

A közúti és városi közlekedési hálózatok kutatásának és fejlesztésének jelentősége

Stróbl András, Dr. Péter Tamás, Dr. Bede Zsuzsanna

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Kivonat: Az általunk alkalmazott megközelítések, kutatási módszerek és fejlesztési tevékenységek a folyamatok mélyebb megértésében és a komplex szabályozási problémák új megoldásaiban kívánnak előre lépni és segíteni. Ezek a kutatások és innovációs célkitűzések, hozzá kívánnak járulni a résztvevő partnerek és kutatóintézetek nemzetközi versenyképességének növeléséhez is. A kutatás a közlekedési iparágban (infrastruktúra/jármű/irányítás területeken) a közlekedési hálózatok és közlekedési rendszerek működésének környezeti-társadalmi hatásaira, mint kihívásokra fókuszál.

Kulcsszavak: új hálózati modell, intelligens hálózati irányító szoftver, piaci fejlesztés, torlódás, környezet, optimalítás, multimodális közlekedés, ITS hálózati rendszer

1. BEVEZETÉS

A városok bővülése szoros kapcsolatban áll az infrastruktúrális fejlesztésekkel és fejlődéssel. Ott, ahol a közlekedési lehetőségek fejlesztését visszafogják, vagy elhanyagolják, lelassul a városiasodás – gondoljunk csak a magyar történelemre és a reformkorra, amikor döntő kérdéssé vált a közlekedés fejlesztése és a városiasodás elősegítése. Nem véletlen, hogy a kiegyezést követően éppen ezeken a területeken különösen felgyorsult a fejlődés és, hogy a trianoni békeszerződés milyen következetesen igyekezett megtörni ezt a lendületet. A történelmi tapasztalatok azt mutatják, hogy várost reprezentáló objektumok, együttesek, mint lakóterületek, gazdasági övezetek, ipari centrumok és a közöttük kiépülő kapcsolatok egymást váltva válnak fő hajtóerővé a városfejlődésnek. Ugyanakkor a két komponens folyamatosan hat egymásra és túl nagy különbség sem alakulhat ki. A modern ipari fejlődés megindulásakor sorra leomlottak az európai városokban a városfalak, helyüket körutak foglalták el, a városkapuk tágas sugárutaknak adtak helyet, melyekhez a város más településekkel kialakuló kapcsolatai csatlakoztak. Megjelent a városi tömegközlekedés és az egyéni közlekedés olyan új formái is berobbantak a századfordulón, mint a kerékpár és az autó. Napjaink városainak alapkérdései között található a közlekedés megoldása. A fejlődő országokban hatalmas népességű mega-poliszkok alakultak ki, ahol a közlekedés a szegény rétegek mozgása, munkához vagy munkába jutása szempontjából is fontos, de a feltételei igen nehezek. Erre példa Mexikóváros, Sao Paulo, Rio de Janeiro is. A fejlettebb országokban a fő- és alközpontrendszerek közötti közlekedés, a történelmi magok kiszolgálása és az agglomerációs jelleghez tartozó nagy távolságok, leküzdése a fő feladat. Az értékes építészeti környezet megóvása miatt, a századfordulóhoz hasonló bontásos közlekedési térnyerés aligha járható. Nem véletlen, hogy itt a külön-szintű közlekedés, közúti alagutak, a metrók viszik el a fő szerepet. Említhető Lille, Párizs és Bécs példája is. Csak kevés város volt képes olyan előnyt szerezni, hogy éppen a nagykapacitású

közlekedési hálózat kiépítésével tudja fellendíteni a városfejlődést új területeken, mint például az Prága vagy Washington DC esetében történt és történik. Utóbbi esetében a város vezetése éppen a területgazdálkodás szempontjait figyelembe véve alakította ki a hálózatát, mely mellé üzlethálózatok, bevásárló központok, ipari centrumok települtek. A forgalmi igényeket ott és olyan irányokban kell kielégíteni, ahol jelentkeznek és a leggyorsabb eljutási időt biztosítják. A történelmi korokban a közlekedésfejlesztés mindig jó üzletnek bizonyult. A közlekedés és különösen a városi tömegközlekedés üzemeltetése viszont önmagában sehol sem jövedelmező. Haszna a város életének fenntarthatóságában, az emberek mobilitásának biztosításában rejlik. A közúti közlekedést, nagyméretű hálózatokat hatalmas tömegáram jellemzi, ez adja a jelentőségét, és okozza problémáit is. Ha a jelenlegi tendencia folytatódik, akkor a Földön a gépjárművek száma a következő 30 évben meg fog duplázódni. A növekedés 25-35 millió db/év. A közlekedési módok között az Európai Unióban és Magyarországon is a legnagyobb teljesítménnyel (70-75%) a közúti közlekedés bír. Az Európai Unióban a forgalmi dugók évente közel 20 milliárd EUR veszteséget okoznak. A baleseti költségek a közösségnek évente mintegy 130 milliárd EUR kárt okoznak, Bokor József (2009-12) OTKA CNK78168. A baleseti költségek az alábbi elemekre tagolhatók: anyagi károk, adminisztratív költségek, orvosi ellátás költsége, termelési veszteség, kockázati érték. A kettő együtt 1,46-szorosa a magyar GDP-nek! (26 095-27 811 mrd. Ft ami kb. 1,03004E+11 EUR nominálisan folyó áron). Figyelembe véve még a környezeti károkat is, a becsülhető teljes összeg évente meghaladja Magyarország bruttó hazai össztermékének a kétszeresét. Különösen jelentős tehát a hatása, a nagyméretű közúti hálózatok forgalmi folyamatainak ismeretének és optimalításának. A közlekedés a klímaváltás okai között mintegy 12 százalékkal szerepel. Erre is választ kell adni az innováció területén, amelynek irányába az autógyártók már elindultak. Számos területen már látni lehet, hogy az intelligens közlekedési rendszereknek, az irányításnak, a

technológiának milyen komoly eredményei vannak. A klímaváltozással és a közlekedésnek ebben játszott szerepével egyre inkább szembe kell néznünk. A kihívás most került igazán középpontba, és napjainkban indul az a szabályozási folyamat, amellyel a közlekedéspolitikai is reagál a kérdésre. A hagyományos intézkedések lassan elérik hatékonyságuk korlátait, ezért ki kell használnunk az intelligens közlekedési rendszerekben rejlő lehetőségeket, Dömölki B., Kósa Zs., Kömlődi G., Krauth P., Rátai B. (2009). Az ipart helyzetbe kell hozni, hogy az innováció terén erősödjön Európa. Ma még súlyos hátrányban vagyunk az új fejlesztésekben. Kevés, ha Európa egyedül próbál választ adni az új kihívásokra, a globális partnereket is be kell vonni a megoldások kidolgozásába, Kövesné G. É., Debreczeni G., (2003), Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2012). A korábbi elképzelésekkel és célokkal kapcsolatos probléma, hogy vagy közúti, vagy vasúti szállításban/közlekedésben, a városokban pedig elsősorban kötött pályás közlekedésben gondolkodott. Öt év alatt kiderült, hogy a folyamatok jelentősen más irányban haladnak. A kötött pályás közlekedés aránya nemhogy növekedett volna, de egyenesen csökkent. Reális célokat kell kijelölni minden közlekedési ágának és a maga területén fenntarthatónak kell lennie. Önmagában is környezetbarátnak is kell lenni, valamint a közlekedési ágakat egymással kiegészítve kell használnunk. Magyarországon eddig soha nem valósult meg, hogy komplex közlekedési rendszerekben kell gondolkodni. Mindegyik közlekedési módnak a saját területén, az előnyei szerint meg kell találni a maga helyét ebben az integrált rendszerben, ezt a Fehér könyv úgy fogalmazta meg, hogy komodalitásra van szükség. Hozzávetőlegesen már 5-6 éve, a területen működő szakemberek meggyőződése, hogy a fejlett világban véget ért az a korszak, amikor a közlekedés problémáit több út építésével és több járat üzemeltetésével lehetett megoldani, pl. az IBM már 2007-ben nyilvánosságra hozta a közlekedés területén várható újításokat. Egyértelmű véleményük volt, hogy az iparilag fejlett régiókban döntően, az információ- és kommunikációs technológia segítségével növelhető a közlekedés kapacitása. Ennek érdekében a közlekedésszervezést intelligens, a forgalmi helyzetet valós időben nyomon követő és azonnal reagáló rendszerek bevezetésével szükséges fejleszteni, amelyek az adott körülményeknek megfelelően irányítják a közlekedési lámpákat. Hasonló módon célszerű a haladás szabályozása a változtatható irányú sávokban is és a vezetők információkkal történő ellátása a javasolt útvonalokról, Zsuzsanna Bede, Tamás Péter (2011.1), Zsuzsanna Bede, Tamás Péter (2011.2) Zsuzsanna Bede, Tamás Péter and Ferenc Szauter (2013).

A kommunikáció kétirányú, az utazóközönség tartózkodási helye alapján a közlekedési vállalatok is rugalmasan tervezhetik kapacitásukat.



1.1. ábra: azonnal reagáló rendszerek, változtatható irányú sávok és intelligens jelzőlámpák (forrás: <http://www.zeit.de/wissen/2012-06/stau-forschung-technik>)

Nyilvánvaló, hogy a közúti és városi forgalomban az intelligens jelzőlámpáké a jövő. Ilyen alkalmazás is van, példa erre a felső-bajorországi Ingolstadtban végzett kísérlet, ahol 46 jelzőlámpát módosítanak és ezek többsége a nagy forgalmú kereszteződésekben található. (A rendszer neve Travolution.) A jelzőlámpákban lévő alrendszerek mérik az adott sávok közlekedési adatait és ezeket az információkat továbbítják a központi számítógépeknek. A Travolution öt perce előre képes meghatározni, hogy milyen forgalom várható. Erre korábban egy rendszer sem volt képes, Traffic Technology International, (2010.) Hamburgi kísérlet során hasonló berendezések segítségével évente 1300 tonna széndioxid kibocsátását és 560 000 liter benzint elégetését tudták megtakarítani az autósok. A kijelölt szakaszokon a menetidő 20 százalékkal csökkent. Ezen az eredményen még javítani szeretnének egy olyan algoritmus segítségével, amely lehetővé tenné, hogy az egyes lámpákhoz tartozó alrendszerek akár maguk szabályozzák a forgalmat és így kívánják megtalálni az optimális megoldást. "Nagyon sok adatot kell feldolgozni és természetesen az sem jó, ha az egyik sávban az autósoknak szinte állandóan pirosat mutat a lámpa" – ekképp összegzi az eredményeket a helyi közlekedésmenedzselési és geoinformációs hivatal. Amennyiben a program sikeres, akkor mind a 150 jelzőlámpát le fogják cserélni. A gépjármű-balesetek költsége világszinten több százmilliárd dollár nagyságrendű. Az új trendek között tapasztalható az autóipar egyik fejlesztési iránya, amely egyre inkább a járművekre bízta a közlekedés biztonságossá tételét. Az autókban általánossá válnak az együttműködő közlekedést támogató érzékelő- és visszajelző rendszerek. A járművek információt cserélnek egymással és az úthálózattal felkéményedő gázipedál figyelmezteti a sofőrt, ha nem tartja be a követési távolságot. Nehezebben forgatható kormány jelzi, ha veszélyesen közel irányítaná autóját egy másik járműhöz, sőt az autók akár automatikusan megfelelő korrekciót hajthatnak végre szükség esetén. Fokozott az igény a közlekedés fejlesztése és az egyre modernebb eszközökkel történő tervezése és irányítása iránt. Ennek során elsődleges és megkerülhetetlen feladat a közúti közlekedési rendszerek modellezésének kérdésköre.

2. NÉHÁNY MEGÁLLAPÍTÁS

2.1 A hazai helyzettel kapcsolatban néhány adat

Mindenekelőtt fontos feladat a hálózaton jelentkező terhelések ismerete. Budapest környezeti terhelése egyértelműen kiemelkedik az ország egyéb régiói közül. Ez annak is köszönhető, hogy Magyarország lakosságának 18 %-a koncentrálódik az ország területének 0,5 %-án. Budapest területe 525,16 km², lakosainak száma 1.721.556 fő KSH, (2010). Ebből adódik, hogy az egy főre jutó kibocsátott káros anyag mennyisége ezen a területen a legkritikusabb (ez még erőteljesebben igaz a belvárosi területekre).

- A Belváros forgalom sűrűsége (jármű km/km²) közel hatszor akkora, mint az egyéb körzeteké, illetve kétszer akkora, mint a csatolt területeké.
- Ebből következik, hogy a káros anyag kibocsátás is közel hatszor akkora.
- Fokozza a helyzet súlyosságát, hogy a nagy kibocsátás intenzív zajjal is párosul, Stróbl A., Suri N. (2010), Stróbl András, Péter Tamás, Fazekas Sándor (2012)

Budapest úthálózata radiális kialakítású, úthálózatának hossza több mint 4.200 km.

A magas ipari tevékenységet az is mutatja, hogy Budapesten termeli a GDP 34,1 %-át. A rendszerváltás óta folyamatosan nő a személygépkocsival közlekedők részaránya a tömegközlekedést használókkal szemben, melynek nagy része az agglomerációból bizonyos ún. peak time-okban, meghatározott időablakokra koncentrálódik. Ezen időszakok a reggel 7h-8h, illetve a délután 16h-18h.

Magyarország úthálózatának hossza mintegy 192.000 km, amiből 139.000 km a közút. Jól megfigyelhető, hogy a járművek mennyiségét vizsgálva az utakon, a gyorsforgalmi utakon jelentkezik a legnagyobb koncentráció, azt követően pedig az országos főútvonalakon. Kiemelt forgalommal bír az M1-es autópálya, az M3-as és M5-ös autópálya (kapcsolat a szomszédos országokkal), valamint az M7-es autópálya szezonálisan (Balaton vonzereje). Külön kiemelendő az M0-s autópálya, amely Budapestet elkerülő szerepkörében az összes csatlakozó autópálya és egyéb út forgalmát felveszi.

2.2. Járműforgalmi modellezés jelentősége

A közlekedési hálózatok modellezése évtizedekre nyúlik vissza, szükségességét már igen korán felfedezték. A közlekedési folyamatok komplexitása magas szintű automatizáltságot és intelligens közlekedési rendszerek (ITS) alkalmazását követeli meg, melyek közös alapjai a közlekedési modellek. Számos közismert modell létezik, pl. Stouffer hipotézis, Detroit módszer, Fratar módszer, Furness módszer, Voorhees modell, Versengő lehetőségek modellje, Utazási költség modell és más szintetikus modellek a szakirodalomból jól ismertek. Az említett modellek főként makroszkopikus modellek, de különböző növekedési tényezőkkel, indexekkel,

empirikus együtthatókkal stb. operálnak, amelyek nem mérhetőek egzakt módon. Természetesen minden modellnek vannak előnyei és hátrányai is, a performancia, adatigény Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.2) Fazekas, S., Péter T. (2013) és pontosság tekintetében. Az új modellünk a pozitív rendszerek osztályába tartozik, Luenberger (1979), szerkezetét, felépítését tekintve pedig makroszkopikus. Különleges, mert térkép-gráf invariáns, speciális hipermátrix struktúrával írható le (Péter T. 2012.1), (Péter T. 2012.2), (Péter T., Bokor J. 2010.1), (Péter T., Bokor J. 2010.2), (Péter T., Bokor J. 2011). A modell fő erőssége a matematikailag új és egzakt megközelítés, amelynek köszönhetően hálózattípustól független és méretkorlátozás nélkül alkalmazható, valamint a számítási gyorsaság. Ennek következtében a hálózatmodell valós idejű szabályozására és különösen nagyméretű hálózatok modellezésére alkalmas.



2.1. ábra: PannonTraffic – közlekedés modellező szoftver

3. SZOFTVER A KÖZLEKEDÉSI HÁLÓZATOK MODELLEZÉSÉRE

A PannonTraffic Engineer a nagyméretű közúti közlekedési rendszerek modellezésére kifejlesztett mérnöki program. Működését a matematikailag egzakt módon leírt nemlineáris hálózati modell szabja meg. A közlekedési infrastruktúra egyes elemeinek (sávok, jelzőlámpák, gyalogosátkelő helyek, kerékpárutak, stb.) interaktív felületen történő grafikus felvitelével és a hálózat alkotóinak minden eddiginél pontosabb paramétereztetőségével, a szoftver leképezi a hálózati gráfot és egyedülálló gyorsasággal elvégzi a szimulációt. A szoftver olyan komplex analízist tesz lehetővé, melyben már futásidőben azonosíthatók a problémás szakaszok, továbbá diagramokkal alátámasztva vizsgálhatók a közlekedési rendben, az úthálózat geometriájában, vagy akár a várható forgalmi viszonyokban történő változások hatásai.

A PannonTraffic Engineer .NET keretrendszerben készült C# nyelven, a Microsoft Visual C# 2008 Express segítségével. Az implementálást gondos tervezés előzte meg, így a rendszerspecifikáció, az alkalmazási körülmények definiálására kerültek. Meghatároztuk a rendszerkövetelményeket, és megterveztük a program struktúráját, azt szem előtt tartva, hogy objektumorientált, könnyen továbbfejleszhető, moduláris

felépítésű legyen. Az egyes elkészült modulok verifikációját követően a rendszer validálásával biztosítottuk a hibátlan működés megtartását.

A rendszert dinamikus teszteléssel vizsgáltuk több ciklusban, konformitási és hibakereső tesztek futtatásával. Az eredményeket referencia eredményekkel is összevetettük. A szoftverben alkalmazott modell helyes implementálását egy másik tanulmány keretében validáltuk. GPS készülékkel és videokamerával összekötött személygépjárművel méréseket végezve a terepen, ez a nemparaméteres statisztikai analízis igen alacsony (5% alatti) hibahatárral közelítette a szoftverrel végzett szimulációk eredményeit, Péter T., Bede Zs. (2009), Zsuzsanna Bede, Tamás Péter (2010).

A szoftverünkkel elvégezhető alapvetően:

- Tehermentesítés-analízis: fennálló közlekedési problémák elemzése; megoldási alternatívák készítése, tesztelése
- Hatás-analízis: kiépített infrastruktúra fejlesztésének kockázatmentes vizsgálata
- Számítások készítése a tervezői szakaszban: Útszakaszok, úthálózatok átépítését, kiépítését megelőző tanulmányok készítése, ennek függvényében a tervek módosítása → stabil, dinamikus infrastruktúra már a kezdetektől.

A szoftvert kiegészítettük további alkalmazási területekkel:

- Rendkívüli események szimulációja (balesetek, útépitések, megkülönböztetett jelzést használó járműkonvojok elhaladása, rendezvények, stb.) A hálózati elemek ilyen irányú vizsgálatának fontosságát több tanulmány is aláhúzza, így pl. Marasztó Z. (2009), Szauder F. and Kalinczák I. (2010).
- Útvonal-választás optimalizációja (két tetszőlegesen kiválasztott pont között a különböző szempontok – idő, fogyasztás, útvonal – szerinti legoptimálisabb útvonalra javaslatot tesz)
- Jármű nyomkövetés (egy kijelölt útvonalon haladó jármű menetidő karakterisztikái számíthatók a nap bármely időpontjaiban meghatározott indulást feltételezve).

A szoftver olyan innovatív technikákat is képes alkalmazni működésében, mint az adaptív lámpák (intelligens online szabályozás visszacsatolással), vagy a peremlámpák (egész tartományokba történő behajtás-korlátozás szabályozása).

3.1. PannonTraffic Visualization

A vizualizáció a modern szimulációs eszközök egyik fontos jellemzője és erőssége. Ezek nem csak a mérési eredményeket képesek megjeleníteni, hanem a forgalmi viszonyokat is képesek érzékeltetni valamilyen szoftveres megoldással. Az alábbiakban egy ilyen megoldást tárgyalunk, amellyel az általunk fejlesztett PannonTraffic Engineer alkalmazást

bővítettük ki. A modellező-szimuláció szoftverünk korábbi verziói nem voltak túl látványosak. A szimuláció futása közben a modell térképén az egyes sávok színének változtatásával érzékeltettük, hogy az egyes útszakaszok között milyen forgalmi különbségek alakulnak ki. Természetesen a szimuláció lefutását követően, a szoftver által prezentált eredmények alapján a felhasználó hozzájutott a számára szükséges információkhoz, azonban ezen információk csak a szakemberek számára kerültek érthető formában interpretálásra. A közlekedési beruházások döntéshozatalában azonban jellemzően nem, vagy nem kizárólagosan szakmabeliek vesznek részt, tehát az eredményeknek egy látványos, publikálható, közérthető módon kell bemutatásra kerülniük. Ennek egy kiváló módja a 3D-s vizualizáció alkalmazása, amely látványvilágával és élethű megjelenésével a valós közlekedési szituációba helyezi át a szemlélőt, aki mintegy átélve, átérzve a modellezett forgalmi helyzeteket megfelelő döntéstámogatási eszközt kap munkájához. Az alapvető problémát az jelentette, hogy a szoftverünk mögött álló modell makroszkopikus, emiatt közvetlenül nem ad lehetőséget a járművek egyedi helyzetének direkt lekérdezésére, azonban a makroszkopikus jellemzőkből következtethetünk a járművek egyedi pozíciójára, mikroszkopikus állapotváltozókra, még ha ez a következtetés valójában csak a lehetséges értékek emulációja, becslése.

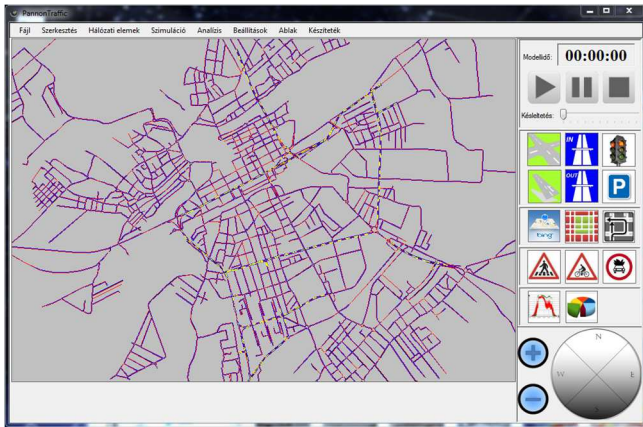
Architektúra és performancia szempontjából is előnyös, hogy ezt a forgalom vizualizációt nem a szimulációs rendszerbe integráltuk, hanem egy külső alkalmazást fejlesztettünk ki a feladatra, Peter, Fülep and Bede (2011), S. Fazekas, T. Peter (2012), Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.1), Péter, T., Stróbl, A., Bede, Zs., Kalinczák, I., Fazekas, S. (2013). Értelemszerűen így ennek a különálló alkalmazásnak le kell kérdeznie a makroszkopikus modellező-szimulációs szoftvertől a makroszkopikus állapotjellemzőket, meg kell határozni az egyes mikroszkopikus elemek megfelelő jellemzőit és meg kell jelenítenie a forgalom animációját is.



3.1 ábra: PannonTraffic Visualization alkalmazás működés közben

3.2. További szoftverfejlesztések. OpenStreetMaps integráció

A PannonTraffic Engineer szoftvert továbbfejlesztettük egy modullal, amely képes egy internetes adatbázisra támaszkodva automatikusan felépíteni egy közlekedési hálózatot. A szoftverfejlesztés célja az volt, hogy az egyébként meglehetősen időigényes hálózatszerkesztési folyamatot jelentősen lerövidítsük. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy kb. 460 km² területű település hálózatát (Magyarország legnagyobb városa Budapest után) 2 perc alatt képes letölteni és rekonstruálni a szoftverünk. Az így létrehozott hálózatban kereszteződések és útszakaszok szerepelnek, utóbbi 1-1 sávval irányonként (ahol nem egyirányú). A hálózaton szimuláció futtatása tehát ebben a fázisban még nem lehetséges, további kiegészítésekre, javításokra és beállításokra szorul. Egyfelől az útszakaszokon létre kell hozni a szükséges számú sávot, a sávokhoz gyalogátkelőhelyeket, parkolókat kell hozzá rendelni.



3.2. ábra: Győr úthálózatának egy része az alkalmazás szerkesztőablakában

Az útszakaszok hossza a méretarányos leképezésnek köszönhetően ugyan adott, de pl. a parkolók kapacitásaira vonatkozó információkat manuálisan kell bevinni. Ahogyan az egyes kooperációk beállításait is (pl. alfa, béta és gamma függvények) a méréseket követően kell felvinnünk.

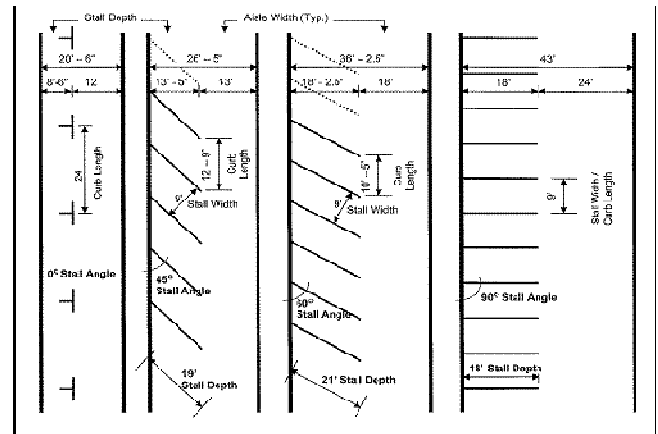
A hálózat elemeinek azonosítása egy belső azonosító szám (ID) alapján történik, amely kiegészíthető szöveges változóval (pl. Kossuth Lajos utca 1-15.). Utóbbit is – ahol az internetes adatbázisban rendelkezésre áll – automatikusan felveszi a szoftver az útszakaszok létrehozásánál. A felhasznált adatbázis tartalmazhat hibákat, hiányosságokat, amelyekért felelősséget nem vállalhatunk, de gondos ellenőrzéssel kiszűrhetők.

3.3. Parkolók kapacitás kalkulációja

Győr-Belváros parkolási rendszer fejlesztése, összehangolva az egyéb belvárosi közlekedésfejlesztési javaslatokkal, igen fontos és aktuális téma, Bogár Zs. (2010)

A nevezett probléma csak részben automatizálható. (A teljes automatizálás további fejlesztéseket, intelligens képelmérő

és képfeldolgozó algoritmusok alkalmazását igényli.) A parkolók helymeghatározása manuálisan történik az egyes sávokhoz tartozóan. A sávok és a parkolók kapacitásának meghatározása képfeldolgozásos úton lenne lehetséges, de sajnos jelenleg a műholdképek, ill. a légi felvételek minősége ezt nem teszi lehetővé, költséges lenne ilyen célból fotókat készíttetni. A sávok esetében a GPS koordinátákra támaszkodva és a modell-koordináták átkonvertálása révén automatizálhatóvá tettük a sávok hosszának, azaz kapacitásának felvételét. Ugyanez a folyamat a parkolók esetében csak részben lehetséges. Azokon a területeken, ahol a parkoló az útmentén került kialakításra, akár párhuzamosan, merőlegesen vagy szögben a kapcsolódó sávra, ott az út hosszából generálható egy igen jó közelítő érték a parkolóhelyek számára vonatkozóan. Parkoló terek esetében (tipikusan a lakóparkok, lakótelepek), a műholdas felvételeken meg kell számlálni a férőhelyeket és ezt kell bevinni a megfelelő panelon a szoftverbe. Ugyancsak ez a helyzet a fedett parkolók esetében (pl. mélygarázs, többszintes parkolóház), ahol a kapacitásnak utána kell járni, és ezt követően manuálisan bevinni az adatokat.



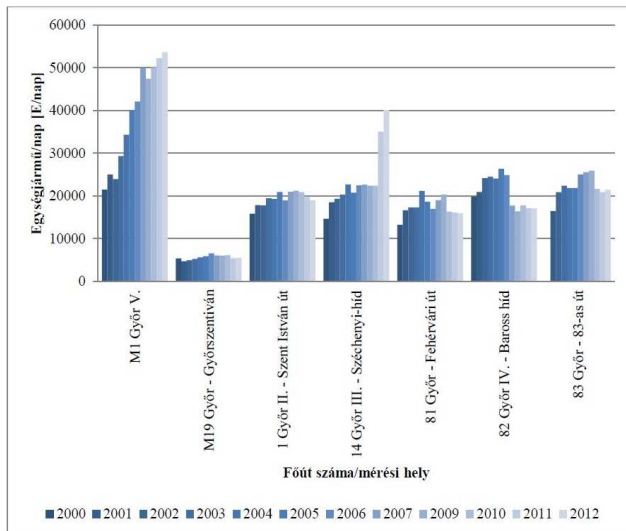
3.3 ábra: Tipikus parkolóhely elrendezések

3.4. Forgalmi modell készítése Győrött

Győr város részletes közlekedési modelljének elkészítését az egyik legnagyobb forgalmat lebonyolító útja, a Szent István út (1. sz. főút) és környéke területén végeztük el. Tamas Peter, Jozsef Bokor and Andras Strobl (2013), Stróbl, A., Péter, T. (2013), Stróbl A. (2013)

A főút közvetlen kapcsolatot biztosít a környező nagyobb településekkel (Mosonmagyaróvár, Komárom), kapcsolódik az M1-es autópályához, illetve azzal párhuzamosan is fut. Mindezek mellett a várost keresztüliszelve érinti a város többi nagy forgalmú útját is, mint pl. a 821. sz., 14. sz. és 81. sz. főutakat. A város közigazgatási és történelmi centrumát is a Szent István út igénybevételel érhetjük el, valamint az autóbusz pályaudvar és a vasúti pályaudvar a tőszomszédságában terül el. Forgalmotechnikai szempontból vizsgálva elmondható, hogy az út, irányonként 2 sávossal, helyenként 3-4 sávra bővül, első sorban az osztályozó, ill. felállási szakaszok mentén. A csúcsórai forgalom néhány

csomópontban meghaladja az 1000 EJ/h értéket egyes irányokban.



3.4 ábra: Évi átlagos napi gépjárműforgalom a győri forgalomszámlálási pontok (forrás: MKN - A közúti forgalom figyelemmel kísérése)

A főút csomópontjaiban jelzőlámpás forgalomirányítás működik, amelyek összehangoltan, 130 másodperces periódusidővel, és 2 fix programmal kerültek megtervezésre. A mellékletben megtalálhatók a modellezésünk során érintett csomópontok jelzőlámpáinak fázisstervei helyszínrajzokkal kiegészítve.

Néhány helyen ledes kijelzők mutatják visszaszámlálással a piros jelzéstől hátralevő időt, és hasonlóan a gyalogosok számára is telepítésre kerültek ilyen berendezések. A Szent István út a közösségi közlekedés járművei által is erősen terhelt, számos buszmegálló öböl ill. út menti felfestett megálló található itt a helyi és helyközi közlekedés kiszolgálása érdekében. A gyalogosok átkelése az úton minden esetben szintbeli kereszteződéssel valósul meg. A településen városi kötött pályás járművek nem közlekednek, viszont a vasút országos viszonylatban is jelentős forgalmat bonyolít le, melyet a megemelt pályasebesség is támogat. A kerékpáros forgalmat ugyan keresztlüvezték egy-egy helyen, de ezen a főúton táblákkal tiltják a kerékpáros közlekedést. Az útburkolat minősége kielégítő, a felfestések jól láthatóak. A Szent István út mentén parkolási lehetőség nincsen, többnyire megállni tilos, ill. várakozni tilos táblák tiltják ezt.

A környező utcák jellemzően szűkek, sokszor egyirányúsítottak, így a korlátozott számú párhuzamos elrendezésű parkolóhelyek a meglehetősen magas parkolási díjak (3 díjvezet) ellenére is rendszerint foglaltak. A főúthoz igen közel található két parkolóház (Jókai parkolóház 260 férőhellyel és Révai parkolóház 220 férőhellyel), továbbá néhány mélygarázs és parkoló udvar havi díj fejében igénybe vehető. Győr-Moson-Sopron megye és Győr városa nagyon hamar felismerte a fejlesztések fontosságát Rechnitzer J. et al. (2013) és a jelzőlámpás szabályozásban rejlő lehetőségeket is, és ezek igen nagy számban kerültek telepítésre városzerte.

A jelzőlámpák irányítása, karbantartása önkormányzati és közútkezelői kézben van vegeesen. A Magyar Közút Nonprofit Zrt. Győr-Moson-Sopron Megyei Igazgatósága egy 24 órás forgalomfelügyeleti központot működtet Győrött, amelyben figyelemmel kísérhető az irányításuk alá tartozó úthálózat állapota, a jelzőlámpák működése (állapot-visszajelzéssel) és szükség esetén be is tudnak avatkozni a lámpaprogramok váltásába. Az utóbbi években divattá vált körforgalom építések során néhány jelzőlámpás csomópontot is átalakítottak körgeometriás csomóponttá, azonban még így is több mint 60 csomópontban található jelzőlámpás forgalomszabályozás. Ezek között található egy-egy innovatív, forgalomfüggő szabályozást alkalmazó jelzőcsoporthoz is, ahol a szenzorok érzékelik az érkező járművet, és ennek megfelelően kapcsolnak.

Győrött jól megfigyelhető a város szerkezetének felépítése a jelzőlámpák elhelyezéséből is. A várost átszelő főutak (első és másodrendű) és a velük párhuzamosan futó néhány út vezetnek le a közúti forgalomnak jelentős részét, míg az őket összekötő utcák csupán parkolóhelyül szolgálnak vagy lakófunkciót látnak el.

A jelzőlámpák pozícióinak felmérését a GPS-es vevőkészülékkel ellátott mérőjárművel bejárt útvonalakon végeztük, kiegészítve ezt internetes adatbázisok (utcai panorámaképek) adataival. A jelzőlámpák programjainak felmérését videofelvétel utólagos feldolgozása, illetve helyszíni mérések útján végeztük el.

3.5. Győr úthálózatának felvétele

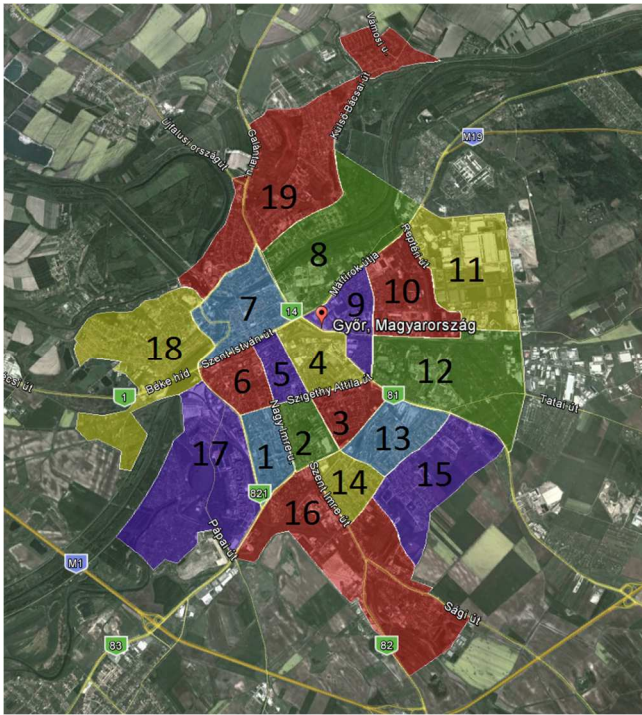
A győri hálózat esetében szerzett tapasztalatok azt mutatták, hogy a hálózat földrajzi, nevezéktani hibákat nem tartalmaz. Amikben hiányosság mutatkozik, az a parkolók jelenléte, a forgalmi sávok száma és a kisebb mellékutaknál az egymást keresztező utakban a kereszteződés hiánya; illetőleg a kereszteződésbe történő becsatlakozás hiánya. Győr úthálózata is meglehetősen kiterjedt, több mint 4600 útsávról beszélünk, amelyet fel kellett vennünk. Ezen részfeladat teljesítése rendkívül rövid határidővel lehetséges, a szoftver fejlesztésének és az általa várható eredmény minőségének figyelembe vételével.

A vizsgálandó hálózat szoftverrel történő automatikus felvételét követően a felhasználói beavatkozást igénylő műveletek következtek. A nagy hálózatot 19 körzetre osztottuk, melynek határolói a fontosabb utak, méretüket pedig a terület komplexitásától tettük függővé. Munkafázisokat határoztunk meg, amelyek jól körülhatárolhatók, szétoszthatók.

- Hibásan felvett vagy hiányzó kereszteződések pótlása, útszakasz felosztása: saját hálózaton
- Parkolók létrehozása: műholdas képek segítségével

A munkafázisokat a 19 körzetre alkalmazva jól tervezhetővé vált a munka menete és teljesítésének időszükséglete, továbbá

a hálózat felülvizsgálata során nem marad ki egyetlen terület sem.



3.5. ábra: Győr 19 körzetre osztott térképe a munkafázisok elosztásához

Említettük a sávok kapacitásának felvételéről, hogy bizonyos mértékben automatizálható. A már létrehozott sávon a kapacitás egy beépített algoritmus segítségével megállapítható. Azonban, a hálózati elemek felvétele során végzett munkánk rámutatott arra, hogy az internetes adatbázis, amelyből a hálózatot nyerjük, meglehetősen hiányos a sávok számát tekintve. Az előbbi 19 körzeten az alábbi munkafázisokat határoztuk meg és végeztük el a továbbiakban:

- Sávok számának meghatározása: Műholdas képek és utcai panoráma képek segítségével végigjártuk virtuálisan Győr hálózatát, és ahol szükséges volt, bővítettük a sávok számát. A menet közben támadt nehézségekre jó példa a 821-es út (Gerence utca) Lajta utcára történő ráhajtásánál történt változás. A 2009-es keltezésű utcai panoráma képek arról tanúskodtak, hogy az út 2x1 sávú és a lehajtás torkolata egy szűk ívben kezdődik. Ugyanez az útszakasz a 2011-es műholdképeken már 2x2 sávúként kerül megjelenítésre, ahol a lehajtás egy hosszan elnyújtott deltával kezdődik. A naprakész adatok ellenőrzése tehát esszenciális a modellezés szempontjából.
- Parkolók kapacitásának meghatározása: Műholdas képek és légi felvételek segítségével megállapítható, hogy az út menti parkolók milyen elrendezésűek. A parkoló terek férőhelyét ugyancsak fotók alapján tudtuk megállapítani, a parkolóházakról interneten

találtunk adatokat. A gyorsabb munkavégzéshez egy segédpanelt hoztunk létre a szoftverben, ahol egyszerűen be lehet táplálni az adatokat, amelyekből a szoftver kiszámítja a szükséges kapacitás értéket.

4. KONKLÚZIÓ

Az anyagban áttekintettük a közúti és városi közlekedési hálózatok kutatásának és fejlesztésének jelentőségét. Bemutattunk egy új modellezési elvet felhasználó szoftvert, amelynek felhasználásával, már a tervezési szakaszban az egész hálózatra kiterjedő hatástanulmány készíthető el. Szimulálhatók a közlekedési balesetek, forgalomelterelések, vagy forgalmi-rend változások, jelzőlámpa-programozási változások, parkolók létesítésének, ill. megszüntetésének hatása, továbbá, a hálózat új útszakasszal pl. változtatható irányú vagy elterelő útszakasszal történő bővítése, egyes útszakaszok szélesítése, stb. A nagyméretű hálózaton, Lyapunov függvényt alkalmazó, tartományszintű új irányítási elv és optimalizálás megvalósítható. A városi forgalom esetén kiemelt pontokra, olyan 3D-s vizualizációval működő program használható, amely alkalmas a közúti közlekedési rendszerek eredeti működésének és az optimális irányításának a bemutatására. A modell, a kidolgozott infokommunikációs technológiák alkalmazásával, a valós idejű optimális irányítás megvalósítása mellett, a környezeti terhelések folyamatos vizsgálatára is alkalmas.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

IRODALOMJEGYZÉK

Bogár Zs. (2010) Győr-Belváros parkolási rendszerének vizsgálata, Javaslat a parkolási rendszer fejlesztésére, összehangolva az egyéb belvárosi közlekedésfejlesztési javaslatokkal, Hidro-Plan Győriterv Kft., Győr

Bokor József (2009-12) OTKA CNK78168 – CONTRA A közúti járműforgalom modellezése és többkritériumú optimalizáláson alapuló irányítása társadalmi és gazdasági hatékonyság figyelembevételével.

Dömölki B., Kósa Zs., Kömlödi G., Krauth P., Rátai B. (2009) Az intelligens közlekedés jövője, Információs Társadalom Technológiai Távlatai NHIT IT3, Budapest

Fazekas, T. Peter: (2012) 3D Traffic visualization FIRST SCIENTIFIC WORKSHOP of Doctoral Schools Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering, BME (Budapest, April 25, 2012) pp. 1-8. Doi: KJK2012-1-K4, ISBN 978-963-313-062-9

Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.1) 3D modellt alkalmazó szoftverrel a nagyméretű hálózatokon, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia (IFFK-2012). Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2012.08.29-2012.08.31. Budapest: Óbudai Egyetem, Paper 13. pp. 87-90. (ISBN:978-963-88875-3-5) <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/>

Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.2) Database system to support Győr's traffic modelization, SECOND SCIENTIFIC WORKSHOP of Doctoral Schools Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering, BME (Budapest, November 22, 2012) pp. 1-7. Doi: KJK2012-2-K4, ISBN 978-963-313-070-4, Kiadó: BME KSK

Fazekas, S., Péter T. (2013) Design of Győr's traffic database, Third Scientific Workshop of Faculty Doctoral Schools, Budapest, Budapest, May 28, 2013 pp. 1-7. Doi: KJK2013-1-K4, ISBN 978-963-313-080-3, Kiadó: BME KSK

Kövesné Gilicze É. és Debreczeni G. (2003): Kövesné Gilicze É. – Debreczeni G. Intelligens közúti közlekedési rendszerek és út-jármű rendszerek matematikai modellezése és analízise, Kutatási jelentés BME Közlekedésüzemi Tanszék. Budapest, 2003. pp 1-49.

KSH (2010) Magyarország számokban 2009, 2010. július 16. (Hozzáférés: 2010. július 17.) <http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xftp/idoszaki/mosz/mosz09.pdf>

Luenberger (1979) Introduction to Dynamics Systems, Wiley, New York, 1979

Marasztó Z. (2009) Balesetelemzés lehetőségei fázisvezérléses jelzőlámpás csomópontokban 2009. <http://www.vehicles.hu/maj/doc/maraszto.pdf>

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2012) Magyarország jelentése, Az elkövetkezendő ötéves időszakra szóló nemzeti ITS-intézkedésekről, Budapest

Péter T, and Bokor J (2010.1) Research for the modelling and control of traffic, In: Scientific Society for Mechanical Engineering ,33rd Fisita-World Automotive Congress: Proceedings, Budapest, Magyarország, 2010.05.30-2010.06.04. Budapest: GTE, 2010. pp. 66-73. (ISBN:978-963-9058-28-6)

Péter T, and Bokor J (2010.2) Modeling road traffic networks for control. Annual international conference on network technologies & communications: NTC 2010. Thaiföld, 2010.11.30-2010.11.30. pp. 18-22. Paper 21. (ISBN:978-981-08-7654-8)

Peter, Fülep and Bede (2011) The application of a new principled optimal control for the dynamic change of the road network graph structure and the analysis of risk factors, 13th EAEC European Automotive Congress 13th-16th June 2011. Valencia – SPAIN Society of Automotive Engineers (STA), 2011. pp. 26-36. (ISBN:978-84-615-1794-7)

Péter and Bokor J (2011) New road traffic networks models for control, GSTF International Journal on Computing, vol. 1, Number 2. pp. 227 -232. DOI: 10.5176_2010-2283_1.2.65 February 2011

Péter T., Bede Zs. (2009) Egyedi sebességfolyamatok kinyerése, nagyméretű városi úthálózatok modellezése során. MMA „Innováció és fenntartható felszíni közlekedés” - Konferencia, 2009. augusztus 27-28-29 Budapest

Péter, T. (2012.1) Modeling nonlinear road traffic networks for junction control, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS), 2012, Vol. 22, No. 3. pp. 723-732. DOI: 10.2478/v1006-012-0054-1

Péter Tamás (2012.2) Paradigmaváltás, amely elvezetett a globális közúti hálózat működésének leírásához és a dinamikus modell létrehozásához, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia (IFFK-2012). Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2012.08.29-2012.08.31. Budapest: Óbudai Egyetem, Paper 3. pp. 3-19. (ISBN:978-963-88875-3-5) <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/>

Péter, T., Stróbl, A., Bede, Zs., Kalincsák, I., Fazekas, S. (2013) Infokommunikációs technológiák fejlesztése a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok közlekedési folyamatainak komplex modellezéséhez, a valós közlekedési folyamatok vizsgálatára és az optimális irányítására. Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2013. március 21-22. (pp.55-81) Kiadó: Széchenyi István Egyetem, Közlekedési Tanszék. ISBN szám: 978-615-5298-09-7.

Tamas Peter, Jozsef Bokor and Andras Strobl (2013) Model for the analysis of traffic networks and traffic modelling of Győr, pp 167-172. Doi: 0023, IFAC Workshop on Advances in Control and Automation Theory for Transportation Applications (ACATTA 2013) which is to be held in Istanbul, Turkey, 16-17 September 2013. <http://www.acatta13.itu.edu.tr/>

Rechnitzer J. et al. (2013) Győr-Moson-Sopron megye területfejlesztési koncepciója 2014-2020, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr

Stróbl, A., Péter, T. (2013). Traffic modeling of Győr in project Smarter Transport, Third Scientific Workshop of faculty doctoral schools, Budapest, May 28, 2013 pp. 1-7. Doi: KJK2013-1-K7, ISBN 978-963-313-080-3, Kiadó: BME KSK

Szauter F. and Kalincsák I. (2010) Motion feature of large trucks in roundabouts and turbo roundabouts, XVII. OGÉT, Baia Mare, Romania, 22-25 April, 2010, p. 400-403.

Zsuzsanna Bede, Tamás Péter (2010) The Extraction of Unique Velocity Processes from a Macro Model PERIODICA POLYTECHNICA-TRANSPORTATION ENGINEERING 38:(1-2) pp. 114-121. (2010)

Zsuzsanna Bede, Tamás Péter (2011.1) The development of large traffic network model, PERIODICA POLYTECHNICA-TRANSPORTATION ENGINEERING 39:(1-2) pp. 3-5. (2011)

Zsuzsanna Bede, Tamás Péter (2011.2) The mathematical modeling of Reversible Lane System PERIODICA POLYTECHNICA-TRANSPORTATION ENGINEERING 39:(1-2) pp. 7-10. (2011)

Zsuzsanna Bede, Tamás Péter and Ferenc Szauter (2013) Variable network model pp 173-177. Doi: 0026, IFAC Workshop on Advances in Control and Automation Theory for Transportation Applications (ACATTA 2013) which is to be held in Istanbul, Turkey, 16-17 September 2013. <http://www.acatta13.itu.edu.tr/>

Stróbl András, Péter Tamás, Fazekas Sándor (2012) Stratégiai zajtérkép készítése makroszkopikus közúti közlekedési modellt alkalmazó szoftverrel, Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia (IFFK-2012). Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2012.08.29-2012.08.31. Budapest: Óbudai Egyetem, Paper 11. pp. 71-75. (ISBN:978-963-88875-3-5) <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/>

Stróbl A. (2013) Traffic modeling of Győr in project Smarter Transport III. Scientific Workshop of Faculty Doctoral Schools, Budapest

Stróbl A., Péter T. (2013) Tartományi szintű stabilitásvizsgálat alkalmazásának lehetőségei Győr városában MMA „Innováció és fenntartható felszíni közlekedés” Konferencia, 2013. augusztus 28-30. Budapest

Stróbl A., Suri N. (2010) Ipari és közlekedési zajforrások megelőzésének, csökkentésének jogi, műszaki és gazdasági eszközrendszere (ISBN 978-963-87623-7-5)

Traffic Technology International (2010) The green wave ahead, Februar/März 2010 (Travolution)