

## E-Traffic – egy nyílt hozzáférésű forgalmi modell

A leírás új megközelítés alapján egy nyílt hozzáférésű, előre felparaméterezett, országos, közúti forgalmi modellre tesz javaslatot. A téma a forgalmi modellezés komplexitása, hazai gyakorlata és a közelmúlt számítástechnikai fejlődéséből eredően különösen aktuális.

---

**Dr. Bocz Péter** – **Dr. Kisgyörgy Lajos** – **Vasvári Gergely**

egyetemi docens

egyetemi docens

adjunktus

BME Út- és Vasútépítési Tanszék

e-mail: bocz.peter@epito.bme.hu, kisgyorgy.lajos@epito.bme.hu, vasvari.gergely@epito.bme.hu

---

### **I. BEVEZETÉS – A KÖZLEKEDÉSI MODELLEZÉS CÉLJA, SZEREPE, ESZKÖZEI**

A közúti közlekedési keresletet – nagyrészt egyéni jellegéből fakadóan – egyértelműen meghatározni, előrevetíteni nehéz feladat. A használok egyénileg döntenek a gépjárműhasználatukról, a használat gyakoriságáról, útvonaláról, amely döntéseket számos tényező befolyásolja.

A kereslet leírása tehát nem végezhető el egyértelműen, csupán forgalomfelvételek állhatnak rendelkezésre, amelyeknek alapvetően két fajtája van: a hálózat egyes elemein végzett keresztmetszeti forgalomszámlálás, valamint a kikérdezéses célforgalmi adatfelvétel. Míg előbbi kisebb emberi erőforrással elvégezhető, de akár könnyen gépesíthető, addig utóbbi elvégzéséhez jelentős emberi erőforrásra és utólagos feldolgozásra van szükség, és emellett mindig csak statisztikai mintát szolgáltat, mivel az erőforrások korlátozottsága miatt a teljes sokaság kikérdezése nem végezhető el.

A keresztmetszeti forgalmak ismerete elsősorban lokális tervezési feladatokhoz szolgáltathat bemenő adatot, azonban nem ad választ a valós közlekedési kereslet kérdéseire. Sem a gépjárművezetők útvonalválasztását, sem a hálózat tetszőleges pontjai között generáló-

dó utazási igényt nem képes megmutatni, így nem szolgáltathat elegendő adatot egy-egy, a hálózati struktúrát érintő fejlesztés számára sem, hiszen csak egy statikus helyzetképről van szó.

A közlekedés modellezésének célja a különböző rendelkezésre álló adatokból, törvényszerűségekből, valamint keresztmetszeti és kikérdezéses forgalomszámlálásból olyan mechanizmus előállítására, amely képes választ adni a közlekedési kereslettel kapcsolatosan minél több kérdésre, képes a megfigyelhető döntések és viselkedések leírására.

A közlekedési modellezés ilyen módon adatokat szolgáltat a tervezőasztalon létező kialakítású és kapacitású közlekedési hálózaton keletkező utazási igényekről és annak jellemzőiről. Ez a különböző változatok elemzéséhez, a legkedvezőbb (legtöbb társadalmi haszonnal járó) változat kiválasztására irányuló döntések meghozatalához elengedhetetlen [1].

A modellezésnek két lényeges eleme van: a felparaméterezett úthálózat és a célforgalmi mátrix. A modellezés során az úthálózat elemeit (csomópontok és a közöttük található útszakaszokat) irányított gráfként modellezzük le. Az úthálózati elemek azonban a gráfban elfoglalt helyzetükön túl számos egyéb tulajdonsággal

ruházhatók fel, minél pontosabban leképezve a valós viszonyokat (pl. sávok száma, megengedett sebesség, megengedett járműkategóriák, domborzati viszonyok, forgalomszabályozási viszonyok stb.). Az úthálózat előállítás és felparaméterezése – bizonyos elvonatkoztatásokkal – térképi adatbázisokból elvégezhető. A modellezés másik lényeges eleme a célforgalmi mátrix előállítása, amelynek egyes elemei a hálózat bizonyos (de nem feltétlenül az összes) körzetei közötti utazási igényeket reprezentálják. A célforgalmi mátrix előállítása során számos társadalmi-gazdasági adat felvétele mellett a célforgalmi adatfelvétel is szerephez jut.

A modellezést általánosságban a klasszikus négylépcsős modell segítségével valósítják meg [2]:

1. forgalomkeltés,
2. forgalom szétosztás,
3. közlekedési mód választási modell alkalmazása,
4. forgalom ráterhelése a hálózatra.

A modellezés módszeréből kifolyólag azt nagyobb hálózat esetén kézi módszerekkel szinte lehetetlen elvégezni, így számos szoftveres megoldás látott napvilágot, amely képes elvégezni a számítási feladatokat. Ezen szoftverek azonban valóban főként a tömeges számítási feladatok terhét veszik le a használoról, a szoftver adatbázisának feltöltése, az úthálózat létrehozása és paraméterezése, valamint a forgalmi igények megadása a használó feladata. A modell paraméterezése jelentősen befolyásolja a végeredményt, ugyanazon alapadatokból más paraméterezéssel akár teljesen más végeredmény is születhet [3].

## 2. HAZAI MODELLEZÉSI GYAKORLAT

Hazánkban a közlekedési modellezés már nagy múltra tekint vissza. A közúti forgalom figyelemmel kísérését (a keresztmetszeti forgalomszámlálás végrehajtását) a hazai közúti adminisztráció minden évben számos keresztmetszetben – gördülő rendszerben – elvégzi és publikálja. A modellezéshez elengedhetetlen célforgalmi mátrixok aktualizálását állami megbízás keretében az '50-es évek óta átlagosan tíz évente végzik el. Legutóbb a Közle-

kedéstudományi Intézet Nonprofit Zrt. 2008. évben készítette el az „Országos Célforgalmi Adatfelvétel lebonyolítása, a célforgalmi mátrix létrehozása” c. kutatási munkát, amelynek fő eredménye a 2008. évre vonatkozó célforgalmi (honnan-hová) mátrix (továbbiakban OCF).

A hálózati modellezés végeredménye megmutatja, hogy egy-egy fejlesztési projekt milyen módon rendezi át a keresztmetszeti forgalmakat, valamint a hálózaton létrejövő összes utazási idő és üzemeltetési költség milyen irányban és milyen mértékben változik [4]. Éppen ezért számos olyan, a hazai közúti adminisztráció és a minisztérium szintjén készülő stratégia, valamint a ma már a fejlesztések tervezésekor kötelezően elkészítendő megvalósíthatósági tanulmányok változatelemzéseinek készítése során alkalmazzák a közlekedési modellezés során nyert adatokat. Ezek az adatok fontos inputként szolgálnak a költség-hason elemzés (CBA) számára.

A közlekedési modellezés végrehajtásában jelentős szerephez jutnak és nagy segítséget nyújtanak azok a makromodellezésre (a közlekedési hálózat stratégiai megfontolások alapján történő fejlesztéséhez, az országos vagy regionális szintű vizsgálatra) alkalmas szoftverek, amelyek a tömeges számítási feladatokat elvégzik. Ezek felparaméterezése, az úthálózat létrehozása, valamint az alapadatok, előrejelzések összegyűjtése és a modellbe történő beépítése azonban nagy munkát kíván, amit csak tapasztalt modellezési szakemberek végezhetnek el.

## 3. NYÍLT HOZZÁFÉRÉSŰ KONCEPCIÓ

A 2. fejezetben vázoltak szerint a közlekedési hálózattervezés során mind egy-egy projekt különböző változatainak elemzése, mind pedig több projekt hasznosság szerinti sorba állítása során szükséges a közlekedési modellezés elvégzése. Jelen koncepció egyik célja e közlekedési modellezés minden lehetséges alapadatának és a modellezés módszerének nyílt hozzáférésűvé tétele. Ez a koncepció tehát többet ad, mint a piacon kapható makromodellező szoftverek, hiszen nemcsak a modellezés tö-

meges számítási igényének képes megfelelni, hanem bizonyos bemenő adatokat is tartalmaz, úgymint úthálózati modellt és társadalomgazdasági előrejelzéseket.

Természetesen a koncepció része a felhasználói szabadság, vagyis a megfelelő paraméterek változtathatósága is. De a cél mégis az, hogy ne kelljen a teljes modellt felparaméterezni a már ismert statikus adatokkal, hanem a paraméterek azon kicsiny halmazát kelljen csak változtatni, amelyre az adott projekt elemzése során ténylegesen szükség van.

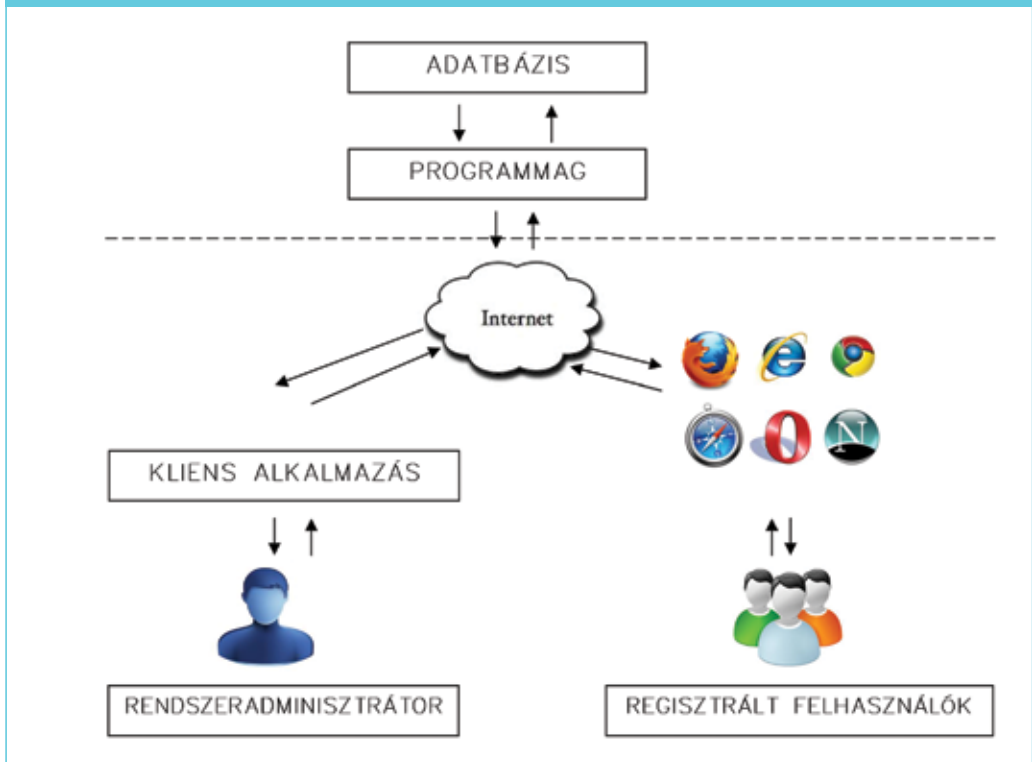
A rendszer alap gondolata, hogy az adatbázis és a program egy szervergépen fut, amely kapcsolódik az internethez. A rendszer működése nagy vonalakban az alábbi: a hozzáférést kapott (regisztrált) felhasználók projekteket definiálhatnak, amelyekben az alap felparaméterezett úthálózatot új elemekkel

vagy új tulajdonságokkal megváltoztathatják, valamint saját forgalomkeltési adatbázist hozhatnak létre a beépített modulok segítségével (akár a jelenlegi állapot leképezése, akár távlati előrebecslés lehetséges). A felparaméterezett úthálózaton a program a „klasszikus” négylépcsős modell segítségével algoritmusokat futtat, majd az eredményeket (akár térkép, akár lista formátumban) közli (1. ábra).

## 4. AZ UTAZÁSI KERESLET TÁRSADALOMGAZDASÁGI FOLYAMATOKON ALAPULÓ MEGKÖZELÍTÉSE

A kifejlesztett modellben az utazási kereslet és a kínálat megközelítése egyre inkább a már meglévő, a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) által folyamatosan felvett és mért adatokra támaszkodik. A kutatás egyik elméleti célja volt a szóban forgó, releváns KSH adatok

1. ábra: A rendszer felépítése



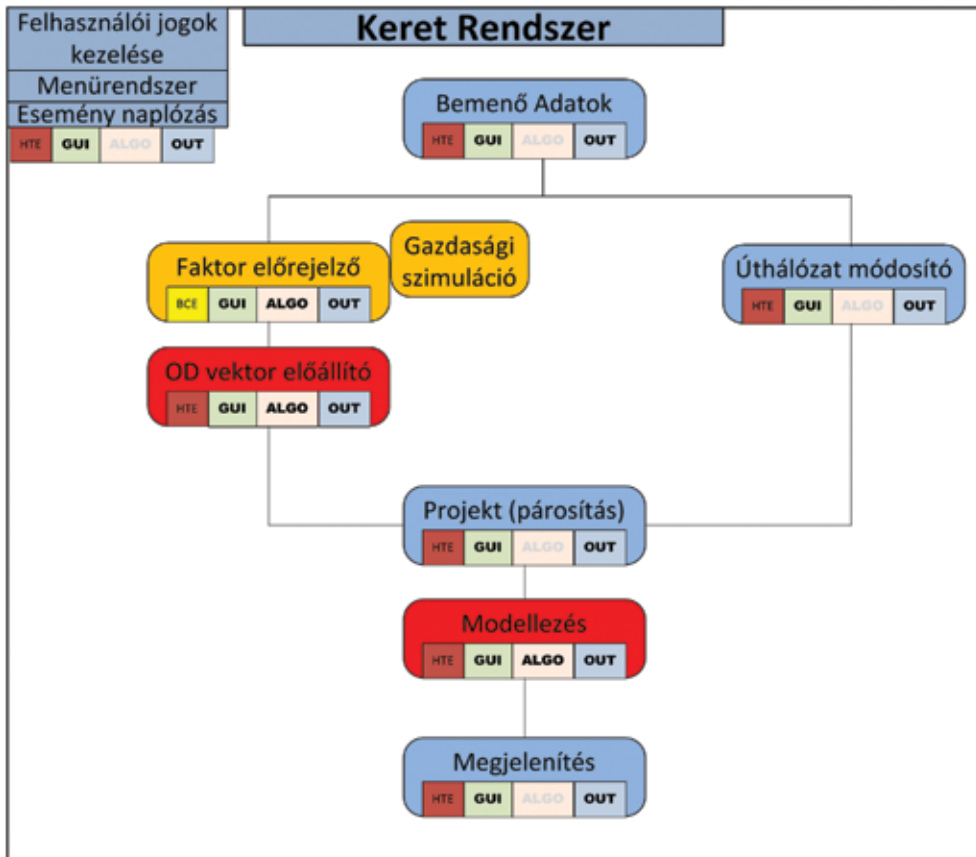
és a valós utazási kereslet közötti összefüggés feltérképezése. Számos olyan adat áll rendelkezésre, amely kapcsolatban lehet forgalmeltelési értékekkel. E modell elméleti kimunkálására az utazáskeltés és az utazásvonzás összesen 21 utazási ok (motiváció) alapján került alábontásra, amelyek mindegyikéhez meg kellett határozni azokat a képleteket, amelyek kapcsolatot teremtenek a KSH adatok és az utazáskeltés, utazásvonzás között. Az utazási okokra történő felosztásnak az a magyarázata, hogy minden utazási okot más, a településre jellemző statisztikai adat mozgat, magyaráz.

Ezen adatok általában az Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs

Rendszer (TEIR) ún. településsoros adatai, nevezetesen minden településhez egy-egy adat tartozik. A modell elkészítése során azonban összesített adatokat is figyelembe kellett venni, amelyeket a településekre kellett diszaggregálni, így sok esetben a TEIR adatok csak a súlyszámot jelentették. A modell az adatok diszaggregációja során településkategóriákat is figyelembe vesz.

A jövőbeni adatok előrejelezhetősége érdekében ún. makrogazdasági előrejelző modell készült. Ez a makromodell azokat a legfőbb társadalmi-gazdasági paramétereket jelzi előre (pl. lakosság változása, bruttó hazai termék változása), amelyek hatással lehetnek azokra a

2. ábra: A rendszer moduljai



településsoros adatokra, amelyekből az utazáskeletkezési számok készülnek. Ezzel a lépéssel a modell tehát háromszintűvé válik:

makromodell → településsoros adatok → utazáskeletkezési és -vonzási számok

A modell részeként a makromodell által szolgáltatott alapadatokból, valamint az abból számított települési adatokból létrejön minden településre, minden utazási motivációra egy utazáskeletkezési és utazásvonzási szám, amely reprezentálja a település kibocsátásának és vonzásának nagyságát.

## 5. GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁS

A koncepció szerinti szoftver fejlesztése során a moduláris felépítést alkalmaztuk. A modulok között a 3. fejezetben részletezett adatbázis jelent kapcsolatot. A modulok futása során az adatbázisból vesznek ki adatokat és oda is teszik azokat vissza. Az adatbázisban minden adatot tárolnak. A felhasználó számára azokat a „Megjelenítés” c. modul adja át, a kért (grafikus vagy listás) formában (2. ábra).

A modulok mind egy-egy jól körülhatárolható feladatot végeznek el, amelyek végeredményét az adatbázisba töltik fel. A modulokat az előzőekben ismertetett elméleti modell alapján határozták meg. A modulok feladatai:

**Keretrendszer:** összefogja a teljes modellező szoftvert, a felhasználók be- és kijelentkeztesére, a felhasználói jogok kontrollálására, és egyéb, főként számítástechnikai jellegű tevékenységekre képes.

**Bemenő adatok feltöltése:** az előbbi pontokban láthatóan a modellezéshez elengedhetetlenek a KSH, TEIR megfelelő adatai, amelyeket a kifejlesztett elméleti modell a számításai során bemenő adatként használ. Emellett az úthálózat grafikus adatai és mögöttes tulajdonságai is lényegesek a modell számára. A modul a fenti adatokat képes átvenni és betölteni a külső rendszerekből.

**Társadalomgazdasági szimuláció:** a jövőbeli forgalmi előrejelzésekhez szükség van az előzőekben leírtaknak megfelelően a makrogazdasá-

gi és demográfiai jellemzők előrejelzésére. Itt a leglényegesebb társadalmi-gazdasági mutatók időbeli változásának lekérésére és esetleges változtatására van mód. A program felkínál beépített idősoros adatokat is, azonban a felhasználó saját igényei szerint változtathatja ezeket.

**Faktor előrejelző:** a társadalomgazdasági szimuláció eredményéből a modell előállítja a jövőben várható településsoros adatokat. Ezek az adatok ugyanis csak a jelenre vagy leginkább a közelmúltra léteznek, a jövőre vonatkozóan azokat elő kell állítani. Az előállítás elsősorban az előző pontokban leírt diszaggregációval történik, a települések megfelelő súlyozásával. Az is lehetséges azonban, hogy – igény szerint – egy-egy település saját adatait megváltoztassuk, amennyiben tudható, hogy a jövőben pontoszerűen valamilyen olyan mértékű változás áll be a település életében, amely jelentősen megváltoztatja a forgalomvonzási vagy a forgalomkeltési adatokat (pl. új gyár építése).

**OD vektor előállító:** ahogyan az előzőekben arról már szó volt, a településsoros adatok és a forgalomkeltés/vonzás közötti viszonyt a modellezés során kidolgozták. Az előző két modul által előállított településsoros és egyéb bemenő adatokból megfelelő képletek, egyenletek segítségével előállítható a településekre vonatkozó forgalomkeltés (Origin=O), valamint a forgalomvonzás (Desination=D) érték. Ez a településsoros adat ezért nevezhető röviden „OD vektor”-nak. A modellünk alapján azonban tulajdonképpen több OD vektort állítottuk elő, az utazási okoknak (utazási motivációknak) megfelelően. A forgalom szétszétvási a gravitációs modell alapján történik, de az utazási motivációknak megfelelő paraméterezészel.

**Úthálózat módosító:** a modellbe feltöltésre kerülhet az a térinformatikai adatbázis, amely tartalmazza a hazai országos kezelésű közúthálózatot, mint a modellezés alapját. A modellezés azonban csak akkor éri el a célját, ha az úthálózati elemek változtatása (bővítés, lezárás, stb.) is vizsgálható, ezt a célt szolgálja ez a modul. Segítségével új útszakasszal bővíthető a hálózat, amelynek paramétereit is meg lehet adni.

**Projekt (párosítás):** a forgalmi modellezés során a korábbi pontokban leírtaknak megfelelően az előállított forgalomkeltési és -vonzási adatokból („OD-vektor”) honnan-hová mátrix számítható, majd a közúthálózatra ráterhelve kaphatjuk meg a keresztmetszeti forgalmi adatokat. Ez a két lépés sokféle OD-vektor és úthálózat párosra elvégezhető, az időtávnak és az úthálózaton bekövetkező módosításoknak (nyomvonalváltozatoknak) megfelelően. Egy projekt többféle kombinációban tartalmazhatja a felhasználó által létrehozott OD vektorok és a létrehozott módosított úthálózatok párjait, ráterhelés előkészítése végett, amelyeket ebben a modulban adhatunk meg.

**Modellezés:** a modellezés az előző, „Projekt” modulban párosított bemenő adatokon elvégzi a „klasszikus” négylépcsős forgalmi modell két utolsó lépését, nevezetesen a forgalom megosztását és a forgalom ráterhelését.

**Megjelenítés:** a modellezett adatok megjelenítése térképi és/vagy táblázatos formában.

## 6. ELŐNYÖK, HÁTRÁNYOK

A modellezés ilyen módon való megközelítésének kétségtelen előnye, hogy elérhetővé teszi, közelebb viszi a forgalmi modellezést olyan tervezők, szakemberek számára is, akik nem kizárólag ezzel a szakterülettel foglalkoznak. Ma egy forgalmi modell felépítése, az úthálózat konvertálása, a települések bekötése, a településsoros adatok elérése, valamint egyéb, a forgalomkeltést és -vonzást befolyásoló tényezők összegyűjtése is nagy munkát feltételez a néhány, az országban ezen a szakterületen tevékenykedő cég részéről. Emellett a modellező szoftverek hozzáférhetősége annak nagy költsége miatt nehézkes. Csak akkor éri meg beruházni, ha kellő számú modellezési feladat várható.

A nyílt hozzáférésű modell előnyei között sorolható fel, hogy egységes alapokon nyugszik, tehát a különböző országrészekben található, különböző volumenű fejlesztések forgalmi hatásai egységes alapokon összehasonlíthatók. Jelen modell további előnye, hogy a modellezés elméleti fejlődése folyamatosan beépíthető. A

koncepció elrejt egy interfész mögé a modellt, így eltávolítja az újdonságok alkalmazásának legfőbb gyakorlati akadályát. A forgalmi előrejelzésekkel foglalkozó cégeknek nem kell új modelleket építeniük, új szoftvereket vásárolniuk, nem kell jelentős erőforrást fordítani a szakembereik továbbképzésére.

A modellnek egyben hátránya is, hogy nagyon leegyszerűsíti a hozzáférést a forgalmi előrejelzésekhez. A bemenő adatok megadása és az eredmények értelmezése még a legegyszerűbb esetben is szaktudást igényel.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elméleti és gyakorlati kutatások során olyan forgalom-előrejelző modellezési koncepció született, amely az utazási motivációk alapján képes – elsősorban a rendelkezésre álló KSH adatok és társadalmi-gazdasági, makroszintű előrejelzések alapján – a forgalomkeletkezési és -vonzási igények előrejelzésére. A módszer során előállított forgalmi igények az OD mátrix szintjéig utazási motiváció szerint különválasztva maradnak, csak a forgalom ráterhelése során kerülnek aggregálásra. A kifejlesztett keretrendszert számos, előre ismert adattal biztosít fel, így az egyszerűsített hozzáférést bősztosítja a forgalmi modellezés módszeréhez.

Bár ez a modell sok elemét tartalmazza az integrált területhasználati és közlekedési modelleknek, valamint az aktivitás alapú modelleknek, még számos fejlődési lehetőség van ezekben az irányokban.

A modell jelenleg évi átlagos napi forgalmat (ÉÁNF) jelez előre. További fejlesztési irány lehet az igények változásának dinamikus lekövetése, azaz a napon belüli időszakok várható forgalmának előrejelzése.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Hatzopoulou, M., Miller, J., (2009) Transport policy evaluation in metropolitan areas: The role of modelling in decision-making. Transportation Research Part A 43 (2009) pp. 323-338.

- DOI:10.1016/j.tra.2008.11.001 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856408002048>
- [2] Ortúzar, J. d D., Willumsen, L. G., (2011) Modelling Transport. 4th edition, John Wiley & Sons, pp. 1-3.
- [3] TRB (Transportation Research Board), 2007. Metropolitan Travel Forecasting: Current Practice and Future Direction. Committee for Determination of the State of the Practice in Metropolitan Area Travel Forecasting, Transportation Research Board Special Report 288, TRB, National Research Council, Washington DC., pp. 7-8, pp.63
- [4] Shepherd, S.P., Timms, P.M., May, A.D., (2006) Modelling requirements for local transport plans: an assessment of English experience. Transport Policy 13, pp. 307–317. DOI:10.1016/j.tranpol.2005.12.002 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X05001617>



## E-Traffic – an open- access traffic model

Due to significant increase of computing capacity, traffic forecast modeling became an essential tool of decision makers creating transportation development plans. However, implementation of modeling techniques involves numerous subtleties: on one hand a large amount of data has to be collected, on the other hand specific software is needed to employ modeling methods, both factors contributing to the increase of overall expenses. The new approach presented in this paper uses already existing basic data – continually collected by the Hungarian Central Statistical Office (KSH) – to determine traffic demand. This approach separates model building and forecasting processes, provides the users with open-access to the built-in models and forecasts of the system. and offers a highly autonomous framework for the implementation of traffic modeling algorithms – regarding the Hungarian road network. The software operates through a web interface, containing multiple separate calculation modules – which can be used effectively to solve necessary modeling tasks – and a database. A board of engineers is responsible for the default settings including basic network and algorithm parameterization, along with input data preparation, however users can make changes according to the requirements of the task at hand.



## Ein Open- Access Verkehrsmodell

Aufgrund einer erheblichen Erhöhung der Rechenkapazität, wurde die Modellierung der Verkehrsprognosen zum wichtigen Instrument für die Entscheidungsträger bei der Schaffung von Entwicklungsplänen im Verkehrswesen. Jedoch beinhaltet die Umsetzung von Modellierungstechniken zahlreiche Feinheiten: einerseits es muss eine große Menge an Daten gesammelt werden, andererseits es ist eine spezifische Software erforderlich für die Einsetzung von Modellierungsmethoden, und beide Faktoren tragen zur Erhöhung der Gesamtkosten bei. Der neue Ansatz in diesem Artikel verwendet bereits bestehende Grunddaten - durchgehend gesammelt durch das ungarische Zentralamt für Statistik (KSH) - für die Bestimmung der Verkehrsnachfrage. Dieser Ansatz trennt Modellbildung und Prognoseprozesse, bietet den Nutzern einen offenen Zugang zu den eingebauten Modellen und Prognosen des Systems und bietet einen Rahmen mit einem hohen Maß an Autonomie für die Durchführung von Verkehrsmodellierungsalgorithmen - in Bezug auf das ungarische Straßennetz. Die Software arbeitet über ein Web-Interface, enthält separate Berechnungsmodule - die auf effektive Weise zur Lösung der notwendigen Modellierungsaufgaben eingesetzt werden können – sowie eine Datenbank. Eine Gruppe von Ingenieuren ist verantwortlich für die Standardeinstellungen einschließlich des Basis-Netzwerks und für die Algorithmus Parametrierung samt Eingangsdatenaufbereitung, der Anwender kann jedoch Änderungen entsprechend den Anforderungen der aktuellen Aufgabe vornehmen.