

Realisztikus forgalomszimuláció GPS flottakövetési adatok alapján

Horváth Márton Tamás, Tettamanti Tamás, Varga István

BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Összefoglalás: Cikkünkben egy, a városi forgalom GPS-es flotta-sebességadatok alapján történő szimulációjára kidolgozott modellt és annak felállítási folyamatát mutatjuk be. Célunk annak a problémának a feloldása volt, hogy a flotta-sebességadatokból önmagában nem meghatározható forgalomnagyság-értékek a modell alkalmazásával becsülhetők, előállíthatók legyenek.

1. BEVEZETŐ

Ma már a korszerű közlekedésmérnöki tevékenység alapvető része a forgalomszimulációs programok alkalmazása. Segítségükkel könnyen analizálhatóak a modellezett területen tervezett különféle beavatkozások hatásai. Gyorsabban, biztonságosabbak és olcsóbbak, mint a gyakorlati megvalósítás és tesztelés lenne.

Alapvetően makro- és mikroszkopikus forgalomszimulátorokat különböztethetünk meg. Az előbbivel a forgalom egészének vizsgálatát lehet elvégezni, akár egy egész országra is, utóbbi pedig a forgalom dinamikájának részletes szimulációjára alkalmas, az előbbihez képest jóval kisebb léptékben. Jellemzően néhány összefüggő csomópontra, legfeljebb kisebb város- vagy kerület-részek vizsgálatára alkalmazzák.

Cikkünkben mikroszkopikus forgalomszimulációs szoftveren keresztül GPS flottakövetési adatok alapján megvalósítható realisztikus forgalomszimulációt mutatunk be, illetve az arra kidolgozott modellt és annak felállítási folyamatát ismertetjük.

A modell alkalmazásával egy, a GPS flottaadatok felhasználhatóságával kapcsolatos nehézségre kívánunk esetleges megoldási utat keresni. Az alapprobléma az, hogy a városokban önmagukban a GPS-es flotta-sebességadatok alapján nem lehet egyértelműen megadni az utakon aktuális forgalomnagyság-adatokat, hiszen egy sebességhez többféle forgalomnagyság tartozhat.

Korridor úthálózatra dolgoztuk ki a modellt, amely a mikroszkopikus forgalomszimulációs szoftverből beérkező, valós flottaadatokat imitáló sebességadatok alapján képes az egyes útszakaszokon a forgalomnagyság minimális késéssel történő becsülésére.

A GPS flottamenedzsment a különböző flottakezelő cégeknél egyre jobban elterjedt, a járművek valós idejű monitorozását lehetővé tevő eljárás. Egy fedélzeti egység valós időben szolgáltat adatokat a jármű aktuális sebességéről, pozíciójáról, illetve egyéb, az üzemeltető számára fontos jellemzőkről, például a fogyasztásról, de a sofőrrel való kapcsolattartásra is lehetőséget ad.

A flottamenedzsment-rendszereknek számos különböző felhasználói köre van, mind a privát, mind az állami szférában. A magáncégek közül városokban jellemzően a kisáru-szállítóknál és a taxiknál találkozhatunk ezekkel a rendszerekkel. Utóbbiak adatai azonban nem használhatók fel, amennyiben azok torlódott forgalom esetén buszsávban haladó járművekről érkeznek. Hasonló probléma lép fel a közösségi közlekedés járműveinél is.

A közösségi közlekedés esetében hazai példákkal is találkozhatunk. Ilyen többek között a Budapesten épp aktuális FUTÁR-projekt. A külföldi alkalmazások közül érdemes megemlíteni a Londonban működő rendszert, ahol magánfelhasználók is követhetik a különböző járművekről beérkező adatokat [6].

Magánfelhasználók valós idejű forgalmi sebességadatokhoz juthatnak a GoogleTraffic alkalmazáson keresztül is. Itt az adatok forrása részben flottaadat, részben pedig a magánemberek okostelefonjai által szolgáltatott anonim sebességadatok. Az alkalmazás egy térképre kirajzolva nem pontos sebességeket, hanem szóvegesen kifejezett sebességi kategóriákat ad meg az egyes útszakaszokra vonatkozóan.

További újszerű technológia az utazó mobiltelefonok anonim módon való megfigyelése a telefonoperátor oldaláról. Ha egy mobiltelefon mozog, akkor különböző típusú jelzéseket generál. Ezek az események akár helyfüggő szolgál-

tatások kiszolgáló adataiként is szolgálhatnak [2]. Így természetesen sebességbecslés is megvalósítható pusztán a rádiótelefon-hálózati adatok felhasználásával (GPS adatok nélkül) [3].

Egy másik, hasonlóképpen rádiófrekvenciás technológia a – pár városban már üzemelő – Bluetooth alapú érzékelés [4]. A rendszer az úton elhaladó járművekben található vezeték nélküli eszközök (mobiltelefon vagy kihangosító) egyedi azonosítói alapján képes megbecsülni a forgalom paramétereit (OD mátrix, sebesség).

Látható, hogy egyre több hatékony alternatíva áll rendelkezésre a forgalmi sebességek valós idejű monitorozására. Ugyanakkor csupán a mért sebességértékekből nem lehet egyértelműen következtetni az úton áthaladó forgalom nagyságra. Bár számos publikáció foglalkozik a mikroszkopikus szimulátorok behangolásával, validálásával [1][5][7], a flottaadatok alapján történő szimulációs megvalósításra nincs kidolgozott módszer.

A kutatás során olyan forgalomnagyság-becslő modellt kívántunk kidolgozni, mely az előbbieken ismertett források útszakaszokra vonatkoztatott átlagsebességadatait képes bemenő paraméterként alkalmazni.

2. A FORGALOMNAGYSÁG-BECSLŐ MODELL

Célunk egy olyan, korridorhálózatokra alkalmazható modell megalkotása volt, amely kizárólag az egyes járművekből származó (flotta) sebességadatok alapján képes arra, hogy meghatározza a vizsgált hálózat belépési pontjainak forgalomnagyság-értékeit.

A modell a vizsgált hálózat szakaszain adott – esetünkben ötperces – periódusonként végzett mérések alapján képes az aktuális és a megelőző periódus sebességi állapotai ismeretében a megelőző periódus forgalomnagyság-értékeinek becslésére. A forgalomnagyság-becslés során a beérkező pontos sebességértékek helyett sebességi kategóriákat alkalmaztunk az alábbiak szerint:

1. táblázat: A sebességi kategóriák

Kategória c	Sebességekategóriák (km/h)
1	$40 < v \leq 50$
2	$25 < v \leq 40$
3	$8 < v \leq 25$
4	$0 < v \leq 8$

Látható, hogy az 1-es a legkedvezőbb helyzet, ekkor zavartalan az áramlás, a 2-es és 3-as egyre gyengülő köztes állapotokat jelöl, míg a 4-es esetben a forgalom már erősen torlódott.

2.1 A modell felépítése

A modell azon a feltevésen alapul, hogy a korridoron belül egy adott, i -edik útszakasz átlagsebességét az adott t -edik időintervallumban négy tényező határozza meg. Ezek az $(i-1)$ -edik, az i -edik és az $(i+1)$ -edik szakaszon a $(t-1)$ -edik időintervallumban kialakult átlagsebességek, valamint az i -edik szakasz belépő pontjában a $(t-1)$ -edik időintervallumban kialakult forgalomnagyság. Nyilvánvalóan kivételt képez az első és az utolsó szakasz. Az első esetében a megelőző, míg az utóbbinál a követő szakasz hatását nem lehet figyelembe venni. Megjegyezzük, hogy a mérések során, a pontos átlagsebesség-értékek helyett az 1. táblázatban meghatározott kategóriakódokkal dolgoztunk.

A modell felállításánál két megkötéssel éltünk: egyrészt a szakaszokon ki- és belépő forgalmat csak azok kezdő- és végpontjában engedélyeztünk, másrészt a modellezett csomópontokban a fordulási rátákat időben állandónak vettük.

A forgalomnagyság-modell három fő elemből áll:

- az egyes szakaszok aktuális periódusbeli sebességi állapotát megadó c sebességkategória-vektorból,
- a szakaszok megelőző periódusbeli forgalomnagyság- és sebességadatait tartalmazó \mathcal{A} állapotmátrixból, és
- az állapotmátrix elemeinek súlyozására alkalmazott x paramétervektorból.

Az egyes szakaszok vonatkozó periódusbeli sebességállapotát leíró c kategóriavektor szerkezete (n db vizsgált szakasz esetén):

$$c(t) = \begin{bmatrix} c_1^t \\ c_2^t \\ \vdots \\ c_n^t \end{bmatrix}, \quad (1)$$

ahol c_i^t az i -edik szakaszon a t -edik időintervallumra vonatkozó átlagsebességhez az 1. táblázat alapján hozzárendelt kategóriaérték. A c vektor meghatározásához vezetjük be a szintén minden mérési periódus során változó \mathcal{A} állapotmátrixot és a mindvégig állandó x paramétervektort, melyek szerkezete a következő:

$$\mathcal{A}(t)= \begin{bmatrix} c_1^t & q_1^t & c_2^t & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_1^t & 0 & c_2^t & q_2^t & c_3^t & 0 & & \\ 0 & 0 & c_2^t & 0 & c_3^t & q_3^t & & \\ \vdots & & & & c_3^t & 0 & & \\ & & & & & & \ddots & \\ & & & & c_i^t & 0 & & \\ & & & & c_i^t & q_i^t & & \vdots \\ & & & & c_i^t & 0 & & \\ & & & & & & \ddots & \\ & & & & & & & 0 & 0 \\ 0 & & \dots & & & & & c_n^t & 0 \\ & & & & & & & c_n^t & q_n^t \end{bmatrix} \quad (2)$$

ahol q_i^t az i -edik szakasz belépő pontjában mért forgalomnagyság a t -edik időintervallumban, illetve c_i^t az i -edik szakaszon a t -edik időintervallumban mért átlagsebességhez az 1. táblázat alapján hozzárendelt kategóriakód. Látható, hogy az \mathcal{A} mátrix adott sora az x paramétervektorral szorozva az azonos sorszámú szakasz következő periódusbeli sebességi állapotát adja meg. Az \mathcal{A} mátrix elemeinek értékei minden mérési periódus után megváltoznak.

A paramétervektor felépítése (n db vizsgált szakasz esetén):

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{2n} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

ahol a vektor elemei súlyozótényezők, melyeket nekünk kell meghatározni. Ezen elemek fizikai tartalma kétféle lehet: amennyiben valamilyen q_i -t súlyoznak, $\text{kor}[\frac{\text{kategóriakód}}{\text{jármű}}]$, míg a többi esetben egy egyszerű arányszámról beszélünk. A paramétervektor n db vizsgált szakasz esetén $2n$ elemből áll, mivel minden szakaszhoz két adat tartozik: egy sebességi kód és egy forgalomnagyságérték. Mivel az állapotmátrix oszlopai elvben tetszőlegesen felcserélhetők, így a paramétervektor egyes elemeinek dimenziói és értékei ennek függvényében változnak. A cikk további részében az \mathcal{A} mátrix alatt a már ismertetett mátrixot tekintjük. Az x vektor elemei mindvégig állandóak lesznek, miután meghatároztuk őket.

Ilyen módon létrehozható a forgalomnagyság-modell, mellyel az i -edik (nem az első és nem az utolsó) szakasz t -edik időintervallumbeli sebességi kategóriája az alábbi módon áll elő:

$$c_i^t = c_{i-1}^{t-1}x_{2i-3} + c_i^{t-1}x_{2i-1} + q_i^{t-1}x_{2i} + c_{i+1}^{t-1}x_{2i+1}, \quad (4)$$

ahol c_i^t az i -edik szakaszon a t -edik időintervallumban mért átlagsebesség alapján megadott sebességi kategória, c_i^{t-1}

az i -edik szakasz ($t-1$ -edik időintervallumbeli sebességi kategóriája, q_i^{t-1} az i -edik szakaszon a ($t-1$ -edik időintervallumban mért forgalomnagyság, x_i pedig a paramétervektorban található i -edik súlyozótényező.

A (4)-et minden szakaszra vonatkozóan felírva egy lineáris egyenlőségrendszer adódik, mely megmutatja, hogy a t -edik mérési periódusban a hálózat egyes szakaszain milyen módon áll elő az aktuális átlagsebességi kategória:

$$\mathcal{A}(t-1)x = c(t) \quad (5)$$

A végső soron alkalmazandó modellben a cél az $\mathcal{A}(t-1)$ mátrix q_i^{t-1} értékeinek meghatározása számítással. Ehhez egyrészt az $\mathcal{A}(t-1)$ mátrix c_i^{t-1} elemeit, valamint a $c(t)$ vektor c_i^t elemeit a hálózaton történő mérések útján határozzuk meg a beérkező flotta-sebességadatokat modellezve. Másrészt mindehhez szükséges, hogy az x elemei ismertek legyenek.

Az x elemeinek meghatározásához nagyszámú szimuláció futtatása szükséges (ennek módját a következő fejezet mutatja be), melyekkel a közlekedési hálózat működését ismerjük meg. Az x vektor akkor adható meg, ha \mathcal{A} és c ismert. Mivel x egyelőre nem ismert, ezért ezen szimulációk során az \mathcal{A} mátrix q_i értékeit még nem számítjuk (mint ahogy azt a kész modellben majd tenni fogjuk), hanem magunk adjuk meg, ezek lesznek a szimuláció bemenő paraméterei. A hálózat minden belépési pontján a q_i értékeket meghatározott időközönként változtatjuk, ezáltal sok, változatos forgalmi szituációt hozunk létre.

A futások során minden mérési periódusban megmérjük az egyes szakaszokon kialakuló átlagsebességet, majd ez alapján meghatározzuk a c_i sebességi kategóriakódokat.

Mivel (5) egyetlen periódusra adja meg a sebességi állapotok előállításának folyamatát, ezért a több mérési periódusra vonatkozó leíráshoz egy hipermátrixot (\mathbf{A}) és egy hipervektort (\mathbf{c}) hozunk létre az alábbi módon:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathcal{A}(t) \\ \mathcal{A}(t+1) \\ \vdots \\ \mathcal{A}(t+i) \\ \vdots \\ \mathcal{A}(t+N) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$\mathbf{c} = \begin{bmatrix} c(t+1) \\ c(t+2) \\ \vdots \\ c(t+i+1) \\ \vdots \\ c(t+N+1) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Így a szimulációs futtatások q_i bemenő paramétereit, valamint a minden periódusban mérés útján meghatározott c_i kategóriakódokat összegezve megkapjuk az \mathbf{A} hipermátrix és a \mathbf{c} hipervektor elemeit. Ezzel minden mérési periódusra együttesen írható le a sebességi állapotok előállításának folyamata a következőképpen:

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{c}. \quad (8)$$

A (8) egyenlőségrendszerben a szimulációs futtatások eredményeképpen \mathbf{A} és \mathbf{c} ismert, így \mathbf{x} meghatározható, a megoldást a legkisebb négyzetek módszerével keressük.

2.2 A lineáris egyenlőségrendszer megoldása a legkisebb négyzetek módszerével

A legkisebb négyzetek módszere szerinti megoldás cél-függvénye:

$$\min_x \frac{1}{2} \|\mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{c}\|_2^2. \quad (9)$$

Annak érdekében, hogy a megoldásként előálló \mathbf{x} értékei valós eredményt szolgáltatassanak, két korlátozást vezetünk be.

1. Az \mathbf{x} vektor azon elemei, melyek az \mathbf{A} hipermátrix valamely forgalomnagyság-értékét súlyozzák (tehát a páros sorszámú, vagyis x_{2i} elemek), csak pozitívak lehetnek.
2. A (4)-et átrendezve az első feltétel alkalmazása után (feltételezve, hogy egy forgalomnagyság-érték sosem lehet negatív):

$$\frac{c_i^t - c_{i-1}^{t-1}x_{2i-3} - c_{i-1}^{t-1}x_{2i-1} - c_{i+1}^{t-1}x_{2i+1}}{x_{2i}} = q_i^{t-1} \geq 0. \quad (10)$$

Az első és utolsó szakaszok esetében az $(i-1)$ -es, illetve az $(i+1)$ -es indexű tagok természetesen nem szerepelnek a képletben. Annak érdekében, hogy (10)-ben ne álljon elő a 0-val való osztás esete, az egyes q_i értékek minimumát 1 [jármű/periódus]-nak vesszük. A korlátozások bevezetésével egy mérési periódusra vonatkozóan az alábbi korlátozó mátrixot kapjuk:

$$\mathbf{B}(t) = \begin{bmatrix} c_1^t & 1 & c_2^t & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_1^t & 0 & c_2^t & 1 & c_3^t & 0 & & \\ 0 & 0 & c_2^t & 0 & c_3^t & 1 & & \\ \vdots & & & & c_3^t & 0 & & \\ & & & & & & \ddots & \\ & & & & & & & c_i^t & 0 \\ & & & & & & & c_i^t & 1 \\ & & & & & & & c_i^t & 0 \\ & & & & & & & & \ddots & \\ & & & & & & & & & 0 & 0 \\ 0 & & & & & & & & & c_h^t & 0 \\ & & & & & & & & & c_h^t & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

ahol c_i^t az i -edik szakaszon a t -edik időintervallumban mért átlagsebességhez az 1. táblázat alapján hozzárendelt kategóriakód. A \mathbf{B} -t több mérési periódusra alkalmazva az alábbi korlátozó hiper mátrixhoz jutunk:

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}(t) \\ \mathbf{B}(t+1) \\ \vdots \\ \mathbf{B}(t+i) \\ \vdots \\ \mathbf{B}(t+N) \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Ilyen módon a legkisebb négyzetek módszere az alábbi megszorítással alkalmazható:

$$\min_x \frac{1}{2} \|\mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{c}\|_2^2, \text{ amennyiben } \mathbf{B}\mathbf{x} \leq \mathbf{c} \quad (13)$$

Mіндеzek alapján \mathbf{x} meghatározható, ezzel a modellfelállítási szakasz véget ér. Ezután az alkalmazási szakasz következik. A tesztelesek során az (5)-ben felállított modell helyességének megállapítása a cél. Helyesnek bizonyuló modell esetén az \mathbf{x} vektor, illetve az aktuális, valamint a megelőző periódusban a hálózat szakaszainak átlagsebességéből számított kategóriakódok alapján egyetlen periódusnyi késéssel meghatározhatóak a hálózat bemeneti pontjain a forgalomnagyság-értékek.

3. SZIMULÁCIÓ, VALIDÁCIÓ

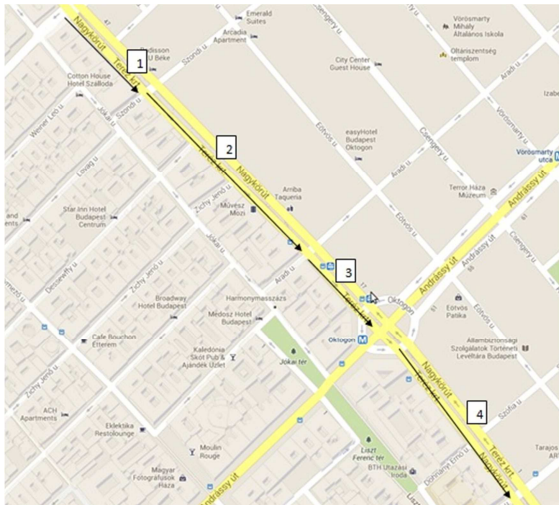
A bemutatott modell validálását valós helyszín forgalmi szimulációja alapján végeztük el, a szakaszok belépő pontjain a hálózatra bocsátott forgalom nagyságának diszkrét időközönként történő változtatásával.

3.1 A szimulációs környezet

A kísérleti megvalósítás a Vissim mikroszkopikus forgalomsimulációs szoftverrel történt [8], a modell alapjául budapesti Nagykörút Podmaniczky utca és Király utca közé eső részét vettük. Három jelzőlámpás csomópont

található a vizsgált útvonalon belül (illetve további kettő az útvonal két végpontjában), ami alapján azt négy szakaszra bontottuk fel (1. ábra). A szakaszok egy gráf irányított éleinek feleltethetők meg, haladás csak a Podmaniczky utca felől a Király utca irányába lehetséges.

Ahogy arról a modell bemutatásakor szó esett, a forgalom csak a szakaszok kezdő- és végpontjaiban léphet be, illetve ki a hálózatról, illetve, hogy az egyes csomópontokban a fordulási ráták állandóak. Az ilyen módon kialakult öt csomópontból az elsőben a forgalom csak beléphet, az utolsóban csak kiléphet, míg a másik háromban be- és kilépés is lehetséges.



1. ábra: A vizsgált útszakasz

3.2 A szimulációk futtatása

A szimulációk futtatása két részletben történt. Az első mérősorozat célja a modell megismerése, vagyis az x vektor meghatározása, míg a következő a validáció.

Ahogy az már ismert, a modellben összesen háromféle paraméter szerepel: sebességi kategóriák, forgalomnagyság-értékek, valamint az x értékei. Az alkalmazandó kész modellben ismert sebességi kategóriák és x_i értékek alapján lesznek meghatározva az ismeretlen q_i forgalomnagyság-értékek. Azonban az első mérősorozat előtt az x vektor még ismeretlen, ezért ekkor a q_i értékeket mi magunk töltjük be a szimulációba, mint bemenő paramétereket, ekkor ezeket a modell számára ismertnek vesszük.

A modellezett hálózatba négy helyen lehetséges a forgalom belépése. Mind a 4 helyen 6-6 különböző forgalomnagyság-értéket alkalmaztunk, így összesen $6^4 = 1296$ db, egyenként egyórás futtatást végeztünk. Az egyes szakaszok aktuális sebességi állapotát ötpercenként kérdeztük le, ami alapján meghatároztuk a sebességi kategóriakódo-

kat. Ezzel az 1296 szimuláció minden egyes mérési periódusára meghatározható egy-egy \mathcal{A} mátrix és c vektor. Ezek alapján létrehozuk az összes szimuláció eredményeit együttesen tartalmazó \mathbf{A} hiper-mátrixot és c hipervektort. Ezek után a legkisebb négyzetek módszerével (13)-at alkalmazva megkapjuk a keresett x vektort. Ezzel az első mérősorozat véget ér, a modell ismert.

3.3 Validáció

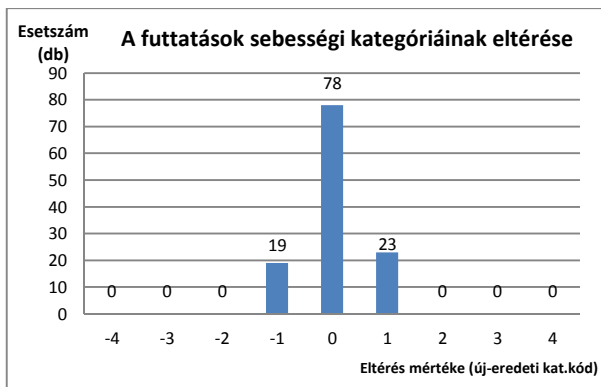
A validáció során az első, a modell megismerésére szolgáló mérősorozat három tetszőleges, összefüggő részét kiemeljük, melyek közül az egyikben kis, a másikban közepes, a harmadikban pedig nagy forgalomnagyságok voltak a hálózatra bocsátva. Az egyes szakaszokon az első mérősorozat során kialakult sebességkategória-kódokat visszaváltjuk a validációs futtatásokhoz.

A visszatöltött kategóriakódokat felhasználva a validációs szimulációsorozat minden mérési periódusában minden szakaszra (4)-et alkalmazzuk, majd ez alapján meghatározzuk az egyes szakaszok bemenetére az egyes periódusokban bocsátandó forgalomnagyság-értékeket, így futtatjuk le a szimulációt. Ezek után periódusonként minden szakaszra lekérdezzük a kialakuló átlagsebesség-értékeket, majd azokat besoroljuk az 1. táblázat szerinti sebességi kategóriákba.

Utolsó lépésként összehasonlítjuk a validációs futássorozat során kialakuló sebességkategória-kódokat az eredeti futássorozat megfelelő értékeivel. Cél, hogy az eltérés minimális legyen, ekkor feltételezhető a modell helyessége.

3.4 Értékelés

A validálás során három, egyenként 10 mérési periódusból álló futtatást végeztünk a négyszakaszos mintahálózaton (1. ábra). Így összesen $10 \cdot 4 \cdot 3 = 120$ döntési helyzet adódott. A 2. ábrán látható, hogy a modell az esetek majdnem kétharmadában teljesen pontosan működött. Továbbá kiemelő, hogy a validáció során mért sebességi kategóriák értékei egyszer sem tértek el egynél többel az első futás során tapasztaltaktól.



2. ábra: A modell teljesítményének értékelése

4. A FORGALOMNAGYSÁG-BECSLŐ MODELL FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

A modellfelállítás-szimuláció-validálás folyamat során egyértelműen kiderült, hogy a forgalomnagyság-becslő modellnek kétféle felhasználása lehetséges. Használhatjuk egyrészt az eredeti cél szerint a forgalomnagyság megállapítására, másrészt pedig a sebességi állapotok előrejelzésére.

Amennyiben a modellt forgalomnagyság megállapítására használjuk, úgy olyan módon jutunk ezekhez az adatokhoz, hogy közben nincs szükség semmilyen keresztmetszeti forgalomszámláló mérőállomás telepítésére. Csupán az előzetes szimulációkra és a valós idejű flottaadatokra van szükség. A forgalomnagyság-értékek a közlekedési hálózat forgalmi igényeit fogják felfedni.

Ha egy adott mérési periódusban ismerjük mind a forgalomnagyság-, mind a sebességadatokat, úgy pedig (5) elvét követve becslést adhatunk a következő periódusbeli sebességkategória-értékekre. Ezzel lehetőség nyílik egy proaktív forgalomirányítási rendszer létrehozására is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak a TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012: "Smarter Transport" - Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatásáért. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A munka tartalma kapcsolódik az EITKIC_12-1-2012-0001 projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. Az EITKIC_12-1-2012-0001 projekt a Magyar Kormány támogatásával a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség kezelésében a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap finanszírozásával valósul meg.

„TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0012: Hibrid és elektromos járművek fejlesztését megalapozó kutatások - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

A kutatási munkát támogatta továbbá a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja.

FORRÁSOK

- [1] S. Johnson. Wokingham Town Centre VISSIM Modelling. Local Model Validation Report, WSP Development and Transportation, 2011.
- [2] A. Küpper. Location-based Services. John Wiley & Sons, 2005. ISBN 978-0470-09231-6.
- [3] Á. Ludvig, T. Tettamanti, I. Varga. Travel time estimation in urban road traffic networks based on radio signaling data. In: 14th International Conference on Modern Information Technology in the Innovation Processes of Industrial Enterprises, MITIP, Budapest, 2012.10.24-2012.10.26. pp. 514-527. ISBN: 978-963-311-373-8
- [4] Swarco Traffic Systems GmbH. BLIDS flyer. http://www.swarco.com/en/content/download/8058/101437/file/DRIVE-ON-1-2011_1.pdf, Sep. 2011.
- [5] Takács M. Forgalomszimulációs elemzések egységes vizsgálati módszertanának kidolgozása. Tervezési útmutató. UKIG, FŐMTERV Zrt., GVOP-3.1.1.-2004-05-0122/3.0, Budapest, 2004.
- [6] Transport for London webpage <http://www.tfl.gov.uk/businessandpartners/syndication/16492.aspx>
- [7] VISSIM Calibration and validation, Technical Report, Columbia River Crossing Project, 2006.
- [8] <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/products/ptv-vissim>