

A közlekedési balesetek prevenciója és elemzésének lehetőségei a nagyméretű közlekedési hálózatok vizsgálatának módszerével

Kalincsak István*, Pup Dániel*, Fazekas Sándor**, Szauter Ferenc*, Bede Zsuzsanna**

Széchenyi István Egyetem*

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék**,

(e-mail: kalincsak.istvan@gmail.com; pupd@sze.hu; sanyizaresz@gmail.com; szauter@sze.hu bede.zsuzsanna@mail.bme.hu)

Absztrakt: A közúti baleset-megelőzés elemi, széleskörű összefogást, folyamatos fejlesztést és menedzselést igényel az útkezelőktől, a járművek biztonságáért felelős szervezetektől, a törvényhozóktól, a közegészségügyért felelős szervezetektől a szociális intézményektől, a város és környezetvédelmi tervekért felelősöktől. A baleset-megelőzés ügye sürgős elhatározásokat és intézkedéseket igényel a politikákat tervező és kivitelező felelős kormányoktól.

1. Bevezetés

Meddig és milyen szenvedéseket és károkat kell még elviselni az életünket megváltoztató és megkönnyítő közlekedési fejlesztésekkel együtt járó veszélyhelyzetek tudatosodásáig és az érdemi megelőzésre való törekvések őszinte és hatásos valóra váltásáig? Mikor lehet végre eltávolítani a szükséges intézkedések megtételéhez vezető úton lévő akadályokat, áttörni a közönyt, passzivitást és tájékozatlanságot? Itt az ideje a cselekvésnek, az úthasználók mindenütt az utakon többet érdemelnek, biztonságosabb közlekedési körülményeket.

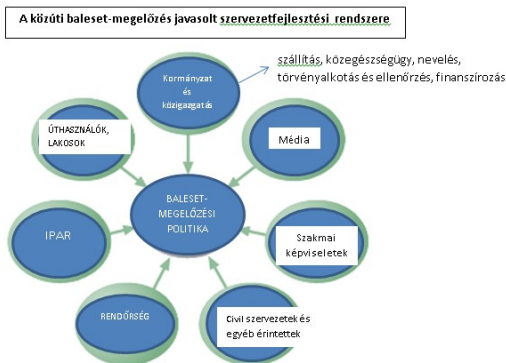
A közutak forgalmi rendszerei bonyolult és összetett komplex rendszerek, és mint ilyenek egyaránt veszélyeket jelentenek az emberek egészsége és a környezet számára. A rendszer elemei egyrészt a járművek és a motorok működési elvéből, fizikai és kémiai jellemzőiből adódóan jelentenek veszélyt a humán környezetre. A technikai komponens másik összetevője az épített közlekedési létesítmények az utak és tartozékai, valamint a környezeti és meteorológiai jellemzők. A harmadik elemcsoport, az úthasználók csoportja, a fizikai, szociális, gazdasági körülményektől és jellemzőktől befolyásoltan. A felsorolt elemek azonban önmagukban nem jelentenek összefüggő rendszert, márpedig a forgalmi rendszerekkel támasztott legfőbb követelmény a legkisebb veszélyt magába rejtő működés. Ahhoz, hogy ezt a követelményt teljesíthető legyen meg kell ismerni, vizsgálni és elemezni kell részletesen és tudományosan a rendszert felépítő elemeket teljességükben és egészükben, valamint az egész és rész, valamint a részen belüli törvényszerűségek és folyamatok egymásra gyakorolt hatását. Lévé, hogy a biztonságos forgalmi rendszerek leggyengébb, legérzékenyebb és legsérülékenyebb elemcsoportja a humán elemcsoport nemcsak az úthasználók, hanem valamennyi elemcsoport tervezésében, kivitelezésében és üzemeltetésben is érintett, ezek specifikumait a komplex rendszerek megvalósításánál, is figyelembe kell venni.

A közúti balesetek, sérülések ügye nem csupán közlekedési, de hatalmas közegészségügyi probléma is. Évente a közlekedési balesetekben 1.2 millió ember hal meg a világon, 20 é 50 millió közötti a sérült sok esetben egész további életére munkaképtelen és egészségügyi ellátásra szoruló emberek száma. Nemcsak az alacsony, vagy közepesen gazdag országokban, de fejlett és gazdag országokban is ijesztőek ezek az adatok, főként a tendencia rohamosan növekvő volta miatt. Tisztában kell lenni azzal, hogy a balesetek anyagi kárának nagyságrendjén, tehát a gazdasági hatásán túl az egyéni, családi és közösségi-nemzeti körülményekre is megrázó következményeket gyakorolnak a balesetek.

Minden nap emberek ezrei halnak és sérülnek meg az utakon. Férfiak, nők, vagy gyerekek, akik sétálnak, kerékpároznak az iskolába, játszanak az utcákon, vagy munkába utaznak, vagy pihenni, szórakozni, soha nem térnek többé haza. Emberek milliói hosszú heteket töltenek kórházakban a tragédiák után sokan közülük soha többé nem tudnak teljes életet élni, dolgozni vagy szórakozni úgy, mint a balesetet megelőző életükben. A balesetekben meghaltak több mint fele 5 és 45 év közötti életkorú, általában családfenntartó.

Fentiek miatt a közúti baleset-megelőzés elemi, széleskörű összefogást, folyamatos fejlesztést és menedzselést igényel az útkezelőktől, a járművek biztonságáért felelős szervezetektől, a törvényhozóktól, a közegészségügyért felelős szervezetektől a szociális intézményektől, a város és környezetvédelmi tervekért felelősöktől. A baleset-megelőzés ügye sürgős elhatározásokat és intézkedéseket igényel a politikákat tervező és kivitelező felelős kormányoktól. Nagyon sok országban nincs komplex baleset-megelőzési rendszer, amely megbízható, hiteles, a tudományos és egzakt kutatásokra, elemzésekre és vizsgálatokra alkalmas adatokkal rendelkezik a közúti balesetekről. Az indikátorok, főként a nem halálos kimenetelű balesetek tekintetében nincsenek szabványosítva és így az adatok nem alkalmasak korrekt összehasonlításokra, illesztésekre sem. A rendőrség, biztosítók egészségügyi

intézmények sajátos céllal létrehozott adatbázisai vagy el sem érhető, vagy nem is alkalmasak általános, tudományos elemzések céljára. Nem is beszélve azon szervezetekről, akik bár rendelkezhetnének értékes, adatállományokkal, de rendelet, felhatalmazás és koordináció hiányában nincs e célra használható adatbázisuk



1. ábra

Sok országban a baleset-megelőzés felelősségét feladatait kizárólag közlekedési szakági ügyként kezelik. Az elmúlt években erőteljes kísérletek folytak e szemlélet megváltoztatására. A közúti balesetek megelőzésének ügye, feladatai pedig a közegészségi szemléletet igényel, hiszen a megelőzés alapja, elmélete és gyakorlata tudományos megközelítésen alapul. Csak e megközelítéssel lehet eredményesen tudományközi ismereteket mozgósítani, azokat az ismereteket, amelyeket az ok kutatás érdekében az orvostudomány, biomechanika, szociológia, lélektan, kriminológia, nevelés, gazdasági, energetikai, műszaki-mérnöki és egyéb diszciplínák területéről kell alkalmazni.

2. Kihívások a közúti közlekedéssel szemben

Napjainkban, a gazdasági és társadalmi folyamatok egyre nagyobb kihívást támasztanak a közlekedési rendszerekkel szemben. Különösen igaz ez, a közúti közlekedési alágazatra, amely a szárazföldi közlekedés meghatározó tényezője. A közúti közlekedés bír a legnagyobb teljesítménnyel a közlekedési módok között, az áru és személyszállításnál egyaránt 70-75%-ot képvisel az Európai Unióban és Magyarországon is. Ugyanakkor, a gazdasági veszteségeket tekintve egy igen pazarló alágazat. 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 (ide értve az anyagi károkat, az adminisztratív költségeket, orvosi ellátási költségeket, a termelési veszteségeket és a kockázati értékeket is) [OTKA CNK78168 - CONTRA]. A kettő együtt 1,5 szerese a

Magyar GDP-nek! Figyelembe véve a környezeti károkat is, a teljes összeg évente meghaladja Magyarország bruttó hazai össztermékének a kétszeresét.

A közlekedés minősége kiemelkedő szerepet tölt be a különböző társadalmi célok elérésében. Ilyenek pl. a környezetbarát gazdaságos működés P. Bauer, Z. Preitl, T. Péter, P. Gáspár, Z. Szabó, J. Bokor (2006) és a munkahelyhez, oktatáshoz, egészségügyi ellátáshoz, pihenési és rekreációs lehetőségekhez való hozzáférések. Az említett társadalmi célok elérésnek egyik fontos eleme a közúti forgalomirányítás hatékonyságának javítása. A fentiek miatt, a folyamatok optimális irányítását szolgáló infokommunikációs technológiák fejlesztése alapvető fontosságú, a hosszú távú nemzetközi, gazdasági, műszaki és társadalmi folyamatok szempontjából.

3. A közlekedési balesetek megelőzésének interdiszciplináris kerete.

A közúti balesetek folyamatában nemcsak a gyakorlati teendők, a mentésben és elhárításban résztvevők, de az ehhez szükséges ismeretek és eszközök is több szakág szervezett és pontos együttműködését igényli. Az úgynevezett katasztrófa elhárítás több országban, az abban résztvevők speciális feladatorientáltsága helyett differenciált szakmai keretben működik. A katasztrófa elhárítás műszaki- orvosi- és rendészeti felhatalmazása és feladatellátása lényeges idő- és költségmegtakarítást tesz lehetővé. A gyakorlati teendők tekintetében különböző szervezetek egymásra utaltsága és szervezett, pontos együttműködése evidencia és elkerülhetetlen. Érthetetlen, de magyarázható, hogy a hatékony baleseti prevenció tekintetében ez a felismerés miért nem érvényesül, noha bizonyított az a tény, hogy a közúti balesetek ugyan az útüzemmel kapcsolatban jelentkeznek, de hatásuk össztársadalmi, a következményeik fontos közegészségügyi, környezetvédelmi, szociális és gazdasági vonatokat jelentenek.

4. A közlekedési balesetek fázisai és tartalma

A közlekedési balesetek folyamata időben, térben és felelősségben három jól elkülönülő szakaszra és a felelősségi megosztás szerint azon belül is elemekre bontható. Mindhárom szakasz felelősségi körébe tartozó feladatok meghatározott tevékenységek keretében kerülnek végrehajtásra. A tevékenységekből és azok dokumentációjából adatok, információk nyerhetők. Amennyiben ezek megfelelő rendszerben és megbízhatóan az átjárhatóság szempontjait is teljesítve kerülnek rögzítésre, úgy az alaptevékenység egyúttal a prevenció, kutatási tevékenység számára a kiinduló adatokat jelentik. A balesetek térben és időben történnek. A térbeli adatok, a pontos hely, létesítményi,

hálózati tényező adatok és azok naprakész rögzítése a tulajdonos, illetve kezelő és üzemeltető feladata. A bekövetkezett eseményt rögzítő szervezet ennek birtokában az időre és a konkrét körülményekre, állapotokra vonatkozó adatrögzítést kell, hogy elvégezze. A baleset előzményeinek ismerete humán megközelítésben a vezető és a képzés megszerzésének körülményeit, valamint a forgalomban okozott, vagy elszenvedett korábbi eseményeinek ismereteit igényli. Ugyanez jellemzi a járművel kapcsolatos elvárásokat is. A hatékony és eredményes prevenció az említett adatállományból kiindulva tényszerűen, a baleset előtti állapotok, a baleset körülményei ismeretében és a baleset utáni információkra is támaszkodva tud aktuális és valós eredményre jutni. Veszélyes és félrevezető az, ha más célok teljesítése során keletkezett adatok, mintegy melléktermékként kerülnek felhasználásra a balesetek elkerülése érdekében kinyerhető információk, illetve ezek alapján születnek nagy költséggel elhatározások és döntések. Konkrét példa, ma minden adat a szabálysértési kódexben rögzítetten, államigazgatási folyamat lefolytatása céljából kerül felvételre. Az ezekből nyerhető információ messzemenően nem elegendő prevenciók kutatások céljára.

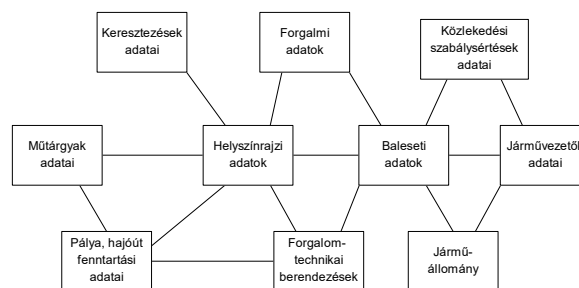
FAZISOK		ELEMELK		
		EMBER	JÁRMŰVEK ÉS FELSZERELÉSEK	KÖRNYEZET
Baleset előtt	Baleset megelőzés	információ, magatartás, állapot, jogkövetés	járműállapot, világítás, fék, kormány,	úttervezés és helyszíni állapotok, sebességhatárok, forgalomtechnika, gyalogos tartozékok
Baleset	Sérülés megelőzése a baleset idején	passzív és aktív biztonsági berendezések használata, önruralom	szerkezeti jellemzők, egyéb biztonsággal összefüggő jellemzők, biztonsági berendezések állapota és meglete	balesetek ellen védőfelszerelések, tartozékok, eszközök
Baleset után	sérültek ellátása, életben tartása, helyszíni biztosítása	biztonságba helyezés elsősegély, gyógy ellátás	a hozzáférés biztosítása, tűzkockázat	mentési, kárelhárítási eszközök, torlódások elhárítása

2. ábra

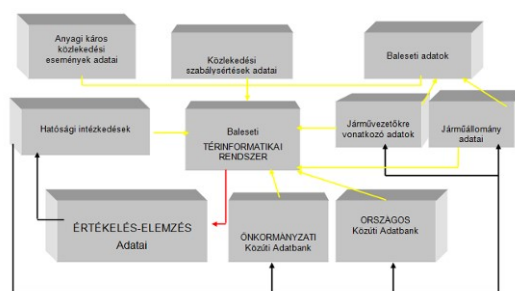
5. A komplex közúti közlekedési nyilvántartási rendszer összetevői

A forgalom elemei, a 3. ábrán látható adatrendszerek szerint csoportosíthatók. A táblázatban rögzített, bármilyen alapossággal is felvett adatok csoporton belüli és egymásra gyakorolt hatásai alapos kutatások és vizsgálatok során tárhatók fel. Egyszerű példa a sokat és sokszor baleseti statisztikákban szereplő pályaelhagyás. Baleseti okként ilyenkor a relatív gyorsulás szerepel, noha ez csak a tünet. Az ok eredhet emberi tényezőből, mely jelenthet képzési, vezetési- gyakorlatlansági hiányosságokat, szándékosságot, elégtelen egészségi állapotot, stb. Visszavezethető a jelenség a gépjármű valamilyen, szerkezeti elemének - pld. lengéscsillapító - nem megfelelő állapotára, mely különösképpen akkor figyelemre méltó, ha a gépkocsi a közelmúltban esett át műszaki vizsgán. Lehet az ok pályahiba is, például ha a pálya felületi érdessége nem megfelelő. Valószínűsíthetően azonban a balesetben mindhárom elem valamilyen arányban közrejátszik, de ez csak egzakt és független vizsgálat során deríthető ki. Ezen független vizsgálatok eredményeinek tudományos kutatásai szolgálhatnak csak megbízható és korrekt alapul a politika

számára, a közlekedési létesítmények esetében szinte mindig nagy értékű igénylő beavatkozások elhatározásához. A nyilvántartások, melyet a közútkezelők, üzemeltetők kötelesek felvenni és folyamatosan karbantartani, nemcsak a saját tevékenységüket, illetve annak tervszerű és gazdaságos elvégzését szolgálják, de balesetek, haváriák esetén a károk és körülmények felmérésének nélkülözhetetlen kellékei. A nyilvántartásban szereplő adatok összehasonlítása a rendeletekben, szabványokban és egyéb előírásokban rögzítettekkel jelenti az első lépést a létesítmény és felelősei szerepének tisztázásában. Ez adja meg a baleseti helyszínelést végzők számára azt a lehetőséget, hogy az alapnyilvántartásokon a konkrét körülményeket és tényeket rögzíthessék, és ne a helyszínrajzkészítésre fordítsák figyelmüket, energiájukat. A helyszínelés jelenlegi eljárási rendje különben sem teszi lehetővé azt, hogy a helyszín pontszerű vizsgálatán túl a figyelem és vizsgálat kiterjedjen a hálózati paraméterekre, noha a bekövetkezett balesetekben sok esetben úthálózati jellemzők is közrejátszanak. A környezeti hálózat vizsgálatára technikai háttér és technológiai ismeretek nélkül egyébként sincs lehetőség, ennek vizsgálata az ok-kutatás keretében mintegy laboratóriumi körülmények között lehetséges, ha az alapadatgyűjtés során a szükséges információk felvételre kerülnek. Ezért nagy jelentőségű az a módszer, amely TÁMOP pályázat keretében került kidolgozásra a Győri Széchenyi Egyetemen a nagyterjedésű hálózatok vizsgálata tárgyában.



3. ábra



4. ábra A baleseti prevenció blokk-sémája

A közúti baleseti prevenció csak rendszerszemléletű megközelítésben és szervezeti felépítésben működésképes. Az ÉRTÉKELÉS-ELEMZÉS blokk / okkutatás-következtetések levonása- intézkedési javaslatok

megfogalmazása/ alkotja a folyamat harmadik szintjét, melynél a független, befolyás mentes működés biztosítása alapvető feltétel.

6. A tudományos kutatások helye és szerepe a közúti baleseti prevencióban.

A közösségi politikáknak az értelmes és okos döntésekhez szükségük van a tudomány különböző területeihez tartozó független kutatásokra és az ezek által igazolt információkra. Ezen kutatási kapacitások hiányában a közúti balesetek területén néhány alacsony színvonalú, valami egyéb céloknak elkötelezett sztereotípiákra épülő téves magyarázatok és lásszattevékenységek pótolják az egzakt megelőzési tevékenységeket. Csak a nemzeti és azon belüli közösségi kutatások tudják feltárni a helyi területi sajátosságokból fakadó olyan körülményeket és okokat, amelyek feltárása révén jelentősen csökkenthetők a közúti balesetek. A rövid távú politikai érdekérvényesítésekben érdekelt kormányzatok végrehajtó szerveitől független szakmai kutatási bázisok biztosíthatnak hatékony eredményeket, olyanok, amelyek mentesek a rövid távú érdekeket szolgáló politikai nyomásgyakorlásoktól. Elvileg ennek felelhetnének meg az egyetemek, valamint a nemzeti kutatási laboratóriumok. Ezek működése és kialakítási gyakorlata egyébként több ország is példaértékkel szolgálhat.

7. TÁMOP422C

A Smart City témában a Széchenyi István Egyetem eredményesen pályázott a TÁMOP422C a nagyméretű közúti hálózatok közlekedési folyamatainak komplex modellezése a valós közlekedési folyamatok vizsgálatára és az optimális irányítására”

A témakör konkrét kidolgozásának célja: olyan, a városi forgalmi modell létrehozására irányuló” K+F projekt amely a torodásokat és a környezeti terheléseket, (Lakatos István, Nagyszokolyai Iván 1998, Lakatos István 2012 és Lakatos István 2013, Lakatos István, Hajdu Flóra 2014), minimalizáló intelligens közlekedési rendszer létrehozására irányul. Ebben kiemelten kell szerepeltetni egy új, valós idejű tartomány szintű irányítás lehetőségét, mely tartalmazza a szoftveres megvalósítás eszközét is.

A folyamatokat leíró közúti közlekedési rendszerek nagyméretű sztochasztikus dinamikus rendszerek. A közúti közlekedést az jellemzi, hogy nagyméretű hálózaton hatalmas tömegáram valósul meg. A világ teljes úthálózatának hossza 69 millió km, és ezen jelenleg több mint 900 millió közúti jármű közlekedik. A hálózaton a növekedés 25-35 millió gépjármű/év.

Az elvégzett munka alapján megvalósítható a hálózati folyamatok és a hálózatokon közlekedő járműdinamikai folyamatok egyesített rendszerben történő analízise. Ez egy új és igen komplex vizsgálati módszer. Az új módszer

egyrészt, tetszőleges méretű közúti hálózati modellek bármely trajektoriáján képes kiszámítani a közlekedés sebesség -és gyorsulási folyamatait; másrészt, ezeket a hálózati folyamatokat egy hiper-rendszerben integrálja a hálózatokon közlekedő járművek dinamikai folyamataival és azok vizsgálatával. Ily módon, a valós közlekedési folyamatok figyelembevételével, egyesített dinamikus rendszerben történik az analízis, a sztochasztikus dinamikus terhelések számítására alkalmas 3D-s gépjármű modellek és a hozzájuk tartozó emissziós blokkok alkalmazásával.

A hálózatok dinamikájának tárgyalására a pozitív rendszerek elméletén alapuló vizsgálati módszertant javasoltunk, ahol a modell lényegét tekintve, makroszkopikus modell. A pozitív rendszerek irányíthatóságának és a megfigyelhetőségének a feltételei nem vezethetők le egyértelműen az általános rendszereknél megismert módszerekből, Luenberger (1979). A probléma különösen igaz, ha nemcsak az állapotokra, de még a beavatkozó jelre is nem negatív értékkészletet követelünk meg. Ezért a közúti folyamatok tisztán pozitív rendszerként történő leírása az irányítástechnikai szempontból sem triviális feladat. Az irányítási feladat ebben az esetben azt jelenti, hogy úgy kell egy állapotból egy másik állapotba irányítani a rendszert, hogy az állapotátmenet közben is érvényes, hogy nem negatív értékeket vehetnek fel az állapotok, Varga, (2007). Tamas Peter, Jozsef Bokor and Andras Strobl (2013) publikációnál vizsgált környezet – annak ellenére, hogy makroszkopikus a modell – alkalmas arra is, hogy a valós közlekedési folyamatokat (forgalomirányító lámpákat, torlódásokat, parkolókat, stb.) figyelembe véve, egy tetszőleges indulási időpontban a hálózat bármely „A” pontjából egy, a hálózaton elérhető és kiválasztott „B” pontra történő valóságos eljutási folyamatot is leírjon. Ez az eljárás a hálózaton járműcsoportok optimális átvezetésén, T. Peter, and M. Basset (2009), Oussama Derbel, Tamás Péter, Hossni Zebiri, Benjamin Mourllion and Michel Basset (2012), Oussama Derbel, Peter Tamas, Hossni Zebiri, Benjamin Mourllion and Michel Basset (2013) és útvonalajánlásokon kívül, más területeken is fontos. Például, az intelligens járművek vizsgálata területén, továbbá a gépjárművek területén is, mivel különböző időpontokban és helyeken, nagyszámú járműre elvégezhető a rendkívül gyors számítások! A gépjárművek összetett, nemlineáris dinamikus modellezéséhez számítógépes algebrai módszert alkalmazó intelligens modell-alkotó rendszer kifejlesztésére került sor, be és röviden elemeztük a módszert. Ennek felhasználásával, az emberi oldalon fellépő modell-tervezés időszükségletét minimalizáljuk. A rendelkezésre álló hálózati IT eszközök és a járművekbe beépített számos elektronikus és elektromechanikai alkatrésznek köszönhetően a komplexitásra kitzűzött célok java része ma már elérhető. Fontos feladat lesz az új eszközök ipari alkalmazása, ill., a bevezetésének a vizsgálata is, továbbá az új eredményeknek az egyetemi oktatásban történő hasznosítása is. Végül, további új lehetőség az is, hogy a valós forgalomban a trajektoriák mentén mért és számított sebességek alkalmasak a hálózati modell validálására is!

A kutatást több olyan alapkérdés motiválta, amelyeket a jelenlegi modellezési technikákban elhanyagolnak, viszont a



gazdaságilag jelentős problémákra választ kereső nagyméretű hálózati modellek alkalmazásakor már nem hanyagolhatunk el, és nem kerülhetünk meg

A kutatás rámutatott arra, hogy a hagyományos modellezési szemlélet alkalmazása igen sok megválaszolatlan kérdést vet fel és állandóan méretproblémákkal küzd. Természetesen, maga a feladat is igen összetett: a közlekedési hálózat rendkívül bonyolult, belső automatizmusok, humán tényezők, sokféle szabály, geometriai, adat, szezonáltság, stb. jellemzi. Minden részhálózat más, sokféle az egyedi szabály, ennek kapcsán, bármely részhálózat, csak egy nagyon kis rész az egészből és minden esetben csak a nagy hálózatból kivett példa lehet! Ezen a területen a hagyományos modellezés technikában eddig fel nem vetett kérdés, hogy lehet-e ezekből - a példákban - következtetni az egészre, a teljesre? Ha megoldjuk egy résznek az optimalizálását, nincs válasz arra, hogy mi van a komplementerrel, nem tudjuk, hogy nem toltuk-e át oda a problémát? Ha szoftveresen algoritmizált modelleket alkalmazunk, ezek nem alkalmasak arra, hogy egzakt (matematikai) következtetéseket, ill. eredményeket adjanak! Ugyanakkor, a viszonylag kisméretű modellek is támaszthatnak rendkívüli számításgigeyt, pl. parciális differenciál-egyenletrendszerrel dolgozó egyes makroszkopikus modellek. A nagyméretű hálózat folyamatosan töltődik az autógyárak termelése révén és ürül az amortizáció (roncs járművek kilépése) révén, - tehát a belső anyagáram összes volumene is folyamatosan változik. Probléma a parkolók szerepe is! Ezek a hagyományos modellekben más típusú szereplők (idegen elemek), mint az útszakaszok a közúti hálózatban.

A kutatás komplex modellt vizsgált a valós közúti járműfolyamatok leírására. Ennek során, a tetszőleges méretű és topológiájú közúti hálózat speciális matematikai modellezési technikáját használtuk fel T. Péter; S., Fazekas (2014). Megadtuk a járműsűrűség állapottérben a komplex rendszer működését leíró nemlineáris differenciálegyenlet-rendszert, amely a pozitív rendszerek osztályába tartozó makroszkopikus közúti közlekedési modell. A szimuláció a PannonTraffic Engineer szoftver alkalmazásával történik, amely szoftvercsalád a nagyméretű közúti közlekedési hálózatok komplex modellezésére és analízisére kifejlesztett eszköz, S. Fazekas, T. Peter: (2012), Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.1), Fazekas Sándor, Péter Tamás (2012.2), Fazekas, S., Péter T. (2013), Péter, T., Stróbl, A., Bede, Zs., Kalincák, I., Fazekas, S. (2013). A fentiek alapján, ma már elvégezhető a hálózati folyamatok és a hálózatokon közlekedő járművek egységes rendszerben történő vizsgálata. Győr város esetében egy komplex, a valós forgalmi helyzetet széles körben figyelembe vevő szimulációs modellt hoztunk létre. A modell felépítésénél figyelembe vettük a város által 2012 évben elvégzett keresztmetszeti forgalomszámlálás adatokat, a saját forgalomsebesség mérési adatainkat, a

valóságos forgalomirányítási lámpák programjait, a hálózaton fellépő disztribúciókat, a hatalmas pufferként működő nagyszámú városi parkoló helyeket és a napi szezonáltságokat is. A valós közúti trajektóriákon történő járműmozgásokat T. Péter (1992) és a forgalmi eseményeket vizsgáltuk. Ezek számos olyan összetett dinamikai folyamatot eredményeznek, ill. helyzetet idéznek elő, amely a kutatás jelentőségét kiemeli és az általunk tárgyalt módon modellezhető. Ilyen például a járműgeometria kérdéseinek elemzése a körgeometriában való haladásnál. Ez esetben a nagyméretű hálózati modell egy részhálózati eleme pl. az a körforgalmi elem is, amelyen valamely trajektória választáskor áthalad a jármű. A Győrben megépült körforgalomban szemlélteti a valós, tehergépjárművek és autóbuszok okozta legkritikusabb konfliktusokat. Ezek tehát már a valós trajektórián fellépő járműdinamikai folyamatok körébe tartoznak. Az 5. és 6. ábrákon pl. jól látható, hogy a tehergépjárművek ívben haladásakor az üldözőgörbe a szomszédos forgalmi sávok területeire is kiterjed, ezért erre a tehergépjárművek, autóbuszok és a közlekedő partnerek dinamikai folyamatainak vizsgálatánál különös figyelmet kell fordítan



5. ábra A Győrben megépült valós körforgalomnál a gépjárművek okozta konfliktusok



6. ábra Győrben megépült körforgalmi valós, csuklós autóbusz okozta konfliktusok



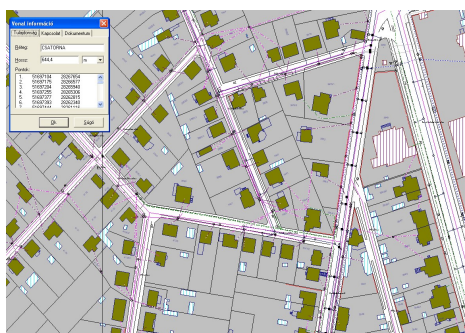
7. ábra A Győrben megépült körforgalmi csomópont szimulációja

A klasszikus adatszolgáltatási körből ma még hiányoznak azok az értékes információk, amelyek a közlekedési hatóságok, biztosítók és civil szervezetek működése során keletkeznek, az úgynevezett kvázi baleseteket jelentő körülményeket tartalmazó adatok. Kvázi baleset olyan körülmény, amely során konkrét fizikai változások következtek be az út – környezet, vagy járművek

tekintetében, de baleset még nem következett be. Pedig a balesetek megelőzésének az a legeredményesebb módja, ha a baleseteket előidéző okok még azok bekövetkezése előtt megszüntetésre kerülnek. Ennek érdekében, új elemként rendszerszemléletű baleset-megelőző folyamat-analizátort is be kell építeni a rendszerbe!

8. Forgalmkorlátozások, közműmunkák az utakon

A hálózatvizsgálatok kidolgozott módszerének korszakalkotóan új alkalmazása a forgalmi torlódások gyors áttekintése és kezelési lehetősége. A torlódások az idővesztés miatt jelentős gazdasági károk előidézői. Ezen túl lényeges szerepe van a balesetek létrejöttében, mégpedig elsősorban is nem a torlódási helyszíneken, hanem az idővesztés pótlását lehetővé tevő hálózati szakaszokon. Ezért is fontos, hogy a térinformatikai szoftver a közlekedési paramétereken túl tartalmazza és kezelni tudja a közmű nyomvonalakat is. Mivel a közművek döntően az utak területén kerültek kiépítésre, a gyakori meghibásodások miatt a kényes területfoglalások általában hálózati beavatkozásokat igényelnek.

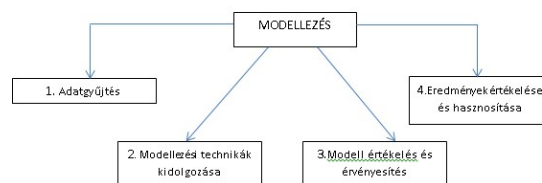


8. ábra Egyesített közműábrázolás

9. A baleseti ok-kutatást segítő módszerek és eszközök.

Az ok-kutatás működtetésében kardinális kérdés az egységes, hierarchikus szintekre kidolgozott és meghatározott hozzáférési jogosultságokkal rendelkező, integrált ágazati adatbázis. Ezen közös adatbázis a konkrét tevékenységek ellátása során keletkező adatok felvételével indul, ezek az u.n. alapadatok. A saját, konkrét tevékenységek ellátásához szükséges döntések ezen adatok vizsgálatai és a vizsgálatok elemzése révén szülehetnek. De ezen adatok szolgálnak kiindulási alapként a különböző, speciális /irányítási, szabályozási, rendezetalkotási stb/ feladatok ellátásához és az ezekhez szükséges vizsgálatokhoz és elemzésekhez is. A vizsgálatok és elemzések elvégzéséhez az alaprendszerhez illesztetten olyan objektív mérési és eljárási technológiákat kell kifejleszteni, amelyek a döntések előkészítéséhez korrekt elemzési lehetőséget biztosítanak. Alapvető igények az ilyen szakértői rendszerekkel szemben, hogy különböző döntési változatok összehasonlítását modellezési eljárásokkal

igazolják. A modellezés és adatelemzés témaköre mindenfajta, a közlekedéssel kapcsolatos események modellezésével, az ilyen eseményekhez kapcsolódó adatgyűjtéssel és az összegyűjtött adatok rendszerezett felhasználásával foglalkozik. A közlekedés modellezése szorosan kapcsolódik az igények felméréséhez és a működés elemzéséhez. A modellezés és adatelemzés témaköre különböző modellezési módszereket (mikro- és makroszintű szimulációkat, scenáriókat és egyebeket) és az adatelemzést (az alapvető adatok statisztikai elemzését és a modellezési eredmények megbízhatóságát) vizsgálja. A témához kapcsolódó témakörök közé a közlekedésmenedzsmentet, a szimulációt, a telematikát és a környezeti hatásokat soroljuk.



9. ábra

10. Konklúzió és a dinamikus modellezés új modellparadigmákon alapuló folytatása

A területen elért eredmények az alábbiakban foglalhatók össze.

I. Új forgalmi modellfejlesztés történt a nagyméretű bonyolult hálózati problémák vizsgálatára.

A TÁMOP pályázat kidolgozása során sor került „A nagyméretű hálózatok modellezésére makroszkopikus hálózati modell” kidolgozására. Az új modellparadigmák rövid összefoglalója Péter Tamás (2012.2).

P.1. A közúti járműforgalmi folyamatok egységes dinamikus modelljét egy új pulzáló irányított gráf határozza meg. Kövessük azt az ismert eljárást, amely szerint a közlekedési-topológiai gráf éleit, (praktikusan a térképen látható útsávokat) szektorokra bontjuk. Ekkor az úthálózaton létrejövő közlekedési folyamat a szektorok, mint hálózati elemek sokasága között fellépő dinamikus kooperációk eredménye. Ebben a főszereplők a kooperáló szektorok és ők az új gráf csúcsai! Ezek a csúcsok egyúttal állapotjellemzőkkel (dinamikus járműsűrűségekkel) is rendelkeznek. A csúcsok közötti élek szintén dinamikusak. Ők egyszerre szabályozzák az anyagátadás (jármű-átadás) sebességét és mennyiségét is. A dinamikus éleknél az anyagáram-sebesség a kooperáló csúcsok állapotaitól, az őket körülvevő (segítő/akadályozó) környezettől, és időtől is függenek. A dinamikus éleknél az anyagátadás-mennyiségét környezettől és időtől függő disztribúciók szabályozzák.

P.2. A járműsűrűség állapotjellemző definiálására a szektorok térbeli lefedettségét használjuk, amely matematikailag egzakt fogalom és bármilyen hosszúságú szektor esetében [0,1] intervallumban helyezkedik el. Ez a definíció kiterjeszhető bármilyen alakú parkolóra is. Ennek

eredményeként a parkolók, mint (általánosított) szektorok vesznek részt a járműforgalmi folyamatok egységes dinamikus modelljében. Ők ugyanolyan (állapotjellemzővel és anyagátadás-kooperációval bíró) dinamikus elemek, mint a hagyományos szektorok. Nagyon fontos következmény, hogy a rendkívül bonyolult és nagyméretű közúti hálózatokhoz kapcsolódó járműforgalmi folyamatok egységes dinamikus modelljét, ily módon sikerült egyféle elemek sokaságából felépíteni.

P.3. A vizsgált tartományában elhelyezkedő valós közlekedési hálózati rendszert egy virtuális zárt görbével határoljuk körül. (A tartomány nem feltétlenül egyszerűen összefüggő). A virtuális zárt görbe megnevezés a modellezés igen fontos tulajdonságát emeli ki! Ily módon, a körülhatárolás következtében, nem szűnik meg az a dinamikus kapcsolatrendszer, amely a külső és belső hálózatok között, a vizsgálatunktól függetlenül létezik. A modellben ez azt jelenti, hogy az input szektorok és belső szektorok között, valamint az output szektorok és belső szektorok között ugyanazon típusú dinamikus átadási kapcsolatok valósulnak meg, mint a belső-belső szektorok között. Tehát, az u.n. „kapuknál” nem forgalom megadása történik, mint a hagyományos modelleknél.

P.4. A belső és külső hálózat szektorai között négy féle kapcsolata van. A teljes hálózat esetében alapvető fontossággal bír a hálózatot definiáló kapcsolati hipermátrix. A teljes (belső és külső) hálózat dinamikus működését a kapcsolati hipermátrix foglalja egy rendszerbe. A kapcsolati hipermátrix megadja bármely szektor esetében, hogy milyen más szektorokkal áll és milyen dinamikus átadási kapcsolatban. A kapcsolati hipermátrixot tartalmazó differenciálegyenlet-rendszer írja le a hálózat minden szektorának a működését, azaz a teljes hálózat működését. Péter, T. (2012.1): International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS), 2012.

P.5. A belső és külső hálózat járműforgalmi folyamatait egyszerre leíró univerzális hálózati modellt írunk fel. Módszerünk lényeg, hogy egyszerre vizsgálunk egy tetszőleges belső hálózati szektor összes dinamikus átadási kapcsolatát és egy tetszőleges külső hálózati szektor összes dinamikus átadási kapcsolatát. Az univerzális hálózati modell nemlineáris pozitív differenciálegyenlet-rendszer.

P.6. Globális hálózati modellhez jutunk el, oly módon, hogy az univerzális hálózati modell belső hálózatát tartalmazó tartományát addig növeljük, amíg a külső tartomány üres halmazzá nem válik. Ezzel ekvivalens, ha a külső hálózatot tartalmazó tartományát addig növeljük, amíg a belső tartomány üres halmazzá nem válik.

P.7. A szűkített hálózati modell esetében, a belső hálózati tartományban n db. x_1, x_2, \dots, x_n , sűrűségű állapotjellemzővel rendelkező szektor van. A külső tartomány, azt az m db. s_1, s_2, \dots, s_m , mért sűrűséggel rendelkező szektort foglalja magában, amelyeknek közvetlen input vagy output átadási kapcsolata van valamely belső szektorral. (Ez utóbbi modellt alkalmazzuk pl. valós idejű modellezésre és irányításra. Az Univerzális és Globális modellek általános rendszerelméleti tulajdonságok vizsgálatára és megismerésére szolgálnak.)

II. A nagyméretű közúti hálózatokon a közlekedési és környezeti folyamatok modellezése elvezetett a pozitív nemlineáris rendszerek alkalmazásához.

A pozitív rendszerek első definícióját Luenberger, (1979) adta meg: A vizsgált közúti közlekedési folyamatok többségében az állapotok eredeti fizikai jelentése alapján megfelelnek ennek. A klasszikus irodalomban a közúti folyamatok leírása során a legtöbb esetben általános lineáris rendszer egyenleteket állítanak fel és nem használják ki a folyamat pozitív tulajdonságait. Azt gondolhatjuk, hogy az általános lineáris rendszereknél megismert tulajdonságok minden probléma nélkül igazak a pozitív rendszerekre is, azonban ez nem így van. A pozitív rendszerek irányíthatóságának és a megfigyelhetőségének a feltételei nem vezethetők le egyértelműen az általános rendszereknél megismert módszerekből. A probléma különösen igaz, ha nemcsak az állapotokra, de még a beavatkozó jelre is nem negatív értékkészletet követelünk meg. Ezért, a közúti folyamatok tisztán pozitív rendszerként történő leírása az irányítástechnikai szempontból nem triviális feladat. Az irányítási feladat ebben az esetben azt jelenti, hogy úgy kell egy állapotból egy másik állapotba irányítani a rendszert, hogy az állapotátmenet közben is érvényes, hogy nem negatív értékeket vehetnek fel az állapotok. Az irányításméletben alkalmazott A valós mátrixot tekintve, kijelenthető a következő tétel: A rendszer pontosan akkor pozitív, ha az A mátrix Metzler mátrix, azaz a főátlón kívüli elemek mind nem negatívak, a főátlóban lévő elemek pedig tetszőlegesek lehetnek.

III. Ebben az irányban, lehetővé váltak a Globális közlekedési folyamatok, a környezeti és gazdasági kutatások a hálózaton

A globális modell a közúti közlekedési áramlatokat tekintve egy nemlineáris autonóm rendszer. Dinamizmusát a szektorok között fennálló kooperáció intenzitását időben befolyásoló gamma függvények szabályozzák a Földfelszín különböző pontjain, reggel feléled, estére lecsillapodik a dinamizmusa. Érdekes a globális hullámtulajdonságok vizsgálata. A modell kiterjeszhetőségének vizsgálata általános környezeti Lakatos I. (2007) és gazdasági folyamatok leírására. Fontos, a prognosztizálható járműszám összetétel és államonként eltérő szabályozások várható hatásainak lokális és globális vizsgálata, a forgalom, a környezetterhelés az üvegházhatás továbbá az általános gazdasági tényezőket tekintve. A Föld felszínén elhelyezkedő n elemű hálózat közlekedési folyamatait egy horizontális folyamatnak tekintve, lezajlik egy másik jelentős vertikális folyamat is, amely egyrészt a járműgyártásból eredő ráterhelés, másrészt az amortizáció következtében lép fel! A globális hálózaton ténylegesen az állandó járműszám-növekedés mellett történő nem Euleri közlekedési áramlatokat kell indexeinek időtől történő függőségével és az elemek közti kapcsolatok változásának figyelembevételével adhatjuk meg. A javasolt további kutatás feladata a modell kiterjeszhetőségének vizsgálata infokommunikációs eszközök alkalmazásával és a globális közúti közlekedési



áramlatok nemlineáris modellezése, külön kitérve a globális hullámtulajdonságok és termelés környezeti vizsgálata. Az infokommunikációs technológiák és a modell által, a hálózatok irányításával optimális járműsűrűségek és ez által, optimális sebesség értékek és optimális járműösszetételek tarthatók fent. A környezeti terhelések tartomány szinten történő kedvező értéken tartására új, tartomány szintű optimálás irányítás adható meg. Ez a központi forgalomirányító rendszer által dinamikusan alkalmazható a teljes tartományon, illetve azokon a szub-tartományokon, ahol kritikus helyzet lép fel.

IV. Lehetővé vált egy új, tartomány szintű irányítás

A nagyméretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok optimális irányításának vizsgálata

Lyapunov függvények módszerével Péter, (2007.1), Péter, (2007.2), Péter T., (2008), Péter T., (2009), Tamas Peter, Jozsef Bokor and Andras Strobl (2013) IFAC (ACATTA 2013) nem autonóm rendszerrel, a peremekre vonatkozó Lyapunov függvényt alkalmazó irányítási törvényt adtunk meg, amely elégséges feltételt ad a rendszer aszimptotikus stabilitására és dinamikusan alkalmazható a teljes tartományon, illetve, azokon a szubtartományokon, ahol kritikus helyzet lép fel.

Az alkalmazott lineáris Lyapunov függvény fizikai jelentése a körülhatárolt úthálózaton, a t időpontban, a járművek által elfoglalt összes úthossz. A módszer tartományon történő optimális járműsűrűség fenntartására alkalmas. Sebességfolyamatokat is figyelembe véve, a módszer közvetlen kapcsolatba hozható a környezeti terhelések optimalizálásával is, ezért a további kutatások ebben az irányban folytathatók, F., Szauder, T., Péter, J., Bokor (2015), T., Péter, I., Lakatos, F., Szauder (2015) ASME/IEEE August 2-5, 2015, Boston, Massachusetts, USA és Ferenc Szauder, Tamás Péter, István Lakatos (2014) ASME/ IEEE 9-12. 2014., Ancona, Olaszország. A csomópontok optimális működtetése további lehetőség, a modell prediktív irányítási (MPC) módszer Péter T, and Bokor J (2010.1), Péter T, and Bokor J (2010.2) Péter and Bokor J (2011). Az ily módon működő irányítási eljárás esetén, a programalkotó rendszer már teljesen forgalomtól és környezet terheléstől függő és a fő jellemzője az adaptivitás. A célfüggvény meghatározására számos kritérium adható. Reális követelmény, a csomóponton átáramló forgalom akadályozásának minimalizálását és a környezetterhelésre optimális sebességet előírni! A bevezetőben tárgyalt új szemléletmód alapján minden csomópont a nagy hálózat részgráfjaként jelenik meg, az őt alkotó általánosított szakaszok (ívdarabok, szektorok) kooperációjaként. Modellünk sajátossága tehát, hogy teljes hálózatot vizsgál, amelyben nincs kitéüntetett szerepe a csomópontoknak, illetve a kereszteződéseknek. A teljes hálózat optimalizálásánál ez különleges lehetőségeket biztosít olyan elvek alkalmazására, mint a Bellman-elv, a rendszer pozitív tulajdonsága pedig a tartományok irányításánál, a Lyapunov módszer alkalmazására.

V. Lehetővé vált a modellezésre kifejlesztett és jelen állapotában kutatásra használt szoftver piacorientált továbbfejlesztése

Fontos feladat az új eszközök piacképes ipari alkalmazásának hatékony bevezetése, továbbá az új eredményeknek a kutatásokban és az egyetemi oktatásban történő hasznosítása is Ströbl, A., Péter, T. (2013).

A modellezés céljaira kifejlesztett hatékony kutatási szoftver alkalmazásával város szintű, optimális GreenNet irányítási modellt kívánunk működésbe hozni és javaslatot kidolgozni ennek valós idejű alkalmazására is.

A nagyméretű hálózati szoftver jelenleg alkalmas a közúti közlekedési hálózatok átfogó modellezésére és analízisére. A szoftver segítséget nyújt közúti közlekedési hálózatokon végbemenő járműáramlási folyamatok analízisében, továbbá már tervezési szakaszban az egész hálózatra kiterjedő hatástanulmány is készíthető. Szimulálhatók közlekedési balesetek, forgalomelterelések, vagy forgalmi-rend változások, Zs., Bede, Sz. Géza, T. Péter (2010) jelzőlámpa-programozási változások, parkolók létesítésének, megszüntetésének hatása, továbbá a hálózat új útszakasszal történő bővítése, egyes útszakaszok szélesítése, stb. A modellhez kapcsolódó validálás megtörtént, pl. változtatható irányú forgalmi sávok alkalmazása; sebességprofilok kinyerése T. Peter, and M. Basset (2009), Peter, Fülep and Bede (2011) alternatív hajtásrendszerű járművek választásához. Olyan innovatív technikákat is képes alkalmazni a működésében, mint az adaptív lámpák intelligens online szabályozás visszacsatolással, vagy a zárt görbével körülhatárolt tartomány esetében a görbe menti peremlámpák irányítása, egész tartományokba történő behajtás-korlátozás és kilépés engedélyezésének szabályozása. A modern reprezentációs igényhez igazodva, 3D-s környezetet alakítottunk ki a forgalom-vizualizációhoz. A kifejlesztett módszer emulációs technikát alkalmaz. A számított makroszkopikus folyamatok és valós járműmozgások lekövetése alapján, mikroszkopikus forgalmi folyamatokat állít elő a környezetnek megfelelő háttérképek alkalmazásával. Architektúrális és performancia szempontjából is előnyös, hogy ezt a forgalom-vizualizációt nem a szimulációs rendszerbe integráltuk, hanem egy külső alkalmazást (Visualization) fejlesztettünk ki a feladatra.

Irodalom

Zs., Bede, Sz. Géza, T. Péter (2010) Optimization of road traffic with the applied of reversible direction lanes, PERIODICA POLYTECHNICA: TRANSPORTATION ENGINEERING 38:(1) pp. 3-8.

P. Bauer, Z. Preitl, T. Péter, P. Gáspár, Z. Szabó, J. Bokor (2006) Control oriented modelling of a series hybrid solar vehicle, Proceedings of WHSV International Workshop on Hybrid and Solar Vehicles. Salerno, Olaszország, 2006.11.05-2006.11.07. Univ. Salerno, 2006. pp. 19-26

S. 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 modell 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

Lakatos István, Nagyszokolyai Iván (1998) Gépjármű-környezetvédelmi technika és diagnosztika II. Győr: Minerva-Sop Bt., 1998. 127 p. (ISBN:963-9056-16-2)

Lakatos I. (2007) Effect of valve timing on exhaust emission, 8th International Conference on Heat Engines and Environmental Protection, BME, Department of Energy Engineering, (ISBN:978 963 420 907 2) Balatonfüred, 2007.05.28-30. pp. 207-214.

Lakatos István (2012) Modeling of a Naturally Aspirated Gasoline Engine in the GT-suite Software Environment. In: Matija Fajdiga, Jernej Klemenc (szerk.) AT 2012 - Innovative Automotive Technology. Konferencia helye, ideje: Dolenjske Toplice, Szlovénia, 2012.04.12-2012.04.13. Ljubljana: LAVEK, 2012. pp. 77-94. (ISBN:978-961-6536-61-5)

Lakatos István (2013) Diagnostic measurement for the effective performance of motor vehicles *ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA* 10:(3) pp. 239-249. (2013)

Lakatos István, Hajdu Flóra (2014) Examination of the effect of sensor properties on the secondary battery model in simulation environment *ACTA TECHNICA JAURINENSIS* (ISSN: 1789-6932) (eISSN: 2064-5228) 7:(1)pp.71-86.(2014).

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

Oussama Derbel, Tamás Péter, Hossni Zebiri, Benjamin Mourllion and Michel Basset (2012) Modified Intelligent Driver Model, *Periodica Polytechnica-Transportation Engineering* 40/2 (2012) 53–60. doi: 10.3311/pp.tr.2012-2.02 web: <http://www.pp.bme.hu/> tr ISSN 1587-3811 (online version); ISSN 0303-7800 (paper version)

Oussama Derbel, Peter Tamas, Hossni Zebiri, Benjamin Mourllion and Michel Basset (2013) Modified Intelligent

Driver Model for driver safety and traffic stability improvement, 7.IFAC Symposium Tokyo 2013 szept. 4-7. <http://www.sice.or.jp/IFAC-AAC2013/details.html>

Organized by: International Federation of Automatic Control, Technical Committee on Automotive Control (IFAC-TC7.1) pp, 734-739 132-ik anyag. Doi: SaB2.3

T. Péter (1992) Reduction of parameters of spatial nonlinear vehicle swinging systems, for identification and purposes, *PERIODICA POLYTECHNICA: TRANSPORTATION ENGINEERING* (ISSN: 0303-7800) (eISSN: 1587-3811) 36:(1) pp. 131-141. (1992)

Péter, (2007.1) Nagyméretű nemlineáris közlekedési hálózatok modellezése, *Közlekedéstudományi szemle*, 9. 2007. Szept. LVII. Évf. pp. 322- 331.

Péter, (2007.2) Nagyméretű közúti közlekedési hálózatok analízise. MMA „Innováció és fenntartható felszíni közlekedés” - Konferencia, 2007. szeptember 4-5-6 Budapest, BMF <http://www.kitt.bmf.hu/mmaws/index.html>

Péter T., (2008) Péter T.: Tetszőleges méretű nemlineáris közúti közlekedési hálózatok modellezése speciális hálózati gráffal, amelyben a gráf csúcsai általánosított szakaszok, a gráf élei a csúcsok közötti kooperálót leíró dinamikus relációk. *A jövő járműve*, III:(3-4) 26-29 (2008).

Péter T., (2009) Járműforgalmi rendszerek modellezése és irányítása, célok, kutatási területek és eredmények. *A jövő járműve*, IV:(1-2) 59-78 (2009).

T. Peter, and M. Basset (2009) Application of new traffic models for determine optimal trajectories, pp. 89-94. Sessions 1 Automation and Mechatronics. (1-C-1 Sistem Modelling and Control). Oct.21-Oct.23, INTERNATIONAL FORUM ON STRATEGIC TECHNOLOGIES (IFOST 2009) HoChiMinh City University of Technology, Vietnam.

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. (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/mmaaws/>

Péter, T., Stróbl, A., Bede, Zs., Kalincsak, 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/>

T. Péter; S., Fazekas (2014) Determination of vehicle density of inputs and outputs and model validation for the analysis of network traffic processes, *PERIODICA POLYTECHNICA TRANSPORTATION ENGINEERING* (ISSN: 0303-7800) (eISSN: 1587-3811) 42: (1) pp. 53-61.

T., Péter, I., Lakatos, F., Szauter (2015) Analysis of the complex environmental impact on urban trajectories, *ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA) 2015*. August 2-5, 2015, Boston, Massachusetts, USA, DETC2015-47077 , pp. 1-7.

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

F., Szauter, T., Péter, J., Bokor (2015) Complex analysis of the dynamic effects of car population along the trajectories, *ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA) 2015*. August 2-5, 2015, Boston, Massachusetts, USA, DETC2015-47075, pp. 1-6.

Ferenc Szauter, Tamás Péter, István Lakatos (2014) Examinations of complex traffic dynamic systems and new analysis, modeling and simulation of electrical vehicular systems, *10th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications*,

Ancona, Olaszország, 2014.09.10-2014.09.12. (IEEE), Paper CD, (ISBN:978-1-4799-2280-2), pp. 1-5.

Varga, (2007) "Közúti folyamatok paramétereinek modell alapú becslése és forgalomfüggő irányítása", PhD Értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2007.

www.eu-portal.net: Közlekedés és terület felhasználás. PORTAL írásos oktatási segédanyag

www.eu-portal.net: Mobilitas menedzsment es tudatos közlekedés. PORTAL írásos oktatási segédanyag

www.eu-portal.net: Modellezés és adatelemzés . PORTAL írásos oktatási segédanyag

6/1998(III.11.) KHVM rendelet az országos közutak kezelésének szabályozásáról

5/2004. (I. 28.) GKM rendelet a helyi közutak kezelésének

