

Az EMME/2 közlekedési hálózattervező programcsomag egy gyakorlati alkalmazása

A bevezetőben röviden vázoljuk az EMME/2 Rendszer főbb jellemzőit, majd bemutatunk egy konkrét hazai példát gyakorlati alkalmazására.

Bevezetés

Az EMME/2 – **Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium** francia és angol szavak összetétele - egy számítógéppel támogatott multimodális közlekedéstervezési rendszer, mely **bármely közlekedési mód** (közúti, vasúti, villamos, metró, autóbusz, trolibusz, gyalogos, stb.) **komplex modellezésére alkalmas**. A tervezők és a döntéshozók számára rugalmas eszközt jelent a közlekedési hálózatok forgalmi terhelésének és az ebből származó következmények (PI: forgalmi zsúfoltság, kapacitáskihasználtság, menetidő, elérhetőségi vizsgálatok, zaj-és levegő emisszió meghatározása a forgalmi folyam dinamikus jellemzői alapján, csomópontok forgalomáramlása stb.) elemzéséhez, értékeléséhez.

Az EMME/2 tulajdonságai:

- forgalomáramlási mátrixikon elvégzett műveletek, melyek széles lehetőségét adják a forgalmi szükségletek előrebecslésének;
- többféle forgalomráterhelési módszer alkalmazása;
- közvetlen – interaktív – számítási lehetőségek, melyek az értékelés és hatásvizsgálat bemutatását teszik lehetővé – például fejlesztés nélküli és fejlesztést tartalmazó változatok összevetése;
- hatékony makrónyelv a feladatok és egyes számítások automatizálására, egyéni igények megoldására;
- kitűnő grafikus megjelenítési lehetőségek;
- interaktív/grafikus hálózati javítási, szerkesztési lehetőségek.

Az EMME/2 több közlekedési mód és közlekedési hálózat egyidejű modellezésére létrehozott, folyamatosan fejlesztett nemzetközi rendszer. Az összes közlekedési mód kezelése egységesen, integráltan egymásra hatásukkal egyetemben történik. Az EMME/2 a kanadai INRO Consultants Inc. terméke.

Az EMME/2-t jelenleg 61 országban 600 szervezet használja; vállalatok, közlekedési szervezetek, önkormányzatok, oktatási intézmények, szakértő cégek. (részletesebben lásd: www.kvantitas.hu.)

1. A hazai példa bemutatása

1.1 A feladat céljának megfogalmazása

Az Európai Unióhoz való csatlakozás egyik jelentős folyamata az országos közúthálózaton bonyolódó forgalom áramlásáról minél pontosabb információ előállítás, a nyert információk aggregálása az Országos Közúti Adatbank – OKA - hagyományos és térinformatikai alapokon nyugvó információs rendszeréhez. Az EMME/2 felhasználásával elvégzett feladat az ÁKMI Kht. megbízására alábbi volt: az 1995-96-os Országos Közúti Célforgalmi Számlálás – OCF -1998-ra „frissített” forgalmi adatainak aktualizálása az 1998-ban végzett Országos Közutak 1998. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma eredményeinek alapul vételével. A számítások elvégzését az indokolja, hogy országos célforgalmi számlálásra 10 évente kerül sor, melynek kiugróan magasak a költségei, szervezése, lebonyolítása, adatfeldolgozása, elemzése-értékelése egy tucat szervezet majd másfél ezer számláló munkáját

igényli. Ugyanakkor a társadalmi-gazdasági folyamatok nagyon gyorsan változnak és a közlekedés folyamatairól rendszeresen – évente, kétfévente – indokolt átfogó, megbízható képet kapni.

A program végrehajtásához a következő főbb feladatcsoportok elvégzésére került sor:

- a./ Az 1995-96. évi OCF adatoknak, eredményeknek és az 1998-as keresztmetszeti forgalomszámlálás OKA alapú eredményeinek térinformatikai feldolgozása;
- b./ Az OCF adatmátrixok 1998-as eredményeinek aktualizálása, forgalmi mátrixok előállítása a tervezés számára;
- c./ 1998-as forgalomáramlási mátrixok validálása (a forgalomszámlálási és a modellezés során kapott adatok egyezőségének) az úthálózat EMME/2 programrendszeren alapuló modelljének felhasználásával;
- d./ eredmények dokumentálása.

A cikk további részében csak a c./ pontot tárgyaljuk részleteiben. (A teljes anyag a [1] irodalomban megtekinthető.)

1.2 Általános módszertani kérdések

Közlekedési modell alkalmazása

A modellszámítások egyik fontos eredménye a létező vagy javasolt útszakasz forgalmi terhelésének értéke. Ennek pontos ismerete fontos a közlekedési rendszerintézkedések meghozatalakor, úgymint:

- forgalmi méretezés;
- pályaszerkezet méretezés;
- a lehetséges nyomvonalak kijelölési alternatíváinak vizsgálata, a szükséges keresztmetszet (sávszám) meghatározása egy új útvonal tervezésekor;
- egy adott útszakasz forgalomtechnikai beavatkozásakor, például a balesetek számának és súlyosságának mérséklése érdekében;
- az üzemanyag-felhasználás ismeretében – lévén az közvetetten összefügg a forgalmi adatokkal – a közlekedés egyéb gazdasági vonzatai is számíthatók, az intézkedések megalapozottan előkészíthetők, a gazdasági elemzések elvégezhetők;
- a káros környezeti hatások (zaj, levegőszennyezés, stb.) mértékének meghatározásával az externális költségek becslésének meghatározása.

A hagyományos módszerek a célforgalmi mátrix meghatározására, úgymint a háztartásfelvétel, vagy az út menti kikérdezés igen magas költség, munkaerő és időigényük miatt nehezen járható utak, az országos célforgalmi számlálásokat is 10 évente végezteti el a közlekedési tárca, mint ahogy erre már korábban utaltunk.

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy az igényadatok (forgalmi áramlatok) meghatározására a hagyományos módszerek alkalmazása mellett célravezető és indokolt tehát a jóval kedvezőbb költségű mátrixbecslési eljárások alkalmazása és továbbfejlesztése. Ezek a módszerek a keresztmetszeti forgalomszámlálási adatokra támaszkodnak. A keresztmetszeti adatok a forgalomáramlási mátrix és egy útvonal-választási modell kombinációjaként értelmezhetők. Minden egyes kiinduló és célpont közötti igényt – az útvonalat valamilyen eljárás szerint meghatározva és figyelembe véve – a közlekedési hálózatra szuperponálva előállnak a keresztmetszeti adatok. Ezen modellszámítási eredményeket a keresztmetszeti forgalomszámlálási adatokkal összevetve – megfelelő konfidencia intervallum kitűzése mellett – a célforgalmi mátrix becsülhető. A mátrixbecslési eljárások mellett szól továbbá, hogy a keresztmetszeti forgalomszámlálási adatok könnyebben előállíthatók. Kisebb munkaerőigény, tehát alacsonyabb költségszint jellemzi, valamint a felvétel nem zavarja a forgalomban résztvevőket, sőt a felvételek automatizálására is fejlett módszerek ismertek és használatosak. A továbbiakban a mátrixbecslési eljárások elméleti alapjai kerülnek ismertetésre.

2. Elméleti alapok

Képzelnünk el egy térséget, amely N számú körzetet foglal magába és a körzetek közti kapcsolatokat az úthálózat elemei szolgáltatják. Ekkor a helyváltoztatási igényeket leíró forgalomáramlási mátrix $N \times N$ -es és N^2 , vagy $N^2 - N$ elemből áll. Utóbbi esetben a körzeteken belül lebonyolódó utazásokat nem, csak a körzetek közöttieket veszik figyelembe.

A mátrixbecslő eljárások legfontosabb lépése – a keresztmetszeti forgalmi adatok meghatározásán kívül – az eljutási útvonalak meghatározása minden egyes kiinduló- és célpont között. A modellezésben p_{ij}^a –val szokásos jelölni annak valószínűségét, hogy az i kiinduló- és j célpont közötti forgalom lebonyolódási útvonala érinti az a keresztmetszetet/útszakaszt. Továbbá V_a jelöli az a keresztmetszetben áthaladó forgalom nagyságát. Ez pedig a forgalomáramlási mátrix a keresztmetszetet érintő elemeinek összegeként adódik.

Matematikailag megfogalmazva ezt a következő formában írhatjuk:

$$V_a = \sum_{ij} T_{ij} \cdot p_{ij}^a$$

és

$$0 \leq p_{ij}^a \leq 1$$

[3]

ahol:

V_a : az a keresztmetszetben a számított forgalom nagyság;
 T_{ij} : a \mathbf{T} forgalomáramlási mátrix ij indexű eleme;
 p_{ij}^a : annak valószínűsége, hogy az i - j áramlat érinti az a keresztmetszetet.

A p_{ij}^a paramétert számos ráterhelési technika szerint lehet meghatározni kezdve a legegyszerűbb „mindent vagy semmit” elven működőtől egészen a jóval bonyolultabb elvű equilibrium (egyensúlyi) technikáig.

Ha adva van az összes p_{ij}^a és minden megfigyelt keresztmetszetre a mért forgalom nagyság (\hat{V}_a), akkor az N^2 számú ismeretlen T_{ij} becslésére L darab lineárisan független egyenlet áll rendelkezésre, ahol L a megfigyelt keresztmetszetek száma. Elvileg N^2 független és konzisztens forgalomszámlálási adatra van szükség ahhoz, hogy a \mathbf{T} forgalomáramlási mátrix egyértelműen meghatározható legyen. A gyakorlatban azonban a megfigyelt keresztmetszetek száma lényegesen kevesebb, mint a T_{ij} ismeretlenek száma. Tehát nem lehetséges a megoldást egyértelműen meghatározni. Általában több olyan mátrix is meghatározható, amely a hálózatra terhelve kielégíti a peremfeltételeket, azaz a megfigyelt keresztmetszetekben a mért és számított eredmények megegyeznek (validálás).

A gyakorlatban a városi és regionális közlekedéstervezésben a legelterjedtebb mátrixbecslési módszer az entrópia maximalizáláson alapuló minimális információt igénylő eljárás. A modell deriválásával a forgalomszámlálási adatokból a forgalomáramlási mátrix becsülhető. A matematikai célfüggvény a következő formában fogalmazható meg:

$$S(T_{ij} / t_{ij}) = - \sum_{ij} (T_{ij} \cdot \log T_{ij} / t_{ij} - T_{ij} + t_{ij})$$

és

$$\hat{V}_a - \sum_{ij} T_{ij} \cdot p_{ij}^a = 0$$

[3]

minden megfigyelt a keresztmetszetre, valamint:

$$T_{ij} \geq 0$$

[3]

A *Lagrange-módszer* alkalmazásával a megoldást az alábbi formában kapjuk:

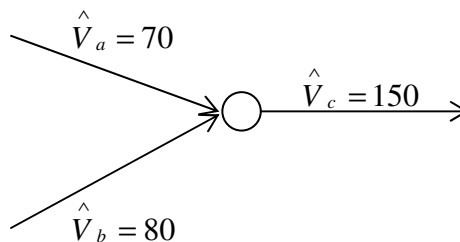
$$T_{ij} = t_{ij} \exp \sum_a (-\tau_a \cdot p_{ij}^a) \quad [3]$$

ahol τ_a a *Lagrange-szoró* a peremfeltételeknek (forgalomszámlálási adatok) megfelelően.

A fenti képletekben t egy kiindulási mátrix, amely a T forgalomáramlási mátrix struktúráját megközelítő pontossággal képviseli. Ez lehet egy korábbi felmérés vagy vizsgálat eredménye, vagy alapulhat gravitációs modellszámításokon is. A megfigyelési keresztmetszetek kijelölése is érdemel némi figyelmet. Ugyanis oda kell figyelni arra, hogy a keresztmetszetek függetlenek legyenek egymástól és a mintavétel nem minden esetben történik következetesen.

Függetlenség

Nem minden forgalomszámlálás hordozza ugyanazt az információ mennyiséget annak ellenére, hogy esetleg ugyanannyi keresztmetszet kerül megfigyelésre. Például az 1. sz. ábrát tekintve a c él forgalma az a és b él forgalmának összegeként képezhető.



1. sz. ábra, forrás: [4]

A kontinuitás törvénye szerint a csomópontba beáramló forgalom egyenlő a kiáramló forgalommal, tehát a c forgalmi adat lineárisan összefüggő a másik kettővel. Ezt az észrevételt szem előtt kell tartani a mintakeresztmetszetek kijelölésekor.

Következetesség

A forgalomfelvételtől eredő (véletlen és szabályos adatfelvételi) hibák és a tény, hogy a felvételek gyakran különböző időpontokban (óra, nap, hét) történnek, olyan hibához vezetnek, hogy a kontinuitás törvénye nem teljesülhet, azaz a modell soha nem szolgáltatja a mért adatokat. Például ha a fenti

ábrát tekintve \hat{V}_c más időpontban kerül meghatározásra és értéke 150 helyett 160 lesz. Ennek a problémának a kezelésére egy hibaérték tag bevezetése szokásos, ugyanis a következetlenségből származó hibák utólagos kiküszöbölése gyakorlatilag nem lehetséges.

Egy más jellegű problémát jelent, ha a modell egy élre 0 forgalmi terhelést számít, míg a valóságban egy kis mértékű forgalom bonyolódik azon. Mivel a becslési módszer iterációja szorzások sorozatából épül fel, ezért soha nem teljesíthető a kitűzött peremfeltétel ($V_a = \hat{V}_a$). Erre a problémára is a hibaérték tag bevezetése jelenthet megoldást. Ezen alapelvek figyelembe vételével felépíthető a magyarországi országos közúthálózatra egy validálási modell.

Mintavétel

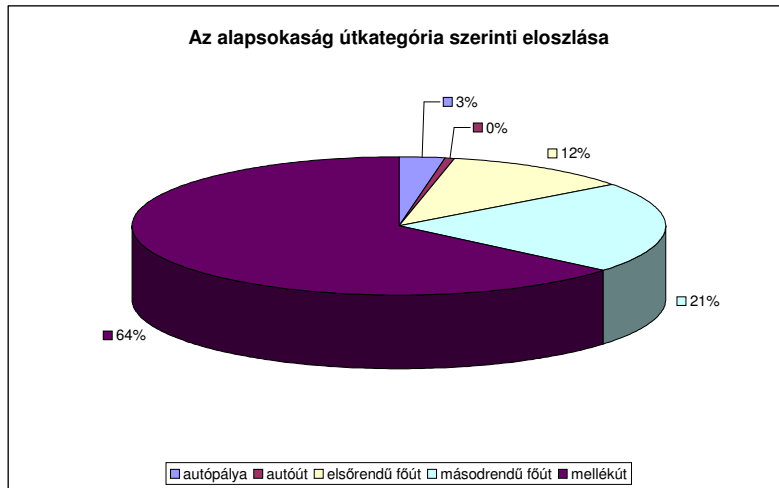
Először azt határoztuk meg, hogy milyen kategóriákat képezzünk az útszakaszok között, hogy minden úthálózati elemről a forgalomlebonnyolódásban betöltött szerepének megfelelő képet kaphassunk. Öt útkategóriát vettünk figyelembe: *autópálya*, *autóút*, *elsőrendű főút*, *másodrendű főút*, *mellékút*

igazodva az OKA adatbázis úttípus csoportosításához, továbbá tekintetbe vettük a minta megyei megoszlását is. Ezután mintát vettünk az alapsokaságból a véletlen mintavétel szabályai szerint.

$$n = \frac{t^2 \cdot s_r^2}{d_r^2}; \quad \text{ha } n > 1000$$

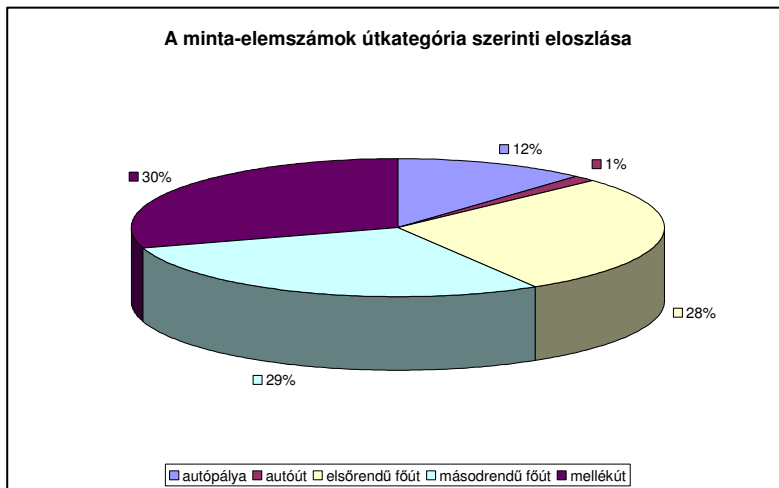
$$n = \frac{t^2 \cdot s_r^2 \cdot N}{t^2 \cdot s_r^2 + (N - 1) \cdot d_r^2}; \quad \text{ha } n < 1000 \quad [5]$$

ahol: n a minta-elemszám; t: adott megbízhatósági szinthez tartozó konstans; s_r: relatív szórás; d_r:



relatív hiba; N: az alapsokaság elemszáma. Az alapsokaság és a minta-elemszámok eloszlásának alakulását a 2.sz. és 3.sz. ábra mutatja.

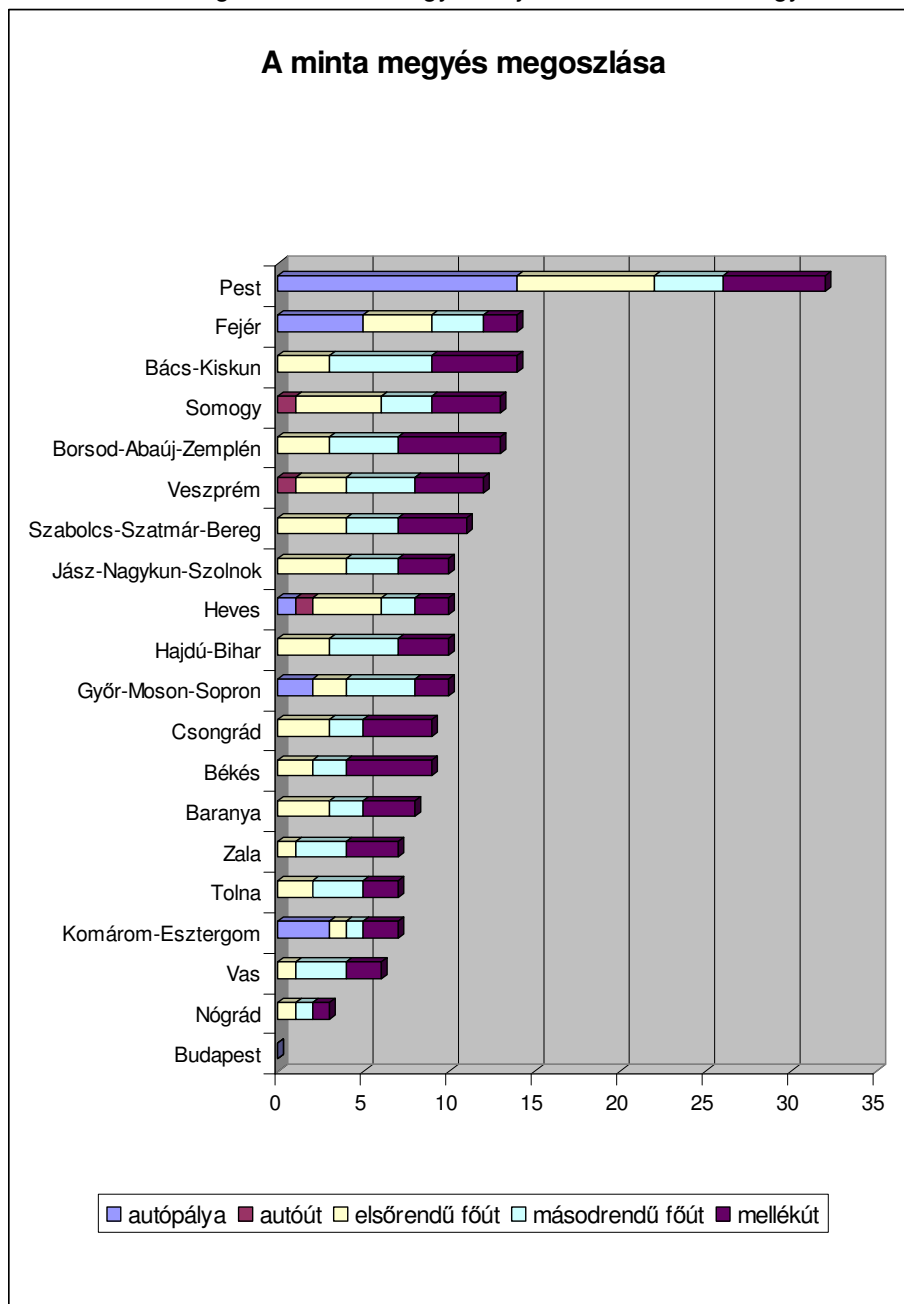
2. sz. ábra
Az alapsokaság útkategória szerinti eloszlása, forrás [1]



3. sz. ábra
A minta-elemszám útkategória szerinti eloszlása, forrás [1]

Következő lépésként a minta-elemszámok megyés bontását végeztük el. Az útkategóriánként meghatározott összes minta-elemszámot a megyés forgalmi teljesítmények (Ejkm) alapján osztottuk szét a megyék területére. Erre azért volt szükség, hogy egyrészt az egész ország területe képviselve legyen a mintában, másrészt forgalmuknak megfelelően legyenek képviselve az egyes megyés területi egységek. A minta-elemszámok megyés bontásának végeredményét a 4. sz. ábra mutatja.

Ezután kijelöltük a mintakeresztmetszeteket úgy, hogy az országos közúthálózat adatbázisát megyénként és útkategóriánként különválasztottuk. Majd véletlen-szám generátor segítségével kiválasztottuk a minta-elemszámnak megfelelő számú mintát minden megyére és az öt útkategóriára. Végül egy többlépcsős ellenőrzési eljárás végighaladva a mintaelemekhez hozzárendeltük az EMME/2 modellhálózat megfelelő elemeit. Így létrejött a kölcsönösen egyértelmű megfeleltetés a



valós közúthálózat és a modellhálózat között a mintakeresztmetszeteken keresztül.

4. sz. ábra
A minta-elemszámok megyés eloszlása útkategóriák szerint, forrás [1]

3. A vdf függvények analízise

Az EMME2 modell forgalomráterhelésének eredményét alapvetően befolyásolják az ellenállásfüggvények tulajdonságai. Ezek a függvények az eljutási időt határozzák meg (vdf = volume-delay) a forgalom nagyság függvényében. Ezek a szigorúan monoton növekvő függvények több egyéb paramétert (sávszám, kapacitás, hossz, alapterhelés, stb.) vesznek figyelembe. Továbbá jellegük néhány konstans tag, illetve szorzótényező változtatásával igen széles skálán módosítható. A modellünkben alkalmazott ellenállásfüggvények kialakítását a [6] irodalom – valamint az EMME/2 kézikönyvbe ajánlottak - felhasználásával végeztük, melyben hazai mérési eredményeken alapuló részletes statisztikai elemzések elvégzésével kialakított elvek és konkrét függvények találhatók. Egy általunk készített Excel függvényanalizáló program alkalmazásával az ellenállásfüggvényeket úgy alakítottuk, hogy a ráterhelés logikája kövesse a valós útvonalválasztás logikáját, figyelembe véve az említett tanulmány következtetéseit.

4. A mátrixbecslési modell felépítése

A „honnan-hová” mátrixok becslésére/beszabályozására többféle módszer is létezik. A legnagyobb problémát az jelenti, hogy egy valós hálózat esetén a célforgalmi körzetek és a hálózati élek száma olyan nagy, hogy jó néhány módszer alkalmazása túl bonyolulttá válna, vagy teljességgel kivitelezhetetlenné. Kifejezetten nagy – valós – hálózatokra fejlesztették ki az úgynevezett „gradiens közelítés” módszerét (*the gradient approach method*).

Matematikailag a modell konvex minimalizálási problémaként van megfogalmazva, olyan peremfeltételekkel, hogy biztosítva legyen a „honnan-hová” mátrix lehető legkisebb mértékű változtatása.[2] Ennek nyilvánvalóan azért van jelentősége, mert általában több – gyakorlatilag végtelen – megoldása létezik a megfogalmazott problémának, de a kiindulási mátrix struktúrájához, áramlási viszonyaihoz leginkább hasonló eredménymátrix elérése kívánatos.

A modell matematikai képlettel megfogalmazva:

$$\min Z(g) = \frac{1}{2} \sum_{a \in \hat{A}} (v_a - \hat{v}_a)^2 \quad [2]$$

ahol a $v_a = \text{assign}(g)$ „pseudo”-függvény a g „honnan-hová” mátrix alapján ráterhelés után előállított életterheléseket jelenti, \hat{v}_a pedig az a keresztmetszetben mért forgalmat.

Az iterációs eljárásban a mátrix lépésenkénti változtatását így fogalmazták meg:

$$g_i^{l+1} = \left\{ \begin{array}{l} \hat{g}_i \quad ha \rightarrow l = 0 \\ g_i^l (1 - \lambda^l \left[\frac{\partial Z(g)}{\partial g_i} \right]_{g_i^l}) \quad ha \rightarrow l = 1, 2, 3 \end{array} \right\} \quad [2]$$

ahol l az iterációs lépések számát, λ pedig az „optimális lépés nagyságot” (*optimal step length*) jelenti, amit az alábbi módon kapunk:

$$\lambda = \frac{\sum_{a \in \hat{A}} v'_a (\hat{v}_a - v_a)}{\sum_{a \in \hat{A}} v_a'^2} \quad [2]$$

ahol a $v'_a = \frac{dv_a}{d\lambda}$ összefüggés érvényes.

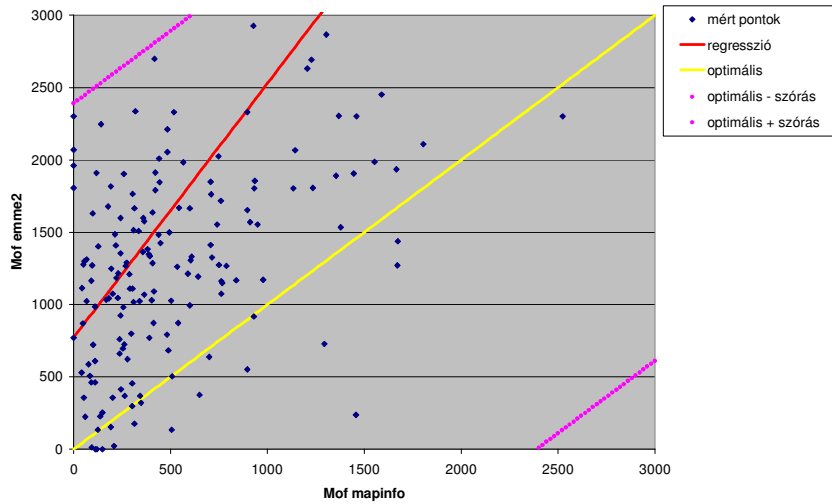
A fenti matematikai összefüggések EMME/2 programrendszer alatti megvalósítását az EMME/2 saját speciális makrónyelven programozták. Az így létrejött program az EMME/2 felületén jól használható, a kívánt kiindulási kritériumnak megfelelő és a gépi futásidő felhasználása is rendkívül kedvező.

5. A mért és számított keresztmetszeti adatokat összehasonlító statisztikai értékelő modell eredményei

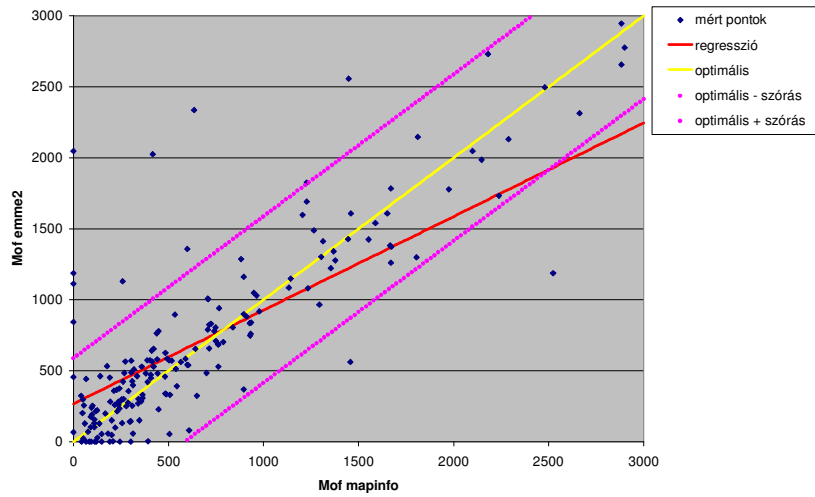
A feladat két adatbázis (EMME2 modelladatok és OKA adatok) – a mintavétel után egyértelműen azonosított elemeinek (rekordjainak) – statisztikai összehasonlító elemzése. Figyelembe kell venni, hogy az EMME2 modellhálózat szakaszai irányított gráfélek, tehát ha egy útszakasz kétirányú, akkor a keresztmetszeti forgalmi adat a két irány terhelésének összegeként adódik. Ezt szem előtt tartva létrehoztunk egy olyan adatbázist, amely minden egyes mintaelem mért és modell által számított keresztmetszeti terhelését tárolja. Majd felépítettünk egy Excelben programozott statisztikai elemző modult. Ez a modul a két adatsor kapcsolatát vizsgálja a következők szerint. Megállapítja:

- az átlagos eltérést;
- a tapasztalati szórást;
- regressziós egyenest illeszt a pontfelhőre;
- korrelációs együtthatót (a függvénykapcsolat erősségének mérőszáma) számít.

Végül ezeket egy diagramban ábrázolja, melynek segítségével a validálás egyes lépései után vizuálisan is gyorsan helyzetkép nyerhető. Így kitűnően nyomon követhető a validálás minden egyes lépésének hatékonysága. A modul szemléltetésére bemutatjuk a 1998-as OCF mátrix validálás előtti és utáni statisztikai elemzésének eredményét. (ld. 5-6.sz. ábra) A statisztikai mérőszámokat a 1.sz. táblázat mutatja.



5. sz. ábra
98-as iteráció előtti állapot, forrás [1]



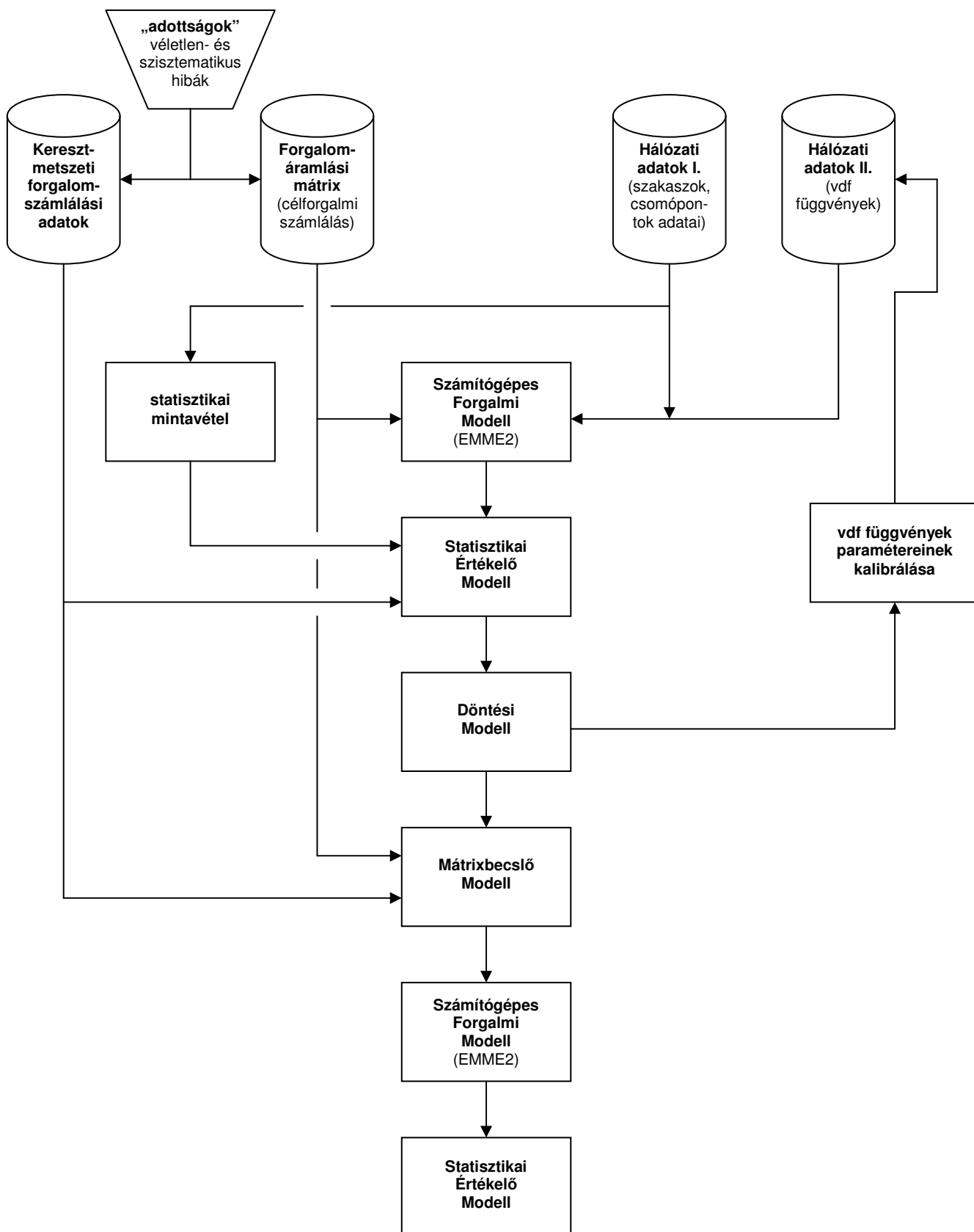
6. sz. ábra
98-as iteráció utáni állapot, forrás [1]

	Iteráció előtt	Iteráció után
Tapasztalati szórás	2390	587
Átlagos eltérés	1389	-14
Korrelációs együttható	0,67	0,78

1. sz. táblázat
A statisztikai mérőszámok a vizsgált keresztmetszetek elemzésében, forrás [1]

A validálás folyamatábrája

Cél: A modell által számított forgalomnagyságok megegyezzenek a megfigyelt (mért) forgalomnagyságokkal.



6.Összefoglalás

Az 1995-96-os Országos Közúti Célforgalmi Számlálás szerves folytatását képezi a korábbi, ilyen jellegű számlálásoknak (1973-74, 1986-87), valamint az országos közúti keresztmetszeti forgalomszámlálások és folyamatos figyelemmel kísérései is egységes egészet alkotnak. Az említett részekből épül fel Magyarország közúti forgalomszámlálási rendszere.

Az elvégzett munka annak a célkitűzésnek kívánt megfelelni a fent bemutatottak szerint, hogy átfogó és részletes képet adjon a hazai közúti közlekedési szokásokról és jellemzőkről, valamint a közlekedési kapcsolatok irányairól, arányairól. Az adatfelvétel aktualizálási módszere és kapott eredményei költség megtakarítást tesznek lehetővé, mivel a célforgalmi adatfelvételek rendszeres lebonyolítására elegendő 8-10 évenként forrást biztosítani.

Az eredményként előálló városkörzetek közötti forgalomáramlási mátrix a tervezés, az ügyi igazgatás, az üzemeltetés számára egyaránt fontos. Kiemelt figyelmet kap a közúthálózat fejlesztési tervezésének, a Területfejlesztési Konceptió, a kistérségek, a határátkelőhelyek elemzési, tervezési, döntés-előkészítési folyamatainak adatokkal való ellátása. A végeredmények kiadvány formájában is megjelentek korlátozott példányszámban . (ÁKMI Kht.)

Forrásmunkák :

- [1] Dr. Makula L., Takács M. (2000) Az országos közúti célforgalmi számlálás aktualizálása 1998. évre figyelembe véve a társadalmi-gazdasági folyamatokban lezajlott változásokat. Összefoglaló. Kvantitás Consulting Kft.
- [2] Spiess, H. (1990) A gradient approach for the O-D matrix adjustment problem. (<http://www.speiss.ch/emme2/demadj/demadj.html>)
- [3] Brenninger – Goethe, M., Jörnsten, K. and Lundgren, J. (1989) Estimation of origin-destination matrices from traffic counts using multiobjective programming formulations. Transportation Research, 23B (4), 257-269.
- [4] Ortazúr- Willumsen (1999) Modelling Transport. 370-372
- [5] Yule, Kendall (1964) Bevezetés a statisztika elméletébe. 419-461.
- [6] Vörös A. (1993) Forgalomtechnikai alapösszefüggések meghatározása. KTI Rt.

Ajánlott irodalom:

1. BATES, J. J., Gunn, H. F. and Roberts, M. (1978) **A model of household car ownership**. Traffic Engineering and Control, 19 (11/12), 486-491, 562-566.
2. BELL, M.G.H. (1983) **The estimation of an origin destination matrix from traffic counts**. Transportation Science, 17 (2), 198-217.
3. BRENNINGER-Goethe, m., Jörnsten k. and Lundgren, J. (1989) **Estimation of origin-destination matrices from traffic counts using multiobjective programming formulations**. Transportation Research, 23 B (4), 257-269.
4. DALY, A. J. and Ortúzar, J. de D. (1990) **Forecasting and data aggregation: theory and practice**. Traffic Engineering and Control, 31 (12), 632-643.
5. DOUGLAS, A. A. and Lewis, R. J. (1970) **Trip generation techniques: (1) Introduction; (2) Zonal least squares regression analysis**. Traffic Engineering and Control, 12 (7 and 8), 362-5, 428-31.
6. FISK, C. S. (1988) **On combining maximum entropy trip matrix entropy trip matrix estimation with user optimal assignment**. Transportation Research, 22 B (1), 69-73.
7. GAUDRY, M. J. I. Jara-Diaz, S. R. and Ortúzar, J. de D. (1989) **Value of time sensitivity to model specification**. Transportation Research, 23 B (2), 151-8.
8. GIBSON, J. Baeza, I. and Willumsen, L. G. (1989) **Congestion, bus stops and congested bus stops**. Traffic Engineering and Control, 30 (6), 291-6.
9. HOLM, J., Jensen, T., Nielsen, S., Christensen, A. Johnsen, B. and Ronby, G. (1976) **Calibrating traffic models on traffic census results only**. Traffic Engineering and Control, 17 (4), 137-140.
10. JANSEN, G. R. M. and Bovy, P. H. L. (1982) **The effect of zone size and network detail on all-or nothing and equilibrium assignment outcomes**. Traffic Engineering and Control, 23 (6), 311-17.

11. ROBILLARD, P. (1975) **Estimating the O-D matrix from observed link volumes.** Transportation Research, 9 (2/3), 123-8.
12. SPIESS, H. (1987) **A maximum likelihood model for estimating origin-destination matrices.** Transportation Research, 21B (5), 395-412.
13. WILLUMSEN, L. G. (1981) **Simplified transport demand models based on traffic counts.** Transportation, 10(3), 257-78.
14. Dobrocsi T. - Dr. Makula L. : Az EMME/2 mint a közlekedéstervezés egyik eszközszerkezere. Városi Közlekedés 2000/2. szám

Szerzők adatai:

Dr. Makula László okl. közlekedésépítő mérnök, ügyvezető igazgató Kvantitás-Consulting Kft.
EMME/2 rendszergazda.

Takács Miklós okl. közlekedésmérnök, Phd aspiráns, BMGE Közlekedésüzemi Tanszéke

Telefon: 489 0467 vagy: 06 309 415 772 fax:214 6796 cím: Kvantitás-Consulting Kft. 1027. Bp.
Varsányi Irén u. 26.