

LXX. ÉVFOLYAM 3. SZÁM
2020. JÚNIUS

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

1951 70 év 2020



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

TISZTELT TÁMOGATÓK, ELŐFIZETŐK!

A rendkívüli helyzet a Közlekedéstudományi Szemlét sem kerülheti el, de az országos irányok és mértékek nagyban befolyásolhatják a továbbiakat. Az eddigi események – minden körülményt figyelembe véve – számunkra viszonylag kedvezőek, így a folyamatos lapkiadásnak egyelőre nincs akadálya, és sem a terjedelmet, sem a lapszámot illetően nem kell változásokat eszközölni. Az előzőek alapja, hogy a Támogatók és az Előfizetők legnagyobb része változatlan formában és nagyságrendben áll a Közlekedéstudományi Szemle mellett. Egyesületünk – a gazdasági nehézségek, a konferenciák elmaradása stb. ellenére – továbbra is egyik alapfeladatának tekinti a lapkiadást, megerősítve ezzel a 70. évfolyamát teljesítő lap tudományos irányultságának és szellemiségének fontosságát.

Lényeges az, hogy helyzetünket tárgyilagosan, az eddig elért eredményeinkre támaszkodva, de illúziók nélkül mérjük fel, azonban új utakat, illetve új megoldásokat is kell keresnünk, hogy lapunk a következő években egyenletesen és kiegyensúlyozottan fejlődjön. Ilyen például, hogy a lapszámtól kezdődően a szerkesztőbizottsági titkárság közvetlenül átvállalja a lap elektronikus változatának terjesztését.

Káros optimizmus lenne azonban azt hinni, hogy a közeljövőben vagy akár januártól valamilyen gazdasági aranykor köszönt ránk. A várható hatások számbavételével kell felkészülnünk az idei évre, illetve a következő időszakokra. Célkitűzéseinket és a hozzá fűzött reményeinket megalapozzák azok az események és eredmények, amelyeket eddig tapasztaltunk. Egyesületünk vezetésének elkötelezettsége a közlekedéstudomány képviselője mellett, az Innovációs és Technológiai Minisztérium kiemelt támogatása, Előfizetőink megtartása, a Támogatók bizalma és vállalásainak teljesítése mind olyan pozitív fejlemény, amely egy nem könnyű, de viszonylag megbízható jövőképet vázol. Mindezek arról a bizalomról győzik meg a Szerkesztőbizottságot, hogy lehetséges és érdemes a közlekedéstudományért a jövőben is fáradozni. Különösen akkor, ha olyan biztatásokat is kapunk, mint amit egyik fontos támogatónk a Volánbusz kommunikációs igazgatója, Lőcsei Virág küldött:

„Tisztelt Főszerkesztő Úr!

A járvány bizonyítja talán leginkább, hogy milyen kiemelt szerepe van a közszolgáltatóknak, azon belül is a közösségi közlekedésnek a mindennapi életünkben, és milyen innovatív megoldásokra, újító gondolatokra készíti pl. a Volánbuszt is. Ennek fényében továbbra is fontosnak tartjuk a hatékony együttműködést partnereinkkel.

Bízom benne, hogy hamarosan visszaállhatunk a „rendes” működésre!

Munkájukhoz kitartást, erőt és sok sikert kívánok!”

Írásunk célja annak bemutatása, hogy a különleges intézkedések és mindennapok közepette is fontos és talán még fontosabb feladat az értékek, a szakmaiság fenntartása, amihez a közlekedés területén a Szemle tudományos igényességgel kíván hozzájárulni. Köszönjük, hogy a megváltozott prioritások mellett is kiálltak a közlekedéstudomány és az azt közvetítő lap mellett!

Együttműködésüket megköszönve:

Budapest, 2020. június

a Szerkesztőbizottság

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

A közlekedési szakterület tudományos lapja
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RÜNDSCHAU
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:
Kövésné Dr. Gilicz Éva elnök
Dr. Katona András főszerkesztő
Barlog Károly
Dr. Békési István
Berta Tamás
Bretz Gyula
Horváth Lajos
Mészáros Tibor
Dr. Prileszky István
Somogyi Marcell
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
DOI szerkesztő: dr. Török Ádám

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

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

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

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

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

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

ISSN 0023 4362

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



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

TARTALOM

Cserhádi Balázs – Horváth Márton Tamás

Közúti közösségi közlekedési hálózat
modellezése a Transmodel szabvány
felhasználásával 4

Küzmös György

Forgalmi potenciálok változása 1995. évtől
a közúthálózat alakulásának függvényében.
2. rész 19

Boldizsár Adrienn – Mészáros Ferenc

Tánzos Lászlóné
Egyensúlyi modellek evolúciója – általános
egyensúlyi modellek a közlekedésben 33

Horváth Márton Tamás

Többkritériumú dinamikus útvonaltervezés
menetrendkövető autonóm
járművek számára 44

Melléklet

Közlekedésbiztonság -
Közlekedési környezetvédelem

Dr. Sándor Zsolt

Az átlagsebesség-mérés bevezetésének
a közlekedésbiztonságra gyakorolt lehetséges
hatásai 57

VÁLTOZÁS!

Tisztelt Előfizető! Tisztelt Olvasó!

A Közlekedéstudományi Szemle nem csak nyomtatott, hanem digitális változatban is olvasható. A digitális lapszámra a Közlekedéstudományi Szemle szerkesztőségénél lehet előfizetni (szemle@ktenet.hu). A nyomtatott változat 8280 Ft-os előfizetési díjával szemben a digitális változat előfizetési díja csak 6000 Ft évente, KTE egyéni tagnak 4140 Ft. A könnyebb elérhetőség és az előfizetők jobb kiszolgálását biztosítandó, egyszerűsítettük az eddigi terjesztési formát. Így a jövőben az aktuális lapszámokat már a nyomtatott változat megjelenés előtt elküldjük előfizetőink e-mail címére pdf formátumban. Reméljük, hogy hamarosan üdvözölhetjük Önt is a digitális előfizetőink között.

Közúti közösségi közlekedési hálózat modellezése a Transmodel szabvány felhasználásával

A kialakítás alatt álló közösségi közlekedési elektronikus jegyrendszereknek és a multimodális szolgáltatások integrált információs rendszereinek a TRANSMODEL szabvány Európában széles körben elfogadott alapját képezi.

A szabvány hazai alkalmazásra a TRANSMODEL 5.1 verziójával történt korábban kísérlet (KTI). A szerzők az újabb, 6-os változat alkalmazására tesznek javaslatot, és be is mutatnak a valós buszmenetrendből kiemelt viszonylatra egy konkrét alkalmazási példát.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.1

Cserhádi Balázs – Horváth Márton Tamás

Nemzeti Mobilfizetési Zrt.

e-mail: cserhati.balazs@nmzrt.hu, horvath.marton@nmzrt.hu

1. BEVEZETÉS

A Transmodel (MSZ EN 12896) számos európai közösségi közlekedési operátor vagy közlekedésért felelős irányító szervezet által alkalmazott szabvány, ami ajánlásként szolgál a közösségi közlekedés egységesített adatkezelésére a legkülönbözőbb területeken (például a közösségi közlekedési hálózat, menetrend, forda, vezénylés és viteldíjbeszedés, valamint a közlekedési adatok kontrolling felhasználása) [2].

Jelen cikk aktualitását az adja, hogy a Nemzeti Mobilfizetési Zrt. vezetésével kialakítás alatt áll a NEJP, a Helyközi Közösségi Közlekedési Információs Rendszer (HKIR) központi eleme. A Nemzeti Elektronikus Jegyrendszer Platform (NEJP) kitűzött célja, hogy az egész országra és a közösségi közlekedés minden

formájára kiterjedő megoldást nyújtson, ennek érdekében a NEJP nemzetközileg elfogadott szabványos alapokon valósul meg, a logikai alapok a Transmodel szabvány mentén kerülnek kidolgozásra.

A Transmodel sokéves és szerteágazó ipari tapasztalaton alapul, így jól használható, rugalmas eszközként szolgál a közösségi közlekedési rendszerek logikai leírása során [3], [4]. Lényeges, hogy ez egy koncepcionális szabvány, amelynek vannak kötelező és opcionális elemei is, emiatt minden egyes implementáció esetén konformitási leírással szükséges megadni a használt elemeket és a használat módját.

Jelenleg zajlik a szabvány frissítése, a legújabb, 6. verziónak a keretrendszert leíró, a közösségi közlekedési hálózati topológiára vonatkozó,

valamint menetrendi és járattervezési részei már megjelentek, több európai országban alkalmazzák is azokat, igaz, néhol egyelőre kísérleti jelleggel [5]. A megvalósulások nagy része a NeTEx (CEN/TS 16614) [6] műszaki ajánlást használja, amely a Transmodel alapjaira épült, és kifejezetten annak gyakorlati használhatóságát segíti elő azzal, hogy az elméleti modell leképezéséhez a gyakorlatban egyértelműen használható XML [7] leképzést definiál.

Olaszországban Piemont régióban készült elektronikus jegyrendszer (BIP) Transmodel alapokon, amely a közösségi közlekedési ágazatok közötti átjárhatóságot hivatott megteremteni. A BIP projekt ezenfelül a megosztott közlekedési módokra, a bike-sharingre és a car-sharingre is kiterjedt [7].

Norvégiában kifejlesztés alatt áll az egységes állami közösségi közlekedési adatrendszer, amely az országban található, körülbelül 25 szolgáltató adatait gyűjti össze és adja tovább felhasználásra szabványos formátumban. A rendszerek közötti adatcsere a Transmodel logikai alapjait használó formátumok mentén valósul meg, ezáltal az utasok egyetlen online felületet használva tudják megtervezni utazásaikat az összes szolgáltató járataival [8], [9].

Franciaországban a CHOUETTE [10] és a MobilitX [11] szoftverekben került felhasználásra a Transmodel 6. Mind a két megvalósítás célja, hogy keretrendszert biztosítson különböző tömegközlekedési operátoroktól érkező adatok valós idejű, egységes felületen történő kezelésére. A norvég és az olasz példával szemben a francia keretrendszerek nem célzottan egyetlen ország vagy régió kiszolgálására készültek, hanem elsődleges céljuk egy földrajzi területtől független platform szolgáltatása operátorok, kutatók vagy fejlesztők részére.

A Transmodel hivatalos honlapján [2] további országok mellett feltüntették a magyarországi implementációkat is, elsősorban a Volán társaságok körében megvalósult fejlesztéseket emeli ki az összefoglaló. Fontos azonban megjegyezni, hogy az előbbiekkal szemben a magyar pél-

dák a Transmodel régebbi, 5.1 verzióján (MSZ EN 12896:2006) alapulnak, ami még jóval a NeTEx (és így a Transmodel 6) megalkotása előtt született.

Általánosságban igaz a fenti alkalmazásokra az a megállapítás, hogy azok részleteit nem hozták nyilvánosságra, nem derül ki, hogy a szabvány egyes entitásait hogyan feleltették meg az adott ország vagy régió közlekedési sajátosságaival, illetve, hogy azok hogyan is használhatók hatékonyan, hogy a szabvány által kijelölt szándék teljesüljön. Konkrét implementációs példát a források nem mutatnak, így a jelen cikk célja a Transmodel szabvány 6. verziójának (EN 12896:2016) felhasználásával egy valós magyar közösségi közlekedési hálózat és a rajta megtalálható szolgáltatások egy részletének modellezése. További cél a felépített modell segítségével a szabvány felhasznált fogalmainak értelmezése és megfeleltetése a hazai személyszállítás fogalmaival.

Az általunk a Volánbusz Zrt. közszolgáltatási menetrendjében szereplő Tahitótfalu-Szigetmonostor viszonylatára felépített modell egy lehetséges – de nem kizárólagos – megoldás a szabvány alkalmazására. A példa kiválasztásakor a szempont az volt, hogy tartalmazzon speciális elemeket (pl. járatok betérőkel, hurkokkal), amikkel a Transmodel adta lehetőségek minél jobban bemutathatók. A szabványban szereplő referenciaadatmodellnek egy körülhatárolt részét értelmeztük, és erre építettük rá a modellünket. A bemutatott közösségi közlekedési hálózat nem publikus – közszolgáltatási menetrendben nem szereplő – adatköreit (pl. rezsi-/szolgáltatijarat útvonala) magunk generáltuk a szemléltetés érdekében.

A kimondottan magyar sajátosságokat is tartalmazó példa modellezése során nem fordult elő olyan eset, amit nem lehet megoldani a Transmodel által kínált referencia-adatmodellel. A modellezés során alapvető feladat a szabvány absztrakt fogalmainak és a hazai gyakorlatban használt fogalmaknak az egymással való megfeleltetése. Ez azért lényeges, mert a szabvány alkalmazásakor alapkövetelmény a közlekedési operátorok fogalmi rend-

szerének megfelelő leképezés [12]. A megfelelő fogalmi rendszer létrehozása után a fő kihívás a szabvány használatának módjában, a további elemek integrálhatóságának, felhasználhatóságának vizsgálatában, valamint a magyar környezetbe építésében látjuk.

A cikkünk további részeiben elsőként egy magyarázó célú áttekintést adunk azokról a fogalmakról, amelyeket a konkrét példa bemutatása során alkalmazunk. Ezt követően pedig a Volánbusz Zrt. szolgáltatási területéhez tartozó Tahitófalu-Szigetmonostor viszonylatot mutatjuk be, hogy miként jelenik meg Transmodel 6 alapokon.

2. TRANSMODEL FOGALMAK ÉRTELMEZÉSE HAZAI KÖRNYEZETBEN

A kutatás kiemelt része az egyes Transmodel fogalmak értelmezése és megfeleltetése a hazai személyszállítási közszolgáltatások fogalmaival. A konkrét Tahitófalu-Szigetmonostor példa ezeken a fogalmakon és értelmezéseiken alapul. Tekintve, hogy a Transmodel a magyar gyakorlathoz képest részben eltérő szemléletmódot alkalmaz, a példa könnyebb megértése érdekében elsőként a szabványban szereplő, a példa szempontjából releváns fogalmakat tekintjük át, lehetőség szerint a magyar környezetbe helyezve őket. A fogalmakat az eredeti angol nevük szerint használjuk, úgy, ahogy az a szabványban szerepel.

2.1. Referencia adatmodell lehatárolása

A szabvány referencia adatmodellje a közösségi közlekedés területeinek széles körét tartalmazza, ezekből lehatároltuk azokat a részeket, amelyekre a példánk alapul. Az adatmodellben szereplő fogalmak tartalmuk alapján különböző struktúrákba sorolhatók, amelyek egy adott terület különböző nézeteit alkotják. A példában szereplő fogalmakat a szabvány ajánlása alapján négy különböző struktúrába, vagy más néven rétegbe osztottuk, amelyek a következők:

- Általános struktúra (az ábrákon szürkével jelölve): egy gráf hálózatot leíró absztrakt

rakt struktúra, amelynek entitásaiból a legtöbb specifikus entitás öröklődik.

- Közúti (infra)struktúra (az ábrákon narancssárgával jelölve): a közutak és csomópontok hálózatát leíró struktúra.
- Menetfeltételek struktúrája (az ábrákon kékkkel jelölve): a szolgáltatásokhoz kapcsolódó feltételek, amelyek a járművek lehetséges mozgásait befolyásolják.
- Szolgáltatási struktúra: az elérhető személyszállítási közszolgáltatásokat leíró struktúra. Ide tartoznak a kijelölt útvonalak (az ábrákon sötétzölddel jelölve), amiken a járművek közlekedhetnek, a különféle járatminták (az ábrákon világoszölddel jelölve), amelyek a járművek haladását írják le, és a konkrét járatok is (az ábrákon citromsárgával jelölve), amelyek adott napokon közlekednek.

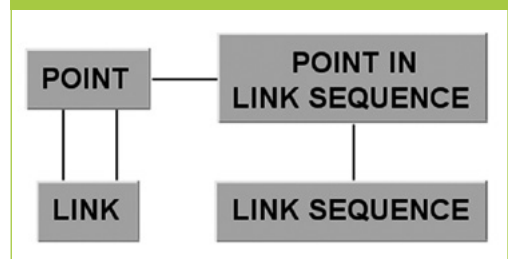
A jelen cikkben szereplő példa a teljes referenciamodellnek a hálózatot leíró részét képezi le, amit tovább lehet bővíteni újabb entitásokkal, illetve új struktúrákkal (pl. díjszabás), az aktuális alkalmazási igények szerint. A következőkben a struktúrákban értelmezett fogalmakat egyesével mutatjuk be.

2.2. Az általános struktúra fogalmai

Az általános struktúra fogalmait az 1. ábra jeleníti meg. Ebből a struktúrából öröklődik a fogalmak jelentős része, ezeket a későbbiekben mutatjuk be.

POINT (PONT): egy térbeli kiterjedés nélküli hálózati csomópont, amelyet a hálózat terü-

1. ábra: Az általános struktúra felhasznált fogalmai



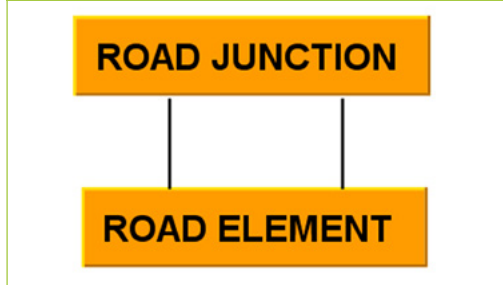
ti leírásához használnak, tehát a POINT-hoz mindig tartozik egy lokáció, amely alapján egy vonatkoztatási rendszerben el lehet helyezni. A példában több altípusa is szerepel a POINT-nak, mint például a megállóhely, időzítési pont vagy útvonal egy – valamely oknál fogva kiemelt – pontja. A szabvány tartalmaz ezek mellett egyéb altípusokat is, illetve nyitva hagyja a lehetőséget további altípusok igény szerinti definiálására.

LINK (SZAKASZ): egy 1 dimenziós irányított térbeli tárgy egy hálózat átfogó jellemzése céljából, amely két POINT közötti kapcsolatot ír le. A példában három darab eltérő tulajdonságokkal bíró altípusa szerepel a LINK-nek: SERVICE LINK (megállók közötti szolgáltatási szakasz), TIMING LINK (adott szakaszon a menetidőt meghatározó szakasz), ROUTE LINK (a jármű útvonalának egy szakasza).

LINK SEQUENCE (SZAKASZSORREND): Általános fogalom, amely egy hálózaton keresztül egy utat meghatározó POINT-okból vagy LINK-ekből álló rendezett sorozat. A példában POINT-ok sorozatából állnak össze a LINK SEQUENCE-k. Ilyen LINK SEQUENCE típusú például a ROUTE (vonalvezetés) vagy a JOURNEY PATTERN (egy járat munkavégzési sablonja).

POINT IN LINK SEQUENCE (SZAKASZSORRENDEN LÉVŐ PONT): Egy adott POINT sorrendiségét jelöli egy adott LINK SEQUENCE-ben. Egy gráfon található POINT-ot többször is érinthet egy LINK SEQUENCE, így szükség

2. ábra: A közúti struktúra felhasznált fogalmai



van a POINT és a LINK SEQUENCE között egy entitásra, amivel minden érintett POINT egyedi módon és meghatározott sorrendben azonosítható a LINK SEQUENCE-ben.

2.3. A közúti struktúra fogalmai

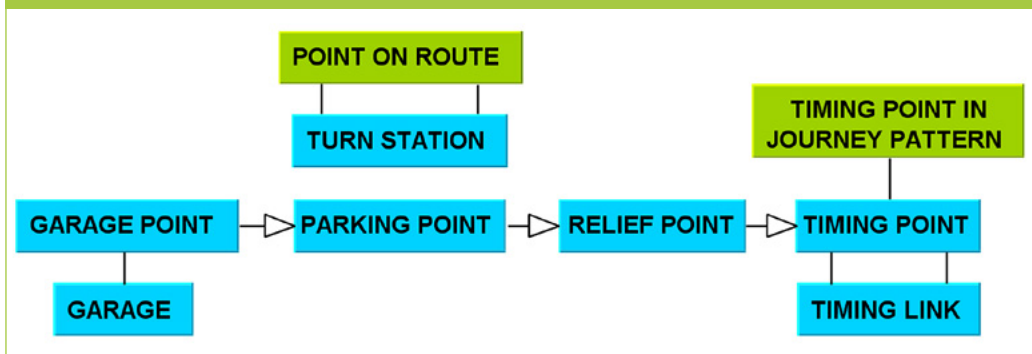
A közúti struktúra fogalmait a 2. ábra jeleníti meg. Ez a struktúra vetítésekkel kapcsolódik a szolgáltatási struktúrához, aminek módját a cikk későbbi részében mutatjuk be.

ROAD JUNCTION (KÖZÚTI CSOMÓPONT): Egy közúti hálózat leírásához használt POINT típusú infrastruktúra-pont.

2.4. A menetfeltételek struktúra fogalmai

A menetfeltételek struktúra fogalmait és kapcsolódásukat a szolgáltatási struktúrával a 3. ábra jeleníti meg.

3. ábra: A menetfeltételek struktúra felhasznált fogalmai



TIMING POINT (IDŐZÍTÉSI PONT): Egy olyan POINT, amelyhez a menetrendekben (szolgálati, vagy közszolgálati) vagy közlekedési rendben szükséges időzítési információ rögzíthető (pl. várakozási idő, érkezési/indulási idő).

TIMING LINK (IDŐZÍTÉSI SZAKASZ): TIMING POINT-ok egy sorba rendezett párja közötti irányított LINK, amelyhez menetidők rögzíthetők.

RELIEF POINT (JÁRMŰVEZETŐ-VÁLTÁSI PONT): TIMING POINT egy olyan altípusa, ahol pihenésre van lehetőség, vagy ahol a járművezető átveheti vagy átadhatja a járművet. A jármű adott esetben használaton kívül maradhat, de jellemzően rövid időre.

PARKING POINT (PARKOLÓHELY): RELIEF POINT egy olyan altípusa, ahol a járművek hosszú ideig használaton kívül maradhatnak. PARKING POINT-ok segítségével kijelölhető egy meghatározott időközre (pl. egy napra) a járművek teljes tevékenységének kezdő- és végpontja.

GARAGE POINT (GARÁZS PONT): A PARKING POINT-nak egy GARAGE-ban található altípusa.

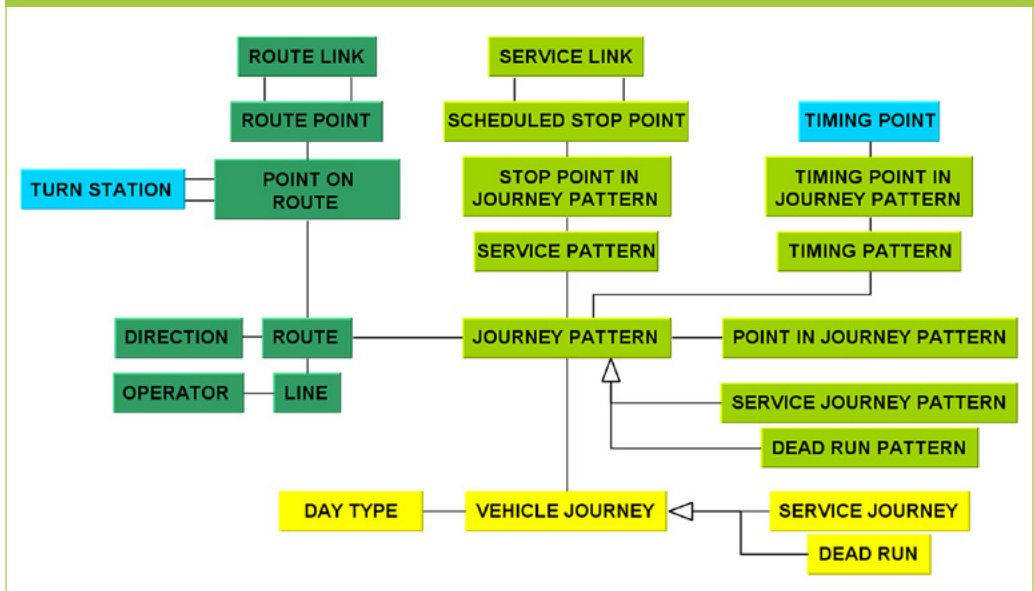
GARAGE (GARÁZS): A járművek tárolására, tisztítására, karbantartására, javítására stb. használt létesítmény (pl. telephely, kocsiszín).

TURN STATION (FORDULÓHELY): Egy hely (pl. végállomáson buszforduló vagy metróállomáson fordítóvágány), ahol egy jármű megfordíthatja a haladási irányát egy ROUTE-ról egy másik, vele ellentétes irányú ROUTE-ra. A TURN STATION összeköti két különböző ROUTE 1-1 POINT ON ROUTE-ját abból a célból, hogy közöttük egy lehetséges forduló kijelöljön.

2.5. A szolgáltatási struktúra fogalmai

A szolgáltatási struktúra fogalmait a 4. ábra jeleníti meg. Ezen belül elkülöníthető az útvonalakat (más néven vonalvezetést), a járatmintákat és a járatokat/rezsi járatokat leíró rész. Ezekkel az elemekkel írhatók le a hazai

4. ábra: A szolgáltatási struktúra felhasznált fogalmai



terminológiában szakaszhálózatnak és viszonylathálózatnak nevezett részek. Ezekből a konkrét menetrend még nem állítható elő teljes mértékben, ehhez ugyanis további elemek hozzárendelésére van szükség, amelyek az időzítésekre vonatkozó konkrét információkat hordozzák. Az ábra tartalmazza még a menetfeltételek struktúrával való kapcsolódásokat is (késsel).

2.5.1. Az útvonal felépítésének fogalmai

ROUTE POINT (ÚTVONALI PONT): A hálózaton keresztül egy közúti, vasúti stb. hálózaton keresztül vezető egyedi útvonal formájának (nyomvonalának) meghatározásához használt POINT.

ROUTE LINK (ÚTVONALI SZAKASZ): Egy irányított LINK két ROUTE POINT között, amely lehetővé teszi egy hálózaton keresztül egy egyedi út meghatározását.

POINT ON ROUTE (ÚTVONALI KÖZTES PONT): Egy ROUTE-hoz tartozó ROUTE POINT sorrendiségét jelöli ki az adott ROUTE-on. Mivel a ROUTE bonyolultabb nyomvonalat is felvehet (pl. hurok, betérő), ezért bizonyos ROUTE POINT-okat többször is érinthet, ekkor egyazon ROUTE POINT több POINT ON ROUTE-hoz is tartozik. Az egyértelmű sorrend és vonalvezetés miatt szükséges a POINT ON ROUTE-ok definiálása.

ROUTE (ÚTVONAL, VONALVEZETÉS): meghatározott ROUTE POINT-ok sorba rendezett listája, amely egy közúti, vasúti stb. hálózaton keresztül vezető egyedi útvonalat határoz meg. Egy ROUTE ugyanazon a ROUTE POINT-on keresztül egynél több alkalommal is áthaladhat, ami a betérők és hurkok felépítése miatt szükséges. A ROUTE-nak van irányultsága, amit egy DIRECTION hozzárendelésével lehet meghatározni.

DIRECTION (IRÁNY): A ROUTE-ok általános orientációjának osztályozására használható, ezzel definiálhatók az oda- és visszairányú ROUTE-ok.

LINE (VONAL): valamilyen rendező elv szerint összetartozó ROUTE-ok egy olyan csoportja, amelyet az utazóközönség hasonló név vagy szám alapján ismer. Ilyen a példánkban szereplő 895-ös helyközi autóbuszvonal Budapest és Szigetmonostor között. A hazai gyakorlatban a helyi közlekedésben egy LINE alá rendszerint nem tartozik nagyszámú ROUTE (pl. egy metróvonal rendszerint egy ROUTE-tal rendelkezik, de pl. egy betétjárat esetén már érdemes lenne még egy ROUTE-ot definiálni). Egy LINE-hoz tartozó ROUTE-ok ismertetésére a későbbiekben konkrét példát mutat be a jelen cikk, a 895-ös LINE-hoz tartozó különböző ROUTE-ok példáján (pl. csak Pócsmegyerre betérő ROUTE vagy Pócsmegyerre és Surányba is betérő ROUTE); a részletes ábra a cikk későbbi szakaszában).

OPERATOR (SZOLGÁLTATÓ): Személyszállítási közszolgáltatásokat ellátó szervezet. Egy LINE-hoz mindig tartozik egy adott OPERATOR, aki azért a LINE-ért felelős, de ezen kívül további OPERATOR-ok is kapcsolódhatnak egy adott LINE-hoz, akiknek a járatai azon a LINE-on megjelennek, ez a hazai helyközi autóbuszos közlekedésben is hasonlóan működik.

2.5.2. A járatminták (konkrét járatok által alkalmazható minták) felépítésének fogalmai

SCHEDULED STOP POINT (MENETRENDI MEGÁLLÓ): Egy POINT típusú entitás, amely menetrendi megállóhelyet jelent, ahol az utasok fel-, illetve leszállhatnak. A megállóhelyek fizikai felépítésére külön entítások szolgálnak (pl. egy azonos név alatt szereplő megállóhelyhez tartozóan az út két oldalán hol található az ellentétes irányokhoz tartozó buszmegálló és a hozzájuk tartozó buszöblök, vagy egy pályaudvaron hogyan helyezkednek el a kocsállások, azokat hogyan lehet megközelíteni stb.). A SCHEDULED STOP POINT ilyen szempontból nem a fizikai felépítést tartalmazza, tehát önmagában nem mondja meg, hogy a menetrendben név szerint szereplő megállóhely (ami lehet akár egy komplett pályaudvar is) fizikailag hogyan és hány elemből épül fel.

SERVICE LINK (SZOLGÁLTATÁSI SZAKASZ): Két SCHEDULED STOP POINT-ot összekötő irányított LINK, amely az ezek közötti szolgáltatást (utazási lehetőséget) képezi le.

JOURNEY PATTERN (JÁRATMINTA): SCHEDULED STOP POINT-ok és TIMING POINT-ok sorba rendezett listája, amely a járatok üzemeltetési mintáját írja le egy adott ROUTE mentén. Ez egy absztrakt fogalom, egy mintát foglal magába, amit egy-egy konkrét menet alkalmazhat, miközben bejár egy adott útvonalat/vonalvezetést. Egy JOURNEY PATTERN ugyanazon a POINT-on egynél többször is áthaladhat. A JOURNEY PATTERN első pontja a kiindulási pont, az utolsó pont az úticél. A Transmodel két altípust nevesíti (DEAD RUN PATTERN – rezi járatminta és SERVICE JOURNEY PATTERN – szolgáltatási járatminta), de további altípusok is létrehozhatók.

STOP POINT IN JOURNEY PATTERN (JÁRATMINTÁBAN LÉVŐ MEGÁLLÓ): Egy olyan sorrendben lévő POINT egy JOURNEY PATTERN-ben, amely egy SCHEDULED STOP POINT. Ennek használatával egy SCHEDULED STOP POINT sorrendje adott egy JOURNEY PATTERN-en belül, és így akár többször is szerepelhet benne (például, ha hurkot vagy betérőt tartalmaz a JOURNEY PATTERN).

SERVICE PATTERN (SZOLGÁLTATÁSI MINTA): A JOURNEY PATTERN alcsoportja, amely kizárólag a STOP POINT IN JOURNEY PATTERN-ek sorozatából áll, tehát az érintett megállóhelyek sorozatát adja meg.

TIMING POINT IN JOURNEY PATTERN (JÁRATMINTÁBAN LÉVŐ IDŐZÍTÉSI PONT): Egy olyan sorrendben lévő POINT egy JOURNEY PATTERN-ben, amely egy TIMING POINT (tehát valamilyen időértéket rendelünk hozzá). Az entitás használatával egy TIMING POINT sorrendje adott egy JOURNEY PATTERN-en belül, és így akár többször is szerepelhet benne (például, ha hurkot vagy betérőt tartalmaz a JOURNEY PATTERN).

TIMING PATTERN (IDŐZÍTÉSI MINTA): A JOURNEY PATTERN alcsoportja, amely

kizárólag a TIMING POINT IN JOURNEY PATTERN-ek sorozatából áll, tehát megadja, hogy a ROUTE-on haladó járműnek egyes kijelölt referenciapontokat mikor kell érintenie.

POINT IN JOURNEY PATTERN (JÁRATMINTÁBAN LÉVŐ PONT): SCHEDULED STOP POINT-ok és TIMING POINT-ok sorrendjét jelöli ki egy adott JOURNEY PATTERN-ben. Ennek használatával egy POINT sorrendje adott egy JOURNEY PATTERN-en belül, és így akár többször is szerepelhet benne (pl. ha hurkot vagy betérőt tartalmaz a JOURNEY PATTERN).

SERVICE JOURNEY PATTERN (SZOLGÁLTATÁSI JÁRATMINTA): A JOURNEY PATTERN altípusa. Egy utasokat szállító (szolgáltatást teljesítő) járat egy adott JOURNEY PATTERN szerint közlekedik egy adott ROUTE mentén.

DEAD RUN PATTERN (REZSI JÁRATMINTA): A JOURNEY PATTERN egy altípusa. A rezsijáratok egy adott DEAD RUN PATTERN szerint közlekednek egy adott ROUTE mentén. Egy DEAD RUN PATTERN-t több különböző rezsijárat is alkalmazhat.

2.5.3. A járat/rezsi (szolgálati)járat felépítésének fogalmai

VEHICLE JOURNEY (JÁRMŰ MENET): Egy közösségi közlekedési jármű tervezett haladása egy meghatározott ROUTE-on, amin egy adott JOURNEY PATTERN szerint közlekedik, valamint csak adott DAY TYPE-(ok)on jár. A VEHICLE JOURNEY-k írják le a jármű napi tevékenységét. Egy ilyen VEHICLE JOURNEY-hez és az általa érintett konkrét POINT IN JOURNEY PATTERN-ekhez lehet hozzárendelni a menetrendi időket, amikhez a referencia adatmodell külön elemeket használ.

DAY TYPE (NAPTÍPUS): Olyan naptípus, amelyet egy vagy több olyan tulajdonság jellemez, amely hatással van a személyszállítási közszolgáltatások működésére. Például: a hetek utolsó iskolai előadási napja.

SERVICE JOURNEY (SZOLGÁLTATÁSI JÁRAT): a VEHICLE JOURNEY azon altípusa, amely utasokat szállít. A SERVICE JOURNEY-eket közléteszik az utasok számára (az utastájékoztató különféle eszközeivel). A SERVICE JOURNEY a hazai helyközi autóbuszos közlekedésben az utasokat szállító járatnak feleltethető meg.

DEAD RUN (REZSIJÁRAT): VEHICLE JOURNEY azon altípusa, amely szolgáltatáson kívül van (nem szállít utasokat).

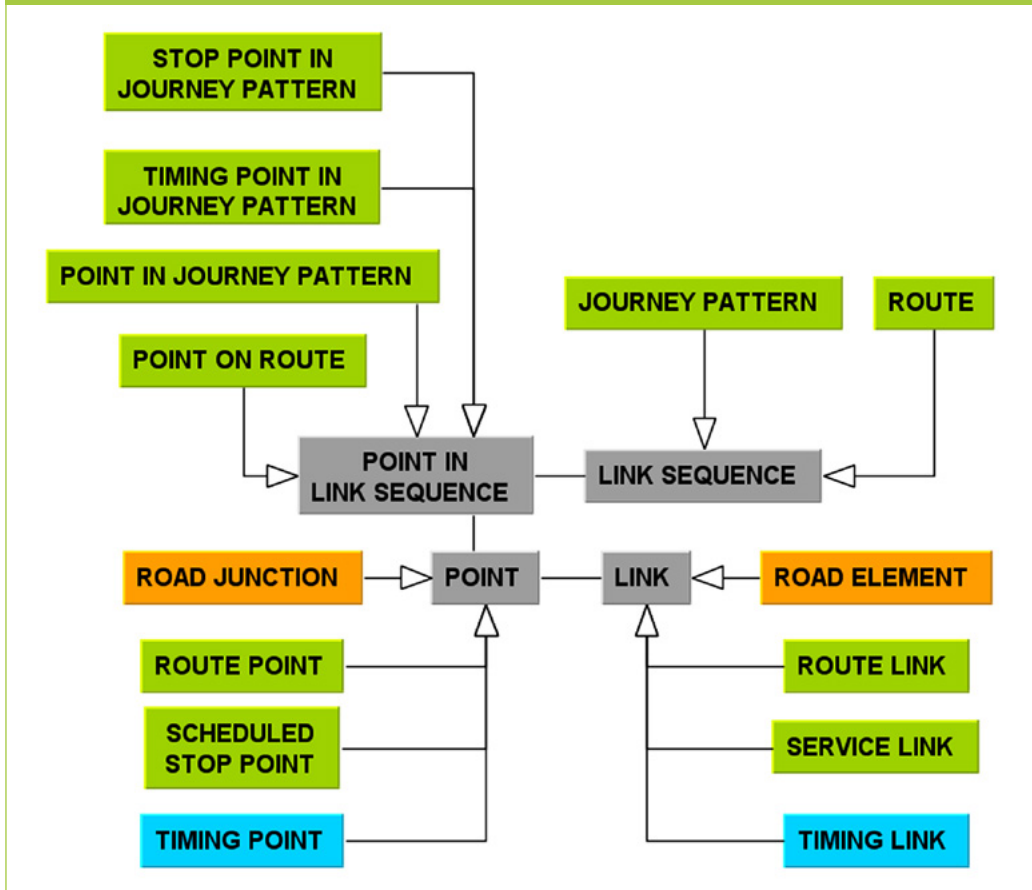
2.6. Entitások öröklődése

Az 5. ábra mutatja be azokat az entitásokat, amelyek az általános entitásokból öröklődnek.

Az általános entitások az ábrán szürkék. Az ábra a példában alkalmazott megoldást jeleníti meg (a teljes referencia adatmodell több lehetőséget kínál). Az általános entitásokra igaz, hogy a LINK-ek mindig egy kezdő és befejező POINT között értelmezettek. A LINK SEQUENCE a példában POINT-ok meghatározott sorrendű sorozatából, azaz POINT IN LINK SEQUENCE-ekből áll. Ahhoz, hogy egy LINK SEQUENCE-t POINT-ok sorozatából egyértelműen lehessen leírni, teljesülnie kell annak, hogy két POINT-ot csak egy LINK köthet össze, ez a példában szereplő JOURNEY PATTERN és ROUTE esetén is teljesül (a szabvány szerint).

Az ábra nem jelöli a LINK SEQUENCE másik lehetséges felírását (LINK SEQUENCE felépi-

5. ábra: A hálózati entitások öröklődése általános entitásokból



tése LINK-ek rendezett sorozatából), amelyet azokban az esetekben kell alkalmazni, ha két POINT között egynél több LINK is lehet (többszörös él a gráfban). Egy ilyen hálózaton a POINT-ok sorozatából felépített LINK SEQUENCE nem lenne egyértelműen meghatározható, hiszen olyan POINT-okon halad keresztül, amiket több LINK is összeköt.

2.7. Vetítés a struktúrák között

Az objektumok vetítéseinek segítségével olyan kapcsolatokat (összerendelést) lehet létrehozni a különböző struktúrák között, amelyek a különböző struktúrákban lévő objektumok saját tulajdonságait nem befolyásolják (azok továbbra is önállóan kezelhetők egymástól függetlenül), ugyanakkor az összerendelés segítségével az egyes rétegek közötti egymásra hatások leírhatók. Előfordulhat például, hogy egy ROAD ELEMENT ideiglenesen nem elérhető (pl. útfelújítás miatt lezárják azt az útszakaszt), amin így az ott áthaladó ROUTE-okat nem tudják bejárni a járművek. Tehát az útszakasz lezárása azonnal maga után vonhatja, hogy a rajta áthaladó vonalvezetések se lesznek elérhetők, és így az ezekre tervezett járatok se tudnak ott közlekedni, amíg tart az útlezárás. A rétegek alkalmazása és a közöttük lévő megfelelően kialakított vetítések tehát segíthetik a különböző közlekedési rendszerek közötti együttműködést.

A 6. ábra összefoglalja, hogy a példában az egyes rétegek entitásait melyik másik entításokra lehet vetíteni, így teremtve meg a kap-

csolatot a különböző rétegek között. A vetítés során a vetítendő entitás rétegét hívjuk forrásrétegnek, a levetítés rétegét pedig a célrétegnek. A POINT típusú entításokat a forrásrétegből a célréteg egy POINT vagy LINK típusú entítására lehet levetíteni, míg a LINK típusú entításokat a forrásrétegből a célréteg egy LINK SEQUENCE típusú entítására (a példában ROUTE-ra) lehet levetíteni.

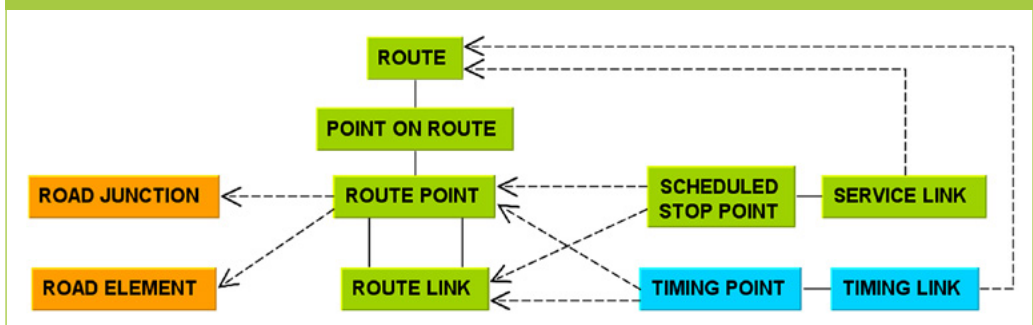
A példában a következő vetítésekkel kapcsoltuk össze a közúti, a szolgáltatási és a menetfeltételek rétegeit:

- SCHEDULED STOP POINT-ok, TIMING POINT-ok vetítése ROUTE POINT-ra, ROUTE LINK-re
- SERVICE LINK-ek, TIMING LINK-ek vetítése ROUTE LINK-ek sorozatára (ROUTE-ra).
- ROUTE POINT-ok vetítése ROAD JUNCTION-re, ROAD ELEMENT-re

POINT vetítése POINT-ra a legegyszerűbb eset. Gyakorlatilag annyit jelent, hogy egy hivatkozással össze lehet rendelni a forrás- és a célréteg két POINT-ját, jelölve, hogy melyik lett melyikre vetítve.

POINT vetítése LINK-re úgy történhet, mint a POINT vetítése POINT-ra, azzal a többlettel, hogy meg kell adni a levetített POINT elhelyezkedését a cél LINK-en. Erre több megoldás alkalmazható például történhet úgy, hogy megadjuk, hogy a LINK-re levetített POINT hol helyezkedik el (milyen távolságra találha-

6. ábra: POINT és LINK típusú entítások vetítése a példa hálózaton



tó) a LINK kezdőpontjához képest. Ezt a távolságot az adott LINK szempontjából (tehát a célrétgen) értelmezzük.

LINK vetítésénél annak kezdő és befejező POINT-jait vetítettük egy LINK SEQUENCE-re, hasonló elven, ahogy POINT-ot kell vetíteni LINK-re (lényegében a LINK vetítése visszavezethető POINT-ok vetítésére). A levetítendő LINK kezdő és befejező POINT-jai a következő változatokban kerülhet levetítésre a LINK SEQUENCE-re:

- LINK SEQUENCE egyazon LINK-jén lesznek,
- LINK SEQUENCE két egymás után következő LINK- jén lesznek,
- LINK SEQUENCE két nem egymás után következő LINK-jén lesznek.

Például, ha egy SERVICE LINK elég hosszú, előfordulhat, hogy több ROUTE LINK-et is

„lefed” a vetítés után. Fontos, hogy a levetített LINK követi annak a LINK SEQUENCE-nek a geometriai alakját, amire vetítettük.

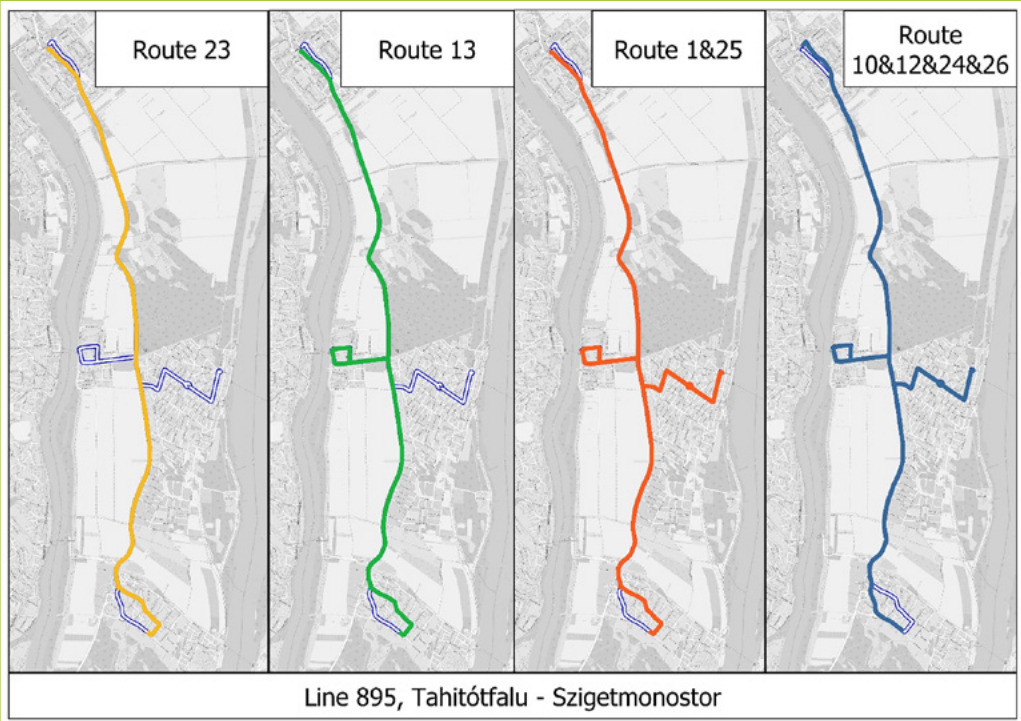
3. A HÁLÓZATI PÉLDA BEMUTATÁSA

3.1. A példa lehatárolása

Maga a példa a 895-ös helyközi autóbusz vonalat veszi alapul, amely a Budapest – Szentendre – Tahitótfalu – Surány – Szigetmonostor településeket érinti, ezen a vonalon a valóságban több járat biztosítja a szolgáltatást egymástól többé vagy kevésbé eltérő útvonalakon.

Az egyszerűség kedvéért maga a példa a 895-ös LINE-nak a Tahitótfalu – Szigetmonostor viszonylatához tartozó 4 db ROUTE-ot veszi figyelembe, amiken a SERVICE JOURNEY-k közlekedhetnek, az ilyen módon figyelembe vett útvonalakat a 7. ábra mutatja.

7. ábra: ROUTE-ok Tahitótfalu - Szigetmonostor viszonylatban, a számozás a menetrendben meghatározott szolgáltatási járatokat (SERVICE JOURNEY-eket) jelzi, amelyek az adott ROUTE-on haladnak



A példa szempontjából az útvonalak fő jellemzői az alábbiak:

- 1. ROUTE (odairány): Tahitótfalu – Szigetmonostor (nem tér be más településre, a főúton halad végig), a Volánbusz hivatalos menetrendje szerint a 23-as SERVICE JOURNEY halad ezen a ROUTE-on.
- 2. ROUTE (odairány): Tahitótfalu – Pócsmegyer – Szigetmonostor (betér Pócsmegyerre), a Volánbusz hivatalos menetrendje szerint a 13-as SERVICE JOURNEY halad ezen a ROUTE-on. (A későbbiekben ez kerül részletes kifejtésre.)
- 3. ROUTE (odairány): Tahitótfalu – Pócsmegyer – Surány – Szigetmonostor (betér Pócsmegyerre és Surányra is), a Volánbusz hivatalos menetrendje szerint a 1-es és 25-ös SERVICE JOURNEY-k haladnak ezen a ROUTE-on.
- 4. ROUTE (visszairány): Szigetmonostor – Surány – Pócsmegyer – Tahitótfalu (betér Pócsmegyerre és Surányra is), Volánbusz Zrt. hivatalos menetrendje szerint a 10, 12, 24, 26-os SERVICE JOURNEY-k haladnak ezen a ROUTE-on. (Minden „visszairányban” haladó SERVICE JOURNEY betér mindkét településre, függetlenül attól, hogy odairányban betért-e.)

A következő részben a 2. (zöld) ROUTE-on szolgáltatást nyújtó VEHICLE JOURNEY részletekbe menő ismertetésére kerül sor. A szemléltetés kedvéért a ROUTE-hoz egy DEAD RUN-t és egy hozzá tartozó ROUTE-ot a cikk szerzői generáltak (ezek tehát nem valós adatokon alapulnak). A jármű ezen a ROUTE-on halad a „tárolási helye” (GARAGE POINT) és a SERVICE JOURNEY PATTERN-ekhez tartozó ROUTE-ok „kezdőpontjai” vagy „végpontjai” között, a példában ez a ROUTE Tahitótfalun belül került kijelölésre.

3.2. A szolgáltatási és menetfeltételek struktúráinak bemutatása

A példa egy SERVICE JOURNEY PATTERN-t, és egy DEAD RUN PATTERN-t tartal-

maz, ezek 1-1 ROUTE-hoz kapcsolódnak. A DEAD RUN PATTERN alá tartozó ROUTE a GARAGE-ból tart a SERVICE JOURNEY PATTERN alá tartozó ROUTE kezdő pontjába (TP –TIMING POINT 10-ből a TP01-be), ezt mutatja a 8. ábra.

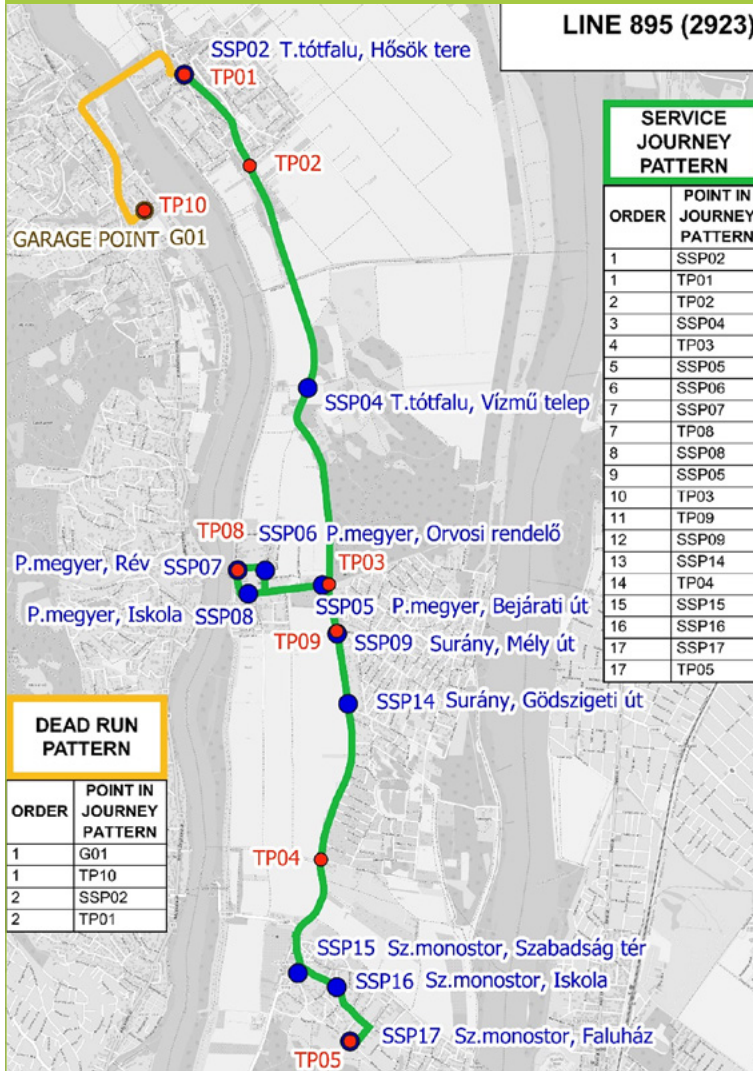
Először a szolgáltatási réteg alapját képező ROUTE-okat készítettük el ROUTE POINT-ok rögzítésével, ezeket különböző szempontok szerint lehet létrehozni és elhelyezni. Nem létezik egyetlen egy szabály sem, amely előírná, hogy hova kell, és hova nem kell ROUTE POINT a hálózaton. Azonban egy adott megvalósításnál javasolt egy következetes szabályrendszer alkalmazása a ROUTE POINT-ok kijelölésére.

A példában a ROUTE POINT-okat ott határoztuk meg, ahol a ROUTE-nak jellegzetes irányváltoztatása van a közúthálózaton. Tehát pl. ha a ROUTE egy útkereszteződésben befordul egy másik utcába, ott szerepel egy ROUTE POINT, de pl. egy olyan SCHEDULED STOP POINT-nál, ami egy egyenes útszakaszon található, nem tartozik ROUTE POINT. Amennyiben a ROUTE egyenesen (irányváltoztatás nélkül) halad át a kereszteződésen, akkor ahhoz a kereszteződéshez nem került ROUTE POINT. Tehát a ROUTE POINT-ok meghatározásához szükséges megfelelően figyelembe venni a közúthálózati réteg entitásait (ROAD JUNCTION, ROAD ELEMENT).

A ROUTE POINT-ok rögzítése után mindegyik ROUTE POINT-hoz hozzá lett rendelve egy POINT ON ROUTE, amik egy adott ROUTE-hoz tartoznak. Ezzel egyértelműen meghatározásra kerültek, hogy melyik ROUTE POINT-ok melyik ROUTE-okhoz tartoznak, és azon milyen sorrendben következnek egymás után.

Két ROUTE POINT között definiálásra kerültek a ROUTE LINK-ek, egy ROUTE LINK rendelkezik egy kezdő és egy végponttal, illetve irányultsággal. Lényeges, hogy két ROUTE POINT között csak egy adott ROUTE LINK lehet. Ha két ROUTE POINT között több eljutási lehetőséget kell leírni, akkor mindegyikhez új ROUTE LINK-et kell felvenni a

8. ábra: Journey pattern



SERVICE JOURNEY PATTERN-t (az ábrán zölddel jelölve).

A JOURNEY PATTERN-ek kezdő és végpontjain, illetve néhány köztes pontján lett létrehozva TIMING POINT, amiket az ábrán a TP01, TP02, ... pontok jelölnek, ezek segítségével például várakozási időket lehet meghatározni. Lényeges, hogy ezeket az időinformációkat nem közvetlenül a TIMING POINT-hoz hanem a POINT IN JOURNEY PATTERN-hez érdemes rendelni (ami adott TIMING POINT-ra hivatkozik), így ugyanannál a POINT-nál akár minden egyes JOURNEY PATTERN-hez eltérő idő információk határozhatók meg.

A JOURNEY PATTERN felírására két eltérő, de egyenértékű mód van a szabvány szerint:

- Az egyik eset, amikor POINT IN JOURNEY PATTERN-ekbe rendezve felsoroltuk az egymás után következő SCHEDULED STOP POINT-okat és TIMING POINT-okat vegyesen. A 8. ábrán ez a megoldás szerepel.
- A másik módszer szerint a SCHEDULED STOP POINT-ok rendezett sorozata SERVICE PATTERN-t, míg a TIMING POINT-ok rendezett sorozata TIMING PATTERN-t képez. Ennek gyakorlati haszna van. Adott esetben hol az egyik PATTERN-re, hol

hozzájuk tartozó új ROUTE POINT-okkal együtt. A ROUTE LINK egyik alapvető szerepe, hogy távolságokat lehet rendelni hozzá. A 8. ábrán szereplő zölddel és sárgával jelölt JOURNEY PATTERN-ek alakjai az alájuk tartozó ROUTE-ok alakját vették fel a vetítéseknek köszönhetően.

A ROUTE-ok elkészítése után egy-egy ROUTE-hoz kapcsolódóan elkészítettük a DEAD RUN PATTERN-t (az ábrán sárgával jelölve) és a

pedig a másakra lehet szükség. Pl. egy utastájékoztatási szolgáltatás a SERVICE PATTERN felhasználásával juttat el információkat az utasoknak, a TIMING PATTERN pedig például a járat tervezésénél használható fel.

A SCHEDULED STOP POINT (az ábrán SSP01, SSP02, ... módon jelölve) *ForBoarding* (felszállás) és *ForAlighting* (leszállás) tulajdonságai fizikailag értelmezendők, nem járatok szintjén, tehát azt jelentik, hogy fizikailag lehetséges-e az adott megállóban a fel-, illetve leszállás.

A járatok szintjén is megadhatók a fel- és leszállási lehetőségek, ebben az esetben a STOP POINT IN JOURNEY PATTERN-ek tulajdonságaiként adhatók meg, hogy az adott megállóban egy adott JOURNEY PATTERN esetében engedélyezett-e a fel-, illetve leszállás.

A fel- és leszállási lehetőségek még részletesebb szinten is megadhatók a VEHICLE JOURNEY szintjén (adott ROUTE-on, JOURNEY PATTERN-en és DAY TYPE-on közlekedik). Például ezzel már az is megadható lenne, hogy egy adott megállóhelyen egy adott JOURNEY PATTERN-t teljesítő jármű hátsó végén megálljon a felszálló utasok miatt, de hétköznapi már nem.

A fentiek alapján megállapítható, hogy egy adott tulajdonságot több különböző szinten lévő entitás is megkaphat, de ez által az adott tulajdonság is más (néha igen eltérő) értelmet nyer.

Előfordulhat, hogy egy SCHEDULED STOP POINT és egy TIMING POINT azonos helyen van, például a 8. ábrán az SSP07 és a TP08. Ha a SERVICE JOURNEY PATTERN ilyen egymást fedő pontokat érint, ez esetben az egymást fedő pontok nem kapnak külön sorszámot (*Order*), hiszen egyszerre érinti őket a jármű (lásd a 8. ábrán szereplő táblázatokat).

A DEAD RUN PATTERN hasonló módon épül fel, mint a SERVICE JOURNEY PATTERN, lévén, hogy mind a kettő a JOURNEY PATTERN altípusai.

A DEAD RUN PATTERN-t egy SCHEDULED STOP POINT-ból és TIMING POINT-okból építettük fel. A TIMING POINT egyes további altípusait kifejezetten a DEAD RUN PATTERN-ek leírásakor érdemes felhasználni: GARAGE POINT (a 8. ábrán GP01-ként jelölve), PARKING POINT, RELIEF POINT. A különböző altípusú POINT-ok jól átgondolt rögzítése segíti a menetrendtervezést, a jármű és járművezető-beosztás optimalizálását, hiszen ezekkel különféle adottságú helyszínek (pl. járművezető lakhelye, ahová leparkolhat a járművel a műszak végén) jelölhetők ki és rögzíthetők a közlekedési hálózathoz.

4. ÖSSZEFOGLALÓ

A Transmodel absztrakt módon írja le a közösségi közlekedést kiszolgáló információs rendszerek adatmodelljeit. Ez azért szükséges, hogy a legkülönfélébb igények modellezése is lehetővé váljon. Bizonyos entitások nem feleltethetők meg egy az egyben a közlekedési szakmában ismert és használt entitásoknak. Például a POINT ON ROUTE önmagában nem egy különálló közlekedési fogalom, hanem a ROUTE POINT-ok egy nézete csak, és arra szolgál, hogy minden egyes ROUTE kijelölésekor egyértelműen sorba lehessen rendezni a hozzájuk tartozó ROUTE POINT-okat.

Az absztrakt felépítés mellett a modell rugalmasságát további megoldások is fokozzák, mint például az egymásból öröklődő entitások (pl. POINT, TIMING POINT, RELIEF POINT, PARKING POINT, GARAGE POINT) vagy a struktúrák egymásra vetítése (pl. egy ROUTE POINT vetítése egy ROAD ELEMENT-re).

Összefoglalva, az adatmodell alkalmas a közösségi közlekedésre jellemző számos kivételt és egyedi kialakítást leképezni és egységesen kezelni, például a következőket is:

- Egy adott vonal olyan járatai, amelyek a bejárat útvonalaik során betérővel érintenek egy települést, és az iskolaszüneti időszak munkaszüneti napjain nem térnek be oda a délután induló, vissza irányon közlekedő járatok.

- Egy adott vonal járataira egy adott településen belül az érintett megállóhelyeken fel- és leszállás lehetséges, de a település határain kívüli megállóhelyeken odairányon (településből kifelé) csak leszállás, míg visszairányon (település felé) pedig csak felszállás megengedett. Egyébként pedig más vonalak járataira mindegyik településen kívüli megállóban is lehetséges a fel- és leszállás oda és visszairányon is.

Az ismert rugalmasság körültekintést igényel a referenciaadat-modell értelmezése és alkalmazása során. Az egyes entitásoknak, mint például egy megállóhelynek, sokféle nézete lehet, és mindegyik külön-külön tulajdonságokkal ruházható fel.

A szabvány nem írja elő kötelezően a teljes adatmodell átvételét, de az se lehet vezérelv, hogy egy minimális részt választunk ki belőle, amivel egy adott közlekedési rendszer adatmodellje még éppen megvalósítható. A minimális lehatárolás ugyanis az adott rendszerre lehet, hogy elegendő, de a későbbiekben problémát okozhat, ha bővíteni kell azt, vagy hozzá kell kapcsolni más közlekedési rendszereket (pl. viteldíjbeszedés rendszere).

A szabvány egyik kitűzött célja az, hogy elősegítse interoperábilis közlekedési rendszerek fejlesztését. Ezt nehezíti, hogy a szabvány sokféle megvalósítási formát tesz lehetővé, mivel csak egy koncepcionális adatmodellt kínál, nem pedig egy konkrét megvalósítást. A Transmodel rugalmasan használható, ami azt jelenti, hogy nincs előírva kötelezően az összes elem megvalósítása. Kihagyhatók egyes nem kötelező entitások, de akár létrehozhatók teljesen újak is, ezek miatt különösen fontos a fejlesztés során a **precíz dokumentálás**, hogy utólag nyomon követhető legyen, hogy egy adott információs rendszerben a Transmodel melyik része lett, illetve nem lett implementálva.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak a Nemzeti Mobilfizetési Zrt.-nek, hogy biztosította a cikk elkészítésének kereteit. Köszönet illeti továbbá

dr. Havas Gergelyt és Nagy Attilát, akik munkájukkal hozzájárultak a cikk elkészítéséhez.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Közúti szállítási és közlekedési telematika. Tömegközlekedés. Referenciaadat-modell, MSZ EN 12896, 2006.
- [2] Transmodel Countries, <http://www.transmodel-cen.eu/implementations/countries/> (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [3] Kasia Bourée, Transmodel Workshop, New Orleans, ISO TC204 WG8, 2010.04.19. <http://www.transmodel-cen.eu/wp-content/uploads/sites/2/2015/02/Transmodel-WorkshopNO2010-04.pdf> (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [4] Nick Knowles, Peter Miller, A Transmodel based XML schema for the Google Transit Feed Specification With a GTFS / Transmodel comparison, 2008.12.29.
- [5] NeTEx Implementations, http://netex-cen.eu/?page_id=65 (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [6] Public transport - Network and Timetable Exchange (NeTEx), CEN-TS 16614.
- [7] Extensible Markup Language (XML), <https://www.w3.org/XML/> (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [8] BIPEX protocol, <http://www.5t.torino.it/en/projects/the-bipex-protocol/> (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [9] Entur API dokumentáció, <https://www.entur.org/dev/api-dok/produkter-og-tilbud/> (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [10] NeTEx Norwegian Implementation, http://netex-cen.eu/?page_id=462 (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [11] Patrick Gendre, Yannick Denis, Christophe Duquesne, Zakaria Bouziane, Kasia Bourée, Laurent Dezou, Olivier Lemettais, CHOUETE an open source software for PT reference data exchange, ITS Europe Congress, Lyon, 2011
- [12] MobilitX, <http://mobilitx.diginext.fr/> (Utolsó letöltés: 2019.05.10.)
- [13] Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., A helyi és helyközi közösségi közlekedés Transmodel szabványú menetrendi és hálózati adatokat tartalmazó adatbázis készítés és minősítés feltétel-rendszere, 2011



The modelling of road public transport networks using the Transmodel standard

The aim of the National Electronic Ticket System Platform (NEJP), which is currently being developed, is to create an electronic fare payment system that will ensure full interoperability in Hungary. From the point of view of transport, one of the basic pillars is the IT mapping of the physical transport network, which in the case of NEJP is based on the theoretical model of the Transmodel (MSZ EN 12896 [1]) standard. The article presents the possible mapping process of a specific Hungarian public transport network part based on Transmodel version 6 (EN 12896: 2016).



Modellierung eines öffentlichen Verkehrsnetzes mit der Verwendung des Transmodel-Standards

Das Ziel der Nationalen Elektronischen Fahrkartensystem Plattform (NEJP), die derzeit entwickelt wird, ist die Schaffung eines elektronischen Tarifzahlungssystems, das die vollständige Interoperabilität in Ungarn gewährleistet. Aus der Sicht des Verkehrs repräsentiert die IT-Abbildung des physischen Verkehrsnetzes - die im Fall von NEJP auf dem theoretischen Modell des Transmodel-Standards (MSZ EN 12896 [1]) basiert - einen der Grundpfeiler. Der Artikel beschreibt auf der Transmodel Version 6 (EN 12896: 2016) basierend - den möglichen Abbildungsprozess eines bestimmten Teils des ungarischen öffentlichen Verkehrsnetzes.



E számunk lektorai

Szűcs Lajos ■ Dr. Tánczos Lászlóné ■ Dr. Tóth János ■ Dr. Tóth László

Forgalmi potenciálok változása 1995. évtől a közúthálózat alakulásának függvényében. 2. rész

Az UVATERV Zrt. tervtárában a forgalmi modellezésről 1995-től, már digitálisan felhasználható formában rendelkezésre állnak adatok, amelyek alapján bemutathatjuk, hogyan változtak a forgalmi potenciálok az országosan elfogadott, és az EU-nak is bemutatott jelenlegi alapmodellekben 1995-höz képest. Az első részben, bemutattuk a két modellt, a tervekben megfogalmazott célokat. A második részben az alapadatok (Magyarország, EU jelenlegi adatai, több mint húsz éves idősorai) és a többi szállítási mód változását figyelembe véve összehasonlítjuk a két modell közúti forgalmait.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.2

Küzmös György

UVATERV Zrt.
e-mail: kuzmos@uvaterv.hu

5. AZ ALAPADATOK VÁLTOZÁSA 1995 ÉS 2019 KÖZÖTT

Az alapadatok változását két szinten mutatjuk be:

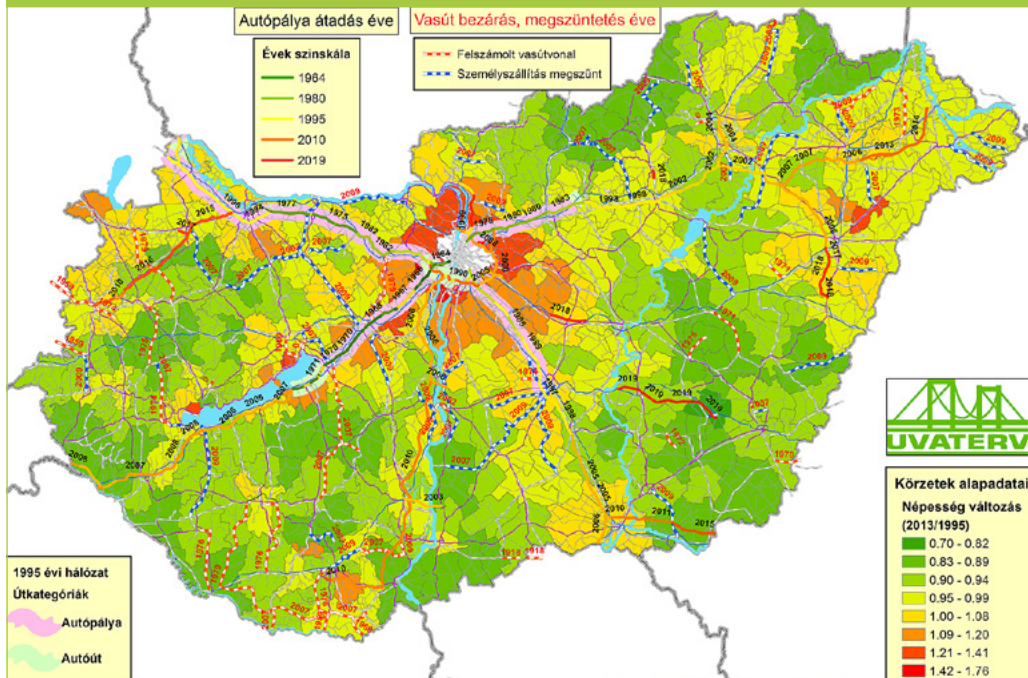
1. A rendelkezésre álló adatok alapján a két alap hálózati modell GYF 1995 körzeteire összegzett alapadatainak; lakosszám, személygépkocsik száma, motorizációs szint változását, a 2013/1995 arányt mutatjuk be.
2. Az összehasonlítások ellenőrzésére megvizsgáltuk a KSH, EUROSTAT, Európa Tanács, UNECE -nél 1995-től napjainkig (elérhető legújabb adat jellegtől függően 2016-2019), a magyar országos, az EU szállítási hálózattal, szállítási teljesítménnyel módoza-

tok közötti változásokkal összefüggő adatokat, amelyeknek a terjedelmi korlátok miatt csak töredékét tudjuk bemutatni. Több vizsgálatnak csak az eredményét írjuk le, amelyeknek a táblázatai, ábrái rendelkezésre állnak az UVATERV-nél elérhető háttér tanulmányban.

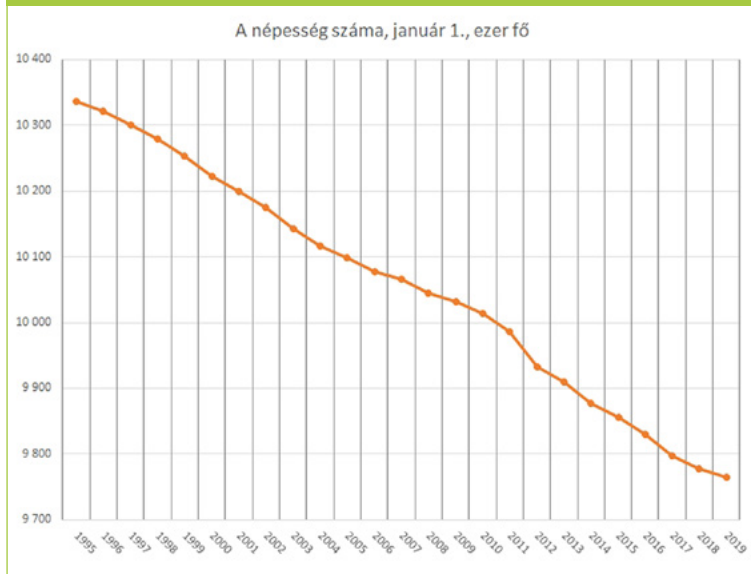
A 6. ábra (zöld csökkenés, piros növekedés) szemlélteti, hogy a népesség a gyorsforgalmi hálózat hatásterületén inkább növekedett. Látszik az EU csatlakozás hatása az osztrák határ térségében.

Népességcsökkenés főként a gyorsforgalmi utak közötti „légüres térben”, a vasút-megszüntetésekkel is sújtott térségekben történt.

6. ábra: Körzetek népesség változás, (2013/1995 arány) Forrás: saját szerkesztés



7. ábra: Népesség változása 1995 és 2019 között Forrás: KSH (STADAT) alapján saját szerkesztés

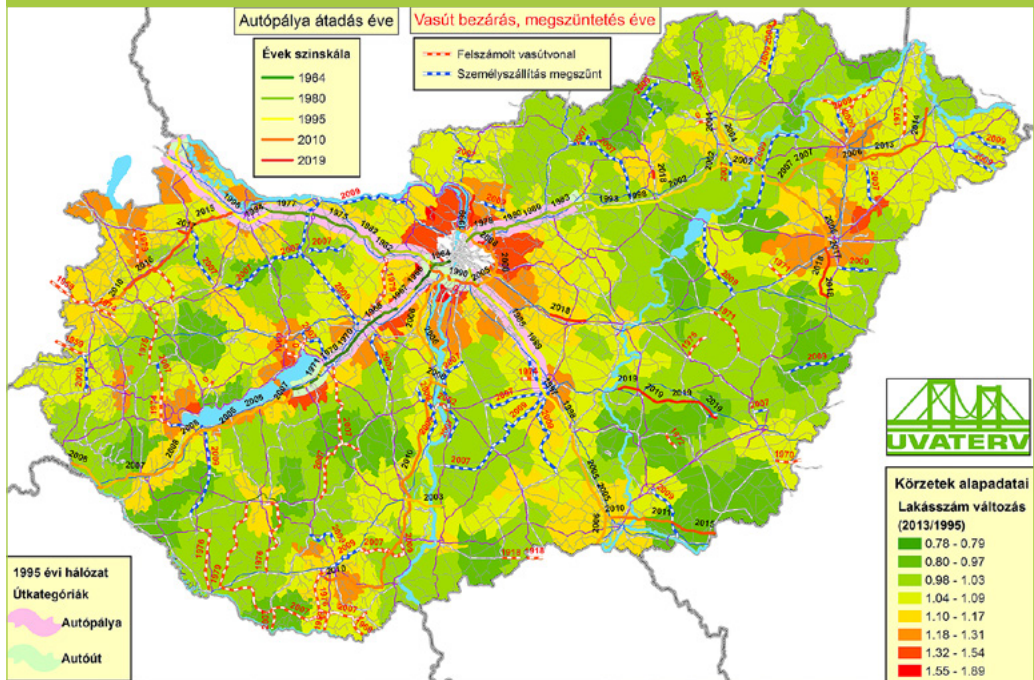


A gyorsforgalmi út fejlesztésétől független, – amit a 6. ábra jól szemléltet – a nagyobb városok és az agglomerációjuk közötti lakosság átrendeződés.

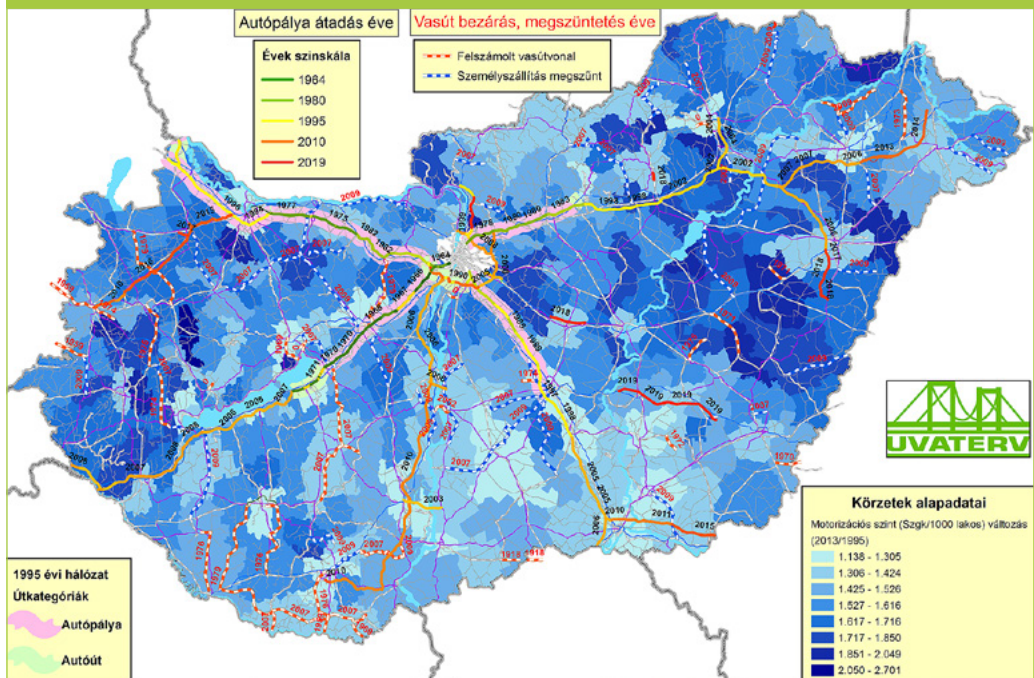
5.1. Forgalmi zónák népesség változása 1995 és 2013 között

Magyarország népességszáma 1995-ben: 10 337, 2013-ban: 9 909, 2019-ben 9 773 ezer fő, ez már több mint fél millió (564 ezer) fős csökkenés (5,46%), amint az a 7. ábrán látható. A csökkenés napjainkban is folyamatos.

8. ábra: Körzetek lakásszám változás, (2013/1995 arány) Forrás: saját szerkesztés



9. ábra: Körzetek motorizációs szint változás, (2013/1995 arány) Forrás: saját szerkesztés



1. táblázat: 1995-ben időtávonként tervezett gyorsforgalmiúthálózat

| | 1995 | 2013 | 2018 | 2013/1995 | 2018/1995 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Személygépkocsi darab | 2 245 395 | 3 040 732 | 3 641 823 | 1,354208 | 1,621908 |
| A népesség száma, ezer fő | 10 337 | 9 909 | 9 778 | 0,958595 | 0,945922 |
| Sz/gk/ezer fő | 217 | 307 | 372 | 1,4127 | 1,714631 |

5.2. Forgalmi zónák lakásszámváltozása 1995 és 2013 között

A lakásszámváltozás (zöld csökkenés, piros növekedés) a népességváltozáshoz hasonló tendenciát mutat. Az ábrából látszik a nagyvárosok súlyának növekedése és a gyorsforgalmi utak fejlesztő, leginkább átrendező hatása.

5.3. Forgalmi zónák motorizációs szint változása 1995 és 2013 között

Amint a 9. ábra mutatja, több nagyváros (Debrecen, Miskolc, Nyíregyháza, Győr, Pécs) térségében látható az átrendeződés. A városok területén az országos átlag alatti a személygépkocsik számának növekedése, az agglomerációjukban az átlag feletti. Magyarországon a motorizációs szint a lakosságcsökkenése mellett is a jármű-darabszám változással azonos trendben változik.

Elkészítettük a körzetek motorizációs szintjét mutató tematikus térképeket 1995-ben és 2013-ban, a körzetek sorrendjében nincs érzékelhető változás, de azokat összehasonlítva a 9. ábrával, látható, hogy az alacsonyabb motorizációs szintű körzeteknél tapasztalható felzárkózás.

A területi adatok értelmezéséhez hasznos az egész ország adatai trendjének figyelembevételével.

2. táblázat: A körzetek alapadata és a körzetekből induló forgalom rugalmassági együtthatói 1995-ben és 2013-ban

| | 1995 | 2013 | 2017 |
|------------|--------|-------|-------|
| HU / EU-28 | 58,8% | 62,8% | 69,0% |
| HU / EU-15 | 51,3% | 60,3% | 67,4% |
| HU / EU-13 | 116,4% | 75,1% | 76,2% |

tele. Magyarországon a személygépkocsik száma, a népesség száma, a motorizáció 1995 és 2018 között az 1. táblázat szerint változott.

Nemzetközi összehasonlításban, a magyar motorizációs szint a különböző EU csoportokhoz viszonyítva 1995-ben, 2013-ban és 2017-ben a 2. táblázat szerint aránylott.

Az alábbi ábrán is látható, hogy nagyon lassan közelítünk az EU átlaghoz, de a velünk együtt csatlakozott országok csoportja, az EU-13 már 2000-ben utolért és meg is előzött minket, amit szemléletesen mutat a 10. ábra. A teljeség miatt figyelembe kell vennünk az 1998. évi magyar adatpontossítást¹.

5.4. Az állami közúthálózat, a szállítási teljesítmények Magyarországon és az Európai Unióban 1995 és 2018 között

A vizsgált modellek dokumentációjában szereplő adatok ellenőrzésére, fontosnak tartottuk, hogy a szállítási teljesítmények, a módok megoszlása jelenleg rendelkezésre álló idősorait (KSH, Eurostat adatok) is megvizsgáljuk.

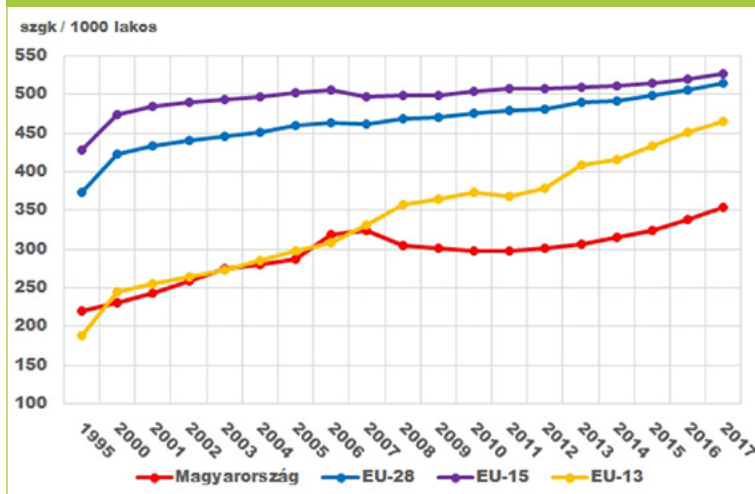
Az EU-ban az elmúlt 20 évben a személyszállítási teljesítmények módok szerinti megoszlásának sorrendje, lényegében – a légi szállítás feljebb kerülését kivéve – változatlan. A személygépkocsi szállítási teljesítmény aránya némileg csökkent 1995-ben 73,2%, 2016-ban 71,0%.

Magyarországon kb. 10%-kal kisebb a személygépkocsik szállítási teljesítményaránya, mint az Európai Unió átlaga, a különbség nagyobb részben az autóbuszokon, kisebb részben a vasúton jelenik meg.

¹ 1998-ban a Belügyminisztérium Adatfeldolgozó Hivatala a forgalomból már kivont gépjárművekkel pontosította a nyilvántartásokat.

10. ábra: A motorizációs index alakulása

Forrás: UNECE² adatok alapján saját szerkesztés

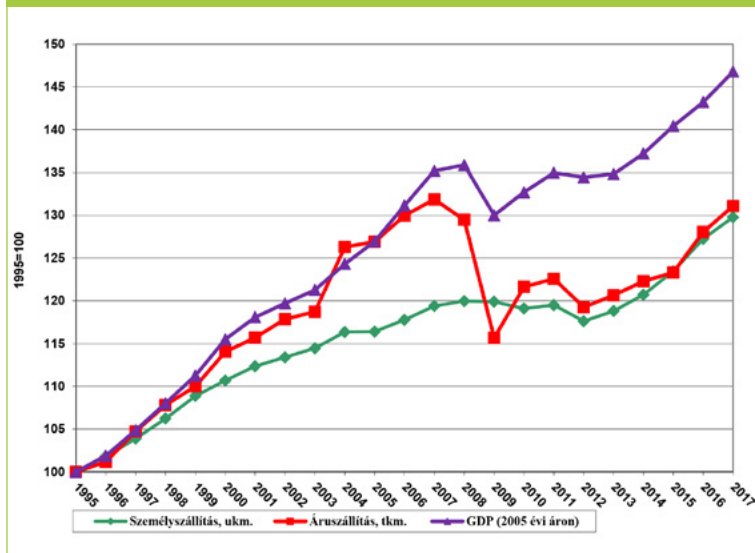


2003 és 2007 között – vélhetően az EU csatlakozással összefüggő – kiugró növekedése.

Az EU-ban az áruszállítási teljesítmények módok szerinti arányának sorrendje a vizsgált időszakban nem változott, a közút aránya az 1995 évi 43,3%-ról, 2016-ra 49,3%-ra nőtt. Magyarországon az 1995. évi 39%-os közúti teherszállítási arány jelentősen növekedett, 2018-ban 66%. Az összes szállítási módhoz képest folyamatosan nő a közút aránya.

11. ábra: Áru- és személyszállítási teljesítmények és a bruttó hazai termék (GDP) változása Európai Unióban 1995-2017

Forrás: European Commission: Statistical pocketbook 2019.



Látható, hogy a vasúti áruszállítás aránya alig a felére esett, a közúté majd a duplájára nőtt. A közút teljesítménye dinamikusabban nő.

5.5. Az állami közúthálózat hossza, forgalmi teljesítménye 1995-2018.

Mint a 3. táblázatban (lásd 25. oldal) látható az állami közúthálózat teljes hossza 1995 és 2018 között lényegében nem változott, a teljes forgalmi teljesítmény 2008 és 2013 között némi visszaeséssel, 2013-ra közel 1,5-szere-

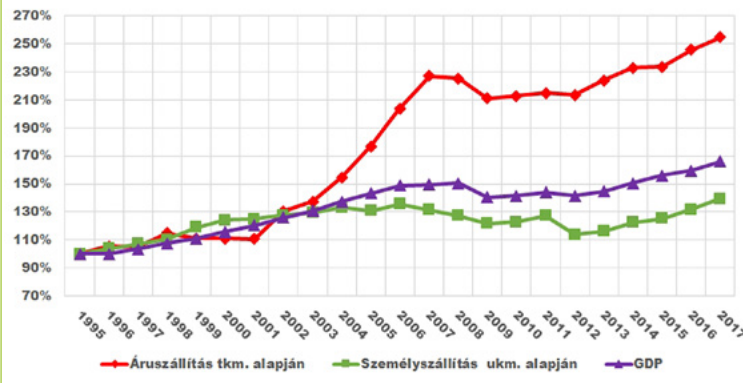
Áru- és személyszállítás:

A 11. és 12. ábra szerint az áruszállítás, mind az Európai Unióban, mind Magyarországon dinamikusabban fejlődik mint a személyszállítás, de érzékenyebb a gazdasági válságra. Magyarországon szembenítő az áruszállítás

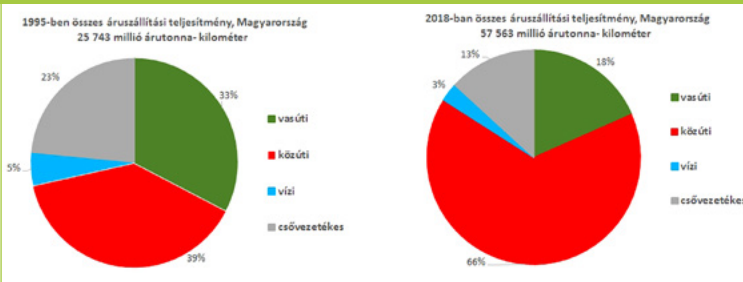
sére, 2015-re 1,6-szorosára, 2018-ra 1,9-szere-sére nőtt. Szembetűnő a gyorsforgalmi hálózat forgalmi teljesítményének növekedése 2013-ra 3,68-szorosára, 2015-re 4,4-szere-sére, 2018-ra 5,49-szere-sére nőtt.

2 United Nations Economic Commission for Europe

12. ábra: Áru- és személyszállítási teljesítmények és a bruttó hazai termék (GDP) változása Magyarországon 1995-2017
 Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés



13. ábra: Áruszállítási teljesítmények módok szerinti megoszlása Magyarországon 1995-2018-ban
 Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés



Hálózati szempontból a gyorsforgalmi úthálózatnak van a legnagyobb szerepe, amelynek fejlesztése 1964-ben indult, és az utóbbi 20 évben felgyorsult. Az építés ütemezését szemlélteti a 14. ábra.

A 15 ábrán (lásd 25. oldal) bemutatjuk a mintegy 30 ezer km hosszúságú állami közutak járműteljesítményét évente, útkategóriánként.

Megfontolandó információhoz jutunk, ha a főhálózatot és a mellékhálózatot hasonlítjuk össze. A hálózaton belül a gyorsforgalmi hálózat súlya megnőtt (járműteljesítménye 2018-ra **40,5 millió** jkm/nap-ra nőtt), de az összekötő + mellékutak forgalmi teljesítménye 2018-ban **35,2 millió** jkm/nap. Az összekötő és mellékutak ezzel hasonló figyelmet

érdemelnek a fenntartás, felújítás és fejlesztés területén.

Ugyancsak hasznos információhoz jutunk, ha megnézzük a járműkategóriák forgalmi teljesítményének változását. A nehézjármű teljesítménye a teljes hálózaton kisebb mértékben nőtt, mint a teljes forgalom, ugyanakkor gyorsforgalmi utakon 2013-ban az összes útkategória 3,677-es teljes növekedése mellett több mint 4,9-szeres, 2018-ban az 5,49-mellett több mint 6,5-szörös a növekedés. A növekedés mellett látszik a nehézjárművek gyorsforgalmi utakra terelődése, amiben nyilván az is szerepet játszik, hogy egyéb utakra a nehézjárművek közül csak a célforgalmat engedik. 2013-ban az összekötő + mellékutakon a nehézjárművek forgalmi teljesítménye az 1995. évinek 73,2%-a, 2018-ban már csak 67,25%-a,

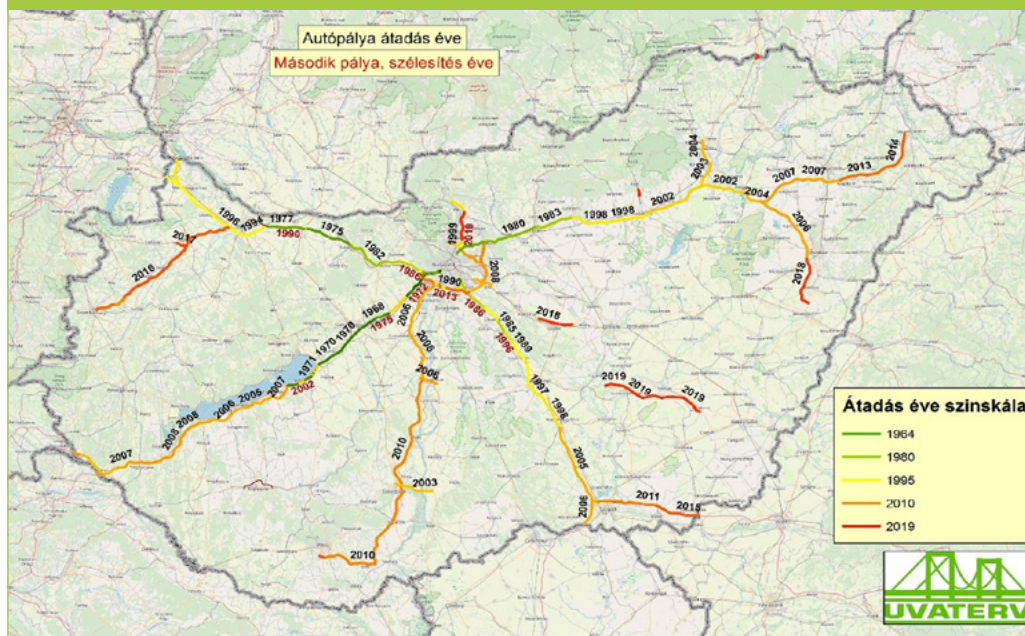
5.6. A vasúthálózat változása

A két alapvető szállítási mód a közút és a vasút. A vasútnak a magyar szállítási hálózatban meghatározó szerepe van, de a közúton rugalmasabban, közvetlen helyről-helyre lehet a személyeket és az árut szállítani. A vasút kevésbé környezetszennyező, de a fenntartása, fejlesztése nagy erőforrásokat igényel. Jelenleg a vasút a versenyben, megfelelő szervezési feltételekkel előnyben van a közúttal szemben a nagy távolságú, nemzetközi személy- és áruszállításnál, illetve a nagyvárosok agglomerációinak ingázó személyforgalmi igényének kielégítésénél. Ugyanakkor folyamatosan

3. táblázat: Az állami közúthálózat hosszának és forgalmi teljesítményének változása 1995-2018 között *Forrás: OKA*

| | 2008/1995 | | 2013/1995 | | 2015/1995 | | 2018/1995 | |
|---------------------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| | Úthossz | Jármű teljesítmény | Úthossz | Jármű teljesítmény | Úthossz | Jármű teljesítmény | Úthossz | Jármű teljesítmény |
| Autópályák | 3,1114 | 3,7945 | 3,8654 | 3,7946 | 3,9881 | 4,5249 | 4,0070 | 5,4874 |
| Autóutak | 2,4031 | 2,9813 | 2,3954 | 3,1967 | 3,0764 | 4,0254 | 3,6142 | 5,5022 |
| Σ Gyorsforgalmi utak | 2,9516 | 3,6349 | 3,5337 | 3,6773 | 3,7824 | 4,4268 | 3,9184 | 5,4903 |
| Elsőrendű főutak | 1,0449 | 1,2939 | 1,0559 | 1,0872 | 1,0532 | 1,1281 | 1,0504 | 1,2699 |
| Másodrendű főutak | 1,0130 | 1,3915 | 1,0842 | 1,2547 | 1,0928 | 1,3324 | 1,1021 | 1,5173 |
| Σ Főúthálózat | 1,1300 | 1,7649 | 1,2114 | 1,6359 | 1,2300 | 1,8227 | 1,2426 | 2,1522 |
| Összekötő utak | 1,0140 | 1,3894 | 1,0021 | 1,2116 | 1,0028 | 1,2810 | 1,0032 | 1,4359 |
| Bekötő utak | 0,9750 | 1,1926 | 0,9641 | 1,0646 | 0,9647 | 1,1122 | 0,9598 | 1,2254 |
| Állomáshoz vezető utak | 0,9357 | 1,0362 | 1,0000 | 0,9046 | 1,0000 | 0,9404 | 0,0009 | 1,0067 |
| Σ Összekötő + mellékutak | 1,0044 | 1,3528 | 0,9924 | 1,1833 | 0,9930 | 1,2488 | 0,9921 | 1,3957 |
| Summa közúthálózat | 1.0331 | 1.6112 | 1.0424 | 1.4662 | 1.0472 | 1.6070 | 1.0493 | 1.8671 |

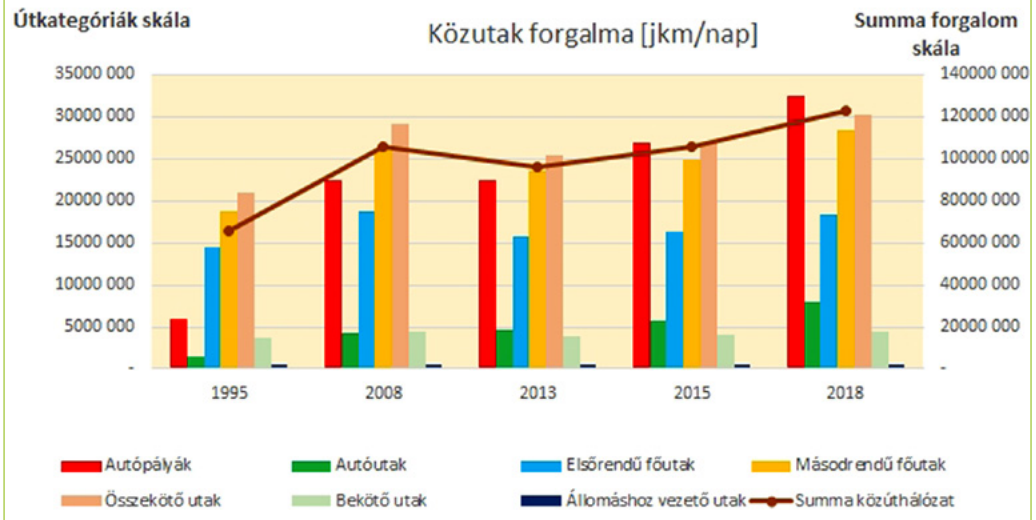
14. ábra: A magyarországi gyorsforgalmi hálózat változása 1964 és 2019-között *Forrás: A NIF adatai segítségével saját szerkesztés*



napirenden van a kis forgalmi teljesítmény és a nagy költség miatt a mellékvonalak forgalmának szüneteltetése, bezárása, megszüntetése.

Már 1995-ben is felvetődött, hogy a szállítási hálózat modellezését, komplexen, a többi szállítási mód figyelembevételével kellene elkészíteni, de a rendelkezésre álló adatok, a techni-

15. ábra: Országos közúthálózat átlagos napi forgalmi teljesítménye 1995 és 2018 között
 Forrás: OKA



4. táblázat: A főúthálózat és a mellékúthálózat hosszának és forgalmi teljesítményének változása 1995–2018 között Forrás: OKA

| | Év | Gyorsforgalmi utak | Főúthálózat | Összekötő + mellékutak | Közúthálózat összesen |
|--|------|--------------------|-------------|------------------------|-----------------------|
| A teljes forgalmi teljesítmény [jkm/nap] | 1995 | 7 385 145 | 40 564 207 | 25 236 574 | 65 622 632 |
| | 2008 | 26 844 104 | 71 590 847 | 34 139 603 | 105 730 450 |
| | 2013 | 27 157 170 | 66 357 494 | 29 861 208 | 96 218 702 |
| | 2015 | 32 692 875 | 73 937 622 | 31 515 638 | 105 453 260 |
| | 2018 | 40 546 628 | 87 301 392 | 35 223 187 | 122 524 578 |

kai lehetőségek nem tették lehetővé. Így a két modellben csak a közúthálózatot tudjuk összehasonlítani.

A vizsgálatok közben, a modellek összehasonlításánál azonban rájöttünk, hogy legalább háttér információként a vasutat is be kell mutatnunk. A vasúthálózat változása számszerűsíthető hatással van a körzetek induló forgalmára.

A 16. ábrán bemutatjuk a vasúthálózat változását, ami a bezárás évének feltüntetésével az összes vasútbezárást tartalmazza. Mint minden a szállítási hálózatot érintő változásnak a vasútbeszüntetésnek is érzékelhető a

részben késleltetett, ugyanakkor hosszan tartó hatása, tehát az 1995 előtt megszüntetett vasutak hatása is megjelenik a 2013/1995 közúti forgalom arányban.

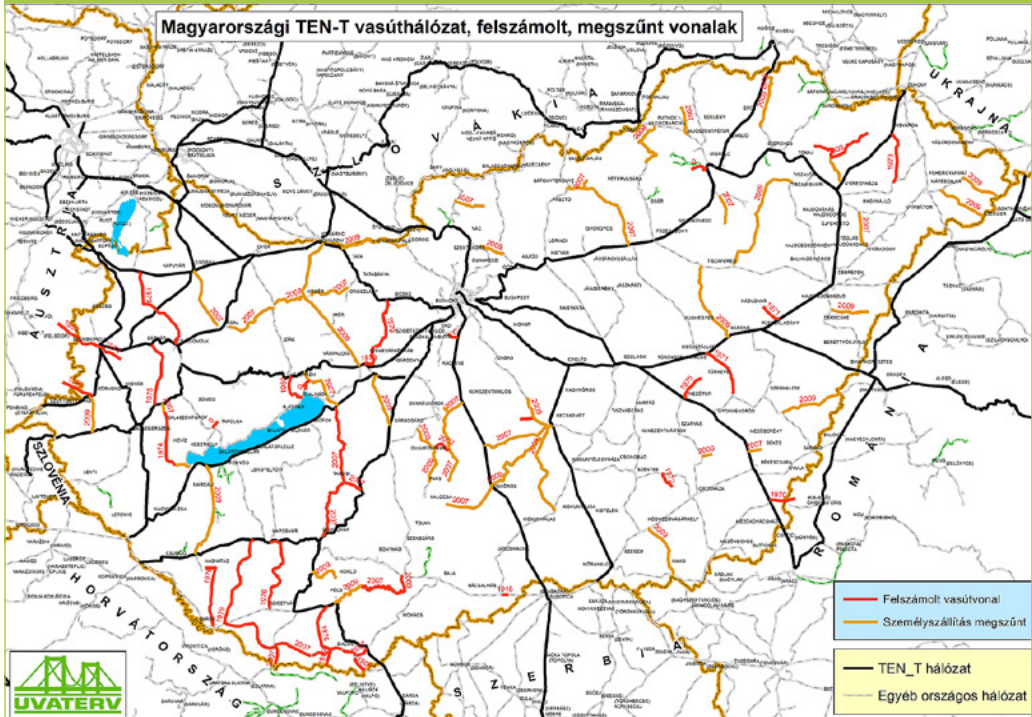
A következő fejezetekben látható, hogy a forgalmi körzetekből induló nehézjárművek 1995 és 2013 közötti változására egyes térségekben a vasútvonal-bezárások jelentős hatással vannak.

6. A KÖRZETEKBŐL INDULÓ FORGALOM VÁLTOZÁSA

A továbbiakban a két alap hálózati modell, a GYF 1995 és az NKS 2013 GYF 1995 körzeteire

16. ábra: A magyarországi vasútvonal-bezárások áttekintő térképe

Forrás: <http://www.vasutallomasok.hu> segítségével saját szerkesztés



összegzett induló forgalmainak (könnyűjármű, nehézjármű, és összes jármű) változását mutatjuk be, a 2013/1995 arányt.

Megfigyelhető a gyorsforgalmi utak hatása, amit mutat, hogy az eredeti tervekhez képest jelentősen módosították az 1990-es évek végén az M3-as autópálya nyomvonalát, amelyet korábban közvetlenül az Északi-Középhegység lábánál terveztek elvezetni. A 17. ábrán az látható, hogy az autópályák 30-50 kilométeren belüli elérhetőségének hatására megjelenik a forgalomfejlődés, de az M3-tól északabbra eltolva.

Azzal, hogy a tematikus térképekre felraktuk a gyorsforgalmi utak építési évét a felszámolt, szüneteltetett vasútvonalakat az évszámmal együtt, valamint figyelembe véve a Duna, a Tisza, a Balaton, az országhatár elzáró hatását, szinte minden változásra logikus magyarázatot találhatunk. Van, ahol a gyorsforgalmi út

építésének van hatása és van, ahol a vasútvonal-megszüntetetés hatása jelenik meg markántabban, és egyéb tényezők pl. az országhatárok nyíltabbá válása (Eu csatlakozás, vízummentesség, schengeni övezet) főleg a nehézjármű forgalomra van hatással.

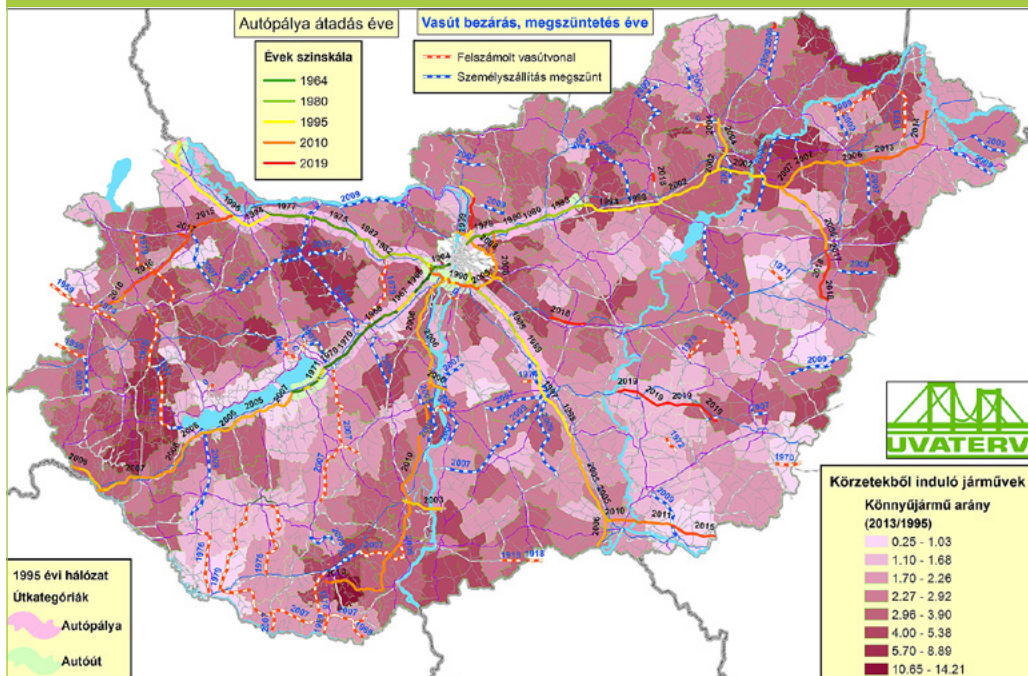
Elkészítettük külön-külön 1995. és 2013. évekre a körzetek forgalmi potenciál tematikus térképeit. A körzetek induló forgalmak szerinti sorrendje a két időtávban lényegében nem változik, de a 17. ábrával összehasonlítva megállapítható az, hogy azonos motorizációs szintnél tapasztalható némi felzárkózás.

A 18. ábrán látható a nehézgépjárművek változási aránya, némi átrendeződéssel hasonló, mint a személygépkocsiké.

Elkészült a körzetekből induló összes járműváltozás arány ábrája is, ami a könnyűgépjármű változáshoz hasonló tendenciát mutat.

17. ábra: Körzetekből induló könnyűjárművek változás aránya 2013/1995

Forrás: saját szerkesztés



A körzetekből induló forgalom és az OKA-ben szereplő keresztmetszeti forgalmi teljesítmény nehezen összehasonlítható, az mindenesetre megállapítható, hogy a GYF 1995-ben a hosszú távú 2015. évi és az 1995-ös forgalmi igénymátrixok összegének aránya 1,46, ami nagyon jól közelíti az Országos Közúti Adatbank (OKA)-ban szereplő Országos Közúthálózat Keresztmetszeti Forgalom (OKKF) 2015 és 1995 a teljes közúthálózat járműteljesítmény 1,6-szoros növekedését.

Összességében a körzetekből induló járművek változása, a Balaton térségét kivéve hasonló, mint a népesség, a lakásszám és a motorizáció változása. Az üzemanyagárak jelentős növekedése eredményezte a Balaton térsége állandó, ideiglenes lakos arányának változását, az induló forgalmának csökkenését. Habár ez adódhat módszertani eltérésből is, mivel 2013-ban a Balaton térség szezonális forgalma éves átlagos forgalomra átszámításánál talán kisebb tényezőt alkalmaztak, mint 1995-ben.

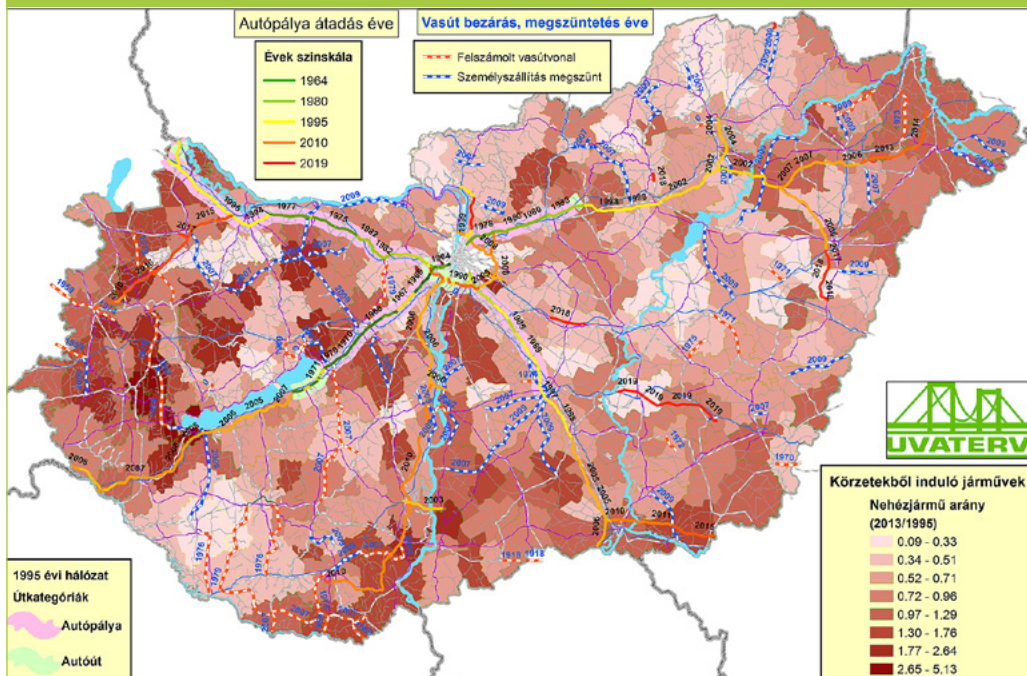
7. KÖVETKEZTETÉSEK, MEGÁLLAPÍTÁSOK

Mivel a vizsgálatunk tárgyát képező modellekben nem szerepelt minden szállítási mód, a GYF 1995 miatt még a vasutat sem tudtuk figyelembe venni, nem is beszélve a vízi, légi, csővezetékű szállításról. Így a közútra rendelkezésre álló adatok értékelésénél figyelembe kellett vennünk a szállítási teljesítményeket az Európai Unióban és Magyarországon, a szállítási módok szerinti megoszlást és azok változási tendenciáit, valamint az egyéb módok hálózatának, infrastruktúra kapacitásának, eljutási idő, költség stb. változását.

A két időtáv összehasonlításánál a térségek közúti szállítási potenciáljainak változására koncentráltunk. A Budapesten kívüli, hazai körzetekből induló forgalmakat vizsgáltuk, amiben benne van a körzetből Budapestre, illetve külföldre induló forgalom is, de nincs benne a tranzitforgalom. A tranzit nagysága növeli a hálózat terheltségét, így befolyásolhat-

18. ábra: Körzetekből induló nehéz járművek változás aránya 2013/1995

Forrás: saját szerkesztés



ja a körzetekből induló forgalmat, tehát az összehasonlításból levonható következtetéseknél figyelembe kell venni a keresztmetszeti forgalmakat, forgalmi teljesítményeket.

7.1. Vizsgálati eredmények, tapasztalatok

A különböző időpontokban készített hálózati modellek és adatainak összehasonlítása, valamint ezek összevetése a tényleges adatokkal nagyon sok várt és nem várt, meglepő, az eddigi gyakorlatot igazoló vagy azok felülvizsgálatára figyelmeztető tapasztalattal jár. Megítélésünk szerint ezekhez az értékelésekhez több idő és a több szakember bevonása szükséges.

A területi, idő és ember kapacitás korlátjai miatt jelen tanulmányban nem törekedtünk teljességre, csak a két kitűzött cél a forgalomváltozás összefüggéseinek és a hálózatfejlesztési koncepciók teljesülésének vizsgálata részeredményeit mutathatjuk be, amelyeket az alábbiakban foglalnunk össze.

7.1.1. A GYF 1995 ütemezésben megfogalmazott hálózatfejlesztési és forgalmi prognózis teljesülése

A GYF 1995 ütemezésben a szállítási hálózat fejlesztésére hosszú távra megfogalmazott célok, koncepcionálisan és mennyiségileg már teljesültek, mivel a 2015-re ütemezett 1777 km gyorsforgalmi út nem rugaszkodott el a lehetőségektől, eddig nem nagyon lépte túl a 2015. évre tényleges megépített 1430 kilométert. Jellemzően az autópályák/autóutak aránya és az egyes projektek sorrendje változott, a 2x1 sávos autóutak időközben kiderült bal-

5. táblázat: 1995-ben 2015 évre tervezett és a tényleges gyorsforgalmiúthálózat

Forrás: GYF 1995, OKA

| Gyorsforgalmiút (km) | autópálya | autóút | összesen |
|--------------------------------|-----------|--------|----------|
| GYF 1995-ben 2015-re tervezett | 971 | 806 | 1777 |
| 1995-ben ténylegesen üzemel | 1167,7 | 262,4 | 1430,1 |

esetvesélyessége miatt, 2015-ben a tervezett 806 km, (azon belül 445 km 2x1 sáv) helyett csak 262 km autópályát üzemeltetnek.

Ha az autópályák hosszát súlyozzuk, már 1,5-ös szorzónál a tervezett és tényleges gyorsforgalmi út hossz arány 2262,5/2013,95, ami 90%-os teljesülést jelent.

A GYF 1995-ben a hosszú távú 2015. évi és az 1995-ös forgalmi igénymátrixok összegeinek aránya 1,46, ami nagyon jól közelíti az Országos Közúti Adatbank (OKA)-ban szereplő Országos Közúthálózat Keresztmetszeti Forgalom (OKKF) 2015/1995 summa közúthálózat járműteljesítmény 1,6-szeres növekedését.

7.1.2. A hálózatfejlesztés hatásának törvényszerűségei

Beigazolódott, hogy a szállítási hálózat, a forgalmi teljesítmények változása sok változós egyenlet, ahol az egyes változók (szállítási módok, szállítási hálózat típusai, gazdasági, társadalmi igények, feltételek, nemzetközi kapcsolatok) oda-vissza függnek egymástól.

Annak megállapításához, hogy egy adott útvonalon, térségben, adott szállítási mód megjelenő plusz forgalma átterelt vagy generált, sokrétű értékelést igényel. Ugyanis egy adott útszakaszon egy adott szállítási módban megjelenő plusz forgalom lehet más útvonalról átterelt, ugyanezen az útvonalon módváltó, illetve új, úgynevezett generált forgalom.

A személy- és áruszállítási teljesítmények módzatok szerinti megoszlási arányának sorrendje, sem az EU-ban, sem Magyarországon nem rendeződött át. Azon belül Magyarországon a személyszállításnál, a személygépkocsi aránya kisebb mértékben 6-7%-kal, az áruszállításnál a közút aránya nagyobb mértékben, több mint 15%-kal nőtt. Tehát egy adott térségből ezeknél az átlagoknál nagyobb mértékű induló forgalomnövekedést tekinthetjük generált forgalomnak.

A vizsgálat számszerűsíthető törvényszerűségek célja tekintetében, csak azt írhatjuk le, hogy az előző fejezetek ábráit és a mögöttük

lévő adatokat vizsgálva nem tudunk a gyorsforgalmi utak forgalomgeneráló hatására, az egész országra egységes számokat adni, de térségekre, a helyi sajátosságokat (népesség, gazdasági mutatók, motorizáció változása) figyelembe véve több minden megállapítható:

- Az elmaradott és a határ menti térségben egyértelműen, a gyorsforgalmi utak 30-50 kilométeres sávjában történt a motorizáció, a tényleges forgalmi potenciál növekedése, és itt történt gazdasági fejlődés és még lakosság-növekedés is megfigyelhető.
- A körzetek motorizációs szintje sorrendjében – 1995 és 2013 között – a körzeteknél nincs értékelhető változás, de az látható, hogy az alacsonyabb motorizációs szintű körzeteknél tapasztalható felzárkózás. Ugyanakkor meg kellene vizsgálni a járműállomány típus szerinti megoszlását, életkorát, futásteljesítményét is.
- Az alacsonyabb forgalmi potenciálú körzetek induló forgalmára, ugyanaz megállapítható mint a motorizációs szintnél, azaz tapasztalható némi felzárkózás.
- A térségből induló könnyűjárművek növekedése markánsabban látható az autópályák sávjában, mint a nehézjárműveké. A nehézjárműveknél a vasútvonal megszüntetése és a térség sokszor véletlenszerű, a helyi lobbis tevékenységtől inkább függő gazdasági fejlesztése eltakarhatja az új gyorsforgalmi út hatását. Az autópályák és egyéb gazdasági fejlesztések együttes hatása további vizsgálatot igényel.
- Az autópályák közül az M3-nak van a leginkább érzékelhető hatása.
- A vasútvonal bezárásoknak bizonyos térségekben legalább akkora a hatása főleg a teherforgalomra, mint a gyorsforgalmi utak építése.
- Mint minden a szállítási hálózatot érintő változásnak a vasútbeszüntetésnek is érzékeltethető a részben késleltetett, ugyanakkor hosszán tartó hatása, tehát az 1995 előtt megszüntetett vasutak hatása is megjelenik a 2013/1995 közúti forgalom arányban.

- Nagyon jól látható az elzáró hatás, amit a kapcsolatok hiánya okoz, Pl. a Duna, Tisza hidak hiánya miatt a gyorsforgalmi út hatása nem érvényesül a túlsó oldalon.
- Megfigyelhető az új utak késleltetett hatása, a régebben átadott gyorsforgalmi utak körzetében nagyobb mértékű a változás.
- Megállapítható, hogy némely elmaradott, aprófalvas, előregedő településeket tartalmazó körzetekből a vasútvonal megszüntetése sem eredményezett érzékelhető induló közúti forgalom növekedést. Növekedhettek a közúti mozgások körzeten belül, de azt a rendelkezésre álló adatainkból nem látjuk.
- Térségenként a gazdasági, társadalmi fejlettségtől is függő tendenciák látszanak, de azok még további vizsgálatot igényelnek.
- A rendelkezésre álló adatok nem teszik lehetővé a körzeteken belüli forgalom változásának megfigyelését, de az látható, hogy a gyorsforgalmi utak térségében a népesség, a lakások száma, illetve a motorizáció akár nagyobb mértékben változott, növekedett, mint a körzetből induló forgalom. Ez feltételezhetően a helyi mobilizáció változását, növekedését jelentheti.
- Elkészítettük az összes alapadatra és az induló forgalmakra a különbség ábrákat is, de azokon a körzetek nagymértékű eltérő potenciálja miatt nehezen követhetők az összefüggések, ugyanakkor a kiugróan magas arányváltozásnál figyelembe kell venni a különbség nagyságrendjét is.

7.2. További vizsgálati javaslatok

- A jelen tanulmányban összehasonlított két modellhez hasonlóan, egy nagyobb volumenű vizsgálatban a különböző időpontokban készített tervek forgalmi modelljeiből idősorosan lehetne összefüggéseket megállapítani.
- Annak ellenére, hogy a mátrix alapját képező adatok, adatgyűjtések is sok esetben eltérők, valószínű sok egyéb tapasztalatot, adatot lehetne felhasználni

az Országos Célforgalmi (OCF) vizsgálatokból.

- Külön vizsgálat lehet a generált forgalom összetevőinek feltárása.
- Országos modelleket vizsgáltunk, de Budapest annyira kiugróan eltér az ország többi részétől, hogy a nagyságrendileg eltérő adataival, eltakarná a változásokat, Budapestre egy másik tanulmány készítése szükséges.
- A lakásszámmal súlyozott induló forgalomhoz hasonlóan, célszerű lenne több tényező együttes vizsgálata, mindenképpen az erősebb lobbitevékenység hatására meghozott döntések kiszűrésével.
- A szállítási infrastruktúra módosulása társadalmi változásokat is eredményezhet. A gyorsforgalmi út akár egy térség felzárkózását segítheti. A népesség, lakásszám, motorizáció mellett megnéztük a két időpontban az elmaradott (kedvezményezett) és munkanélküliséggel sújtott települések besorolását. Az 1995. és 2019. évi adatokat összehasonlítva, csak a nagyvárosok agglomerációjában tapasztalhatunk némi elmozdulást.

Az összegyűjtött adatokat és az elvégzett összehasonlításokat, értékeléseket kiinduló lehetőségnek szánjuk. Pl. lehetne térségekre, több paramétertől függő generált forgalmi tényezőket adni, de ezeket felelősséggel csak a szakma meghatározó szakembereivel történő egyeztetés után lehetne leírni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A Magyar Gyorsforgalmiúthálózat Fejlesztési Terve 1995, 1996, (röviden: **GYF 1995**)
- [2] Országos Célforgalmi Adatfelvétel lebonyolítása, a célforgalmi mátrix létrehozása 1995-1998 (röviden: **OCF 1998**).
- [3] Útmutató az országos közúthálózat új külterületi szakaszainak és új forgalomvonzó létesítménnyel érintett útjainak forgalmi előrebecsléséhez (röviden: **GKM 2003**.)
- [4] Nemzeti Közlekedési Stratégia (NKS) 2013-2015, Össz közlekedési forgalmi modell (röviden: **NKS 2013**) [02_NKS_forgalmi_model.pdf, 02_NKS_modell_.docx]

- [5] Országos Célforgalmi Adatfelvétel lebonyolítása, a célforgalmi mátrix létrehozása, 2008-2010. (röviden: **OCF 2008**) [Modszertani attekintes-090323.doc]
- [6] STATISZTIKAI TÜKÖR, 2017.09.06. Szállítási teljesítmények, közúti közlekedési balesetek, 2017. II. negyedév [sza1706.pdf]
- [7] Országos célforgalmi felvétel és mátrixok kidolgozása, TEN-T elemzések (röviden: **OCF-2016**) [KTI_OCF2016_tanulmány.PDF]
- [8] Módszertani útmutató egyes közlekedési projektek költség-haszon elemzéséhez, TRENCON Tervező és Tanácsadó Kft, 2018 december (röviden: **CBA útmutató**) [cba_guide_HU_(1)_0110_1.pdf]
- EUROSTAT: database:
https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?node_code=prc_hicp_mmor
- European Commission: Statistical pocketbook 2017:
https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2017_en
- European Commission: Statistical pocketbook 2018:
https://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2018_en
- UNECE statisztikák:
<http://w3.unece.org/PXWeb/en>

ADATFORRÁS ELÉRHETŐSÉGEK:

KSH: STADAT:
<https://www.ksh.hu/stadat>

KSH: Szállítás, közlekedés
<http://www.ksh.hu/katalogus/#/kiadvanyok/tema/szallitas-kozlekedes>

Megvalósíthatósági tanulmány és költség-haszon elemzés útmutató:
<https://www.palyazat.gov.hu/mdosultak-az-ikop-felhvsok>



Changes in Traffic Potentials from 1995, Depending on the Changes in the Road Network – Part 2

For the last more than 20 years, strategic goals of transport development, updated for planning cycles usually every 5-7 years, have been established in the European Union in the White Paper 1992, 2001, 2011, and in Hungary in the National Spatial Plan (OTrT 2003, 2008, 2013, 2018), in the Integrated Transport Development Strategy (EKFS 2007), and in the National Development and Regional Development Concept (OFTK 1997, 2013). In Hungary, operational programmes were assigned to the targets in line with the 7-year EU cycles (KÖZOP, ROP 2007–2013), (IKOP, CEF, INTERREG 2014-2020), supported by plans including network modelling.



Änderungen des Verkehrspotentials ab 1995 abhängig von den Änderungen im Straßennetz Teil 2

Die strategischen Ziele der Verkehrsentwicklung, wurden in den letzten 20 Jahren für Planungszykle (normalerweise 5-7 Jahre) aktualisiert im Weißbuch der Europäischen Union 1992, 2001, 2011, in Ungarn in dem Nationalen Raumplan, OTrT 2003, 2008, 2013, 2018, und in der Einheitlichen Verkehrsentwicklungsstrategie EKFS 2007, sowie im Nationalen Entwicklungs- und Regionalen Entwicklungskonzept, OFTK 1997, 2013 verfasst. In Ungarn wurden den Zielen operative Programme gemäß den 7-Jahre-EU-Zyklen 2007-2013 (TOP, ROP), 2014-2020 (IKOP, CEF, INTERREG) zugewiesen, die durch Pläne einschließlich Netzwerkmodellierung unterstützt wurden.

Egyensúlyi modellek evolúciója – általános egyensúlyi modellek a közlekedésben

Kevés magyar nyelvű irodalom létezik a témakörben, ezért fontos az eddigi eredmények összegzése. A számítható általános egyensúlyi modellek egyre népszerűbb módszer a közlekedés gazdasági hatásainak felmérésére, ideértve a közvetlen és a szélesebb körű gazdasági hatásokat is. Segítségükkel meghatározható a gazdaság minden piacának és szereplőjének a viselkedése.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.3

Boldizsár Adrienn – Mészáros Ferenc– Tánczos Lászlóné

PhD hallgató

egyetemi docens

emerita professzor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

e-mail cím: boldizsar.adrienn@mail.bme.hu, fmeszaros@mail.bme.hu, ktanczos@mail.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A közlekedéstervezési folyamatban a döntéshozóknak megbízható és informatív értékelésekre van szükségük a különböző lehetőségek összehasonlításának megkönnyítéséhez és annak meghatározásához, hogy érdemes-e egy javaslatot a társadalom vagy éppen a politikai döntéshozók számára eljuttatni. Emellett nem hagyhatják figyelmen kívül a pénzügyi korlátokat sem, amelyek vizsgálata elengedhetetlen a racionális döntés meghozatalában. A cikk első felében azon döntéshozatali eszközök áttekintése következik, amelyek szerves alapját képezték az egyensúlyi modellek létrejöttének, valamint magának az egyensúlyi modelleknek a bemutatására kerül sor. A második szakaszban a közlekedési modellek jelenlegi értékelési módszereit vettük sorra és hasonlítottuk össze egy általunk meghatározott keretrendszer szerint.

1.1. Költség-haszon elemzés, mint az egyensúlyi modellek alapja

A költség-haszon elemzés (Cost-Benefit Analysis, CBA) az értékelés leggyakoribb formája, ahol a monetarizált előnyöket elsősorban a fogyasztói többlet változása alapján mérik a közlekedési piacon [7]. A projekteknel vizsgálják az adott projekt gazdasági, társadalmi és környezeti hatását pénzben kimutatva, ezáltal lehetővé téve a projektek vagy projektváltozatok értékelését és rangsorolását, mind a jelenbeli, mind a jövőbeli pénzeszközök reálértéken való figyelembevétele mellett. Ez az elemzési forma a jövőbeli hatások pénzürtékét jelenértékre diszkontálja, ezáltal téve összemérhetővé a különböző időpontokban felmerülő költségeket és hasznokat. A CBA leggyakrabban használt mutatószámai:

- a nettó jelenérték (Net Present Value - NPV)
- a haszon-költség arány (Benefit Cost Ratio - BCR)
- a belső megtérülési ráta (Internal Rate of Return - IRR) és esetenként
- az első üzemelési év megtérülési hányada (First Year Rate of Return - FYRR)

A mutatók az alábbi összefüggések alapján számíthatók:

- *Nettó jelenérték (1):*

$$(1) NPV = \sum[(1+i)^{-t} * B] - \sum[(1+i)^{-t} * C]$$

ahol:

- t: évek sorszáma,
- i: kamatláb szerepű ártértékelési tényező,
- B: adott projektváltozat várható tiszta haszna a t. évben,
- C: adott projektváltozat építési, fenntartási és üzemeltetési költsége a t. évben,

A nettó jelenérték elvárt értéke pozitív, vagyis $NPV > 0$; alternatív projektek összehasonlítása esetén a legnagyobb pozitív NPV értékű változat a legkedvezőbb.

- *Haszon-költség arány (2):*

$$(2) BCR = \frac{\sum_{t=0}^m [(1+i)^{-t} * B]}{\sum_{t=0}^m [(1+i)^{-t} * C]}$$

- A haszon-költség arány mutató elvárt értéke, hogy 1-nél minél nagyobb, lehetőleg annak többszöröse legyen, vagyis $BCR \gg 1$.
- *Belső megtérülési ráta (az a kamatláb, amelyenél $NPV=0$).*

$$(3) \frac{NPV = \sum[(1+i)^{-t} * B] - \sum[(1+i)^{-t} * C]}{\sum[(1+IRR)^{-t} * B] - \sum[(1+IRR)^{-t} * C]} = 0$$

ahol:

IRR: *belső megtérülési ráta.*

A belső megtérülési ráta elvárt értéke akkor kedvező, ha az eléri/minél jobban meghaladja a szakterületre vonatkozó minimális rátát (4):

$$(4) IRR = (c_t \cdot c_0^{-1})^{t-1} - 1$$

ahol:

- c_t : bevétel,
- c_0 : szükséges induló ráfordítás.

A legtöbb esetben a fenti három mutató segítségével határozzák meg, hogy az egyes projekteket hosszú távon érdemes-e finanszírozni [4]. A közúti infrastruktúra-fejlesztő projektek értékelésénél azonban fontos szerepet tölthet be egy további kiegészítő mutató, az első üzemelési év megtérülési hányada.

- Az első üzemelési év megtérülési hányada az alábbi összefüggéssel számítható (5):

$$(5) FYRR = [(VC_N - VC_V) - (FC_N - FC_V)] / PrC = [\Delta VC - \Delta FC] / PrC$$

ahol:

- VC_N : a fejlesztés elmaradásának feltételezésével („nélküle”) számított, a forgalommal arányos közlekedési költségek az első üzemeltetési évben,
- VC_V : „vele” esetben számított, a forgalommal arányos közlekedési költségek az első üzemeltetési évben,
- FC_N : „nélküle” esetben számított üzemeltetési és fenntartási költségek az első üzemelési évben,
- FC_V : az x változat megvalósításának feltételezésén alapuló „vele” esetben számított üzemeltetési és fenntartási költségek az első üzemeltetési évben,
- PrC: a projekt közvetlen bekerülési költsége.

A FYRR mutató az elvárthoz képest tapasztalt kedvezőtlen értéke esetén ugyanis indokolt a közutat igénybe vevő kezdeti járműforgalom növeléséhez ún. „ráségitő” intézkedések meghozatala. Az előző mutatók azonban csak akkor tükrözik a maximális társadalmi jólétet, ha feltételezzük, hogy a piacok tökéletesen versenyképesek és súrlódásmentesen, piaci hiányosságok nélkül működnek. A közlekedési projektek tekintetében a figyelembe vett hatások igen sokrétűek, magukba foglalják a felhasználók (pl. utazási idő, megbízhatóság, kényelem, biztonság stb.), a szolgáltatók (pl. tőke, működési költség stb.), valamint a társadalom (pl. levegő- és zajszennyezés, balesetek

stb.) prioritásait is. A közlekedési költség-hason elemzésekben a közlekedés felhasználói jólétet közvetetten a „fogyasztói többlet” változásaként mérik; a fogyasztói többlet az a különbség, amit a felhasználók hajlandók fizetni a szállítási szolgáltatásért és amit ténylegesen megfizetnek.

Számos kritika is megfogalmazódott az elemzést illetően. Az általánosságban alkalmazott CBA igen korlátos, a gazdasági elméletek premissái ugyanis nem teljes körűen érvényesülnek a gyakorlatban, például a korábbiakban is említett tökéletes verseny rendszerint torzul. Emiatt az empirikus megközelítések módszertani szempontból kevésbé megalapozottak. Hátrányként említhető, hogy a módszertan feltételezi, az összes haszon mérhető, és további hiányosság az is, hogy az eljárás nem írja le az előnyök megoszlását a gazdasági szereplők között [5].

A CBA modellel szemben megfogalmazott kritikáknak köszönhetően a módszer folyamatos fejlesztése során az analízis részeként épültek be az úgynevezett „szélesebb gazdasági hatások” (Wider Economic Impacts – WEIs). A számítható általános egyensúlyi modell (CGE) az egyik olyan speciális modell típus, amely képes egységesíteni a szélesebb gazdasági hatások becslését. A számítható egyensúlyi modell az egész gazdaságot szimulálja azáltal, hogy minden piaci résztvevő kínálatát és keresletét is figyelembe veszi. A számítható egyensúlyi modell megoldása során olyan ár-halmazt kell keresni, amely egyidejűleg eredményez egyensúlyt minden piacon, azaz általános egyensúlyt teremt. Ezen túlmenően a közlekedésben alkalmazott számítható egyensúlyi modell egyazon modellben képes keretet, lehetőséget biztosítani a közvetlen és a szélesebb gazdasági hatások értékeléséhez.

Az értékelés során leggyakrabban elismert szélesebb gazdasági hatások az agglomerációs externáliák, a munkaerő-piaci hatások és a nem tökéletes versenyű piacok hatásai [17]. A GDP, az árak a modellekből kinyerhetők, mivel a modellek az alapvető mikrogazdasági magatartásra épülnek. Mindez lehetővé teszi a döntéshozók számára a prioritások megha-

tározását a közlekedési projektek között, és megkönnyíti az összehasonlítást más ágazatok kormányzati kiadásaira vonatkozólag.

1.2. Gazdasági modellek a közlekedésben

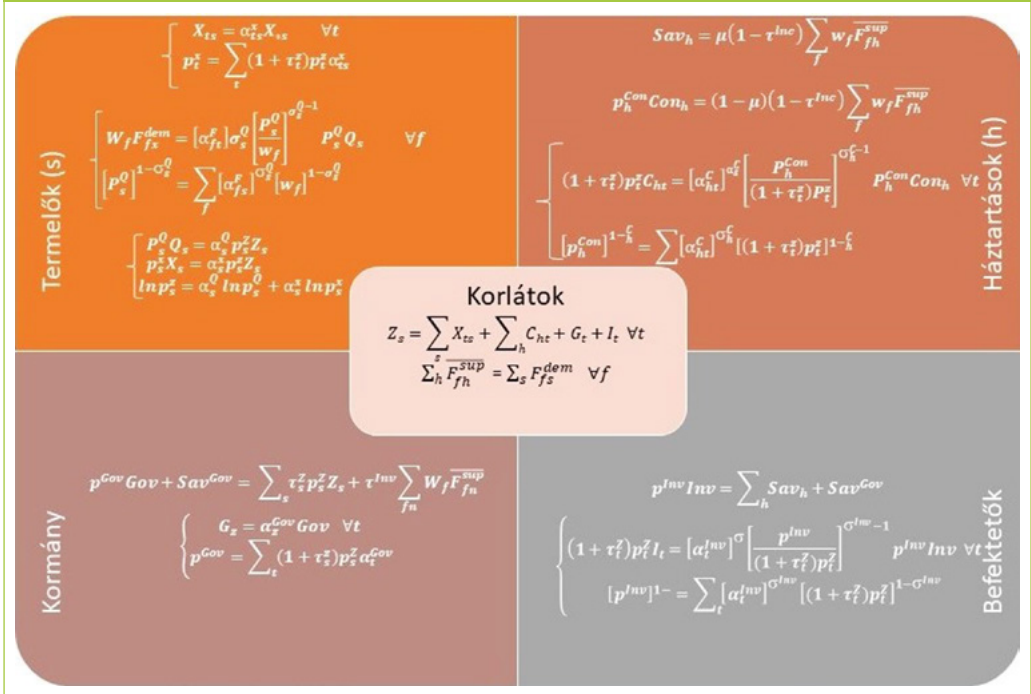
A modellezés legalapvetőbb szintje a cégek felmérése a közlekedés iránti attitűdjeikről és az egyes projektekre adott valószínű reakcióiról [11]. A termelési függvénymodellek a föld, a munkaerő, a tőke és a közlekedés bizonyos mértékének tényezőit veszik alapul az aggregált termelési függvényhez a regionális gazdasági aktivitás becsléséhez [14]. A korai verziók az infrastruktúra-készleteket használták a közlekedés ábrázolására, de nem voltak képesek megkülönböztetni a produktív és az improduktív infrastruktúrát. A későbbi modellek inkább a gazdasági potenciál mutatóit alkalmazták, ám az ok-okozati összefüggések megállapításának nehézségei továbbra is fennálltak [18]. A legújabb termelési függvény modellek a méretgazdaságosság figyelembevétele mellett, lehetővé teszik a kereslet és a szállítási költségek változása hatásainak modellezését a kínálat változásainak figyelembevételeivel [3]. A legtöbb modell korlátozott mértékben képes kielégíteni azokat a döntéshozókat, akik egyre inkább a háztartásokra, a vállalkozásokra és a gazdaság egészére gyakorolt hatások elemzésében érdekeltek.

2. SZÁMÍTHATÓ EGYENSÚLYI MODELLEK ALAPJAI

A számítható egyensúlyi modellek egységes keretet biztosíthatnak a közlekedés és a gazdaság közötti kölcsönhatások elemzéséhez. A ma is ismert, modern egyensúlyi modellezés két különálló gazdasági iskolából alakult ki, az IO, vagyis (input) termelési tényezők és (output) termék vagy szolgáltatás közötti kapcsolatot feltáró modellekből, valamint az általános egyensúly (GE) elméletből. Az IO-ágazat modelljei a „számítható általános egyensúlyi” (CGE) vagy Johansen típusú modellek, míg a GE elméletéből származó modelleket „alkalmazott általános egyensúly” (AGE) vagy Arrow – Debreu modelleknek szokás nevezni. A CGE modellek működése sok esetben egy „fekete doboznak” is tűnhet, ahol a modell

1. ábra: Egyszerű CGE modell

[saját szerkesztés „A Handbook of Transport Economics” alapján]



mechanikája rejtett vagy nehezen érthető. Eddig csak Hollandia rendelkezik iránymutatókkal, amelyek részletezik a CGE modellek használatát a szélesebb gazdasági hatások értékelésében [17]. Az alábbiakban egy egyszerű CGE modell látható, amely egy zárt, tökéletes versenyű, súrlódásmentes gazdasági környezetben került felállításra. Az 1. ábrán egy ilyen modell látható.

A CGE modell egyensúlyi egyenletekből áll, amelyek a gazdaság árupiacait reprezentálják. Az egyes piacokon a kereslet és a kínálat a gazdaság minden részének a függvénye, nem csak a saját piacon érvényes, kihat a többi piacra is. A modell egy olyan adatmátrixra épül, amely a bázisidőszakban a gazdaság összes tranzakcióját tartalmazza. Feltételezzük, hogy tökéletes verseny érvényesül egy zárt, súrlódásmentes gazdasági rendszerben. Az alapmodell ezután kibővül, alkalmazza a méretgazdaságos technológiák növekvő skáláhozadékanak elméletét és a vállalkozások

közötti versenynek a fennmaradását, majd kibővül a multinacionális / régiós kereskedelemmel kapcsolatos modellekkel.

A modelleket úgy lehet megoldani, hogy olyan ár- és kimenet-halmazt képez, amely minden piacon egyensúlyt eredményez. Az összes CGE modell a fogyasztók viselkedését és a gyártási folyamatot a háztartásokon, illetve a cégeken keresztül szimulálja. A háztartások elsődleges tényezők (például munkaerő és tőke), amelyeket jövedelem céljából eladnak a vállalkozásoknak. A cégek ezt követően ezeket a tényezőket, inputokat, esetleg más cégek közbenső bemeneteivel árukká alakítják át. A háztartások és a vállalatok megvásárolják ezeket az árucikkeket, hogy maguknak jólétet biztosítsanak, és további termékeket vagy szolgáltatásokat termelnek. Feltételezzük, hogy a háztartások viselkedését a jólét-maximalizálás írja le, a cégek pedig profitot maximalizálnak. A jólét- és a profitmaximalizálás problémáinak analitikus megoldása termelési

és keresleti függvényeket eredményez, amelyeket azután az egyensúlyi egyenletek összeállításához használnak.

3. CGE MODELL VIZSGÁLATA A KÖZLEKEDÉSI SEKTORBAN

Eddig a városi, a regionális és a környezet-gazdaságtanban a közlekedésre CGE modelleket fejlesztettek ki. Mindegyik terület a saját elméletét, feltételezéseit és gyakorlatait alkalmazta a közlekedés és a gazdaság közötti, a terület szempontjából releváns kapcsolatok ábrázolására [6]. A közlekedés szerepe gazdasági szempontból annak lehetővé tétele, hogy az egymástól elválasztott egységek költségei is fizikailag kölcsönhatásba lépjenek egymással. A közlekedési kapcsolat ezért a térbeli modellek szerves részét képezi.

3.1. Városi számítható egyensúlyi modellek

A városi CGE modelleket a városi gazdaság területén fejlesztették ki a városi területek gazdasági kérdéseinek tanulmányozására. Ezen CGE keretein belül kidolgozták a földhasználat modelljeit [2], a munkaerő-igény modellt [13], az agglomerációt és a decentralizált foglalkoztatást leíró modellt [12]. Később összekapcsolták a városi CGE modellezést a közlekedési modellezéssel, hogy megvizsgálják a torlódások városra gyakorolt hatásait. A közelmúltban ezeket a modelleket adaptálták a széndioxid-díjak [15], a közforgalmú közösségi közlekedési támogatások [16] és a sebességkorlátozások gazdasági hatásának elemzésére [10].

3.2. Térbeli számítható egyensúlyi modellek

A nemzetgazdaságok első CGE modelljeinek nem volt térbeli dimenziója. A gazdasági szereplők és az áruk elhelyezkedésük alapján is azonosíthatók, így a modellek térbeli dimenziót kaptak. Ezeket - a területtől függően - térbeli, multiregionális vagy régióközi CGE modelleknek nevezik. A korábbi modelleknél bemutatott hiányosságoknak is köszönhetően az utóbbi években mindjobban előtérbe kerültek a térbeli általános egyensúlyi modellek, amelyeket jelenleg is folyamatos fejlődés jellemez.

4. A KÖZLEKEDÉSBEN ALKALMAZOTT TÉRBELI MODELLEK ÁTTEKINTÉSE A GAZDASÁGI FEJLŐDÉS TÜKRÉBEN

A közlekedésben alkalmazott térbeli modellek leginkább a közlekedés gazdasági fejlődéshez történő hozzájárulását vizsgálják. A térbeli kifejezés arra utal, hogy az elemzésben fontos szerepet játszik a térbeliség. A következőkben a gazdasági fejlődés térbeli modelljeinek rövid bemutatása és összehasonlítása következik.

4.1. Multiregionális gazdasági modellek

A közlekedés és a gazdasági fejlődés közötti kapcsolat igen összetett. A modellekben szereplő döntési változók egyaránt épülnek műszaki, gazdasági és társadalmi adatokra is [14]. A területgazdaságtan egyik alapelve a közlekedési infrastruktúra és a szolgáltatás minőségének a regionális fejlődésben betöltött fontos szerepe. A legegyszerűbb formában ez azt jelenti, hogy azok a régiók, amelyek jobban hozzáférnek az alapanyagokhoz és a piacokhoz, termelékenyebbek, versenyképesebbek és ennél fogva sikeresebbek lesznek, mint a távoli és elszigeteltebb régiók.

A multiregionális gazdasági modelleknek három típusát különböztetjük meg: a regionális termelési modelleket, a multiregionális IO modelleket és a térbeli számítható általános egyensúlyi modelleket. Az 1. táblázatban a különböző modellek összefoglalója látható.

A három modelltípusban, a regionális termelési modellekben, a multiregionális be- és kiemeneti, valamint a térbeli számítható általános egyensúlyi modellekben sok közös vonás van. Az itt tárgyalt modellekben nincs olyan neoklasszikus modell, amely feltételezné a tökéletes tényezőmobilitást, mivel a modelleknek szerves része a térbeli ellenállás, a szállítási költségek. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy ezt eltérő részletességgel teszik. Az összehasonlítás a 2. táblázatban látható.

1. táblázat: A multiregionális gazdasági modellek
[saját szerkesztés „A Handbook of Transport Economics” alapján]

| | Hol fejlesztették ki? | Célja |
|---|--|--|
| REGIONÁLIS TERMELÉSI MODELLEK | | |
| SASI | Bécsi Műszaki Egyetem & Dortmundi Egyetem | Európai régiók társadalmi-gazdasági fejlődésének rekurzív szimulációs modellje, az Unió egészének gazdasági és demográfiai fejlődésével kapcsolatos exogén feltételezésektől függően a modell előrejelzi a közlekedési infrastruktúra-beruházások és a közlekedési rendszerek fejlesztésének hatásait. |
| ASTRA | Karlsruhei Műszaki Egyetem (Németország) | Rendszerdinamikai típusú rekurzív-dinamikus modell, amelyet arra fejlesztettek ki, hogy felmérje a közlekedéspolitikai regionális gazdaságra és környezetre gyakorolt hatásait. |
| MASST | Politecnico di Milano (Olaszország) | Célja az európai területfejlesztés hosszú távú forgatókönyveinek értékelése. A nemzeti és regionális GDP-növekedést, a népességet és a migrációt a makrogazdasági tendenciákra és a politikai feltételezésekre alapozott alternatív feltevések alapján modellezi. |
| MULTIREGIONÁLIS IO MODELLEK | | |
| MEPLAN | Marcil Echenique - Cambridge-i Egyetem | A regionális gazdasági fejlődést és a közlekedési folyamatokat modellezi a nemzeti be- és kimeneti táblázatok alapján, különféle típusú háztartások által, mint áruk és szolgáltatások fogyasztói, (valamint a munkaerő termelői). A régiók közötti kereskedelem az import és export árutípus, termelési ár és szállítási költség alapján vannak előrejelvezve a regionális kereslet-kínálat függvényében. |
| TRANUS | Tomas de la Barra (Venezuela) | Régiók szintjén mutatja be a termékek és a fogyasztás helyét, a termelési árak és a szállítási költségek függvényében. Ily módon olyan áruk és szolgáltatások áramlását generalja, amelyeket azután teher- és személyszállításokká alakítanak át. |
| PECAS | Calgary Egyetem (Kanada) | Csere és fogyasztóelosztási rendszer. MEPLAN szerkezete kibővítve a 'készlet' és 'használat' mátrix-szal, amely ábrázolja a termelést, fogyasztást, a termékek és szolgáltatások tranzakcióit a beszállítótól a vevőig használva az 'exchanges as submarkets'-t az endogén árakkal és rugalmas export és import funkciókkal. |
| DELTA | David Simmonds és kollégái | Térülethasználati modellezési csomag, amely két térszinten működik. A magasabb térbeli szint egyesül a térbeli be- és kimeneti modellel, amelyben a kereskedelem áramlását a beruházási és a migrációs modellhez kapcsolódó szállítási költségek befolyásolják. |
| RUBMRIO | Texasi Egyetem (USA) | A 254 texasi megyének a beágyazott logit modellek felhasználásával a bemenetekhez és a szállítási mód kiválasztásához készített modell. |
| TÉRBELI ÁLTALÁNOS EGYENSÚLYI MODELLEK (SCGE) | | |
| CGEurope | Kiel Egyetem (Németország) | Multiregionális térbeli kiszámítható általános egyensúlyi modell, amelyben a szállítási költségek a vállalkozások szállítási és üzleti utazási költségei. Az árak és a mennyiségek a szállítási idő és -költség változásaira reagálnak, amely így az egyes régiók jövedelmének és jólétének változását eredményezik. |
| RAEM | Groningeni Egyetem & TNO Delft (Hollandia) | A regionális tőkebefektetéseknek, valamint a háztartások és vállalatok készlet - és áramlási kapcsolatainak az SCGE modellje. |
| REMI PI+ | Massachusettsi Egyetem (USA) | A legújabb verziója a PI+ (Policy Insight) egy új gazdasági földrajzi kiterjesztése az eredeti REMI szerkezetnek, endogén ingatlan árakkal, munkaerő mobilitással és iparágak közötti vásárlással. A modellben az agglomerációs erők a fogyasztók és a termelők árai és munkabérei, a centrifugális erő pedig a korlátozott földterület. Az evolúciós egyensúlyt az alrendszer beállításai sebességének figyelembevételével határozza meg. |

2. táblázat: A multiregionális gazdasági modellek összehasonlítása
[saját szerkesztés „A Handbook of Transport Economics” alapján]

| Modell | Kereskedelmi áramlatok | Tökéletlen verseny | Hálózatok | Demográfia | Migráció | Dinamika |
|----------|--------------------------|--------------------|-----------|------------|----------|----------|
| SASI | nem | implicit | igen | igen | igen | igen |
| ASTRA | termék vagy szolgáltatás | implicit | nem | igen | igen | igen |
| NASST | nem | implicit | nem | igen | igen | igen |
| MEPLAN | igen | nem | igen | nem | nem | nem |
| TRANUS | igen | nem | igen | nem | nem | nem |
| PECAS | | nem | igen | nem | nem | részben |
| DELTA | igen | implicit | externál | nem | igen | részben |
| RUBMRIO | igen | nem | externál | nem | igen | részben |
| CGEurope | igen | igen | externál | nem | nem | nem |
| RAEM | igen | igen | externál | nem | igen | igen |
| REMI PI+ | igen | igen | nem | igen | igen | igen |

Lényeges különbség a modellek között a dinamika kezelése. A multiregionális be- és kimeneti, valamint a térbeli általános egyensúlyi (Spatial Computable General Equilibrium, SCGE) modellek feltételezik, hogy a piacok a kezdő és a célévben (CGEurope) egyensúlyban vannak. Minden egyes időszak végén (MEPLAN, TRANUS, PECAS, DELTA, RUBMRIO, RAEM) vagy több periódus/időszak után (REMI, PI+, részben dinamikus összetevőkkel, mint például befektetésekkel vagy migrációval kombinálva) kerülnek egyensúlyba. A termelési függvény alapú modellek azonban rekurzívan dinamikusak a különböző típusú beállítási késleltetésekkel. Különösen az utóbbi, az egyensúly és a dinamika közötti különbség tűnik úgy, hogy befolyásolja a modellek érzékenységét a szállítási költségek változásaiban.

4.2. Régió belüli modellek

Az ipari területek elhelyezése a városi területeken belül politikai, gazdasági, várostervezési és közlekedésfejlesztési döntésektől függ. Ebben az esetben más tulajdonságok, mint például az ügyfelekhez és szállítókhoz való rövid távolságú elérés, területhasználat és környezeti korlá-

tok, a terület rendelkezésre állása és ára vagy bérleti díja válnak fontossá. A régió belüli ismertebb modellek a 3. táblázatban láthatók.

A bemutatott modellek mindegyike tartalmazza a jelenkori közlekedéspolitikára való reagáláshoz szükséges változókat, a közlekedési infrastruktúra-beruházástól az utazási igények kezeléséig, az adózás, az úthasználati díjak, illetve a tömegközlekedés díját egyaránt. A 4. táblázatban a modellek összehasonlítása látható a legfontosabb tényezők szempontjából.

A táblázatból kitűnik, hogy a modellek közötti különbségek nem túl jelentősek, azonban mégis megemlíthetünk három fontosabbat. Az első a helyek modellezéséből fakad, mégpedig, hogy be- és kimeneti keretrendszerrel vagy anélkül veszik figyelembe a helyeket a modellben. A másik különbség az áruszállítás kérdésköre, mégpedig, hogy azt teljes körűen integrálják-e vagy sem. A harmadik tényező, hogy a modellek kifejezetten modellezik-e a demográfiai adatok, a háztartások alakulását, a munkaerőpiacot, és a munkanélküliséget.

3. táblázat: A régió belül alkalmazott modellek
[saját szerkesztés „A Handbook of Transport Economics” alapján]

| | Hol fejlesztették ki? | Célja |
|--|--|---|
| TERÜLETI INTERAKCIÓ HELYMEGHATÁROZÓ MODELLEK | | |
| ITLUP (Integrated Transport and Land Use Package) | Putman | Integrált Szállítási és Terület Használati Csomag modell magába foglal egy lakóhely modellt (DRAM) összekapcsolva egy foglalkoztatás helymeghatározó modellel (EMPAL). |
| MEPLAN | Marcil Echenique - Cambridge-i Egyetem | A régió belüli alkalmazások különböznek/eltérnek a multiregionális alkalmazásoktól, abban, hogy a terület rendelkezésre állását és a terület árát, mint tényezőket is tartalmazza. |
| TRANUS | Tomas de la Barra (Venezuela) | Régió belüli alkalmazásokhoz a térbeli be- és kimeneti szerkezet/keretrendszer rugalmas keresleti függvényeket ad hozzá, logit választással és egyensúlyi árakkal kombinálva. Ez lehetővé teszi az ingatlanpiacok ábrázolását, beleértve a különböző típusú alapterületeket és földterületeket. |
| PECAS | Calgary Egyetem (Kanada) | Kiterjeszti a multiregionális be- és kimeneti modellek keretszerkezetét a termékek és szolgáltatások tranzakcióival cserén keresztül alpiacokként. |
| BID-RENTLOCATION MODELL | | |
| MUSSA | Chilei Egyetem | Ötlépcsős földhasználati modell. A MUSSA legújabb verziója a városi ingatlanpiacot olyan aukcióként (árverésként) reprezentálja, amelyen a kínálat (földtulajdonosok és fejlesztők) és a kereslet (háztartások és cégek) kölcsönhatásba lépnek. A háztartások és vállalatok földtulajdon kereslete valamint a földtulajdonosok és fejlesztők kínálat egyensúlyban van. A korlátozó feltételek figyelembe veszik a környezeti rendelkezéseket és előírásokat, adózási szabályokat vagy segélyeket (támogatásokat). |
| RURBAN | SendaiTohoku Egyetem (Japán) | A modell egy integrált városi modell, amely véletlenszerű hasznos elméleten és bérleti díj (rent-bidding) elemzésen alapszik. A modell feltételezi, hogy a földpiac általános egyensúlyát azzal a feltétellel érik el, hogy a terület iránti kereslet véletlenszerű elméletből származik és a bérleti díj elemzéséből származó földkínálat egyenlő. |
| HASZNOSSÁGON ALAPULÓ HELYMEGHATÁROZÓ MODELLEK | | |
| IRPUD | Dortmundi Egyetem | Földhasználati közlekedési modell a nagyvárosi térségben a régió belüli helymeghatározási és mobilitási döntések szimulációs modellezésére. A foglalkoztatást az üres ipari vagy kereskedelmi épületek kapacitásának és vonzerejének függvényében helyezik el vagy helyezik át, a földhasználat típusa, a környék jellemzői és az ár szempontjából. |
| UrbanSim | Washingtoni Egyetem | A háztartások és a vállalkozások helymegválasztásának mikroökonómiai modellje. A foglalkoztatás helymeghatározási modellben az egyéni munkahelyeket a rendelkezésre álló üres épületek közül véletlenszerűen osztják ki, figyelembe véve az ingatlanok tulajdonságainak vonzerejét, a környék tulajdonságait és a regionális elérhetőség/hozzáférhetőséget. |
| DELTA | David Simmonds | A korábban kidolgozott gazdasági modellezési csomag alacsonyabb szintje, amely regionális vagy városi léptékben előre jelzi a területfejlesztést. Ahol a DELTA felső szintű komponensét megvalósítják (lásd fent), annak gazdasági előrejelzései az alacsonyabb szintet mozgatják, amely a foglalkoztatást előre jelzi. |
| MARS | Leeds Egyetem & Bécsi Műszaki Egyetem | A modell egy stratégiai földhasználati közlekedési modell, amely a rendszerek dinamikájának elvein alapul. |
| TIGRIS XL | Hollandia | Egy integrált terület használati közlekedési modell, amely öt modulból áll, az egyes piacokat, a földpiacot (landmarket), a lakáspiacot, kereskedelmi ingatlanpiacot, valamint a munkaerőpiacot reprezentálják, ezenkívül tartalmaz egy hatodik demográfiai modult is. |

4. táblázat: A régió belüli alkalmazott modellek összehasonlítása
[saját szerkesztés „A Handbook of Transport Economics” alapján]

| Modell | IO | Munkaerő-piac | Hálózatok | Áruszállítás | Dinamika | Mikro-szimuláció |
|-----------|------|---------------|-----------|--------------|----------|------------------|
| ITLUP | nem | nem | igen | nem | nem | nem |
| MEPLAN | igen | nem | igen | igen | nem | nem |
| TRANUS | igen | nem | igen | igen | nem | nem |
| PECAS | igen | igen | igen | igen | nem | részleges |
| MUSSA | nem | igen | externál | nem | nem | nem |
| RURBAN | nem | nem | igen | nem | nem | nem |
| IRPUD | nem | igen | igen | nem | igen | részleges |
| UrbanSim | nem | igen | externál | nem | igen | igen |
| DELTA | igen | igen | externál | igen | igen | nem |
| MARS | nem | nem | nem | nem | igen | nem |
| Tigris XL | nem | igen | externál | nem | igen | nem |

Mint ahogy azt már a korábbiakban is említettük, a regionális különbségek vagy éppen hasonlóságok vizsgálata nem csak a közlekedési szektorban dolgozó kutatók fő kutatási területe. Az 1990-es években Philippe Martin igen alaposan és mélyre hatólag tanulmányozta a regionális konkurencia kérdését, számos kutatásnak manapság is alapot adva az eredményeivel [9]. Tudományos munkásságának a fő eredményei a gazdasági földrajz területéről származtathatók, többek között megvizsgálta és modellezte a közlekedési infrastruktúra gazdaságra, innovációra és jólétre gyakorolt hatásait.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt 20 évben a kiszámítható általános egyensúly (CGE) modellek a kvantitatív politikai értékelés standard eszközeivé váltak. Ezek a modellek a gazdaság minden piacát, a fogyasztóktól kezdve, a termelőkön át, valamint más gazdasági szereplők figyelembevételével szimulálják az adott piaci helyzetet. A mikroökómia alapelveire építve lehetséges a gazdasági termékek vagy szolgáltatások kinyerése és a közlekedés és a gazdaság közötti kapcsolatok ábrázolása, amelyeket bármely

más modellnél igen nehéz lenne létrehozni. A modellek még sokak számára ismeretlenek a közlekedéstervezés területén, valamint a CGE-modellek még sok esetben nem kerültek teljes áttekintésre közlekedés-tervezési perspektívából. Ezért a cikk célja egy rövid, de mégis átfogó áttekintés készítése volt, valamint az egyensúlyi modellek lehetséges alkalmazásának megvitatása az értékelési folyamatban. Ismertettük a közlekedéstervezésben rendelkezésre álló döntéshozatali eszközöket az egyensúlyi modellek szempontjából a költség-haszon elemzéstől egészen a térbeli egyensúlyi modellekig.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Andre de Palma, Robin Lindsey, Emile Quinet, Roger Vickerman (2011) A Handbook of Transport Economics, ISBN 978 1 84720 2031
- [2] Arnott, R.J., MacKinnon, J.G. (1977) The effects of the property tax: a general equilibrium simulation. J. Urban Econ. 4, 389–407. DOI: <http://doi.org/cbqdsj>
- [3] Bachmann, C., Kennedy, C., Roorda, M.J. (2014) Applications of random-utility-based multi-region input-out-

- put models of transport and the spatial economy. *Transp. Rev.* 34, 418–440. DOI: <http://doi.org/dvgb>
- [4] Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., Weimer, D.L. (2006) *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*, 3rd ed., Pearson international ed. ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- [5] Bröcker, J., Korzhenevych, A., Schürmann, C. (2010) Assessing spatial equity and efficiency impacts of transport infrastructure projects. *Transport. Res. Part B: Methodol.* 44, 795–811. DOI: <http://doi.org/dvv27f>
- [6] Juhász, M. (2018) *Városi közlekedési infrastruktúra beavatkozások hatásainak becslése és értékelő vizsgálata*, Doktori tézisek, Széchenyi István Egyetem Multi-diszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Győr
- [7] Tánczos, L., Koren, Cs., Timár, A. (2010) A közúti kiadások finanszírozásának jelenlegi magyar és nemzetközi gyakorlata, *Közlekedésépítési szemle*, 60. évf. 12. sz. /2010, pp. 1–8.
- [8] Mackie, P., Graham, D., Laird, J. (2011) The direct and wider impacts of transport projects: a review. In: A. de Palma - R. Lindsay - E. Quinet - R. Vickerman (ed.): *A Handbook of Transport Economics*; Edward Elgar Publishing – UK/USA, 2011, pp. 501–526)
- [9] Martin, P. (1998) Public Policies, Regional Inequalities, and Growth, *Journal of Public Economics* 73(1):85–105, DOI: <http://doi.org/d8rwwv>
- [10] Nitzsche, E., Tscharaktschiew, S. (2013) Efficiency of speed limits in cities: a spatial computable general equilibrium assessment. *Transport. Res. A: Pol. Pract.* 56, 23–48. DOI: <http://doi.org/f5hm3h>
- [11] Oosterhaven, J., Knaap, T. (2003) *Spatial Economic Impacts of Transport Infrastructure Investments*. In: Pearman, A., Mackie, P., Nellthorp, J. (Eds.), *Transport Projects, Programmes and Policies: Evaluation Needs and Capabilities*. Ashgate, Aldershot, pp. 87.
- [12] Sullivan, A.M. (1986) A general equilibrium model with agglomerative economies and decentralized employment. *J. Urban Econ.* 20, 55–74. DOI: <http://doi.org/bkrzhc>
- [13] Sullivan, A. M. (1983) A general equilibrium model with external scale economies in production. *J. Urban Econ.* 13, 235–255. DOI: <http://doi.org/cdhqk3>
- [14] Török Árpád, Bokor Zoltán (2009) *Általános egyensúlyi modellek alkalmazása a városi közlekedéstervezésben*. In: Péter, Tamás; Nádai, László (szerk.) *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés 2009: IFFK 2009 Budapest, Magyarország: BME Közlekedésmérnöki Kar, Paper: 2-szekcio/001*, 4 p.
- [15] Tscharaktschiew, S., Hirte, G. (2010) The drawbacks and opportunities of carbon charges in metropolitan areas—a spatial general equilibrium approach. *Ecol. Econ.* 70, 339–357. DOI: <http://doi.org/d6p5n4>
- [16] Tscharaktschiew, S., Hirte, G. (2012) Should subsidies to urban passenger transport be increased? A spatial CGE analysis for a German metropolitan area. *Transport. Res. Part A: Pol. Pract.* 46, 285–309. DOI: <http://doi.org/dsz3sq>
- [17] Wangsness, P.B., Rødseth, K.L., Hansen, W. (2016) A review of guidelines for including wider economic impacts in transport appraisal. *Transp. Rev.* 37, 94–155. DOI: <http://doi.org/dvvgd>
- [18] Wegener, M. (2011) Transport in spatial models of economic development. In: de Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E., Vickerman, R. (Eds.), *A Handbook of Transport Economics*. Edward Elgar Publishing.



The evolution of equilibrium models - general equilibrium models in transport

There is little literature in Hungarian on this topic, so it is important to summarize the results that have been obtained so far. Computable general equilibrium models are an increasingly popular method for assessing the economic impacts of transport, including direct and wider economic impacts. They can be used to determine the behaviour of all markets and actors in the economy. The applied or computable general equilibrium models (AGE or CGE) are based on the modelling of the behaviour of microeconomic actors (households, companies, etc.). General Equilibrium (GE) typically describes a state of stable equilibrium between individual decisions. Then the signals influencing individual choice coincide with the signals issued by the markets, so no one is pushing for a change in the equilibrium situation. The article reviews the range of CGE models used in transport issues and discusses their role in transport assessment.



Evolution von Gleichgewichtsmodellen - allgemeine Gleichgewichtsmodelle im Transportwesen

Es gibt wenig ungarische Literatur zu diesem Thema, daher ist es wichtig, die bisherigen Ergebnisse zusammenzufassen. Berechenbare allgemeine Gleichgewichtsmodelle sind eine zunehmend beliebte Methode zur Bewertung der sowohl der direkten als auch der breiteren wirtschaftlichen Auswirkungen des Verkehrs. Sie können verwendet werden, um das Verhalten aller Märkte und Akteure in der Wirtschaft zu bestimmen. Die angewandten (AGE) oder berechneten (CGE) allgemeinen Gleichgewichtsmodelle basieren auf der Modellierung des Verhaltens mikroökonomischer Akteure (Haushalte, Unternehmen usw.). Das allgemeine Gleichgewicht (GE) beschreibt typischerweise den Zustand eines stabilen Gleichgewichts zwischen den einzelnen Entscheidungen. Dann stimmen die Signale, die die individuelle Wahl beeinflussen, mit den von den Märkten ausgegebenen Signalen überein, sodass niemand auf eine Änderung der Gleichgewichtssituation drängt. Der Artikel gibt einen Überblick über die verschiedenen CGE-Modelle, die in Verkehrsfragen verwendet werden, und erörtert deren Rolle bei der Bewertung des Verkehrs.

1951

70 év

2020

Többkritériumú dinamikus útvonaltervezés menetrendkövető autonóm járművek számára

Az autonóm vagy magasan automatizált járművek alkalmazásának lehetőségei elsősorban azok a területek, ahol bizonyos, előre meghatározott pontokat kell érinteni adott sorrendben. Ilyenek például az áruszállítók vagy a közösségi közlekedés járművei. Általában ezek a járművek előre meghatározott útvonalon, valamilyen kritérium – például legrövidebb út – alapján érik el az állomásokat, gyakran függetlenül az úthálózat aktuális forgalmi állapotától. Szemléletes példa erre egy olyan útvonaltervező módszer bemutatása – elsősorban a magasan automatizált járművek számára, – ami az előre meghatározott állomások között az aktuálisan legkedvezőbb útvonalon juttatja el céljához a járművet.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.4

Horváth Márton Tamás

e-mail: horvath.marton@mail.bme.hu

1 BEVEZETÉS

Szakértők állítása alapján a jövő közlekedése autonóm, elektromos és megosztott [3]. A cikk ezek közül az elsőre reflektál, mivel napjainkban az autonóm járműveket leginkább egyéni járművek vagy kis flották szintjén tesztelik és fejlesztik, elsősorban a közvetlen fizikai környezet felmérésére koncentrálnak szenzoros mérések alapján [19]. Ahogy az autonóm járművek egyre nagyobb mértékben válnak a forgalom részévé, mindinkább fontos lesz, hogy a szomszédos jármű vagy épp az útpadka pozíciójának figyelése mellett a forgalmi állapotot is vegyék figyelembe az útvonal meghatározása során.

Az autonóm járművek tervezésének kezdetekor a járművek előre meghatározott útvonalakon haladtak, függetlenül attól, hogy az úthálózaton hol volt éppen torlódás. Természetesen a valóságban elvárás, hogy reagáljunk a hálózatban bekövetkező változásokra. A [15]-ben egy, a Dijkstra-algoritmuson [5] alapuló útvonaltervezési módszert mutattak be autonóm személygépjárművek részére. A hálózatot szegmensekre bontották fel, amelyek mindegyikéhez egy-egy ellenállásértéket rendeltek. Az ellenállást minden út megkezdése előtt egyszer számították ki, figyelembe véve az útszakasz hosszát, az időjárási körülményeket, valamint a hálózatban tapasztalható zavarokat. Az útvonal bejárása közben az eredeti

tervet nem vizsgálták felül, így az a hálózaton menet közben bekövetkező változásokra már nem reagált. A közösségi közlekedés, illetve az áruszállítás esetében az útvonalat érdemben befolyásoló tényező a megálló helyzete és a következő megálló elérésének időpontja.

A [11] egy olyan információelosztási rendszert dolgozott ki, amely alapján a járművek közvetlenül egymást értesítették a forgalmi helyzetről, ezért nem volt szükség mobilitásmenedzsment központ alkalmazására. A járművek az általuk bejárt útvonal információit eltárolták, majd a szemben jövőknek átadták, akik ezt szintén eltárolták. Amikor a szembe irányba közlekedő járművek ismét az eredeti – tehát az elsőként említett járművekkel azonos – irányban haladó járművel találkoztak, akkor átadták nekik az első járműtől származó információkat, valamint a saját információikat is. Így a forgalomban részt vevők tudomást szerezhettek arról, hogy mire számíthatnak maguk előtt, és szükség esetén módosíthatták útvonalukat.

Az autonóm közösségi közlekedési járművek – hasonlóan a jelenlegi fejlett rendszerekhez – várhatóan közvetlen kapcsolatban fognak állni a központtal, így a forgalmi állapotról az értesítést majd innen kaphatják. Ugyanez igaz a gyárakban vagy raktárakban mozgó járművek esetében is. A folyamatos kommunikáció lehetőséget biztosít arra, hogy a járművek a megállók között – ellentétben a jelenlegi gyakorlattal – ne feltétlenül azonos útvonalon haladjanak. A bemutatott megközelítés elvben nem kizárólag autonóm járművekre alkalmazható, hanem humán sofőrök is használhatják, hasonlóan az egyéni közlekedésben elterjedt navigációs alkalmazásokhoz. Ilyen esetekben azonban célszerűbb lehet a „legegyszerűbb”, legkevesebb forgalmi kihívást tartalmazó útvonal ajánlása, hogy elkerüljük a vezető figyelmének túlzott lekötését [7].

Az autonóm járművek útvonaltervezése [10] szerint egyszerű Google Maps hálózati adatok és légi felvételek alapján is elvégezhető, nincs szükség arra, hogy az úthálózatot előzetesen gráfként leképezzék. Ipari létesítményekben az úthálózat lényegesen egyszerűbb

felépítésű, mint egy városban, így ebben az esetben a jellemző gráf előállítás sem bonyolult. A [14]-ben egy olyan beltéri útvonaltervező algoritmust mutatnak be autonóm járművek részére, amelyben az épület területét virtuális csempékre osztották fel, és a jármű mozgását a csempék foglaltsága befolyásolta. A városi úthálózatokon ez a fajta megközelítés nem lehetséges, ezért helyette heurisztikus legrövidebbút-kereső algoritmusokat használnak. A [9] alapján négy fő kategória készíthető az alkalmazott stratégia szerint: (1) a keresési terület korlátozása, (2) a keresési probléma részekre bontása, (3) a vizsgált útszakaszok körének korlátozása, (4) az előbbiekből kombinációja.

Ha az útvonaltervezést több kritérium mentén végezzük el, akkor első lépésben valamilyen Pareto-optimalizálási technikát is lehet alkalmazni. Ezáltal viszonylag alacsony számítási igénnyel megtalálhatók azok a lehetséges megoldások, amelyek az összehasonlítási szempontok alapján egyértelműen jobbak a többi megoldásnál. Minél hosszabb idő áll rendelkezésre a számításokhoz, annál több lehetséges megoldás található, amelyek az összes lehetséges megoldást reprezentálják [4]. Azonban, még ha a Pareto-optimumot sikerül is viszonylag gyorsan megtalálni, a keresőalgoritmusoknak további időre lehet szükségük ahhoz, hogy bebizonyítsák, nincs is több lehetséges legjobb megoldás [6]. Mint azt később látni fogjuk, a cikkben az egyik kritérium (az eljutási idő) domináns a többi kritérium felett, így másik típusú algoritmus kerül felhasználásra.

Az autonóm közösségi közlekedés – egyelőre folyamatos humán helyszíni felügyelet mellett – már több város alacsony forgalmú területén üzemel, például Bécsben [22] vagy a svájci Sionban [16]. A következő fejlődési lépcső, hogy ilyen közösségi közlekedési járműveket nagy forgalmú területeken is üzembe állítsanak. Az [1]-ben igényvezérelt közlekedésre dolgoztak ki egy hasonló metódust autonóm megosztott taxik alkalmazásával. Az útvonaltervezés során kombinálták az aktuális és az előrebecsült utazási igényeket a New York-i taxik historikus adataival [21]. A szimulációk eredményei szerint a jelenleginél kevesebb jár-

mű is elegendő az utasok kiszolgálására anélkül, hogy a várakozási idő túlzottan növekedne. Ugyanezt a taxis adatbázist felhasználva a [24]-ben autonóm igényvezérelt járművek részére fejlesztettek ki egy útvonaltervező algoritmust, makroszkopikus szinten, torlódott úthálózatokon.

A továbbiakban egy többkritériumú dinamikus útvonaltervező algoritmus kerül bemutatásra elsősorban olyan autonóm járművek részére, amelyeknek meghatározott állomásokat kell elérnie meghatározott időben. Ilyenek például a közösségi közlekedés járművei vagy egyes ipari termelő létesítményekben alkalmazott áruszállító járművek. Az útvonalválasztási logika alapja, hogy egy ellenállásfüggvényt minimalizálunk, miközben figyelembe vesszük azt is, hogy az egyes állomásokra mikor kell megérkeznie a járműnek.

2. AZ ÚTVONALTERVEZŐ ALGORITMUS

A modellben alkalmazott algoritmus az úthálózat egyes szakaszaihoz különféle típusú ellenállásokat rendel [18], majd ezeket összegzi. Alapesetben a legkisebb ellenállású útvonal lesz a tervezés eredménye, azonban, ha a jármű késésben van, akkor az algoritmus olyan útvonal választására törekszik, amelyen a késés behozható. Ebben az esetben az útvonalválasztás az eljutási idő alapján történik.

2.1. A logika bemutatása

A kidolgozott útvonaltervező algoritmus négy fő lépésből áll: (1) általános előkészítés, amely előre, bármely időpontban elvégezhető, (2) a következő állomáshoz vezető útvonal meghatározása valós időben, amikor a jármű elérte a megelőző állomást, (3) a következő állomás megközelítése és közben folyamatos újratervelés a hálózat állapotától (kialakuló torlódás, egyéb akadály) függően, valamint (4) az utolsó állomás elérése, ami egyben a menet vége is.

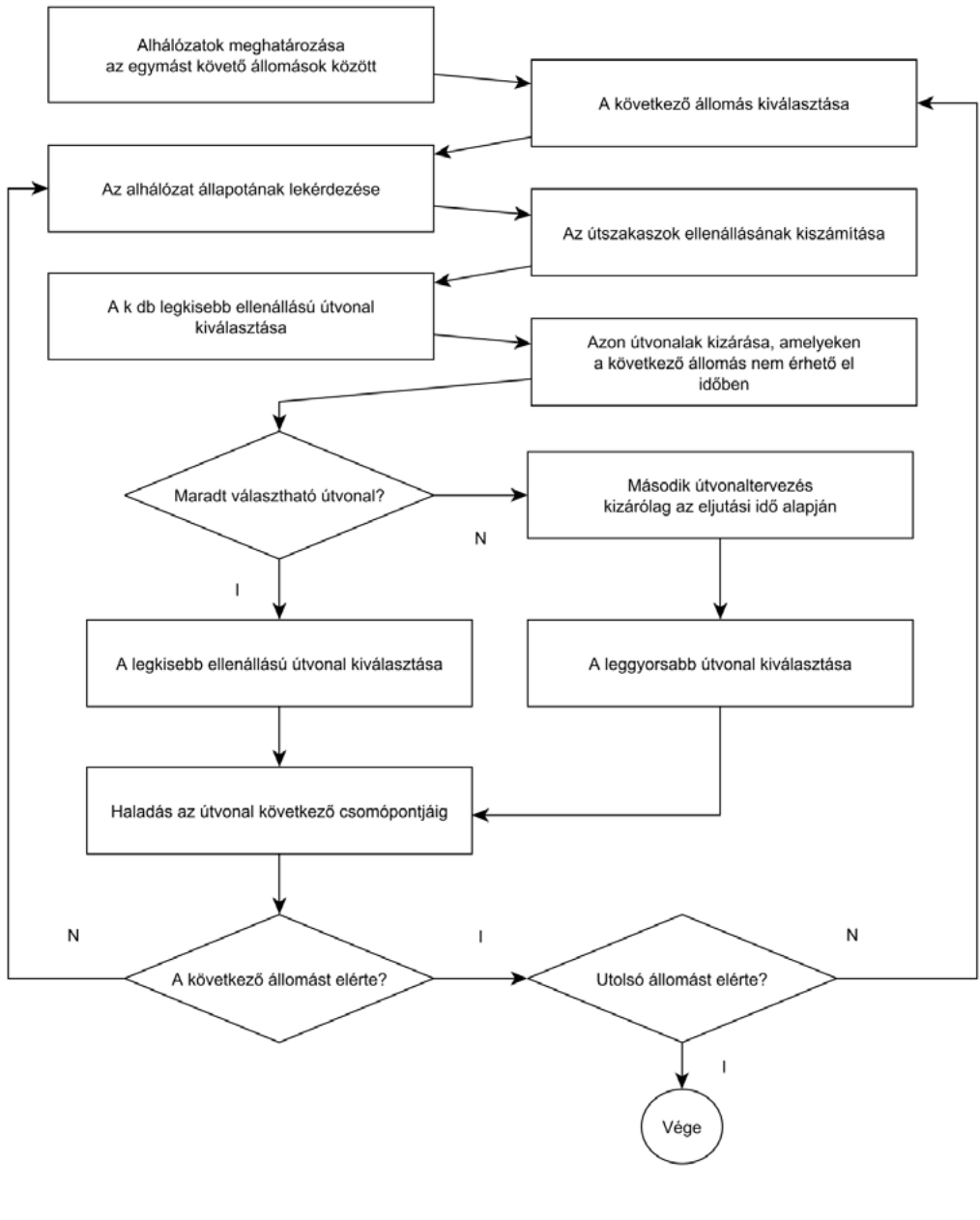
- (1) Az általános előkészítés szerepe, hogy a lehető legtöbb számítást offline, még a valós idejű futás megkezdése előtt elvégezzük, amivel valós idejű

számítási kapacitás és adatforgalom spórolható meg. Az egymást követő állomások között egy-egy alhálózatot határozunk meg, amelyen az algoritmus a forgalmi állapotot monitorozza, és szükség esetén alternatív útvonalat választ. Az alhálózatot a jármű és az útszakaszok fizikai attribútumai határozzák meg, különösen a szélesség (szűk kanyarok) és a forgalmi szabályok (kanyarodás tiltás, egyirányú utcák). Szintén ebben a lépésben adjuk meg az egyes állomásokról a továbbindulás elvárt időpontját.

- (2) Előre meghatározott az, hogy az egyes állomásokat milyen sorrendben kell érinteni, és mikor kell azokról továbbindulni. Ahogy a jármű két állomás között halad, a kettő közötti alhálózat forgalmi állapotát folyamatosan lekérdezzük, és minden lekérdezés után kiszámítjuk a „ k ” db legkisebb ellenállású útvonalat a Yen-algoritmus alapján [23]. Az útszakaszok ellenállását olyan, a felhasználó számára releváns tényezők határozzák meg, mint például az eljutási idő, a távolság stb. Ezek szabadon megválaszthatók. Ha kevesebb, mint „ k ” db útvonal létezik, akkor ezzel az útvonalkészlettel dolgozunk tovább.
- (3) Az előző lépésben meghatározott útvonalakon megnézzük az eljutási időt. Kizárjuk azokat az útvonalakat, amelyeken a következő állomás elérése a tervezett időre nem valósítható meg. A fennmaradó alternatívák közül a legkisebb ellenállású útvonalat választjuk ki, és a jármű ezen halad a következő számításig. Ha a „ k ” db legrövidebb út közül egy sem garantálja, hogy időben el lehessen érni a következő állomást, akkor egy újabb legrövidebbút-keresési algoritmust futtatunk le, ezúttal kizárólag az eljutási időt figyelembe véve. Ezáltal a késés minimalizálható.
- (4) A (2) és (3) lépést addig ismételjük, amíg a jármű el nem éri az utolsó állomást. Ekkor véget ér a teljes folyamat.

Az útvonaltervezési folyamatot az 1. ábra mutatja.

1. ábra: Az útvonaltervezési folyamat



2.2 A MODELL LEÍRÁSA

Az útvonaltervező algoritmus a következőképpen írható le. Az s és $s+1$ állomások közötti G alhálózatot egy súlyozott, irányított gráfnak tekintjük.

$$G = (N, L, w), \quad (1)$$

N csomópontokkal, L élekkel és $w: L \rightarrow \mathbb{R}^+$ ellenállásfüggvénnyel, amely minden $(i, j) \in L$ élhez egy ellenállást rendel. Formálisan az ellenállásfüggvény kiterjeszthető a következők szerint:

$$w: N \times N \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup 0 \cup \infty, \quad (2)$$

ahol $w(i, i) = 0$ minden $i \in N$ -re és $w(i, j) = \infty$ minden $(i, j) \notin L$ -re. Az $i = x_0 \in N$ -től $j = x_n \in N$ -ig tartó útvonalat a G alhálózatban található $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ lehetséges útvonalak összehasonlításával választjuk ki, $p=1$ -től P -ig, ahol P az i és j közötti, a G alhálózatban szereplő útvonalalak száma. A p -edik útvonalváltozat ellenállása:

$$C^p = w(x_0, x_1^p) + \sum_{m=2}^n w(x_{m-1}^p, x_m^p). \quad (3)$$

Alapesetben az algoritmus egy általános ellenállással (C_g^p) számol, amelyet a felhasznált szabadon határozhat meg, különböző, számára releváns tényezőket kombinálva. Később a bemutatott példában ez a hossz és az idő kombinációja lesz, de számos egyéb mutató is tartalmazhat, mint például a forintosított költséget vagy az utaselégedettséget [2], vagy akár externális költségeket is, mint például a légszennyezettség hatása az egészségre [12]. Speciális esetben, ha a jármű késésben van, az ellenállás azt jellemzi, hogy a következő állomásig mennyi időbe telik eljutni (C_i^p). A későbbiekben ellenállás alatt az általános ellenállás értendő. Ahol az eljutási idővel kell számolni, az külön kiemelésre kerül.

Az útvonaltervezés első lépéseként meghatározzuk a „ k ” db legkedvezőbb útvonalat ($p=1, 2, \dots, k \in K$) az általános ellenállások ($C_g^1, C_g^2, \dots, C_g^k$) alapján. Ezt követően meghatározzuk, hogy ezeken az útvonalakon mennyi idő alatt érhető el a következő állomás. Kizár-

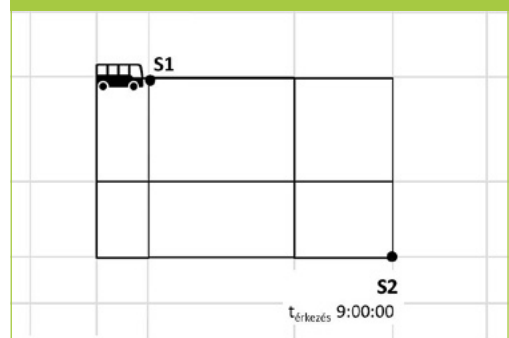
juk azokat az útvonalakat, amelyekben a következő állomás nem érhető el a megadott limitidőre (t_{limit}). A megmaradó útvonalak közül a legkisebb ellenállásút választjuk: $\min(C_g^p)$, $p \in (P \cap K)$; $C_i^p \leq t_{limit}$. Ha a „ k ” db legkisebb ellenállású útvonal mindegyikén $C_i^p > t_{limit}$, vagyis egyikén sem lehet elérni a következő állomást a megadott időre, akkor egy újabb útvonalkezesést hajtunk végre, ezáltal kizárólag az eljutási idő alapján. Ebben az esetben a leggyorsabb útvonalat választjuk ki: $\min(C_i^p)$, $p \in P$.

3. ALKALMAZÁSI PÉLDA

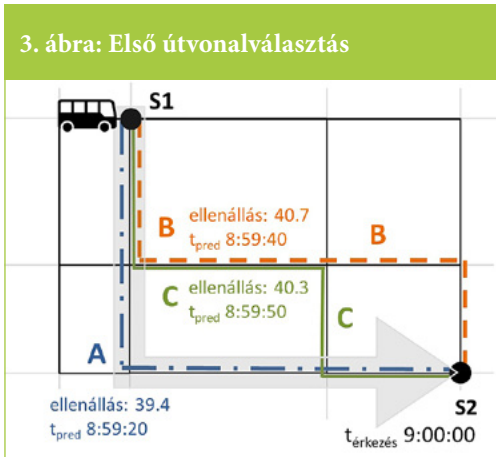
A fentiekben egy olyan útvonaltervezési módszer került bemutatásra, amelyben a járműveknek egy menetrendet kell teljesíteniük, meghatározott állomásokkal, érkezési, illetve indulási időpontokkal, figyelembe véve az aktuális eljutást befolyásoló tényezőket. Ebből következően a teljes utat fel lehet bontani az egymást követő megállók közötti egyenértékű részutakra. A legfontosabb kitétel, hogy egyetlen állomást sem lehet korábban elhagyni, mint az a menetrendben szerepel, a feladási pontra időben érkező áru vagy utas nem késheheti le a járművet. Ha a jármű esetleg korábban érkezik az állomásra, az nem jelent akkora gondot, mivel ott ki tudja várni a menetrend szerinti indulás idejét.

Minden megállópár között előre definiálunk egy alhálózatot, a példában S1 megállótól S2 megállóig. A jármű az S1 megállótól indul és lekérdezi az ellenállásokat az alhálózat útszakaszain, lásd a fekete szakaszokat a 2. ábrán.

2. ábra: A monitorozott alhálózat



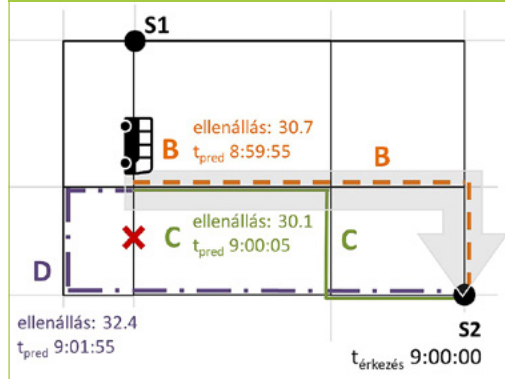
A „ k ” db (esetünkben három) legkisebb ellenállású utat kiszámítjuk, majd meghatározzuk a hozzájuk tartozó érkezési időket. A három változatot jelöli a 3. ábrán az A (pontvonal), a B (szaggatott vonal) és a C (folytonos vonal) változat.



Ahogy a jármű megközelíti a következő csomópontot, újra kiszámítjuk a három legkedvezőbb útvonalat az alhálózatban. A példában az előzőleg választott útvonalon történik egy incidens, amelyet a 4. ábrán egy piros „x” jelöl. Ilyen módon az A jelű útvonal már nincs a legjobb három választás között. Az újonnan választott három útvonal B (szaggatott vonal), C (folytonos vonal) és D (pont-vonal), amelyek közül egyedül a B garantálja, hogy időben elér a jármű a megállóhoz, így ezt választjuk, még akkor is, ha nem ennek a legalacsonyabb az ellenállása. Érdeemes megfigyelni, ahogy a jármű egyre jobban megközelíti az S2 megállót, az ellenállás értéke egyre csökken, mivel mind a hátralévő távolság, mind a hátralévő idő csökken (3. és 4. ábra).

Ezt követően a jármű a B útvonalon kezd el haladni, és amikor eléri a következő csomópontot, újra kiszámítjuk a három legkisebb ellenállású útvonalat, megvizsgáljuk, hogy ezek közül melyik garantálja a következő megálló időben történő elérését, majd kiválasztjuk ezek közül a minimális ellenállásút. Ha az első útvonalkeresés után nincs a kritériumnak megfelelő választás, akkor egy második út-

4. ábra: Második útvonalválasztás



vonalkeresést végzünk el, kizárólag az eljutási idő alapján. A részfolyamat akkor ér véget, amikor a jármű eléri az S2 megállót. A teljes folyamat akkor zárul, amikor a jármű az utolsó megállót is elérte.

Az algoritmus használhatóságának mérőfoka, hogy valóban képes-e csökkenteni a járművek által bejárt útvonal ellenállását, miközben időben eléri a megállót. Referenciaesetnek a hagyományos megközelítést vesszük, amikor a járművek a megállók között fixen ugyanazon az útvonalon haladnak. Az összehasonlítás Matlab szoftveres környezetben történt. Az útvonalkeresés a fenti példában szereplő S1 és S2 megállók között történt a 2. ábra szerinti alhálózatban. A hagyományos megközelítés szerinti, fix útvonalat követő referenciaesetnek a 3. ábra szerinti A jelű útvonalat tekintjük. Üres hálózaton ez eredményezi a legkisebb ellenállást. A szimulációs futások kiindulópontja az S1 megálló volt, és egészen az S2 megálló eléréséig tartottak. Minden futtatás végén összehasonlításra került az algoritmus szerinti ellenállás és eljutási idő a hagyományos útvonalon mért mennyiségekkel. Összesen 1100 db eset vizsgálata történt meg, amelyek közül 990 db rendes körülmények között, míg 110 db incidenses körülmények között zajlott. Az incidens helyszíne a 4. ábrán piros x-szel jelzett szakasz volt minden esetben. A szimulációs forgatókönyvek futtatása során minden egyes útszakaszon a sebesség véletlenszerűen, 3 és 4 m/s között változott. A sebesség megválasz-

tásának alapját a [13] adta, amely a közösségi közlekedési buszok átlagos, torlódásos körülmények közötti sebességét vizsgálta. Incidens esetén a jelzett szakaszon az eljutási idő a megszokott ötszörösére emelkedett. Ahogy a jármű elérte a következő csomópontot, az egyes útszakaszokon a sebesség mindig újragenerált értéket kapott (3 és 4 m/s között). Ezáltal a hálózat állapota dinamikusan változott.

4. SZIMULÁCIÓS EREDMÉNYEK

Az algoritmus teljesítményének vizsgálata három kritérium mentén történt: (1) a szimulációs futtatási időre milyen hatással van, ha a keresett legrövidebb utak számát növeljük, valamint milyen módon változik (2) az ellenállás és (3) az eljutási idő, összehasonlítva a referencia-útvonallal, különböző α és β értékeket alkalmazva (ennek részleteit lásd később).

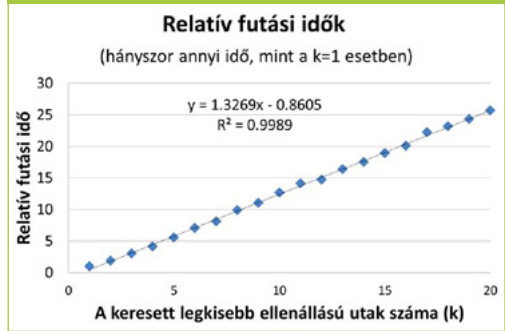
Az egyes forgatókönyveken az útvonaltervezés $k=1$ és $k=20$ közötti legrövidebb út kiválasztásával történt, amelyeknek az átlaga adta a későbbi vizsgálatok alapját. Természetesen a szimulációs futási idők függnek a hálózat komplexitásától, így egy adott "k" érték eltérő hálózaton eltérő futási időt eredményez. Ilyen módon nem egy abszolút, hanem egy mértékegység nélküli relatív értéket használtunk úgy, hogy a „k” legrövidebb ellenállású utat figyelembe vevő esetben végzett szimulációs futtatások átlagos futási idejét (\overline{T}_k) elosztjuk a $k=1$ esetben végzett futtatások átlagos futási idejével (\overline{T}_1). Utóbbi esetben tehát csak a legrövidebb ellenállású útvonalat számítjuk ki. Ezek alapján a "k" legrövidebb ellenállású útvonalat vizsgáló útvonaltervező algoritmus átlagos relatív futási ideje (\overline{T}_k^r) a következőképpen írható fel:

$$\overline{T}_k^r = \overline{T}_k / \overline{T}_1 \quad (4)$$

Az átlagos relatív futási idők az 5. ábrán láthatók.

Az átlagos relatív futási idő közel lineárisan függ attól, hogy hány darab legrövidebb ellenállású utat keresünk meg. Így a "k" érték lényegében önkényesen megválasztható, függően a használt számítógép teljesítményétől. A további vizsgá-

5. ábra: Átlagos relatív futási idők különböző k értékek esetén



latokhoz a mintapéldában szereplő $k=3$ érték került rögzítésre, mivel az alhálózat mérete viszonylag kicsi, emiatt, ha ennél több alternatívával is számolunk, az nem vezetne jobb eredményre. Természetesen, nagyobb hálózatokon van hozzáadott értéke, ha a "k" értéket növeljük.

Ahogy arról már szó esett, az ellenállásfüggvényt a felhasználó választhatja meg, függően a saját preferenciáitól, hogy ő maga milyen tényezőket tart fontosnak. Az ellenállásfüggvényt a következők szerint határozzuk meg:

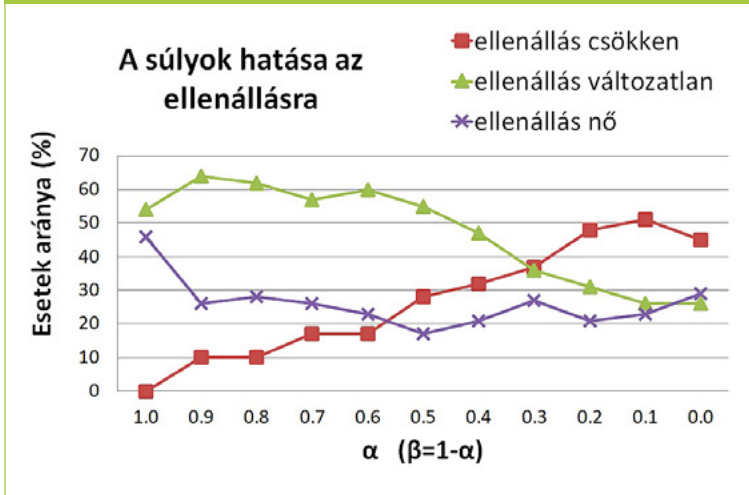
$$C_i = \alpha l_i + \beta t_i, \quad (5)$$

ahol C_i az i -edik útszakasz ellenállása, l_i és t_i az i -edik útszakasz hossza és a rajta aktuális eljutási idő, míg α [1/m] és β [1/s] a távolság és az eljutási idő súlyozó faktorai. A példában a faktorok között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (6)$$

Ez utóbbi összefüggés nem kötelező, α és β egymástól teljesen függetlenek is lehetnek, azonban érdemes valamilyen megszorítással élni. Ha például szimultán emelnénk mindkét értéket, annak nem lenne semmilyen hatása az útvonalválasztásra. Az alkalmazási példában az útszakaszok hossza (l_i) méterben számított, míg az eljutási idők (t_i) másodpercben. Incidensmentes körülmények között a sebesség nagyobb, mint 1 m/s. Ez azt jelenti, hogy ha α és β értékei egyeznek, akkor a mérőszámokat mértékegység nélkül tekintve

6. ábra: A súlyozó paraméterek hatása az ellenállásra (változó és fix útvonal összehasonlítása)



$\alpha_i > \beta_i$, vagyis az útvonal hosszának erősebb hatása lesz a teljes ellenállásra. Ahogy α értéke csökken és β értéke nő, úgy lesz az eljutási idő egyre dominánsabb az útvonaltervezés során. Érdeemes megjegyezni, hogy az eljutási idő kapcsolatban áll az útszakasz hosszával, azonban ez a legtöbb figyelembe vehető mutatóra igaz, például az emisszióra, a megtett úttal arányos útdíjra stb.

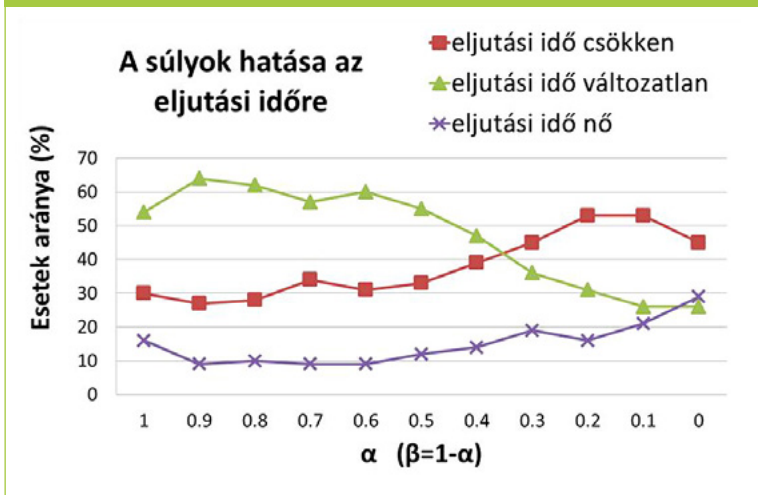
Megjegyzendő továbbá, hogy a számítási időt csak minimálisan befolyásolja az alkalmazott költségfüggvény. A futási idők analízise szerint a költségfüggvény számítása a teljes folyamatnak megközelítőleg 5%-át teszi ki. Ez az időigény akkor sem emelkedik számottevően, ha bonyolultabb költségfüggvényt alkalmazunk. A futási idő legnagyobb részét, átlagosan 81,5%-át a Yen-algoritmus alkalmazása igényli. A maradék 13,5%-ot a szoftver belső folyamatai teszik ki.

Az α és β súlyok ellenállásra és eljutási időre gyakorolt hatását úgy állapítjuk meg, hogy a jármű által ténylegesen befutott út ellenállását és eljutási idejét összehasonlítjuk a fix útvonal hasonló mennyiségeivel. A számítások során minden esetben az éppen aktuális periódusban érvényes eljutási idővel számolunk. Az előre definiált fix útvonal és az algoritmus által javasolt dinamikusan változó útvonal ellenállását összehasonlítva kapunk képet arról,

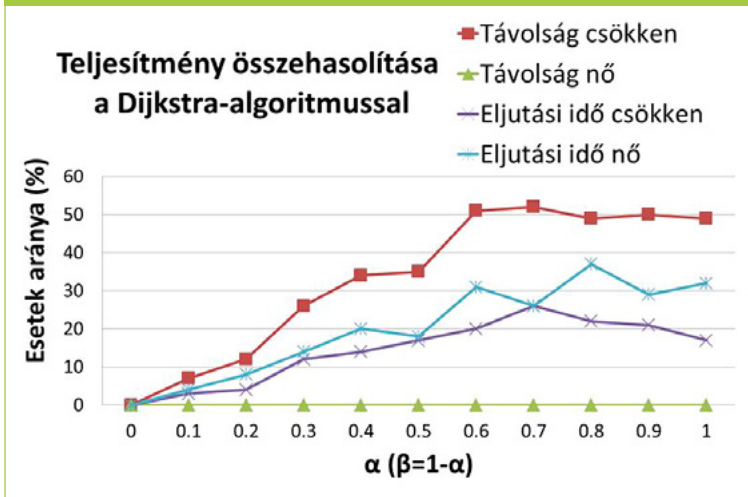
hogy az algoritmus jobb, rosszabb vagy azonos eredményt ad a fix útvonalhoz képest.

Összesen 1100 szimuláció került lefuttatásra, az α és β súlyok lehetséges kombinációival egyenként 100, $\alpha=1$ és $\beta=0$ -tól $\alpha=0$ és $\beta=1$ -ig. (Lásd a 6. és a 7. ábrát.) Mind az ellenállás, mind az eljutási idő az $\alpha=0,9$ és $\beta=0,1$ esetekben csökkent a legnagyobb mértékben, a

7. ábra: Súlyozó paraméterek hatása az eljutási időre (fix és változó útvonal összehasonlítása)



8. ábra: Teljesítmény összehasonlítása a Dijkstra-algoritmussal



szimulációk valamivel több, mint 50%-ában az eredmény javult, igaz, az esetek majdnem 20%-ában romlott a fix útvonalas referenciaesethez képest. (Lásd ismét a 6. és 7. ábrát.)

Konklúzióként kijelenthető, hogy $\alpha=0,5$ és $\beta=0,5$ értékek választása a megfelelő kompromisszum, mivel az esetek közel 30%-ában mind az ellenállás, mind az eljutási idő csökken, miközben a teljesítmény csak 10%-ban romlik. Ugyanakkor a paraméterek és értékeik megválasztása mindig függ az aktuális hálózat jellegétől (pl. topológia, környezetvédelmi normák).

Az algoritmus teljesítménye összevetésre került a módszer alapját adó Dijkstra-algoritmussal is, referenciaesetnek az eljutási időre optimalizált változatot tekintve. Az 1100 szimulációs futás során megvizsgáltuk, hogy az eljutási idő és a befutott út hogyan alakult a két algoritmusnál. Az eredmények a 8. ábrán láthatók.

Ahogy α értéke nő ($\alpha=0,6$ -ig), egyre nő azon futások aránya, ahol a jármű rövidebb útvonalon haladt, mint a referencia Dijkstra-algoritmus esetében. Mivel a referencia Dijkstra-algoritmus kizárólag az eljutási idő alapján optimalizál, míg a cikkben bemutatott

algoritmus a távolságot is figyelembe veszi, a jármű sosem halad hosszabb útvonalon, mint a referenciaesetben. Megjegyzendő, hogy az $\alpha=0$ és $\beta=1$ eset pontosan egyezik a referencia Dijkstra-esettel.

Az eljutási időkben csak akkor tapasztalható különbség, ha a két algoritmus eltérő útvonalat javasol, ami az optimalizáció jellege miatt egyben azt is jelenti, hogy a cikkben bemutatott algoritmus rövidebb útvonalat ja-

vasol. Az eljutási idő ezen esetek valamivel kevesebb, mint felében csökken, a többiben emelkedik. Megjegyzendő, hogy az útvonal választásokor a jövő nem látható előre pontosan, így előfordulhatnak a hálózaton olyan véletlenszerű incidensek, amelyek miatt a bemutatott algoritmus – bár nem tisztán eljutási időre optimalizált – végül mégis gyorsabb útvonalon juttatja el a járművet a célba, mint a kifejezetten az eljutási időre optimalizált Dijkstra-algoritmus. Természetesen, amikor a jármű a tervek szerint nem éri el időben a következő állomást, akkor a bemutatott algoritmus tisztán idő alapon optimalizál, vagyis a referencia Dijkstra-algoritmust alkalmazza.

5. KONKLÚZIÓ ÉS TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK

A bemutatott kétlépcsős útvonaltervezési módszer a „k”-legrövidebbút-keresési eljárást használja. Az algoritmus olyan járművek esetében alkalmazható, amelyeknek meghatározott állomásokat kell elérniük meghatározott időben. Csak a megállási pontok fixek, a közöttük befutott útvonal nem előre meghatározott, hanem a hálózat állapota alapján dinamikusan változtatható. A bemutatott útvonaltervező algoritmus az esetek kb. 30%-ában jobb

teljesítményt nyújtott ahhoz képest, mintha a jármű mindig előre meghatározott útvonalon haladna. A konkrét teljesítményt az ellenállásfüggvény határozza meg, amelyet a felhasználó a saját igényei szerint testre szabhat különböző paramétereket alkalmazva, pl. az emisszió vagy a futott kilométerek száma.

A módszer alkalmazható a közösségi közlekedésben és az áruszállításban is, gyárakban vagy raktárakban, de akár igényvezérelt közlekedésben is. Az algoritmus elsősorban az autonóm járművek részére került kifejlesztésre, de azt a járművezetők is alkalmazhatják, ha megfelelő navigációt kapnak egy fedélzeti készülékről, ami egy okostelefon is lehet.

A hagyományos tömeggyártó rendszereket és személyszállítási rendszereket egyre nagyobb arányban helyettesítik olyan rendszerekkel, amelyek az aktuális, valós egyéni igényekre reagálnak [20]. A rugalmasság alapvető követelménnyé vált, amelyhez elengedhetetlen a valós idejű, a körülmények változására azonnal reagáló döntéshozás. Mindez technológiai oldalról nagy mennyiségű, autonóm számítási kapacitást igényel. Egy másik trend, hogy mind a logisztikában, mind a közösségi közlekedésben az útvonaltervezés új értelmet nyer azáltal, hogy az optimális út keresése egy többszintű optimalizálási feladat, amelyben az útvonaltervezés más döntésekkel együtt végzett tevékenység [17]. Ilyenek például a gyártási körülmények: sok esetben, egy gyárban többféle terméket is előállítanak, amelyek termelési folyamatait egymáshoz kell igazítani. Egy következő kérdés a flottamenedzsment, amely az optimalizáció egy másik nézőpontja, és az útvonaltervezésen felül egyéb optimumkritériumokat is teljesíteni kell. Az egyes műveletek elvégzési ideje, valamint a megállókban történő várakozások szintén lehetnek ilyen kritériumok, amelyekkel a bemutatott útvonaltervező algoritmus bővíthető.

Az algoritmus továbbfejlesztési irányaiként a következő kutatási területek tekinthetők.

- Először is, két állomás között nem feltétlenül szükséges minden esetben a teljes alhálózatot monitorozni. Amíg a

jármű a kiválasztott útvonalon haladva tudja tartani a szintidőt és az egyéb ellenállásértékek is a limit alatt maradnak, elegendő csak az aktuális útvonalat monitorozni.

- Másodsor, az algoritmus eredeti verziójában a második útvonaltervezés, – ha az első útvonaltervezés „k” alternatívája közül egyik sem garantálja a következő állomás elérését időben – egy egyszerű legrövidebbút-keresés. Azonban ehelyett alkalmazható egy második k-legrövidebbút-keresés, ahol az időbeli elérést garantáló alternatívák közül választanánk útvonalat (a legkisebb ellenállásút), egyéb szempontokat is figyelembe véve, nem csak az eljutási időt.
- Harmadsor, ha egy közösségi közlekedési megállóban nincs le- és felszálló utas sem, az a megálló kihagyható.
- Negyedszer, az útvonaltervezés során az útszakaszok mellett a csomópontok jellemzőit is figyelembe lehet venni, például egy nagy ívű balkanyar bevétele több erőfeszítést igényelhet, mint egy kis ívű jobbkanyaré [8].
- Végül ötödször, az útvonaltervező algoritmus kiterjeszhető egy összetettebb gyártási környezetre egy többszintű gyártási optimalizációs feladat részeként.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben szereplő kutatást a Magyar Kormány és az Európai Szociális Alap támogatta (EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén).

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Alonso-Mora, J., A. Wallar, and D. Rus. 2017. “Predictive Routing for Autonomous Mobility-on-Demand Systems with Ride-Sharing.” IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS): 3583-3590. doi:10.1109/DOI: <http://doi.org/dvgf>

- [2] Apáthy M., S. 2017. “Practical Route Planning Algorithm.” *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 45(3): 133-140. DOI: <http://doi.org/dvvg>
- [3] Collie, B., J. Rose, R. Choraria, and A.K. Wegscheider. 2017. “Reimagined Car: Shared, Autonomous, and Electric Vehicle.” BCG report, December 18. letöltve: 2020. január 4-én. <https://www.bcg.com/publications/2017/reimagined-car-shared-autonomous-electric.aspx>
- [4] Diakonikolas, I., and M. Yannakakis. 2009. “Small Approximate Pareto Sets for Biobjective Shortest Paths and Other Problems.” *SIAM Journal on Computing* 39 (4): 1340–1371. DOI: <http://doi.org/bdn676>
- [5] Dijkstra, E.W. 1959. “A Note on Two Problems in Connexion with Graphs.” *Numerische Mathematik* 1(1): 269-271. DOI: <http://doi.org/dpvk8c>
- [6] Disser, Y., M. Müller-Hannemann, and M. Schnee. 2007. “Multi-Criteria Shortest Paths in Time-Dependent Train Networks.” In *Proceedings of the 7th international conference on Experimental algorithms (WEA'08)*, C. C. McGeoch (Ed.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 347–361. DOI: <http://doi.org/fb993d>
- [7] Duckham, M., and L. Kulik. 2003. “‘Simplest’ Paths: Automated Route Selection for Navigation.” In *Lecture Notes in Computer Science* (2825):169-185, DOI: <http://doi.org/fbm4pd>
- [8] Eklund, P.W., S. Kirkby, and S. Pollitt. 1996. “A dynamic multi-source Dijkstra’s algorithm for vehicle routing.” *Australian New Zealand Conference on Intelligent Information Systems. Proceedings. ANZIIS 96* pp. 329-333. DOI: <http://doi.org/dd45m8>
- [9] Fu, L., D. Sun, and L. R. Rilett. 2006 “Heuristic shortest path algorithms for transportation applications: State of the art.” *Computers & Operations Research* 33(11): 3324–3343. DOI: <http://doi.org/dbws2s>
- [10] Hoang, V-D., and K-H. Jo. 2015. “Path planning for autonomous vehicle based on heuristic searching using online images.” *Vietnam Journal of Computer Science* 2(2): 109-120. DOI: <http://doi.org/dvgn>
- [11] Hawas, Y.E., and H. El-Shayed. 2015. “Autonomous real time route guidance in inter-vehicular communication urban networks.” *Vehicular Communications* 2(1): 36–46. DOI: <http://doi.org/dvqg>
- [12] Jadaan, K., H. Khreis, and Á Török. 2018. “Exposure to Traffic-related Air Pollution and the Onset of Childhood Asthma: A Review of the Literature and the Assesment Methods Used.” *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 46(1): 21-28. DOI: <http://doi.org/dvqg>
- [13] Oskarbski, J., K. Birr, M. Miszewski, and K. Zarski. 2015. “Estimating the Average Speed of Public Transport Vehicles Based on Traffic Control System Data.” *Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, Budapest. DOI: <http://doi.org/dvgr>
- [14] Pala, M., N. O. Eragi, F. López-Colino, A. Sanchez, A. de Castro, and J. Garrido. 2013. “HCTNav: A Path Planning Algorithm for Low-Cost Autonomous Robot Navigation in Indoor Environments.” *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2(3): 729-748. DOI: <http://doi.org/gchs7q>
- [15] Parulekar, M., V. Padte, T. Shah, K. Shroff, R. Shetty, 2013. “Automatic Vehicle Navigation using Dijkstra’s Algorithm.” *International Conference on Advances in Technology and Engineering (ICATE)*, Mumbai. pp. 1-5. DOI: <http://doi.org/dvgt>
- [16] PostBus. “Project ‘SmartShuttle’: Shape the mobility of the future.” letöltve: 2020. január 4-én. <https://www.postauto.ch/en/project-smartshuttle-0>.
- [17] Speranza, M. G. 2018. “Trends in Transportation and Logistics.” *European Journal of Operational Research* 264 (3): 830–836. DOI: <http://doi.org/gfgkmc>
- [18] Storandt, S. 2012. “Algorithms for vehicle navigation.” PhD dissertation, Universität Stuttgart.
- [19] Szalay, Z., T. Tettamanti, D. Esztergár-Kiss, I. Varga, and C. Bartolini. 2018. “Development of a Test Track for Driverless Cars: Vehicle Design, Track Configuration, and Liability Considerations.” *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 46(1): 29-35. DOI: <http://doi.org/dktg>
- [20] Tavasszy, L., K. Ruijgrok, and I. Davydenko. 2012. “Incorporating Logistics in Freight Transportation Models: State of

the Art and Research Opportunities.” *Transport Reviews* 32 (2): 203–219. DOI: <http://doi.org/fxzmms>

- [21] Taxi trip data, New York. “NYC OpenData: Yellow Taxi Trip Data.” 2014. letöltve: 2020. január 4-én. <https://data.cityofnewyork.us/view/gn7m-em8n>.
- [22] Wien. “Selbstfahrender Bus in der Seestadt unterwegs”, letöltve: 2020. január 4-én. <https://www.wien.gv.at/verkehr/oeffentlich/selbstfahrender-bus.html>

- [23] Yen, J.Y. 1970. “An algorithm for finding shortest routes from all source nodes to a given destination in general networks.” *Quarterly of applied mathematics* 27(4): 526–530. DOI: <http://doi.org/dvgw>
- [24] Zhang, R., F. Rossi, and M. Pavone. 2016. “Routing Autonomous Vehicles in Congested Transportation Networks: Structural Properties and Coordination Algorithms.” In: *Proceedings of Robotics: Science and Systems*, Ann Arbor, Michigan, DOI: <http://doi.org/dvgx>



Multi-criteria dynamic route planning for scheduled autonomous vehicles

The possibilities for using autonomous or highly automated vehicles are mainly the areas where certain predefined points need to be touched in a given order. Such examples are haulers or public transport vehicles. Typically, these vehicles reach their stations on a predetermined route based on certain criteria, such as the shortest distance, often regardless of the current traffic status on the road network. An illustrative example of this is the presentation of a route planning method – primarily for highly automated vehicles – that navigates the vehicle to its destination on the prevailing most favourable route between predefined stations. The methodology is presented through the example of public transport vehicles, but can also be applied generally, for example in a factory or a warehouse.



Multikriterielle dynamische Routenplanung mit mehreren Kriterien für zeitplanmässig fahrende autonome Fahrzeuge

Die Möglichkeiten zur Verwendung autonomer oder hochautomatisierter Fahrzeuge sind hauptsächlich die Bereiche, in denen bestimmte vordefinierte Punkte in einer bestimmten Reihenfolge berührt werden müssen. Solche Beispiele sind Spediteure oder Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs. In der Regel erreichen diese Fahrzeuge ihre Stationen auf einer vorgegebenen Route, die auf bestimmten Kriterien basiert, z. B. auf der kürzesten Entfernung, häufig unabhängig vom aktuellen Verkehrsstand im Straßennetz. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die Darstellung einer Routenplanungsmethode – hauptsächlich für hochautomatisierte Fahrzeuge –, die das Fahrzeug auf der aktuell günstigsten Route zwischen den vordefinierten Stationen an sein Ziel bringt. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die Darstellung einer Routenplanungsmethode – hauptsächlich für hochautomatisierte Fahrzeuge –, die das Fahrzeug auf der aktuell günstigsten Route zwischen vordefinierten Stationen an sein Ziel bringt. Die Methodik wird am Beispiel von Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs vorgestellt, kann aber auch allgemein, beispielsweise in einer Fabrik oder in einem Lager angewendet werden.

Melléklet

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

Gyorsforgalmi útszakaszok forgalmi elemzése az átlagsebesség-mérés módszerével. 2. rész - Az átlagsebesség-mérés bevezetésének a közlekedésbiztonságra gyakorolt lehetséges hatásai

Az a javaslat, hogy a teljes hazai gyorsforgalmi úthálózaton vezessék be az átlagsebesség ellenőrzését és szankcionálását a NÚSZ Zrt. díjfizetést ellenőrző rendszerének felhasználásával, új hiszen ilyen rendszereket külföldön is csak rövidebb – elsősorban közlekedésbiztonsági szempontból problémás – útszakaszokon alkalmaznak. A számszerűsítések és a levont tanulságok egyaránt hasznosak és továbbgondolásra alkalmasak.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.3.5

Dr. Sándor Zsolt

okleveles közlekedésmérnök
e-mail:zsolt.sandor1@gmail.com

1. BEVEZETÉS

A cikk a KTSZ 2020. áprilisban megjelent a *Gyorsforgalmi útszakaszok forgalmi elemzése az átlagsebesség-mérés módszerével. 1. rész* című írás folytatása. Most a szerző az átlagsebesség-mérés bevezetésének közlekedésbiztonságra gyakorolt hatását próbálja megbecsülni a rendelkezésre álló hazai baleseti statisztikai adatok és a sebességellenőrzés bevezetésével összefüggő nemzetközi eredmények alapján. A téma a baleset-megelőzésre és a lehetséges hatások azonosítására koncentrál. Az aktualitást a szerző korábbi cikkében publikált gyorsforgalmi utakon tapasztalható jelentős gyorsajtási arány adja [13]. A becslés alapját a 2018-as hazai személyesülések közötti közlekedési baleseti adatok biztosították. A vizsgálat csak a nem megfelelő sebességválasztásra visszavezethető balesetekkel foglalkozik, mivel az átlagsebesség-mérés célja a

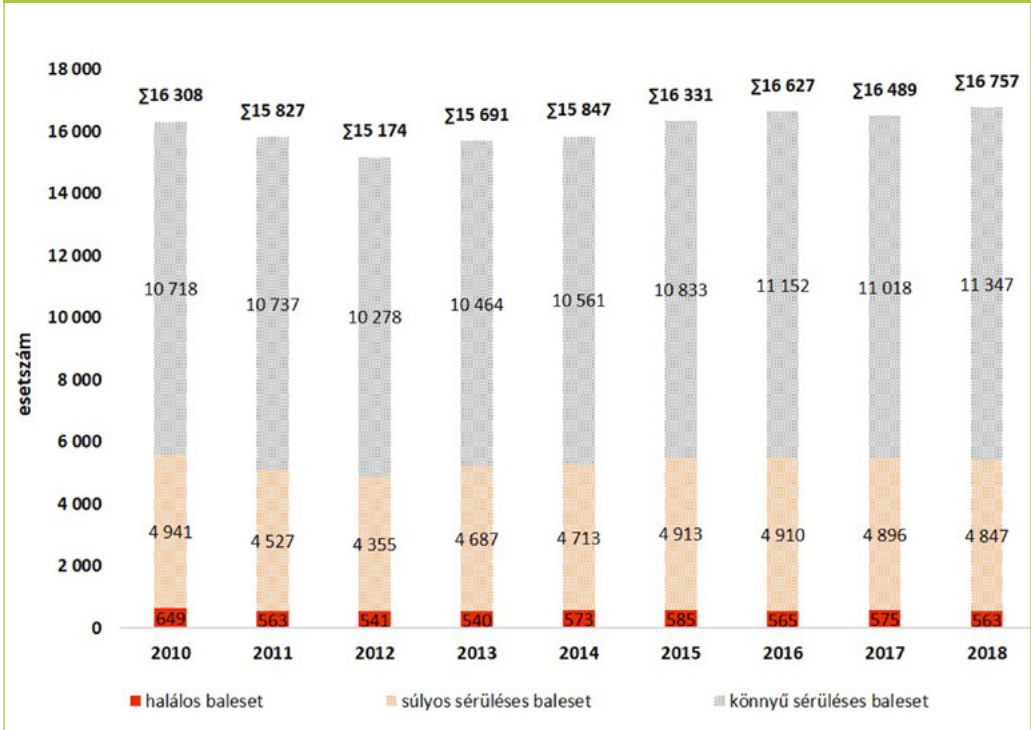
gyorshajtás visszaszorítása, és ezzel a balesetek számának és / vagy súlyosságának csökkentése.

Cél annak bemutatása, hogy az átlagsebesség-mérés bevezetésével mekkora lehet az externális hatások mérséklődéséből származó nemzetgazdasági pénzügyi haszon.

Az 1. ábra az elmúlt években bekövetkező balesetek számát ábrázolja a baleset kimenetelét figyelembe véve [3].

A 2. ábra szemlélteti, hogy 2010 és 2018 között a balesetek milyen okok miatt következtek be (a teljes összeghez képest alacsony darabszámú tételek a számításban szerepelnek, azonban az értékek a diagramon nem kerültek feltüntetésre, ezek * karakterrel vannak jelölve). 2018-ban, az összes közúti közlekedési baleset 31,4%-át (5254 eset) a nem megfelelően megválasztott

1. ábra: A hazai utakon bekövetkezett személysérüléses közúti közlekedési balesetszám alakulása 2010 és 2018 között (KSH, 2019)



sebesség okozta (a megengedett legnagyobb sebesség átlépése vagy nem az útviszonyoknak megfelelő sebességválasztás) [3]. Megállapítható, hogy nem csak a legnagyobb arányt mutatja a sebesség nem megfelelő választása ok, hanem azt is, hogy az elmúlt 8 év alatt közel 20%-kal nőtt az ilyen okra visszavezethető személyi sérüléssel járó közúti balesetek száma.

2. KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI HÁTTÉR

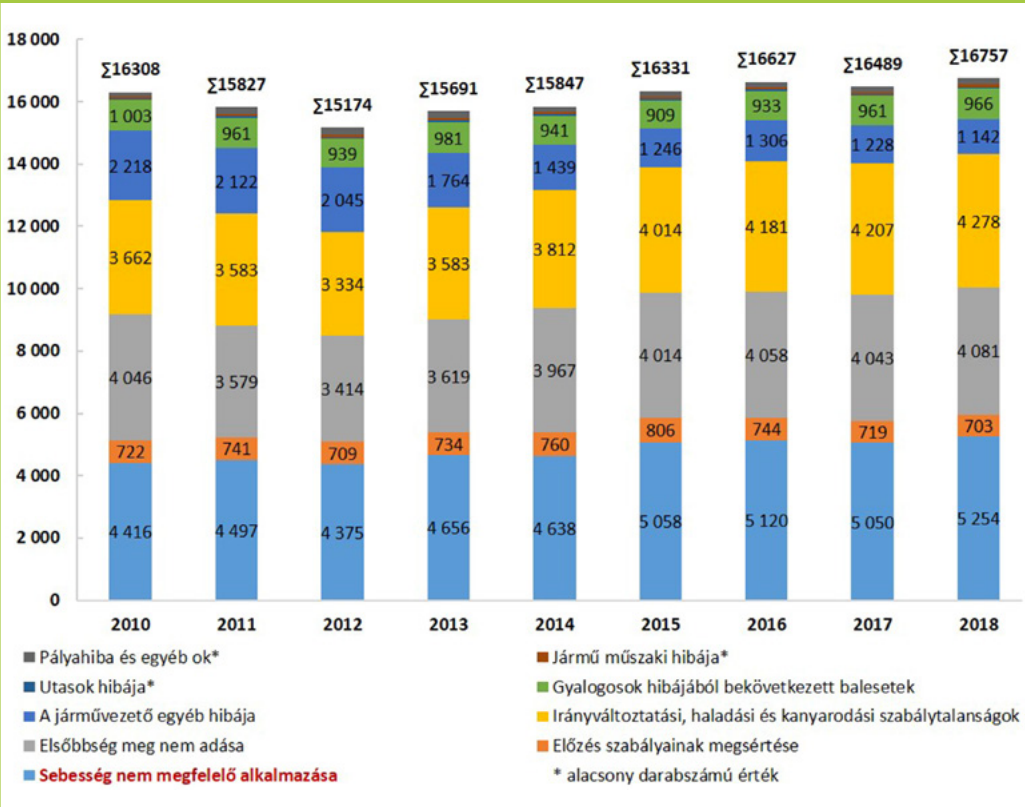
Nemzetközi eredmények alapján kijelenthető, hogy az átlagsebesség-mérést megvalósító sebességellenőrző rendszerek segítségével jelentősen csökkenthető a gyorsajtók aránya. A mérési eljárás lényege, hogy a rendszer két vagy több egymástól ismert távolságra elhelyezkedő ellenőrzési keresztmetszetben rögzíti a jármű elhaladásának idejét, és az egyes detektálások között eltelt idő alapján számolja ki a távolság ismeretében az átlagsebességet.

Amennyiben a jármű a szakaszon az engedélyezett maximális sebességhez tartozó időértéknél gyorsabban tette meg a távolságot, akkor egyértelműen sebességtúllépés történt. Amennyiben a rendszert zárt szakaszon telepítik, ahol az ellenőrzési keresztmetszetek között nincs le- és felhajtó, akkor az ellenőrzést egyik jármű sem tudja megkerülni, így a társadalmi elfogadottság kedvezőbb, mint a pontszerű mérési eljárásoké.

A rendszer **hard**, ún. kikényszerítő intézkedésnek tekinthető, mivel szankcionálással próbálja kikényszeríteni a helyes, szabálykövető járművezetői magatartást.

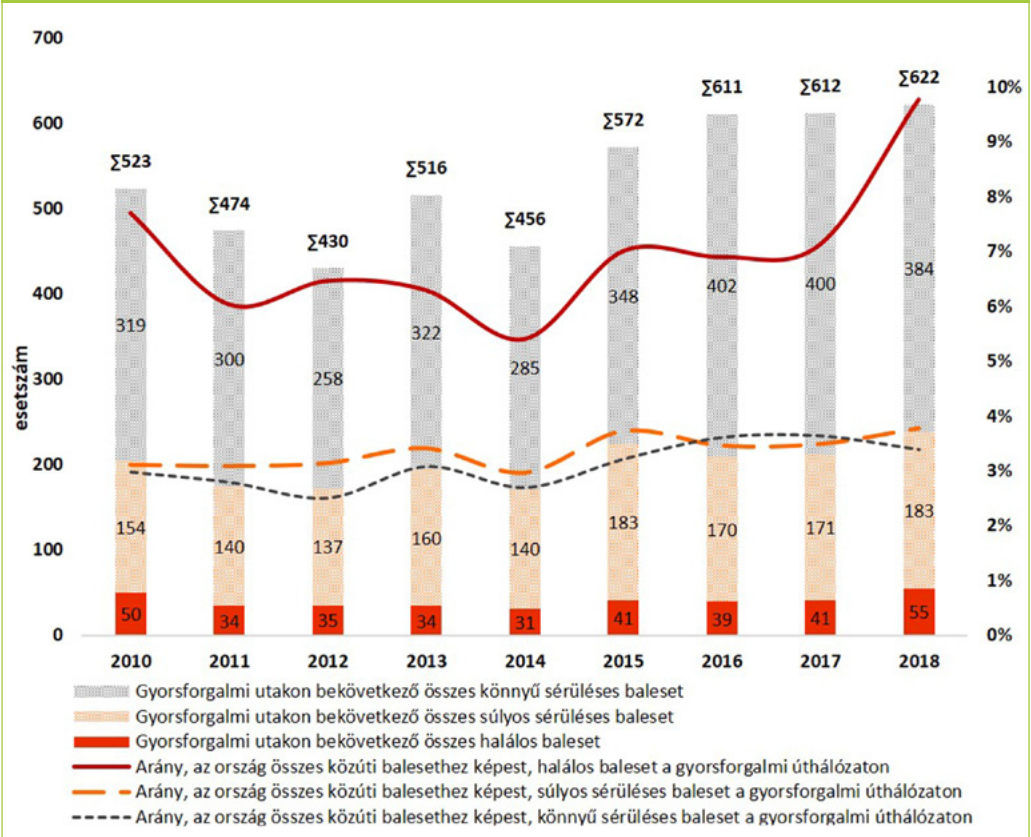
Az ellenőrző rendszerek bevezetésével kapcsolatos nemzetközi tanulmányok elsődleges hatásként a csökkenő baleseti darabszámokat jelölték meg. Néhány lényeges eredmény, amelyek az intézkedés bevezetését követően mutattak ki [8], [9]:

2. ábra: Személy sérüléses közúti balesetek száma Magyarországon a baleseti okok szerinti bontásban 2010 és 2018 között (KSH, 2019)



- Jelentősen csökken a súlyos és halálos közlekedési balesetek száma (a csökkenés mértéke 40-65%-os), azonban vannak olyan szakaszok, ahol a halálos balesetek 100%-kal is csökkentek.
 - A járművek elenyésző aránya – kevesebb, mint 1%-uk – hajt gyorsabban az útszakaszra érvényes legnagyobb megengedett sebességnél.
 - Az úton folyó munkavégzés esetén, ha van ilyen sebességmérési eljárás, akkor a szabálytalankodások száma 11-szer alacsonyabb, mint a hagyományos – pontszerű – mérőhelyek alkalmazása esetén.
 - A költség-haszon (benefit – cost ratio BCR) arány minden esetben magas, jellemzően 5, de inkább 7 feletti. Az ausztrál esetekben 10 és 16 közötti.
 - A csökkenő átlagsebesség és a homógen forgalmi összetétel által a felhasznált üzemanyag mennyisége csökken, aminek hatására a következők szerint mérséklődik a közlekedéssel összefüggő károsanyag- kibocsátás is:
 - o CO: - 15%
 - o NO_x: - 5-25%
 - o PM₁₀: - 6-35%
 - o CO₂: - 5%
- A hazai gyorsforgalmi utak (autópályák és autótutak együttesen) baleseti adatait a 3. ábra szemlélteti évenkénti és baleseti súlyosság szerinti bontásban, feltüntetve azt, hogy az adott baleseti súlyosság darabszáma hogyan alakul az adott évben bekövetkező összes, azonos súlyosságú balesethez viszonyítva –

3. ábra: Gyorsforgalmi utakon bekövetkező balesetek számának és arányának alakulása 2010 és 2018 között (KSH, 2019, Magyar Közút WEB-BAL adatbázis (2019))



utóbbi a másodlagos tengelyről olvasható le [3]. Az ábrán látható, hogy a gyorsforgalmi utakon bekövetkező halálos balesetek száma és ezek aránya az összes halálos közúti balesethez képest az utóbbi években folyamatosan emelkedik, míg a súlyos és könnyű balesetek száma és aránya az évek során az országos átlaghoz képest nem változik. A gyorsforgalmi utakon meghaltak számának csökkentése érdekében komplex intézkedéscsomagot szükséges kidolgozni, amelynek egyik lehetséges eleme az átlagsebesség-mérés bevezetése a gyorsforgalmi érintett útszakaszokon.

Az adatok szempontjából külön figyelmet érdemel, hogy a teljes hazai gyorsforgalmi úthálózat hossza 2018-ban 1509 km hosszú

volt, amely a ~32 000 km teljes országos közutak kevesebb mint 5%-a, azonban az összes halálos balesetek 10%-a ezen utakon történt. Forgalom szempontjából a 2018-as adatok a tanulmány készítésénél rendelkezésre álltak. 2018-ban a gyorsforgalmi útszakaszok a teljes közúthálózat 4,7%-át tették ki, és a forgalom ~33%-át bonyolították le [7]. Ezen adatok alapján megállapítható, hogy a gyorsforgalmi utak a lebonyolított forgalom nagyságát figyelembe véve jóval biztonságosabbak, annak ellenére, hogy a hálózat kiterjedését figyelembe véve km-arányosan több baleset történik ezeken az utakon (a sávszámokat nem számítva). A baleset/járműkm arány a gyorsforgalmi hálózaton egy nagyságrenddel alacsonyabb, mint a főútvonalakon, illetve az országos közúthálózaton

1. táblázat: 2018-as baleseti mutatók (baleset / éves jármű km)

| Baleseti mutató (baleset/jkm) | Halálos baleset | Súlyos sérülé- ses baleset | Könnyű séri- léses baleset | Összes baleset | Forgalom aránya (%) |
|---|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|------------------------|
| Gyorsforgalmi úthálózat | 3,72E-09 | 1,23E-08 | 2,59E-08 | 4,20E-08 | 33 |
| Országos közúthálózat a gyorsforgalmi úthálózat nélkül | 1,65E-08 | 1,52E-07 | 3,57E-07 | 5,25E-07 | 67 |
| Országos közúthálózat összesen | 1,24E-08 | 1,06E-07 | 2,49E-07 | 3,68E-07 | 100 |
| Gyorsforgalmi és országos közúthálózat aránya a baleseti mutatók esetén | 30,1% | 11,6% | 10,4% | 11,4% | |
| Gyorsforgalmi és nem gyorsforgalmi aránya a baleseti mutatók esetén | 22,5% | 8,1% | 7,3% | 8% | |

összességében (1. táblázat). A gyorsforgalmi utakon bekövetkező balesetek jelentős része a nem megfelelő sebesség alkalmazására vezethető vissza [13].

**3. BALESETSZÁMOK VÁLTOZÁSÁ-
NAK GAZDASÁGI HATÁSA**

Az átlagsebesség-mérés balesetekre gyakorolt hatásainak becslése viszonylag egyszerűen számszerűsíthető. A nemzetközi tapasztalatok alapján, a hazai baleseti statisztikai eset-számok alapján előre jelezhető a balesetek és a sérültek számának várható alakulása az ellenőrzéssel érintett szakaszokon. Továbbá rendelkezésre állnak olyan országokra lebontott fajlagos baleseti költségek, amelyek kimenetel szerint mutatják a közúti balesetek gazdasági / társadalmi költségeit [5], [10], [11], [12]. A költségeket a gyakorlatban legtöbbször „az emberi élet statisztikai értékéből” (SVOL – Statistical Value Of Life) vezetik le, becsléssel. Lényeges, hogy az emberélet egyszeri és megismerhetetlen, így fogalmilag eleve különbözik a pénztől. A számadatok, amelyek ezt pénzürtékben próbálják kifejezni csupán arra hivatottak, hogy a közlekedésbiztonsági intézkedések költség/haszon elemzése elkészíthető legyen és ezek nem összetévesztendőek a biztosítási vagy bírósági gyakorlatban előforduló számokkal.

A hazai és nemzetközi útmutatók Magyarországra vonatkozóan jelentősen eltérő fajlagos baleseti értékeket adnak meg, amelyek a számítási módszertan különbözőségéből, és a mutatók felhasználási céljaiban mutatkozó eltérések miatt adódnak. Jelen adatokat a Közle-

kedéstudományi Intézet Közlekedésbiztonsági Központja határozta meg a SafetyCube irány-mutatási alapján, illetve saját számítási eljárás [12]. A számítás során a 2017-re megadott fajlagos értékekkel kerültek meghatározásra a to-vábbi eredmények (2. táblázat). Mivel a 2018-as évek során a fajlagos értékek a számítási eljárás során a GDP-vel arányos módon növekednek, így a számítás során alsó becsléssel lehet meg-határozni a várható társadalmi hasznokat.

**2. táblázat: Balesetben érintett áldozat sta-
tisztikai veszteségértéke (millió Ft) 2017-ben**

| | |
|-----------------------|-----|
| Halálos | 273 |
| Súlyos sérülé- ses | 66 |
| Könnyű sérülé- ses | 6 |

A számítás során figyelembe kell venni, hogy a hazai veszteségértékek nem balesetre, ha-nem az áldozatokra vonatkozó veszteség-értékek, így annak érdekében, hogy ezeket balesetre vonatkozóan lehessen számszerű-síteni szükséges annak meghatározása, hogy egy-egy balesetben átlagosan hány személy érintett. A KSH adatszolgáltatása alapján meghatározható volt, hogy a különböző ki-menetelű közúti balesetekben átlagosan hány személy érintett és milyen módon (3. táblázat). A becsléshez jelen esetben is alsó közelítést használt a szerző, és a 2010 óta bekövetkezett események adatait használta fel. Az értékek az összes baleseti eseményszám és az összes áldo-zat felhasználásával kerültek előállításra, mi-vel kifejezetten gyorsforgalmi utakra vonatkozó ilyen szintű részletezettségű adatsorok nem voltak elérhetőek.

3. táblázat: Sérültek átlagos száma balesetenként, kimenetel szerint

| Egy balesetben érintett sérültek átlagos száma | | | |
|--|------------------------|-----------------|-------------------|
| Baleset kimenetel | Sérültek átlagos száma | | |
| | Halálos | Súlyosan sérült | Könnyebben sérült |
| Halálos | 1,1 | 0,4 | 0,4 |
| Súlyos sérülés | - | 1,1 | 0,3 |
| Könnyű sérülés | - | - | 1,3 |

A fajlagos baleseti költségek számítása a különböző sérülések statisztikai veszteségértékei és az átlagosan megsérült áldozatok számának szorzatával állítható elő. A balesetek fajlagos értékeit a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Balesetben érintett sérültek statisztikai veszteségértéke

| Fajlagos baleseti értékek (millió Ft) 2017-ben | |
|--|-------|
| Halálos | 325,8 |
| Súlyos sérülés | 74,2 |
| Könnyű sérülés | 7,5 |

Jelen számításokhoz az átlagsebesség-mérés megvalósulása általi balesetszám csökkenéséhez pesszimista becslést alkalmazott a szerző, és a 2018-as baleseti statisztikai adatokat vette alapul, azokból is azokat a számokat, amelyek kifejezetten a gyorsforgalmi útszakaszokon, a sebesség nem megfelelő alkalmazása miatt bekövetkező balesetekre vonatkoznak, összhangban a cikkben vizsgált témaerülettel. A számításhoz felhasznált kiindulási adatokat az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: Gyorsforgalmi utakon bekövetkezett gyorsajtással összefüggő balesetek száma 2018-ban

| Gyorsforgalmi hálózat gyorsajtással összefüggő baleseti esetszámok (2018) | |
|---|--------|
| Halálos | 28 db |
| Súlyos sérülés | 87 db |
| Könnyű sérülés | 168 db |

A NÚSZ Zrt. infrastruktúrája (2019-es állapot) átlagsebesség-mérés szempontjából a teljes - 1509 km-nyi - gyorsforgalmi hálózat ~70%-át képes lefedni (ellenőrzési keresztmetszetek közötti útszakaszok hosszának alapján) (SC-vel lefedett hálózat). Mivel a rendszer nem zárt, így csak azon járműveket lehet ellenőrzés alá vonni, amelyek útjuk során legalább két portál alatt elhaladnak.

Az ellenőrzés szempontjából potenciális forgalom azonosítása érdekében a szerző megvizsgálta, hogy a főbb autópályákon mekkora annak a forgalomnak az aránya a teljes detektált forgalomhoz viszonyítva, amely legalább két szomszédos portál alatt megjelenik (SC-ben megjelenő forgalom). A vizsgált szakaszokon az összes áthaladási eseményt elemezve 2018-ban a teljes D1-es díjkategóriába tartozó járműforgalom (személygépjárművek 3,5 t alatt, max. 7 fő szállítására alkalmasak) 61%-a jelent meg legalább két szomszédos portál alatt.

A szerző a balesetek számának lehetséges alakulásának számításakor azzal az egyszerűsítő feltevéssel élt, hogy a balesetek eloszlását a gyorsforgalmi hálózaton egyenletesnek tekintette. Ez alapján az becsülhető, hogy az átlagsebesség-mérésből származó balesetszám-csökkenés a hálózati lefedettség arányában valósulhat meg, azaz a 2018-as baleseti számok 70%-ára van ráhatása az ellenőrzésnek. Mivel a 70%-os ellenőrzési lefedettség miatt (a cikk írásának idejében (2019-ben) a teljes autópályahálózat ekkora része volt lefedhető az átlagsebesség-méréssel), figyelembe véve azt az egyszerűsítő feltevést, hogy a balesetek eloszlása a teljes hálózaton egyenletes. A rendszer nyitottsága miatt azonban csak a forgalom azon arányára van hatással a mérési eljárás, amelyek legalább két szomszédos portál alatt elhajtanak. Figyelembe véve azt, hogy ez a teljes megfigyelt forgalom 60%-a (átlagosan, lefelé kerekítve), így az átlagsebesség-mérés bevezetése az összes baleset csak egy részhalmozására tud befolyást gyakorolni. Az egyszerűsítésekkel az alábbi összefüggés segítségével állapítható meg az eljárással befolyásolható baleseti darabszámok:

Átlagsebesség-mérés által befolyásolható baleseti esetszámok, kimenetel szerint = Adott kimenetel szerinti baleseti darabszám (2018) × SC-vel lefedett hálózat aránya × SC-ben megjelenő forgalom aránya.

Az eredményeket a 6. táblázat tartalmazza. Az így meghatározott számok a valós lehetőségeket alul becsülik, mivel a forgalom és a bekövetkező balesetek eloszlása a gyorsforgalmi hálózaton nem egyenletes, továbbá az értékeket lefelé kerekítették.

6. táblázat: Baleseti esetszámok, amelyekre hatással van az átlagsebesség-mérés (2018-as adatok alapján)

| Befolyásolható balesetek száma kimenetel szerint | |
|--|-------|
| Halálos | 11 db |
| Súlyos sérüléssel | 36 db |
| Könnyű sérüléssel | 70 db |

Felhasználva a témával kapcsolatos nemzetközi eredményeket, a szerző három scenáriót készített a balesetszámok csökkenésére vonatkozóan a hatásosság figyelembevételével. A halálos balesetek szempontjából a legtöbb tanulmány 50% körüli csökkenést jelentett, míg a súlyos balesetek esetén ez a szám 35-55%, a könnyű balesetek esetén 20-40% közötti. Az egyes scenáriókat és a kapcsolódó arányokat a 7. táblázat tartalmazza

Figyelembe véve a balesetszámok csökkenésére vonatkozó scenáriókat és azon balesetek darabszámát, amelyekre az átlagsebesség-mérés

7. táblázat: Scenáriók az átlagsebesség-mérés hatására megvalósuló balesetszám csökkenéshez, a balesetek kimenetelét figyelembe véve

| Magnitúdó | Enyhe | Közepes | Magas |
|-------------------|-------|---------|-------|
| Halálos | -30% | -40% | -50% |
| Súlyos sérüléssel | -20% | -35% | -50% |
| Könnyű sérüléssel | -20% | -30% | -40% |

hatással tud lenni, a lehetséges értékeket és azok társadalmi költségeit a 8. táblázat tartalmazza. A számítás a 4., 6. és 7. táblázat felhasználásával készült 2018-as baleseti adatok alapján, a baleseti darabszámoknál lefelé, egészre kerekítéssel.

Az eredmények minden esetben alsó becslést adnak, a lehetséges hatások ennél jelentősebbek is lehetnek, mivel a számítás során több egyszerűsítést alkalmazott a szerző, továbbá a pénzben kifejezett értékek 2017-es gazdasági számítási adatokon alapulnak. Még a legalacsonyabb hatású esetben is a becslés alapján az intézkedés hatására legalább másfél milliárdos megtakarítás érhető el.

A baleseti adatokban történő változás a Nilsson féle hatvány-modell (power model) alkalmazásával is becsülhető [1], [6]. A modell két eltérő átlagsebességű időszakra vonatkozóan (v_0 -kiindulási időszak, v_1 -mérési vagy predikciós időszak) összefüggést állít fel a baleseti darabszámok alakulására (Y_0 -kezdeti balesetszám, Y_1 -intézkedést kö-

8. táblázat: Átlagsebesség-mérés hatására elérhető baleseti esetszám csökkenés és azok társadalmi költségei az eltérő scenáriókat figyelembe vételével, alulról becsülve

| Magnitúdó | Enyhe | | Közepes | | Magas | |
|-------------------|-------|--------------------------------|---------|--------------------------------|-------|--------------------------------|
| | db | társadalmi költség (millió Ft) | db | társadalmi költség (millió Ft) | db | társadalmi költség (millió Ft) |
| Halálos | 3 | 977 | 4 | 1303 | 5 | 1629 |
| Súlyos sérüléssel | 7 | 519 | 12 | 890 | 18 | 1336 |
| Könnyű sérüléssel | 14 | 105 | 21 | 158 | 28 | 211 |
| Összesen | | 1602 | | 2351 | | 3175 |

vető balesetszám). A kivető (k) a balesetek kimenetele és az adott út típusától – városi, városon kívüli – eltérő.

$$\frac{Y_1}{Y_0} = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^k$$

A hazai sebességek és balesetek számának összefüggésével [2] és [4] is foglalkozik, ahol a Nilsson modell kitevőjének értékét meghatározták a magyarországi utakra vonatkozóan. Mivel a Nilsson modell 25-120 km/h között becslést ad a balesetszámok várható alakulásáról [1], így a szerző jelen tanulmányban - a hazai utakon tapasztalható magasabb átlagsebesség értékek miatt – nem alkalmazta a lehetséges hatások bemutatásához.

4. TOVÁBBI GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALMI HATÁSOK

A pozitív gazdasági hatások két fő csoportba sorolhatók.

Közvetlen gazdasági hatásokként jelen eljárás szempontjából azok minősülnek, amelyek azonnali bevételt biztosítanak az állam számára. Ezek a bírságbevételek, amelyeket a gyorsajtókra lehet kiszabni. Azonban figyelembe kell venni, hogy ez csupán egyszeri nagyobb bevételi forrást jelent, mivel a közlekedők az ellenőrzési rendszer bevezetésétől (vagy az első bírság kiszabását követően) ügyelni fognak a sebességkorlátok betartására. A nemzetközi gyakorlatok azt mutatják, hogy az ellenőrzési rendszer bevezetését követően a teljes forgalom kevesebb, mint 1%-a lépi át a maximális sebességet. A közvetlen bírságbevételek alakulása függ a tűrőhatártól és az egyes gyorsajtási tartományokhoz tartozó díjtételektől. Lényeges, hogy az ilyen ellenőrző rendszereknek az elsődleges céljuk nem a bírságbevételek növelése, hanem a közlekedésbiztonság javítása, így a szerző nem vizsgálta a bírságbevételek alakulását.

Közvetett pozitív gazdasági hatások hosszú távon érvényesülnek, a közúti közlekedésből származó externáliák csökkentése által, amelyeknek össztársadalmi hasznuk van:

- Kibocsátás-csökkenés (károsanyag, üzemanyag-fogyasztás, zaj stb.): megkülönböztethetők elsődleges (jármű tulajdonosok és üzemeltetők, közúti infrastruktúra mellett élők) és másodlagos érintettek (azon lakosok, akikre a kibocsátás nincs közvetlenül hatással - pl. infrastruktúrától távolabb élők).
- A gépjárművek a motor típusától és a meghajtóanyagától (gázolaj / benzin) függően 130 km/h feletti haladás esetén minden további 10km/h-s sebességnövekedés 10-25%-kal növeli az elfogyasztott üzemanyag mennyiségét. A károsanyag-kibocsátás is a sebesség növekedésével, az elfogyasztott üzemanyaggal arányos módon növekszik.
- Sebességek homogenitása miatt a forgalmi áramlat stabilabbá válik, ami csökkenti a felesleges fékezések és gyorsítások számát, ami további üzemanyag-megtakarításhoz vet, ami ezen keresztül csökkenti a környezeti terhelést.
- Torlódások csökkenése, ami hozzájárul az utazási időmegtakarítás növekedéséhez – balesetekkel összefüggésben.

5. ÖSSZEFOGLALÓ

A vizsgálat tárgyát a baleseti veszteség értékek képezték az átlagsebesség-mérés bevezetésének szempontjából. A rendelkezésre álló nemzetközi szakirodalmi adatok, valamint a hazai forgalmi és baleseti adatok alapján becslés készült a várható forgalmi és baleseti hatásokról, ehhez kapcsolódóan a szerző részletesen elemezte a baleseti esetszámok várható változásának társadalmi költségeit, amelyhez a hatáserősséget figyelembe véve három különböző szcenárió is megjelent.

A vizsgálati hangsúly a NÚSZ Zrt. által üzemeltetett útdíj fizetési ellenőrzési infrastruktúra által lefedett szakaszra koncentrált. Egyéb ellenőrző infrastruktúrából származó adatokat a szerző nem használt a jogszabályi korlátok miatt.

A balesatszámok csökkenéséből származó társadalmi / gazdasági hasznok összemérhetők az ellenőrző rendszer telepítési költségeivel. Az alkalmazott egyszerűsítésekkel számított értékek minden esetben alulról közelítik a valós lehetőségeket, továbbá a veszteségértékek számítása során a GDP arányos változások sem lettek figyelembe véve.

Az átlagsebesség-mérés további előnye, hogy a lefedett hálózat modulárisan, új portálok telepítésével bővíthető, így az elérhető hasznok is növelhetők. 2019-ben a NÚSZ Zrt. újabb helyszíneken állított üzembe ellenőrző kapukat, így a hálózati lefedettség tovább nőtt.

A kutatási téma kiválasztása során további fontos tényező volt, hogy a magyar gyorsforgalmi úthálózaton a balesetek jelentős hányada a nem megfelelő sebességválasztás miatt következik be (a halálos balesetek 50%-a és a könnyű valamint súlyos sérülések 45%-a). Továbbá a téma aktualitását helyi baleseti körülmények is fokozzák – számos halálos és súlyos kimenetelű baleset tereléssel és sebességkorlátozással érintett gyorsforgalmi útszakaszon következett be. A Magyar Közút Zrt. tájékoztatása alapján gyorsforgalmi utakon csak 2018-ban, 83 esetben úton folyó munkavégzéssel érintett területen következett be baleset. Az esetek többsége a korlátozással érintett útszakasz kezdeténél történt: a járművezetők nem adták meg az elsőbbséget egymásnak vagy nem vették figyelembe a figyelmeztető jelzéseket és a munkaterületbe csapódtak, ahol a közútkezelő munkatársai tartózkodtak. 2018-ban a figyelmen kívül hagyott járművezetők 37 alkalommal ütköztek úttartozéknak, infrastruktúra elemnek vagy a karbantartást / fenntartást végző járműnek. Ebből 9 alkalommal a járművezető a speciális energiaelnyelő berendezéssel szerelt (TMA) védőjárműnek csapódott. A balesetek többsége csupán anyagi kárral járó esemény volt, de súlyos és halálos balesetek is előfordultak.

A jelenlegi hazai közlekedési morál indokolja egy új és igazságos ellenőrző rendszer kifejlesztését amely képes kiszűrni és szankcionálni a gyorshajtókat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Elvik, R.: *The Power model of the relationship between speed and road safety*, TOI report 1034/2009, 2009
- [2] Holló Péter, Zsigmond Olivér (2005). Emelt közúti sebességhatárok közlekedésbiztonsági hatásvizsgálata idősorok elemzésével. *KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE* 55 : 3 pp. 90-95. 6 p. (2005)
- [3] Központi Statisztikai Hivatal, adatszolgáltatás 2019.
- [4] Mocsári Tibor (2013). Az átlagsebesség-balesetszám összefüggés vizsgálata hazai adatok alapján. *Ütügyi Lapok* 1. szám (2013) ISSN: 2064-0919
- [5] Módszertani útmutató egyes közlekedési projektnek költség-haszn elemzéséhez (2016). *Nemzeti Fejlesztési Minisztérium*
- [6] Nilsson, G.: *Traffic safety dimensions and Power model to describe the effect of speed on safety*, doctoril thesis, Lund, 2004
- [7] Országos közutak 2018. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma (2019). *Magyar Közút Nonprofit Zrt.* Budapest, 2019.
- [8] Soole, D., Fleiter, J., Watson, B., 2012. Point-to-Point Speed Enforcement (AP-R415- 12). *Austroroads*, Sydney.
- [9] Soole, D.W., Watson, B.C., & Fleiter, J.F. (2013). Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: A review of the literature. *Accident Analysis and Prevention*, 54, 46-56.
- [10] Wijnen, W., Weijermars, W., Vanden Berghe, W., Schoeters, A., Bauer, R., Carnis, L., Elvik, R., Theofilatos, A., Filtness, A., Reed, S., Perez, C., and Martensen, H. (2017). Crash cost estimates for European countries, Deliverable 3.2 of the H2020 project SafetyCube
- [11] Sipos, T., 2019. Könnyű sérülés statisztikai veszteségértékének meghatározása, KTI kutatási témajelentés 2019.
- [12] Holló Péter és Sipos Tibor (2019): <http://kozlekedesbiztonsag.kti.hu/kozuti-baleseti-vesztesegek-aktualizalasa/>
- [13] Sándor Zsolt és Monostori Ákos (2020) Gyorsforgalmi útszakaszok forgalmi elemzése az átlagsebesség-mérés módszerével. 1. rész, *Közlekedéstudományi Szemle* 70 : 2. pp. 54-67. 14 p. (2020) DOI: [10.24228/KTSZ.2020.2.5](https://doi.org/10.24228/KTSZ.2020.2.5)



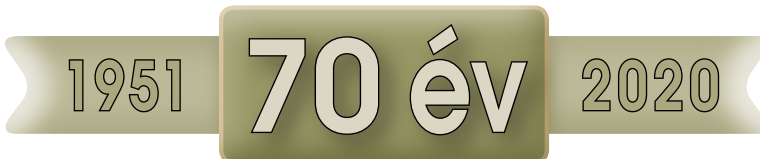
Possible effects of the introduction of average speed measurement on road safety. Part 2

This article is the continuation of the article titled Traffic Analysis of Expressway Sections Using the Average Speed Measurement Method, Part 1, published in KTSZ in April 2020. Now the author tries to estimate the impact of the introduction of average speed measurement on traffic safety based on the available domestic accident statistics and the international results related to the introduction of speed control. The topic focuses on accident prevention and on the identification of potential impacts. The topicality is given by the significant rate of speeding incidents on motorways [12], published in the author's previous article. The estimate was based on the domestic personal injury road traffic accident data in 2018.



Mögliche Auswirkungen der Einführung der Durchschnittsgeschwindigkeitsmessung auf die Verkehrssicherheit, Teil 2

Dieser Artikel ist die Fortsetzung des Artikels mit dem Titel **Verkehrsanalyse von Schnellstrassenstrecken mit der Methode der Durchschnittsgeschwindigkeitsmessung, Teil 1**, der im April 2020 in KTSZ veröffentlicht wurde. Nun versucht der Autor, die Auswirkungen der Einführung der Durchschnittsgeschwindigkeitsmessung auf die Verkehrssicherheit anhand der verfügbaren nationalen Unfallstatistiken und der internationalen Ergebnisse im Zusammenhang mit der Einführung der Geschwindigkeitskontrolle abzuschätzen. Das Thema konzentriert sich auf die Unfallverhütung und die Identifizierung potenzieller Auswirkungen. Die Aktualität ergibt sich aus der im früheren Artikel des Autors veröffentlichten signifikanten Geschwindigkeitsüberschreitungsrate auf Autobahnen [12]. Die Schätzung basierte auf den Verkehrsunfalldaten mit Personenschäden im Jahr 2018.



Támogatóink



Innovációs és Technológiai
Minisztérium

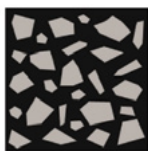


FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



EUROASZFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



NEMZETI
ÚTDÍJFIZETÉSI
SZOLGÁLTATÓ ZRT.

