

A közúti forgalomirányítási modellek többkritériumú optimalizálása társadalmi-gazdasági hatások figyelembevételével

Rita Markovits-Somogyi*

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésgazdasági Tanszék
H-1111 Budapest Műegyetem rkp.3 (E-mail: rsomogyi@kgazd.bme.hu)

Absztrakt: A kapacitások és az erőforrások hatékonyabb használata, a kőolaj-függőség csökkentése, és általában véve a környezeti ártalmak mérséklése kiemelt jelentőségű szempont az európai közlekedéspolitikák kialakítása során. A cikkben bemutatott munka egy átfogó kutatás része, amelynek célja, hogy a közúti járműforgalmat társadalmi és gazdasági hatékonysági szempontok együttes figyelembevételével lehessen modellezni és az ennek révén – többkritériumú optimalizáláson alapulva – váljon irányíthatóvá. A cikk megvilágítja ennek az innovatív forgalomszabályozási megközelítésnek a jelentőségét, és ismerteti a statikus járműállomány környezetvédelmi kategóriákat is figyelembe vevő felmérésében, valamint a kutatási módszerek feltárásában elért eddigi eredményeket.

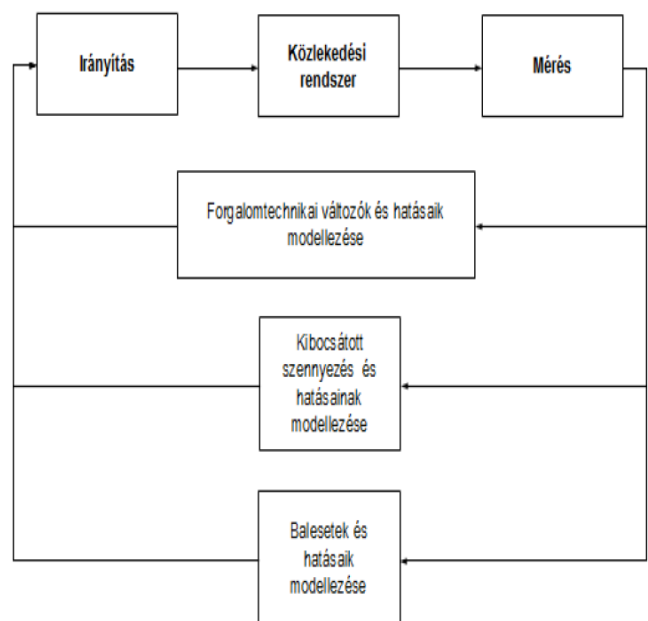
1. BEVEZETÉS

A mobilitási igények folyamatos növekedése, a közlekedési infrastruktúra egyre zsúfoltabbá válása, a környezeti ártalmak erősödése, valamint a társadalmi érzékenység növekedése egyre nagyobb kihívások elé állítják a szakmai döntéshozókat (Tánczos és Bokor, 2003). Ez az állítás különösen igaz a közúti közlekedésben. Világos iránymutatást adnak a legújabb közlekedéspolitikai célok is: a kőolajfüggőség felszámolása, kevesebb és hatékonyabb energiafelhasználás, hatékonyságjavítás a mobilitási igények visszaszorítása nélkül, valamint a rendelkezésre álló teljes közlekedési infrastrukturális kapacitás hatékonyabb használata továbbfejlesztett forgalomirányítási és információs rendszerek (Grzybowska és Kovács, 2012) alkalmazásával a legégetőbb települési közlekedési problémák (torlódás, lég- és zajszennyezés) enyhítése céljából (Európai Bizottság, 2011). Tehát olyan megoldásokat kell keresnünk, amelyek a meglévő eszközeinket még hatékonyabbá teszik (Markovits-Somogyi, 2011), valamint egyszerre képesek megfelelni a velük szemben támasztott szakmai, politikai és társadalmi elvárásoknak (Mészáros, 2010, Duleba 2010). Mindemelllett olyan „policy” jellegű szabályozási eszközöket kell bevetnünk, amelyek viszonylag olcsó és könnyen alkalmazható (Mészáros, 2011) megoldásokat jelentenek a problémákra.

2. INNOVATÍV FORGALOMSZABÁLYOZÁSI MEGKÖZELÍTÉS

Ebből a megfontolásból indult ki a CONTRA kutatási projekt, amely a közúti járműforgalom modellezését és többkritériumú optimalizáláson alapuló irányítását tűzte ki célul, a társadalmi és gazdasági hatékonyság figyelembe vételével (Mészáros et al., 2012). A projekt eredményeként

olyan új forgalomirányító stratégiák kerülnek kidolgozásra, amelyek a klasszikus forgalomtechnikai paramétereken túl a közúti közlekedés társadalmi és gazdasági hatásait is figyelembe veszik. Így az általában alkalmazott forgalomirányítási elv kibővítésre kerül a környezetterhelési, közlekedésbiztonsági és társadalmi időkötségekkel. A kutatás során a legmodernebb matematikai eszközöket, forgalom-szimulációs programokat, illetve más innovatív megoldásokat használunk fel. A tervezett rendszer kialakítása okán – egy következő kutatási fázisban tervezett prototípus elkészítése és tesztelése után – alkalmas lesz a gyakorlati implementációra is.



1. ábra Kibővített szabályozókör

A kutatás alapja a fenti elvek mentén átalakított, illetve kibővített szabályozó kör, amit az 1. ábra mutat be (CONTRA, 2010).

Jelen cikkben a szabályozó kör társadalmi és gazdasági hatásokat figyelembe vevő ágainak általános bemutatására, valamint a szabályozáshoz szükséges bemeneti adatok előállíthatóságának vizsgálatára vállalkozunk.

3. FORGALOMTECHNIKAI VÁLTOZÓK ÉS HATÁSAIK MODELLEZÉSE

A forgalomtechnikai ág klasszikus megközelítésén túl új elemként az úthasználók torlódásokban elszenvedett idővesztését vettük alapul. Ezt a következő összefüggés alapján számolhatjuk (Mészáros és Török, 2010):

$$MEC_{torlódás} = -\frac{F}{v^2} \cdot \frac{\partial v}{\partial F} \cdot TV \quad (1)$$

ahol

$MEC_{torlódás}$ – a torlódások külső társadalmi költsége

$$\left[\frac{\text{€}}{\text{km} \cdot \text{h}} \right]$$

$$F - \text{járműáramlat} \left[\frac{\text{jármű}}{\text{h}} \right]$$

$$v - \text{járműsebesség} \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$$

$$TV - \text{idő pénzértéke} \left[\frac{\text{€}}{\text{h}} \right]$$

4. KIBOCSÁTOTT SZENNYEZÉSEK ÉS HATÁSAINAK MODELLEZÉSE

A járművek környezeti hatásait elsősorban az okozott légszennyezésükből vezethetjük le. A hatásokat a következő összefüggés alapján számszerűsíthetjük (Mészáros és Török, 2010):

$$MEC_{lég} = EF \cdot \delta_{lég} + FC \cdot \delta_{gyártás} \quad (2)$$

ahol

$MEC_{lég}$ – közúti közlekedésből származó légszennyezés

$$\text{külső társadalmi költsége} \left[\frac{\text{€}}{\text{jármű} \cdot \text{km}} \right]$$

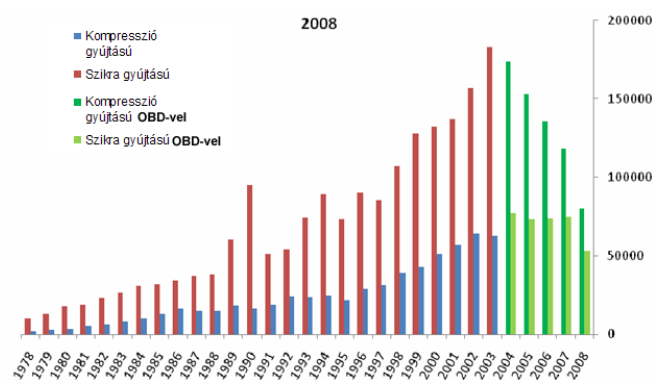
$$EF - \text{kibocsátási faktor} \left[\frac{\text{g}}{\text{jármű} \cdot \text{km}} \right]$$

$$\delta_{lég} - \text{kárfaktor} \left[\frac{\text{€} \cdot (\text{jármű} \cdot \text{km})^2}{\text{g}} \right]$$

$$FC - \text{tüzelőanyag fogyasztási faktor} \left[\frac{\text{g}}{\text{jármű} \cdot \text{km}} \right]$$

$$\delta_{gyártás} - \text{kárfaktor} \left[\frac{\text{€} \cdot (\text{jármű} \cdot \text{km})^2}{\text{g}} \right]$$

Ahhoz, hogy a fenti szempontokat is érvényre lehessen juttatni a forgalomirányítás rendszerében, először is el kell végezni a hazai közúti statikus (vagyis nyilvántartott) járműállomány környezeti besorolásának statisztikai elemzését. Mivel nem állt rendelkezésre olyan publikus adatbázis, amelyből ezeket az adatokat kinyerhettük volna, ezért az egyes években vett járműállományi keresztmetszetekre építve a járművek életkorából vezettük le a forgalomba hozatalkor teljesítendő környezetvédelmi besorolásokat. Az elemzés kiinduló pontja a hazai gépjárműállomány 2008-as pillanatfelvétele volt (2. ábra).



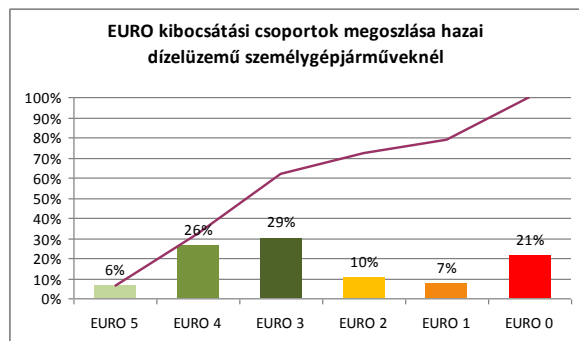
2. ábra Magyarországi gépjárműállomány 2008-as adatai [db]

A 2008. évben hazai gépjárműállományról elmondható, hogy a járműállomány 72%-a szikragyújtású, 28%-a kompresszió gyújtású belsőégésű motorral hajtott, ami egyébként az elmúlt évek tendenciájának megfelelő. A kompresszió-gyújtású járműállomány átlagéletkora 8,71 év, míg a szikragyújtású állomány átlagéletkora 10,35 év volt. Egyébként a korábbi évhez viszonyítva jelentős fiatalodás tapasztalható, ami vélelmezhetően az Európai Unió tagállamaiból érkező használt autó import életkorának csökkenésével magyarázható.

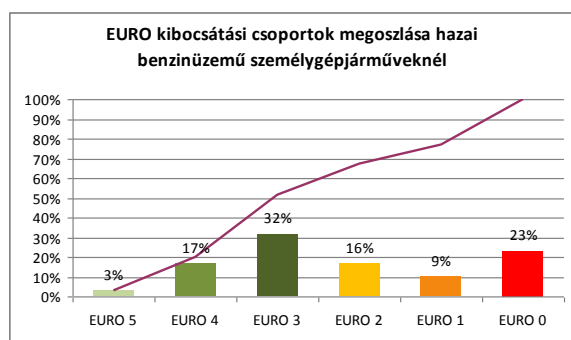
A közúti járműállomány EUR kibocsátási norma szerinti környezetvédelmi besorolását személygépjármű-autóbusz-tehergépjármű felbontásban az 3.-8. ábrák mutatják (Varga, et al., 2010).

A statikus állomány hálózati terhelésének becsléséhez felépítettük a kapcsolatot a nyilvántartott állomány és közúthálózaton történő forgalomlefordítás között. A kutatás eddigi eredményei alapján bemutatásra kerülhetett az országos közúthálózaton lebonyolódó belföldi és külföldi

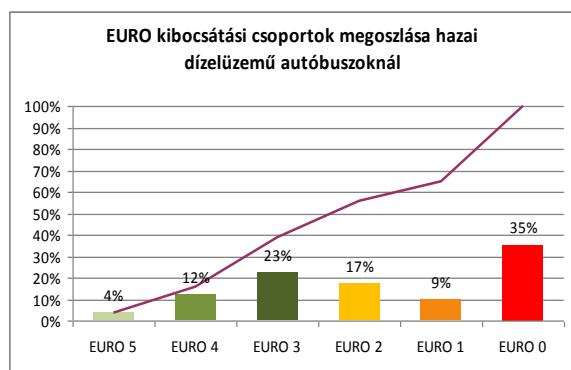
forgalom teljesítménye, különösképpen a forgalmi áramlatok domináns részét lebonyolító fő hálózati elemek, valamint a települési környezetet tekintve Budapest főútvonalai esetében. Meghatározásra került a jellemző útvonalakon közlekedő járművek EURO környezetvédelmi besorolásainak megoszlása is.



3. ábra Dízelüzemű személygépjármű állomány megoszlása EURO kibocsátási norma alapján



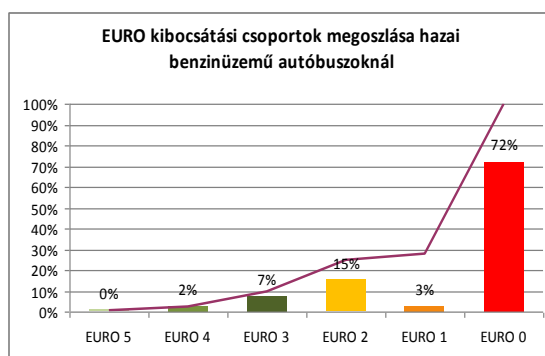
4. ábra Benzinüzemű személygépjármű állomány megoszlása EURO kibocsátási norma alapján



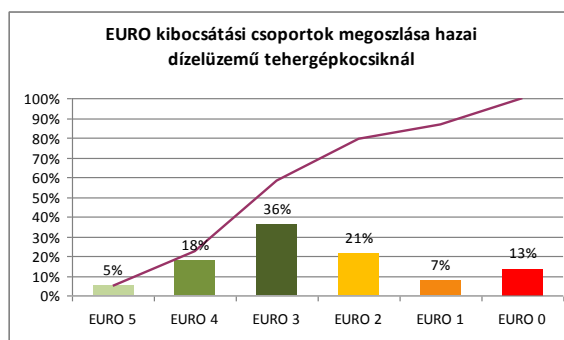
5. ábra Dízelüzemű autóbusz állomány megoszlása EURO kibocsátási norma alapján

Az országos közúthálózaton a járműforgalom az egyes járműosztályok, felhasznált tüzelőanyag és az EURO besorolás szerinti bontásában a következő feltételezett képet mutatja (ld. A. melléklet).

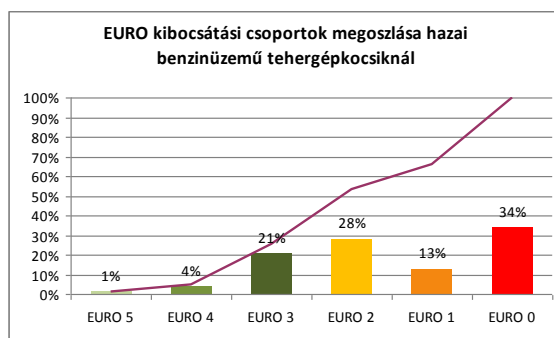
Budapest esetében a különböző gépjárműosztályok EURO besorolása a következőképpen alakul. Figyelembe vesszük, hogy Budapest gazdasági fejlettsége egy főre jutó GDP-re vetítve közel 50%-kal magasabb, mint az országos átlag, ezért a gépjárművek átlagéletkora és jelentősen eltér. Így környezetvédelmi besorolásuk is sokkal kedvezőbb a hazai átlagtól. A következő, egyes járműkategóriák alapján készült, diagramok származtatott adatokra támaszkodnak, ezért a valós adatok ettől eltérhetnek. (A becslés mérésekkel történő validálása a kutatás későbbi fázisában valósul meg.) További megjegyzés, hogy a buszforgalomban a közforgalmú feladatot ellátó buszok dominanciája miatt a benzin üzemű buszok forgalmát elhanyagolhatónak vettük [9. ábra - 13. ábra (CONTRA, 2010), (Gál et al., 2012)].



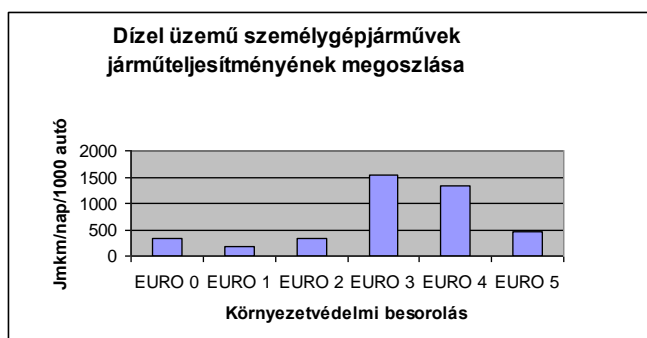
6. ábra Benzinüzemű autóbusz állomány megoszlása EURO kibocsátási norma alapján



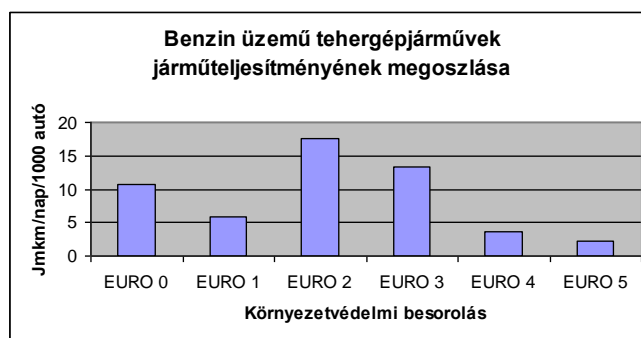
7. ábra Dízelüzemű tehergépkocsi állomány megoszlása EURO kibocsátási norma alapján



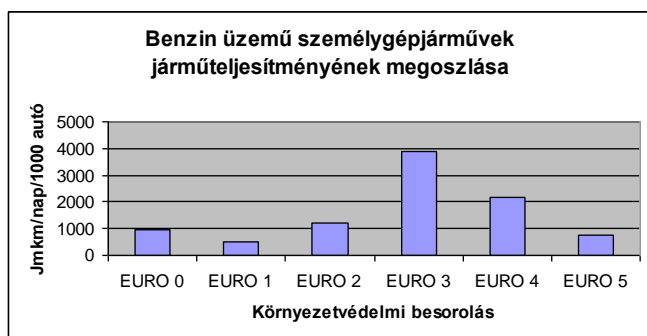
8. ábra Benzinüzemű tehergépkocsi állomány megoszlása EURO kibocsátási norma alapján



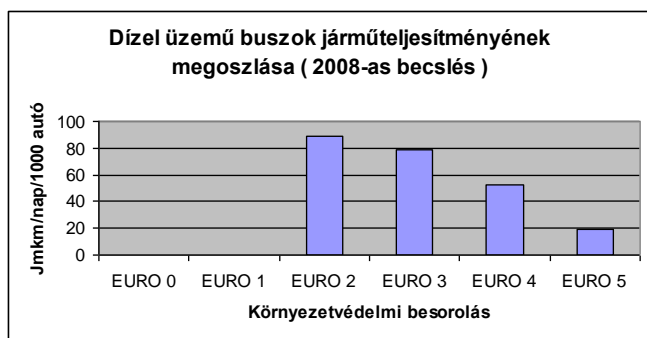
9. ábra Járműteljesítmény megoszlása EURO besorolás alapján dízel üzemű személygépjárművek esetén



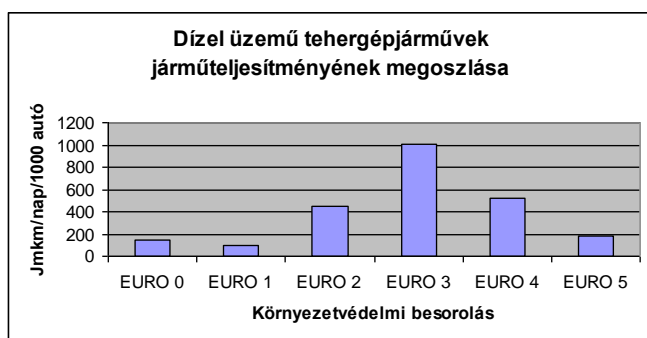
13. ábra Járműteljesítmény megoszlása EURO besorolás alapján benzin üzemű tehergépjárművek esetén



10. ábra Járműteljesítmény megoszlása EURO besorolás alapján benzin üzemű személygépjárművek esetén



11. ábra Járműteljesítmény megoszlása EURO besorolás alapján dízel üzemű buszok esetén



12. ábra Járműteljesítmény megoszlása EURO besorolás alapján dízel üzemű tehergépjárművek esetén

5. BALESETEK ÉS HATÁSAIK MODELLEZÉSE

A szabályozó kör következő ága a közlekedésbiztonság, vagyis a közúti balesetek társadalmi-gazdasági hatásainak becslésének. A balesetek az egyik legjelentősebb külső hatásai a közlekedésnek (Bokor et al., 2010). A baleseti költségek az alábbi elemekre tagolhatók (ld. B. melléklet): anyagi károk, adminisztratív költségek, orvosi ellátás költsége, termelési veszteség, kockázati érték. A legfőbb költségvető a balesetek száma és súlyossága. A monetáris költségelemek a biztosító és az egészségügyi intézmények statisztikáiból szerezhetőek meg. A termelési veszteség és a kockázati érték nemzetközileg elfogadott sárosszámokból vezethető le, ismerv a balesetek számát és súlyosságát. A baleseti költségek egy része a közlekedési szektor számára extern (vagyis azokat a társadalom viseli), s tulajdonképpen ezek az extern költségtételek a társadalmi árképzés szempontjából figyelembe veendő tényezők.

A baleseti költségek közül a kockázati költség nem monetáris, a többi költségelem monetáris tényező. A nagyobb problémát természetesen a nem monetáris tényezők értékelése jelenti, ahol különféle modellezési és preferencia kinyilvánítási eljárásokat kell alkalmazni (ideális esetben), avagy széles körben elfogadott nemzetközi értékek hazai adaptációját kell elvégezni (helyettesítő megoldásként).

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A közúti statikus járműállomány minőségének statisztikai elemzése kitért a hazai gépjárműállomány nagyságára, összetételére és környezeti besorolásukra. Az eredmények ismeretében lehetőség nyílik a forgalmi modellt a hazai járműállományra jellemző környezeti (EURO besorolás) adatokkal feltölteni. A statikus járműállomány környezeti paraméterein túl szükséges ismerni a hazai közúti járműforgalom összetételét, valamint a hazai és a teljesítmények kimutatható részét adó külföldi forgalom térbeli és időbeli lefolyását is.

A vonatkozó elemzések két vetületben vizsgálták a forgalom összetételét: az országos közúthálózat gerincét alkotó

gyorsforgalmú úthálózaton, valamint a települési úthálózat egyik reprezentatív példáján, a budapesti főúthálózaton, így lehetőség nyílt a statikus járműállományra vonatkozó környezeti adatokat dinamizálni.

A forgalmi modell egyik kiemelt része a forgalom lefolyása társadalmi és gazdasági hatásainak beépítése a döntési folyamatba, ezért a kutatás részeként meghatározásra kerültek a közúti közlekedés legjellemzőbb társadalmi és gazdasági (torlódásból, balesetből és károsanyag-kibocsátásból származó), forgalmi teljesítményre vonatkoztatott fajlagos költségei.

A kutatás ezen fázisának fontos konklúziója, hogy a felvázolt elméleti szabályozási kör bemenő paraméterei előállíthatók (Török és Mészáros, 2012), így a koncepció további elemzése indokolt.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. és „A közúti járműforgalom modellezése és többkritériumú optimalizáláson alapuló irányítása társadalmi és gazdasági hatékonyság figyelembevételével” c. projektek szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja és az OTKA CNK 78168 sz. programja támogatja.

HIVATKOZÁSOK

- Bokor, Z, Mészáros, F, Török, Á (2010). Theoretical investigation of changes in road transport accident statistics due to legal and regulatory aspects of road traffic safety. In: Jose Viegas, Rosario Macario (ed.) *12th World Conference on Transport Research*. Lisbon, Portugal, 11-15.07.2010. Lisbon: 11 p. Paper 03385.
- CONTRA (2010). „A közúti járműforgalom modellezése és többkritériumú optimalizáláson alapuló irányítása társadalmi és gazdasági hatékonyság figyelembevételével” c. projekt 1. kutatási jelentése, OTKA CNK 78168, BME, 2010.
- Duleba Sz. (2010): Egy AHP-modell a városi buszközlekedés szolgáltatási színvonalának elemzésére. *Városi Közlekedés*. Vol. 50. No. 6. pp. 371-375.
- Európai Bizottság (2011). A Bizottság közleménye: FEHÉR KÖNYV - Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé, COM(2011) 144 végleges, Brüsszel, 2011.03.28.
- Gál, G.; Füttyű, I.; Mészáros, F (2012). A közúti járműáramlatok minőségi összetételének meghatározása, *Közlekedéstudományi Szemle* 2012. június pp. 25-30.
- Grzybowska, K, Kovács, G (2012). Developing Agile Supply Chains – System Model, Algorithms, Applications. Lecture Notes in Computer Science, 2012, Volume 7327, Agent and Multi-Agent Systems. Technologies and Applications, pp. 576-585.

Markovits-Somogyi, R (2011). Review and Systematization of Efficiency Measurement Methods Used in the Transport Sector. *Promet – Traffic & Transportation*, Vol. 23, No 1, pp. 39-47.

Mészáros, F (2010). A szabályozási eszközök alkalmazása a forgalmi igények kezelésében: szakirodalmi áttekintés In: Péter, T (szerk.) *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia (IFFK-2010)*. Budapest, 2010.09.02-04. Budapest: Magyar Mérnökakadémia, pp. 1-5. Paper 7.5.

Mészáros, F. (2011). Strategic policy instruments in managing freight transport demand (in Hungarian). *Logisztikai Évkönyv* 2011. pp. 128-133. Paper 128.

Mészáros, F, Markovits-Somogyi, R.; Bokor, Z. (2012). Modelling and multi-criteria optimization of road traffic flows considering social and economic aspects. *LOGI – Scientific Journal on Transport and Logistics*, Vol.3. No. 1. pp. 70-82.

Mészáros, F, Török, Á. (2010). Határkölség alapú közúti közlekedési költségszámlák és becslési modellek. In: Székely Tünde (szerk.) 11. RODOSZ konferencia. Cluj-Napoca, Romania, 11.2010.11.19. Metaforma Kft., pp. 461-468.

Tánczos, L, Bokor, Z (2003). A közlekedés társadalmi költségei és azok általános és közlekedési módtól függő hazai sajátosságai, *Közlekedéstudományi Szemle*, Vol. 53. No. 8. pp. 281-291.

Török, A, Mészáros, F. (2012). Control possibilities of intersections based on estimated costs of traffic. In: SAMI 2012 - 10th IEEE Jubilee International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. Herlany, Slovakia, 26-28.01.2012. Herlany: IEEE, pp. 431-434. Paper 80.

Varga, R, Kibedi-Varga, L, Markovits-Somogyi, R, Torok, A, Meszaros, F. (2010). STATISTICAL ASSESSMENT OF TRAFFIC QUALITY IN BUDAPEST. In: Stanislaw Borkowski, Marcin Nabialek (ed.) *Toyotarity: Knowledge using in production management*. Dnepropetrovsk: Yurii V Makovetsky, 2010. pp. 143-154.

A. MELLÉKLET: AZ ÖSSZES JÁRMŰ FORGALMA JÁRMŰKATEGÓRIÁK, ÜZEMANYAG ÉS EURO-SZABVÁNY SZERINT

	személyautó			autóbusz			tehergépjármű		
	Benzin [mjű/nap]	Dízel [mjű/nap]	Összesen [mjű/nap]	Benzin [mjű/nap]	Dízel [mjű/nap]	Összesen [mjű/nap]	Benzin [mjű/nap]	Dízel [mjű/nap]	Összesen [mjű/nap]
Euro 0	7918	3248	11167	14	226	240	334	1289	1623
Euro 1	3099	1083	4181	1	58	59	128	694	822
Euro 2	5509	1547	7055	3	110	113	275	2083	2357
Euro 3	11017	4486	15503	1	149	150	206	3571	3777
Euro 4	5853	4022	9874	0	78	78	39	1785	1824
Euro 5	1033	928	1961	0	26	26	10	496	506
Összesen	34428	15313	49741	20	646	666	991	9918	10909

B. MELLÉKLET: MÓDSZEREK A KÖZLEKEDÉS TÁRSADALMI KÖLTSÉGEINEK ÉS BEVÉTELEINEK MEGHATÁROZÁSÁRA

Kategória	Részletezés	Ideális módszer	Helyettesítő módszer
Baleseti költségek	<i>Anyagi károk</i>	Biztosítók költségeire	Átlagos baleseti költségekből és balesetszámból kalkulálva
	<i>Adminisztratív költségek</i>	Rendőrségi költségadatokra, statisztikákra építve	
	<i>Orvosi ellátás költségei</i>	Az ellátás valóban regisztrált költségeire építve	
	<i>Termelési kiesés költségei</i>	Az áldozatok bérének, kiesett idejének, helyettesítési költségének, stb. ismeretében közvetlenül	Nemzetközileg elfogadott statisztikai élet értékekből (Value Of Statistical Life – VOSL) GDP arányban levezetve
	<i>Kockázati költség</i>	Kinyilvánított preferencia eljárással	