

Módszertani áttörés – a nagytehergépkocsi-mátrixok kidolgozása

A tehergépkocsik a közúti közlekedés meghatározó elemei méretüknél, tömegüknél, útvonalválasztásuknál, menetdinamikai tulajdonságaiknál fogva hatással vannak az infrastruktúra elhasználódására, kapacitására, de a közlekedésbiztonságra is. Forgalmuk nagyságának, útvonalválasztásuknak megismerése ezért kritikus a jövőbeli tervezési folyamatok során. A korábbi hagyományokkal szakítva – kihasználva a technika adta lehetőségeket – a flottakövetésből származó, járműpozíció alapú módszertannal határoztuk meg a célforgalmi mátrixaikat.

DOI 10.24228/KTSZ.2017.5.5

Pusztai Ádám – Kiss István

e-mail: pusztai.adam@live.com, kiss.istvan@kti.hu

1. BEVEZETÉS – A MÓDSZERTAN EVOLÚCIÓJA

A nagytehergépkocsi kategória (3,5–7,5 tonna közötti közepes tehergépkocsik, 7,5 tonna fölötti nehéz tehergépkocsik, szerelvények, speciális nehéz járművek) célforgalmi mátrixainak meghatározása fél évszázados múltra tekint vissza, ami alatt a módszertan alapvető változásokon ment át. Rendkívül sokáig, az 1950-es évektől egészen az 1990-es évek végéig a személygépkocsikkal együtt vizsgálva, megállítós kikérdezéseket végeztek, olykor – az alulreprezentáltságot elkerülve – telephelyi kérdőívvel kiegészítve [1], [2], [3]. A módszertan a 2008-2009-ben készült teherforgalmi mátrixnál változott meg először; a kikérdezést felváltotta a KSH adatgyűjtésére alapuló mintavételes eljárás, ezzel szétválasztva a személygépkocsi- és a tehergépkocsi-mátrix előállításának módszertanát [4]. Habár a mintanagyság ezzel

lényegesen megnőtt, az adatforrás feldolgozása számos problémát eredményezett. A módszertani áttörést a 2010-es évek közepére bekövetkező változások indukálták, mind a technológiai fejlődés, mind az áruszállítás terén. Egyre elterjedtebbé vált a járművek GPS nyomkövetése, amit tovább serkentett a tehergépkocsi úthasználat arányos elektronikus útdíjfizetésének bevezetése 2015-ben. Ennek köszönhetően az infokommunikációs technikák lehetővé tették a sokkal részletesebb és gyakoribb adatközlést, amely során a járművek mozgását leíró nagyméretű adatbázisok jönnek létre, lehetővé adva azok mélyelemzésére. Ezek az adatbázisok tartalmazzák azokat az információkat, amelyekből a keresett célforgalmi mátrix felépül. E cikk az adatforrások felkutatásából, az utazások meghatározásának módszertanából, a mátrix létrehozásából, valamint a jövőbeli állapot extrapolálásából álló teljes folyamatot mutatja be.

2. ADATFORRÁSOK ÉS ADATGYŰJTÉS

A rendelkezésre álló releváns adatforrások feltérképezése és megismerése után egyértelművé vált, hogy önmagában egyik adatforrás sem felel meg a kívánt cél eléréséhez, ezért az adatforrások racionálisan elérhető legszélesebb körét igyekeztünk beszerezni. Az adatok összehasonlíthatósága miatt azok időbelisége szempontjából egységességre törekedtünk, kritérium volt tehát, hogy az adatok két egymást követő őszi hónapban keletkezett utazásokat tartalmazzanak. A potenciális adatforrások az Elektronikus Közútiáru-forgalom-ellenőrző Rendszer (EKÁER), a KSH 1654/06 „A közúti teherszállítás belöldi és nemzetközi teljesítményei” c. adatgyűjtése, a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató (NÚSZ) Zrt. által működtetett Elektronikus Útdíjszedési Rendszer (HU-GO), valamint a bevallási közreműködőként szereplő flotta-követők adatbázisai voltak. Az előnyöket és a hátrányokat mérlegelve a NÚSZ és a bevallási közreműködők által rögzített adatállomány felhasználása bizonyult célravezetőnek.

A módszertannak mindazonáltal korlátai is vannak. A fizetős úthálózatot nem érintő járművek nem kerülnek a NÚSZ adatbázisába, így – még ha a GPS pozícióikkal a flottakövetők adatszolgáltatása nyomán rendelkezünk is – járműkategóriájuk ismeretlen marad. Az egyes elemi fuvarok meghatározásának módszertana nem tud minden egyedi helyzetet kezelni, a fuvarok szétválasztásában eseti jelleggel előfordulhatnak hibák. Ezek a hibák nem befolyásolják az úthálózat terhelését, csupán az adott körzet induló és érkező forgalmát.

2.1. NÚSZ HU-GO

A HU-GO rendszer kizárólag a 3,5 tonnát meghaladó össztömegű járművekre vonatkozik, azonban a fizetendő díj mértékét számos egyéb tényező határozza meg. Ezek a tényezők a járműkategória, a környezetvédelmi kategória vagy a főúton, autópályán megtett távolság. Az igényelt adatok egyfelől a viszonylati jegyekből származó utazásokat, másfelől pedig a fedélzeti egység (On Board Unit – OBU) által rögzített, az adott jármű által érintett fizetős szakaszokat tartalmazzák. Az OBU-val felszerelt, valamint a viszonylati jegyes járművek úthasználati adatain kívül az ellenőrző kapuk által végzett keresztmetszeti forgalmi értékeket is rendelkezésünkre bocsátották. Az adatállomány tulajdonságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

2.2. Bevallási közreműködők

Magyarországon kizárólag auditált bevallási közreműködők által működtetett fedélzeti eszközökkel lehetséges az útdíj bevallása a NÚSZ felé; ezek az eszközök flottakövetési szolgáltatás nyújtására is alkalmasak. E két tulajdonság miatt gyakorlatilag az országban közlekedő összes, 3,5 tonnánál nehezebb jármű pozícióadatai megtalálhatók a 22 bevallási közreműködő által követett flotta valamelyikében vagy viszonylati jegyes utazás formájában a NÚSZ adatbázisában. A bevallási közreműködők közül 4 cég a NÚSZ által kibocsátott OBU-k 61%-a felett diszponál, ezek közül 3 cég adataival rendelkezünk. Az iCell Kft. 24 ezer, a Webeye Kft. 31 ezer, az I-Data Kft. pedig 20 ezer jármű adatát szolgáltatta. Az egyes bevallási közreműködők által átadott álló-

1. táblázat: A NÚSZ által szolgáltatott adatok mérlegelése

Előnyök	Hátrányok
A fizetős úthálózaton közlekedő jármű honnan-hová adatain kívül annak útvonala is elérhető, így validáláshoz, kalibrálásához is felhasználható.	Csak az utazás fizetős szakaszainak a honnan-hová mátrixa készíthető el belőle, azaz csak azt tudjuk, hogy hol jelent meg a fizetős hálózaton a jármű, és hol hagyta azt el.
Teljes körű, a 3,5 tonna össztömeg feletti teherautókra kivétel nélkül vonatkozik, a kategóriák meghatározhatók.	A fizetős utakat igénybe nem vevő járművekről a rendszer nem tárol információt. Ezek a járművek jellemzően rövid távú és/vagy körzeten belüli utakat tesznek meg.
Import-, export- és tranzitfuvarokat is tartalmaz, amit esetleg a flottakövetők nem.	A járműkategóriák más felosztásban szerepelnek, mint amire szükségünk van.

mányok adatszerkezete közel egységes, a 75 ezer egyedi, anonim jármű két hónap (2015. október-november) alatt rögzített, mintegy 2,5 milliárd pozícióadatát tartalmazza. Az adatállomány tulajdonosságait a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2.3. Adatfelvételek

A nagytehergépkocsik belföldi célforgalmi mátrixának elkészítéséhez a bevallási közreműködők és a NÚSZ által biztosított adatok elegendőnek bizonyultak, kiegészítő adatfelvételre nem volt szükség. Ezzel ellentétben a határt átlépő nagytehergépkocsik célforgalmi mátrixának bemenő adatszükséglete megkövetelte a közúti felméréseket. A célforgalmi kikérdezések és forgalomszámlálások a schengeni külső határokon, a teherforgalom számára megnyitott átkelőhelyeken valósultak meg. A célforgalmi kikérdezések során az útvonalra, honosságra, kategóriára és a díjfizetés módjára vonatkozó kérdéseket tettünk fel a járművezetőknek. Ahol nem állt rendelkezésre saját mérés, a személyforgalmi módszerhez hasonlóan a korábbi években megvalósult KÖZOP projektek vonatkozó adatait, valamint a 2008-2009-es célforgalmi eredményeket használtuk fel.

3. Az adatbázisok feldolgozása

Az adatbázisok feldolgozásának módszertana jelentős részben megegyezik mind a belföldi, mind a határt átlépő nagytehergépkocsi-forgalom esetében; utóbbi egyéb sajátosságok miatt bizonyos pontokon eltér, amit a fejezet végén részletezünk. A módszertan az alábbi négy lépésre bontható: 1) GPS adatok feldolgozása,

2) megfeleltetésük a díjköteles úthálózatra fellépő járművek (NÚSZ által nyilvántartott) adatbázisának, 3) a járművek szakaszjegyeknek NÚSZ adatállománybeli megfeleltetése, 4) a viszonylati jegyes utazások beillesztése.

3.1. GPS adatok feldolgozása

A nyers adatállományok feldolgozásának első lépése az adattisztítás, valamint az adathalmazokból egy azonos struktúrájú adatbázis létrehozása. A GPS jel minősége nagyban befolyásolja a rögzített útvonal pontosságát, az így keletkező hibás mozgásmintákat egy erre a célra megfelelő algoritmussal szűrtük. A közös attribútumok mind a három adatforrás esetében a hosszúsági és szélességi koordináták, a GPS időbélyeg, valamint a járműazonosító, amely a megfigyelt időszak időtartama alatt változatlan maradt.

Ahhoz, hogy több milliárd pontból kezelhető, elemi szakaszokból álló útvonalakat kapjunk, az egyes járművekhez tartozó érdemi megállásokat definiálni szükséges. Ez alatt olyan megállásokat értünk, ahol hosszabb idő alatt lényegesen nem változott meg a jármű pozíciója. Két érdemi megállás közötti pozícióváltozás definiál egy elemi szakaszt.

Fontos, hogy egy-egy elemi szakasz közti pont nem feltétlenül egy fuvar kezdő- vagy végpontját jelöli ki, hiszen forgalmi okokból, üzemanyagtöltő állomásokon, pihenőkben stb. is történhet megállás. A cél, hogy az egyes járműveknek az elemi szakaszokból felépülő ténylegesen lebonyolított fuvarjainak kiinduló és célállomása (körzete) meghatározható le-

2. táblázat: A bevallási közreműködőktől származó adatok mérlegelése

Előnyök	Hátrányok
Nagy és reprezentatív mintavétel (46%)	Mérete miatt nehézkes feldolgozás
Ajtótól ajtóig tartó nyomon követés	Eltérő adatstruktúra
Körzeten belül is pontosan meghatározható a cél, például egy ipari park	Az egyes fuvarok nincsenek elkülönítve
Külföldi és belföldi járműveket egyaránt tartalmaz	Járműkategóriák nincsenek megadva, vagy nem megfelelő felosztásúak
Területileg nem csak Magyarországra korlátozódik	

gyen. Két elemi szakasz közötti pont milyensége döntötte el tehát a szakaszok összevonhatóságának kérdését. Az összevonások nem tervezett megállások (pl. pihenőkben, benzinkutakon, határállomás közelében), valamint azonosítható indok nélküli rövid (pl. út menti) megállások esetében történtek. Egyéb esetben nem történt összevonás, valós induló és célállomásként definiáltuk a szakasz végpontjait, amelyek összessége kirajzolja az egyes járművek honnan-hova forgalmát a két hónapos időtartam alatt (1. ábra). A kidolgozott algoritmus eszerint a terítő- és gyűjtőjáratokat, továbbá a csillagtúrákat is képes kezelni.

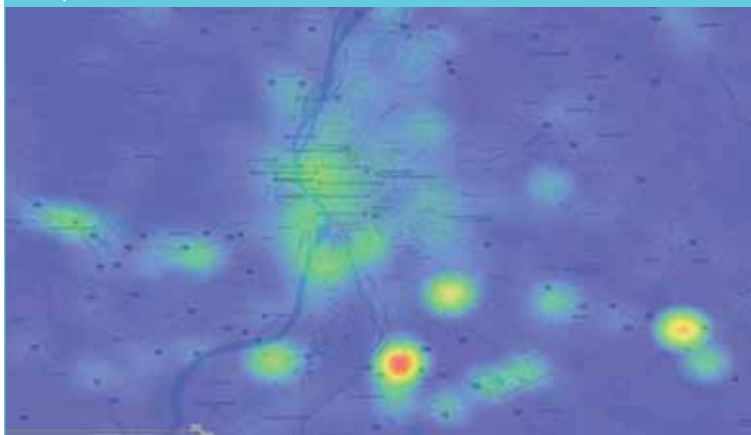
Az eredményként kapott szakaszok kiinduló- és célpontjait reprezentáló pontok validálásával kirajzóldtak a nagyobb városok, ipari-kereskedelmi létesítmények. Ezek az eredmények alátámasztották a módszertan helyességét. A 2. ábra tanúsága alapján a pon-

tokból képzett hőtérkép sűrűsödései megmutatják a jelentősebb célpontokat, azaz az áruszállítási vonzaspontokat.

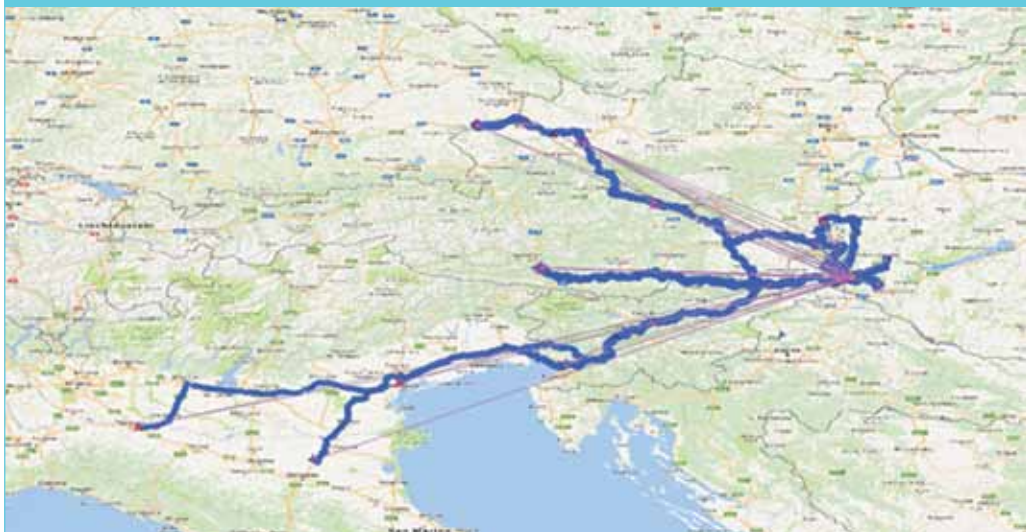
3.2. GPS adatok megfeleltetése a NÚSZ adatbázisának

A feladat részét képezte a célforgalmi mátrix járműkategóriánkénti szétbontása, e szerint 3,5–7,5 tonna (kat=1), 7,5–12 tonna (kat=2), valamint >12 tonna (kat=3) típusú kategóri-

2. ábra: Nagytehergépkocsi úti céljai hőtérképen - kiemelkednek nagyobb ipari parkok, fontosabb ipari-kereskedelmi létesítmények



1. ábra: Egy jármű két hónap alatt bejárt útvonala, és a hozzá tartozó elemi szakaszokból összevont honnan-hová vektorok (fuvarok)



ákat különböztettünk meg. A bevallási közreműködőktől kapott adatállomány nem tartalmazott járműkategóriára vonatkozó attribútumot, azonban a NÜSZ által szolgáltatott HU-GO adatbázis jellemzően igen. A feladat tehát a NÜSZ adataiban tárolt össztömegadatok hozzárendelése volt a bevallási közreműködőktől kapott adatokhoz. A legnagyobb kihívást a NÜSZ és a bevallási közreműködők által adott járműazonosítók – mint elsődleges kulcsok – közötti különbség jelentette,

ezért a járművek egymásnak való megfeleltetésének érdekében egy algoritmus készítése volt szükséges. A legcélravezetőbb megoldásnak a bevallási közreműködők adataiból a NÜSZ adatbázis struktúrájának megfelelő adatbázis készítése bizonyult a fizetős szakaszok szűkített¹ halmazának segítségével (3. táblázat). A NÜSZ adatstruktúrájának (4. táblázat) a lényege, hogy elemi fizetős szakaszokat definiál, egy járművel megtett útvonal pedig ezen egyedi szakaszok láncolatából tevődik össze.

3. táblázat: GPS nyomvonalból készített adatstruktúra

JARMU_ID	SZAKASZ_ID	GPS_IDO	X	Y	SZAKASZ_IRANY
231538	M1u43k271m	15.10.01 8:25	18.445221	47.574695	2
231538	M1u38k609m	15.10.01 8:35	18.561899	47.497407	2
231538	M1u26k112m	15.10.01 8:38	18.606295	47.506729	2
231538	M1u21k695m	15.10.01 8:46	18.765508	47.505711	2
231538	M1u15k701m	15.10.01 8:50	18.826829	47.491109	2
231538	M5u22k58m	15.10.01 9:16	19.208673	47.346654	1
231538	M5u30k132m	15.10.01 9:22	19.291389	47.297967	1

4. táblázat: A NÜSZ által szolgáltatott adatok struktúrája

ÜTHASZN_ID	JARMU_ID_MD5	REGISZTRAIT_JDB	REGISZTRAIT_EURO	REGISZTRAIT_OSZTOMEG	REGISZTRAIT_TENGELYSZULY	FELSEGJEL	SZAKASZ	SZAKASZ_HASZNALAT_SORSZ	SZAKASZ_HASZNALAT_IDEJE
FUXHYIKCL1	5a987c399f7bc6b6f433243822c4f60e4	J4	E6	0	0	SK	8U186K606M	1	15.09.30 23:59
FUXHYXBYYA	8961035c053866cef816e149d400ff04	J2	E2	0	0	RO	M6U17K81M	1	15.09.30 23:59
FUXI06GFVB	2c427aecdad189705834d2c088f4f036	J4	E5	0	0	H	8U104K321M	1	15.09.30 23:58
FUXI06GFVB	2c427aecdad189705834d2c088f4f036	J4	E5	0	0	H	8U104K35M	2	15.09.30 23:59
FUXI0HF428	2707b2fcd8b75f0528e3d90ce7011970	J4	E4	40	8	H	4U323K400M	19	15.10.01 23:26
FUXI0HF428	2707b2fcd8b75f0528e3d90ce7011970	J4	E4	40	8	H	4U321K201M	20	15.10.01 23:29
FUXI0HF428	2707b2fcd8b75f0528e3d90ce7011970	J4	E4	40	8	H	4U319K471M	21	15.10.01 23:31
FUXI0HF428	2707b2fcd8b75f0528e3d90ce7011970	J4	E4	40	8	H	4U313K10M	22	15.10.01 23:32

¹ Az adatbázist azokra a szelvényekre szűkítettük, ahol fixen található kamera és legalább 1 km hosszúságúak, így nagy biztonsággal állapítható meg, milyen járművek közlekedtek az adott szakaszon.

3.3. Szakaszjegyek NÚSZ adatállománybeli megfeleltetése

A fentiek mentén kerültek tehát a két adathalmaz (a NÚSZ és a bevallási közreműködők adataiból készített, NÚSZ-hoz hasonló adatállomány) járművei összehasonlításra. A párosítást végző függvény statisztikai alapon mutatja meg, milyen arányban egyeznek az egyes járművek. Ezt az alapján végzi, hogy az adott időintervallumokban van-e olyan jármű a két adatbázisban, amely ugyanabban a sorrendben ugyanazokat a választott szakaszokat érintette (vagyis a HU-GO rendszerben a virtuális „szakaszjegy-tépés” ugyanabban a sorrendben történt-e). A rögzítésnél minden esetben legalább 60%-os eséllyel egyeznie kell a két jármű útvonalának. A tapasztaltak szerint a vizsgált két hónapos időtartam alatt keveset vagy sokszor ugyanazon az útvonalon mozgó, illetve a jellemzően külföldi fuvarokat teljesítő járműveket általában rossz hatékonysággal lehetett azonosítani. A megfeleltetés eredményét a 3. ábra mutatja be. A NÚSZ-tól kapott állomány összesen 98 420 egyedi járműazonosítót tartalmazott.

3.4. Viszonylati jegyes utazások beillesztése

A NÚSZ által kínált másik díjfizetési lehetőség az OBU fedélzeti eszköz mellett az ún. viszonylati jegy váltása. Ez egy egyszeri, meghatározott út-

vonlra vonatkozó jegy, egyedi díjmegállapítással. Jellemzően eseti utazások során használják, az így lebonyolított utazások száma lényegesen kevesebb, mint a fedélzeti eszközzel lebonyolított utazásoké. A viszonylati jegyek feldolgozása egyszerűbb feladatnak bizonyult, mivel a két adattáblában a járműazonosítók megegyeztek. Ennek és a pontos indulási és érkezési hely megletének köszönhetően egyértelműen meghatározhatóvá váltak a viszonylati jeggyel közlekedő nagytehergépkocsik, járműkategóriánként szétbontva. Ez a halmaz tartalmazza a díjköteles szakaszokon a teljes sokaságot, felszorzására nincs szükség. A két hónapban az ország területén viszonylati jeggyel utazó összes jármű adata rendelkezésre állt.

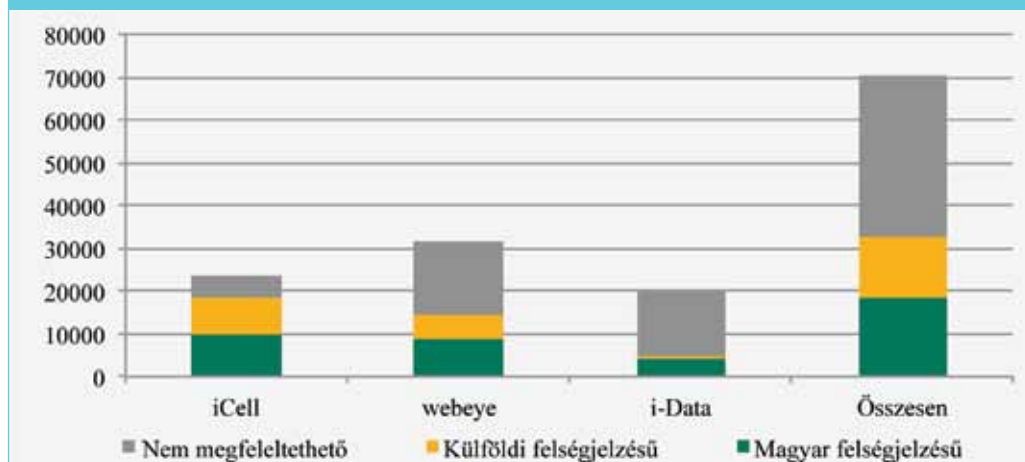
3.5. Határt átlépő utazások

A határon átlépő forgalom alapjának leképezése a belföldivel egyező módon történt. Ebben a kategóriába egyfelől a GPS adatok alapján Magyarország határát átlépő utazások, másfelől pedig a viszonylati jegyekből következtethető határátlépő utazások kerültek.

4. A NYERS MÁTRIXOK LÉTREHOZÁSA

Az előző fejezetben bemutatott eljárás alapján készültek az egyes elemi honnan-hová utazások, fuvarok, amelyek egy adott

3. ábra: A vizsgálatba vont bevallási közreműködők adatállományának összetétele és a megfeleltetés eredménye



járműhöz – és ezáltal egy megadott jármű-kategóriához – tartoznak. Ezen utazások körzetek közötti utazásokba sorolása szükségessé tette a körzetbeosztás finomhangolását a nagytehergépkocsi szempontjából. Négy különböző réteg került felhasználásra (ipari/kereskedelmi, belterületi, belföldi, külföldi), ezek bizonyos esetekben fedték egymást (az ipari/kereskedelmi és a belterületi körzetek kiegészítőek, azaz nem fedik egymást). A prioritást az ipari/kereskedelmi és belterületi rétegek élvezték, így az algoritmus először azt vizsgálta, hogy az utazás valamelyik végpontja ilyen körzetbe esik-e. Ha igen, akkor az algoritmus befejezte a vizsgálatot, ha nem, akkor pedig az utazás belföldi (külföldi) körzetazonosítót kapott.

A körzetek hozzárendelését követően, az így létrejött elemi utazásokat mátrixokba aggregáltuk. Az utazások kiindulási és célpontjához tartozó GPS pozícióhoz társítottuk annak a körzetnek az azonosítóját, amelybe belesik. Minden egyes fuvarhoz meghatározásra került:

- „honnan”: körzetazonosító (az utazás kezdő koordinátája alapján)
- „hova”: körzetazonosító (az utazás utolsó koordinátája alapján)
- „hetvege”: munkanap esetén értéke 0, egyébként 1
- „kat”: 1, 2, 3-as kategória², ha sikerült a NÚSZ adatoknak a megfeleltetés vagy a rásúlyozás; ha nem sikerült, akkor üres
- „hu”: magyar felségjel esetén 1, külföldi felségjel esetén 0, ha sikerült a NÚSZ adatoknak a megfeleltetés; ha nem sikerült, akkor üres.

Az elemi fuvarokat ezen attribútumok alapján aggregáltuk, így létrehozva egy oszlop-mátrixot, amelynek részletét mutatja be az 5. táblázat.

A valós példa is rámutat, hogy jelentős számban található olyan utazások, ahol nincs feltüntetve a kategória és/vagy a felségjelzés. Ez azokban az esetekben fordulhat elő, ahol vagy nem sikerült a NÚSZ adatsornak megfeleltetni, vagy a NÚSZ adatbázisában nem volt felhasználható összetömegadat.

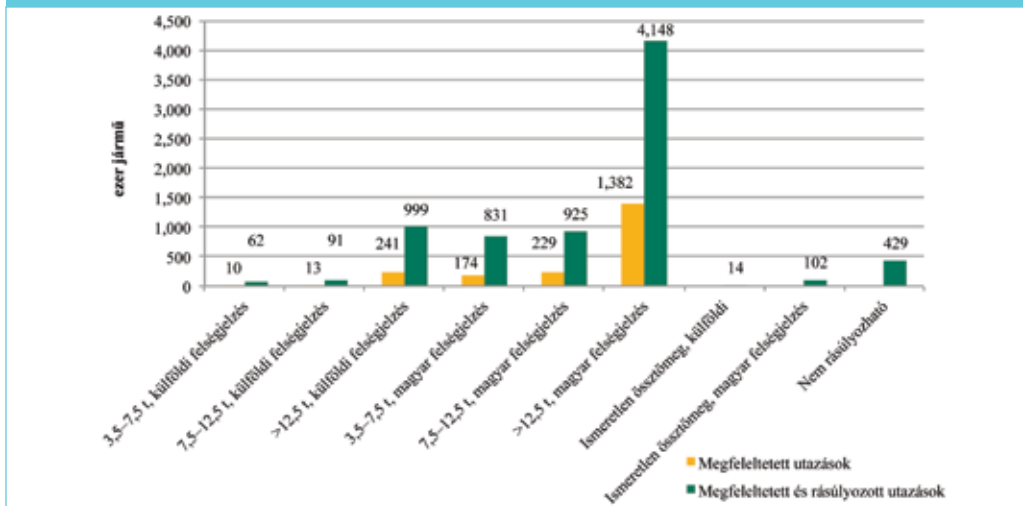
Megállapítható, hogy a teljes minta több mint 70%-áról ugyan pontosan tudjuk az útvonalát, illetve az általa lebonyolított fuvarokat, azonban összetömegadat hiányában nem tudjuk azokat kategóriába sorolni. Hatalmas adatvesztés lenne figyelmen kívül hagyni ezeket a fuvarokat, ezért úgy döntöttünk, statisztikai alapon soroljuk kategóriába. Minden egyes körzetek közötti relációra – a megfeleltetett járművek alapján – meghatározható a járműkategóriák közötti megoszlás, ami alapját adja az adott relációban lezajlott, de kategória nélküli utazások besorolásának. Természetesen akadtak olyan relációk, ahol nem rendelkezünk kategóriamegoszlással, ugyanis nem volt megfelelő számú utazás a két körzet között, ám ezek aránya csupán 5,8%. A 4. ábra mutatja a megfeleltetett, illetve a megfeleltetett és rásúlyozott utazások arányát. Ezen adatok alapján készült el a végleges oszlop-mátrix, illetve annak kategóriabesorolása.

5. táblázat: A fuvarok aggregálásából képzett oszlop-mátrix részlete

honnan	hova	hetvege	kat	hu	cnt
20101	20101	0	1	1	39
20101	20101	0	2	1	5
20101	20101	0	3	1	45
20101	20101	0		1	39
20101	20101	0			1055

¹ Az itt felállított kategóriák nem egyeznek meg a NÚSZ által használt J2, J3, J4 járműkategóriákkal, mert ez utóbbiak tengelyszámra vonatkoznak és nem összetömegre. Ezért volt szükséges egyedileg elvégezni a hozzárendelést.

4. ábra: A megfeleltetett és rásúlyozott utazások számának aránya

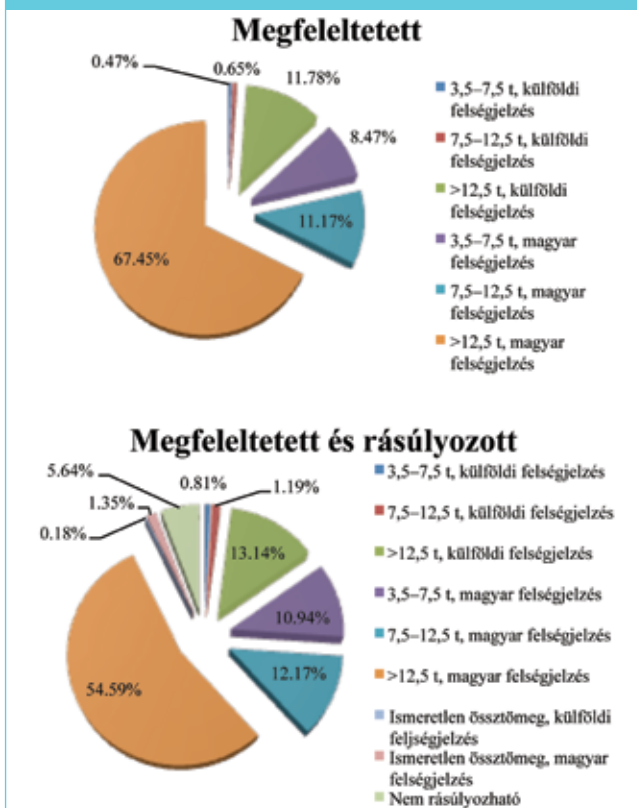


A megfeleltetett, illetve megfeleltetett és rásúlyozott utazások abszolút és egymáshoz képesti viszonyát mutatja be az 5. ábra.

A viszonylati jegyes utazásokat tartalmazó mátrix hasonló módon készült el, azzal a különbséggel, hogy minden esetben rendelkezésre állt a kategóriára vonatkozó adat, nem volt szükség rásúlyozásra. A két mátrix nyers formájában nem összeadható, ugyanis míg az OBU adatokból képzett mátrix csak egy minta, – amely további felszorzás alapját képezi – addig a viszonylati jegyes mátrix a teljes sokaságot tartalmazza. Összeadni azokat tehát csak az OBU adatokat tartalmazó mátrix felszorzása után lehet.

A határátlépő viszonylati jegyes mátrixnál további lépések elvégzése is szükségessé vált. Mivel a mátrixok első formájukban még csak a határátkelőhelytől a belső úti célig vagy egy másik határátkelőhelyig szóltak, ezekből nemzetközi utazásokat gene-

5. ábra: A megfeleltetett, illetve megfeleltetett és rásúlyozott utazások aránya



ráltunk. A nemzetközi utazások előállítására a határátkelőhelyen véget érő vagy onnan induló utak külföldi végének a meghatározásával történt. A konverziót az adott határátkelőhely vonatkozásában rendelkezésre álló felmért adatok arányosításával sikerült végrehajtani.

5. A VÉGLEGES MÁTRIXOK KIÁLAKÍTÁSA

5.1. A mátrixok felszorozása

Az elkészült nyers mátrix nem tükrözi hűen a valóságot, hiszen egy mintavétel alapján készült el, és kéthavi adatot tartalmaz. Az átlagos hétköznapi forgalomhoz a munkanapokon keletkezett értékeknek a munkanapok számával történő leosztásával jutottunk hozzá. Ahhoz, hogy a teljes sokaságra meg lehessen határozni a mátrix egyes elemeit, aránypárt kellett találnunk a minta nagyságára az egyes járműkategóriák esetében. A terhelendő hálózat keresztmetszetein a Magyar Közúttól (MK) származó átlagos napi forgalmi adatok rendelkezésre álltak, tehát a 7,5 tonna alatti és a 7,5 tonnánál nehezebb járművek száma is. Az átlagos napi forgalomból a törvényszerűségi tényezők segítségével októberi hétköznapi forgalmat generáltunk. A nyers mátrixot a hálózatra terhelve adódott a számolt keresztmetszeti forgalomnagyság az úthálózaton, így a vizsgálatra kiválasztott keresztmetszetekre is. Az 1. járműkategória esetében az MK-tól származó 7,5 tonna alatti keresztmetszeti járműszám és az ebben a kategóriában a mátrixból számolt járműszám aránya adja a felszorozás mértékét. A 2. és 3. járműkategória esetében azonban a MK adatait meg kellett osztani 20-80% arányban, ugyanis a 7,5 tonna feletti járműveket mind egy kategóriába sorolják. A fenti arány a két járműkategória futásteljesítményeiből adódott, a 2008-2009-es célforgalmi felmérés tapasztalatai alapján. A megosztás után szintén a ráterhelésből adódó számolt és mért értékekből adódó arányok képezték a felszorozás mértékét. Minthogy erre vonatkozóan nem voltak mélyebb ismereteink, ezért területi különbségeket nem tettünk a felszorozás során. Ez alapján az 1. kategória 3,9-es, a 2. kategória 4,1-es, a 3. kategória pedig 1,9-es szorzótényezőt kapott. Súlyozott átlaguk 2,2, ami a

már korábban ismertetett 46%-os mintavétel figyelembe véve elfogadható értéknek tűnik. A felszorozott mátrixokhoz immár hozzá lehetett adni a viszonylati jegyes mátrixokat, ezzel elkészültek a még kalibrálatlan, de már felszorozott, teljes sokaságra vonatkozó jelen mátrixok.

5.2. A távlati mátrixok létrehozása

A jelen (2015) mellett két időtávra adtunk meg nagytehergépkocsi-mátrixokat: 2020-ra és 2030-ra. A előrebecslés során egységes módszertannal dolgoztunk mind a kistehergépkocsikat, mind a nagytehergépkocsikat tekintve, a közúti zajló átrendeződés miatt. A teherforgalom előrebecslésénél csak az előrejelezhető változásokat vettük figyelembe; olykor egyes események jelentősen megváltoztathatják a forgalom áramlásának mind az irányát, mind a volumenét. Ilyen események közé sorolhatók az egyedi nagyberuházások, politikai és gazdasági környezet megváltozása, amelyeknek egyébként fontos hatásait a forgalom mértékére és módjára, azok kiszámíthatatlan megvalósulása és hatása miatt nem vettük figyelembe. Így egy konzervatív, ugrásoktól mentes előrebecslést készítettünk. Nem állt módunkban figyelembe venni a szállítási módok közötti átrendeződést, sem a határon átlépő, sem a belföldi teherforgalom esetében. Az előrebecsléssel érintett időszak alatt hosszabb távon egészében nem látszik ok a szállítás jelentős átrendeződésére. Ezek alapján azt feltételeztük, hogy ezek a faktorok nem gyakorolnak hatást a közúti fuvarozás volumenére és irányultságára a vizsgált periódusban.

Jelen projektben az előrebecslésnél végül kétféle változással számoltunk. Az első a forgalmi körzetek GDP változása által mozgatott szállítási igényváltozás, a másik pedig a fent említett, járműkategóriák közötti átrendeződés a közúti szállítási piacon. Az elmúlt hat évtized tapasztalata azt mutatja, hogy a GDP és a szállítási teljesítmény árutonnakm-ben mért változása hosszabb időszakokat vizsgálva együtt mozog.

A várható demográfiai folyamatokat bemutató, munkánkhoz felhasznált akadémiai kutatás [5] kitér a GDP alakulására az egyes megyék szint-

jén is, amit forgalmi körzetek szerinti felbontásában annak arányosításával határoztunk meg. A külföldi körzetek esetében az EUROSTAT által közölt statisztikákra támaszkodtunk. A jelen állapot mátrixelemeit – mind a belföldi, mind a határt átlépő teherforgalom esetében – először az egyes forgalmi körzetek közötti GDP változás átlagából képzett szorzókkal módosítottuk. Az előrebecslésnél nem vettük figyelembe a forgalmi körzetek méretét és lakosságát, mivel ezeket a tényezőket a jelen állapot forgalmi már figyelembe vettük.

A másik tényező a szállítási piac átrendeződése a járműkategóriák között, amely a nemzetközi szakirodalommal [6] összhangban hazánkban is tetten érhető. Jól látható a kistehergépkocsik gyorsan növekvő száma, ahogyan a nagytehergépkocsik számának lassú csökkenése is: a KSH adatai szerint a 2000–2015 közötti időintervallumban a nagytehergépkocsik száma közel 14%-kal csökkent. A vizsgált időpontokra ezt a tendenciát extrapoláltuk, ami alapján a ma tapasztalható mátrixbeli értékek 2020-ra 0,991-es, 2030-ra pedig 0,908-as szorzóval módosultak. Ebben az esetben is egészségesen, mivel területspecifikus körülményeket adat hiányában nem tudtunk figyelembe venni. Ezekkel a módosításokkal előálltak a kalibrált jelenmátrixok becsült jövőbeli értékei.



A methodological breakthrough – developing OD matrices of large good vehicles

It has become timely to establish the domestic and cross-border OD matrices of large good vehicles (LGVs), based on a new methodology, and the technical background for this has been provided. Processing of available data sources – data cleansing, the definition of elemental sections and, based on them, the definition of freights – has been carried out using an entirely self-developed algorithm. One of the most considerable challenges was the definition of the vehicle category, i.e. the matching of two databases only accessible by GIS tools. During multiplying up the matrix created using the sample stock to the full population, the calculated and measured proportions of the sample cross-sections were compared. This operation resulted in the multiplied matrix, which was calibrated and then estimated for 2020 and 2030 by predicting the GDP and the number of LGVs in circulation. The methodology has been constantly evolved and improved during the process, in order to determine freights and vehicle categories as precisely as possible. There is further potential in the methodology: its exploitation and development can offer results with unprecedented precision in other similar projects.



Ein methodischer Durchbruch - die Erstellung großer Lkw-Matrizen

Da der technische Hintergrund sichergestellt ist, ist ein zeitgemäßes Erfordernis die Erstellung der QZ-Matrizen des inländischen und grenzüberschreitenden LKW-Verkehrs auf neue Methodik zu basieren. Die vorhandenen Dateien - die Datenbereinigung, die Bestimmung der elementaren Strecken und davon die Bestimmung der Frachten – sind mit einem vollständig selbst entwickelten Algorithmus verarbeitet worden. Eine der bedeutendsten Herausforderungen war die Bestimmung der Fahrzeugkategorie, nämlich die Anpassung zweier Datenbanken, die nur mit Hilfe geographischer Informatikverfahren zugänglich sind. Beim Multiplizieren der aus den Musterdateien erzeugten Matrix zur Grundgesamtheit wurden die berechneten und gemessenen Proportionen der Musterdurchschnitte verglichen. Bei dieser Operation wurde die multiplizierte Matrix erstellt, deren prognostizierte Variante für das Jahr 2020 und 2030 nach Kalibrierung und mit Hilfe der vorgesehenen Zahl von BIP und schweren Lkws hergestellt wurde. Die Methodik wurde während des Prozesses ständig weiterentwickelt und verfeinert, um die Fracht- und Fahrzeugklassen so genau wie möglich zu bestimmen. Es gibt weiteres ernsthaftes Potenzial in der Methodik, dessen Ausbeutung und Weiterentwicklung Ergebnisse von beispielloser Präzision in anderen ähnlichen Projekten liefern können.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Koren Csaba és Wellner Péterné (1977): Az 1973-74. évi országos közúti célforgalmi számlálás. Közúti Közlekedési Tudományos Kutató Intézet
- [2] Albert Gábor (2010): Az országos célforgalmi mátrix (OCM 2008) kidolgozása és néhány eredménye. Közlekedéépítési Szemle 60. évf. 9. sz.: 1–6.
- [3] KTI (1996): Országos közúti célforgalmi számlálás 1995-1996. Közlekedéstudományi Intézet
- [4] KTI (2010): Az Országos Célforgalmi Adatfelvételt lebonyolítása, a célforgalmi mátrix létrehozása. KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
- [5] Czirfusz Márton, Hoyk Edit és Suvák Andrea (szerk., 2015): Klímaváltozás – társadalom – gazdaság. Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon. Publikon Kiadó
- [6] Michael Browne, Julian Allen, Allan Woodburn és Marzena Piotrowska (2007): Light Good Vehicles in Urban Areas. Literature Review WM9. Transport Studies Group, University of Westminster