

Közúti közlekedési módválasztás modellezése Budapest és Győr között

Tánczos Lászlóné¹, Török Ádám²

1. Bevezetés

Egy meglévő közlekedési kapcsolat forgalmi karakterisztikája több éven keresztül folyamatosan alakul, amíg a befolyásoló tényezőknek megfelelő forgalmi szintek stabilizálódnak. A jövőbeni közlekedési rendszer jellemzőinek meghatározásához elengedhetetlen, hogy ismerjük a rendszer jelenlegi állapotjelzőit. Tehát időről időre szükség van a közlekedési rendszer bizonyos elemeinek átfogó elemzésére, mely magában foglalja a vizsgált közlekedési kapcsolat aktuális állapotának elemzését, valamint a változtatás és a korszerűsítés lehetőségeinek vizsgálatát is [1]. Cikkünk tárgyát a Budapestet és Győrt összekötő közúti kapcsolatrendszer feltáró elemzése képezi. Az elméleti modell ismertetését az eredmények elemzése követi.

2. Az elméleti modell

A bemutatandó Nested modell a helyváltoztatási igények, valamint a közlekedési rendszer között meghatározható összefüggéseket, mint a kereslet és a kínálat között fennálló kapcsolatot írja le, figyelembe véve a körülmények megváltozását, fejlődését, valamint a felhasználók hasznosság érzetéből származtatható hasznossági függvényeket. Nested model családdal régóta modellezik a közlekedéssel kapcsolatos döntéseket, módválasztásokat (R. Luce Individual choice behavior: a theoretical analysis, New York, 1959; M. E. Ben-Akiva. Structure of passenger travel demand models. PhD thesis, Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge; 1973. M. E. Ben-Akiva and S. R. Lerman. Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand. MIT Press, Cambridge, 1985). Jelen cikkben a városközi személyközlekedési módválasztást vizsgáltuk a hazai tulajdonságok figyelembevételével. Modellünkben a módválasztást az eljutási idő és az utazási költség befolyásolta.

¹ Tanszékvezető, Egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésgazdasági Tanszék, ktanczos@kgazd.bme.hu

² PhD hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésgazdasági Tanszék, atorok@kgazd.bme.hu

A modell a valóság leegyszerűsített képe, a tények komplex összefüggéseit csak úgy tudjuk áttekinteni és megérteni, ha megfelelő módon leegyszerűsítjük azokat. A fizikai modell a valóság olyan részletének leegyszerűsített, konkrét ábrázolása amely a vizsgálat számára lényeges szempontokat a valóságnak megfelelően tartalmazza. [2]

Az egyes döntési tényezők (eljutás költsége és eljutási idő) súlyát a hasznosságon belül a w_i súlytényezők jelölik. A cikk további részében összehasonlítjuk a motorizált közlekedés 2 fő formáját, az egyéni és a közforgalmú közúti közlekedést. Az összehasonlítás alapja az utazási költség és az utazási idő.

$$(1) \quad U = \underline{w} \cdot \underline{f}, \text{ ahol}$$

$$\underline{w} = \{w_1, \dots, w_s\} \text{ és}$$

$$\underline{f} = \{C, T\}$$

Jelölje:

U: a módválasztás hasznosságát

\underline{w} : a súlytényezők vektora;

\underline{f} : a hasznosságot befolyásoló tényezőket magába foglaló vektor

C: a közlekedési mód költsége

T: a közlekedési mód eljutási ideje

Esetünkben az i. közlekedési mód egyéni hasznosságáról felírható, hogy:

$$(2) \quad U_i = w_j \cdot \frac{1}{C_i} + w_k \cdot \frac{1}{T_i}$$

Az egyéni hasznosságok ismeretében a bináris Nested Logit döntési modell³ felhasználásával meghatározható az adott utazási módot használók száma. A vizsgált modell alapján időbeli bontásban ismertek voltak az utasszámok Budapest és Győr között a 3 utazási mód szerint. A módválasztási modell segítségével először a vasúti és a nem vasúti közlekedésben résztvevő egyéneket azonosít. Döntési súlyukat iterációs segítségével a (2) alapján határozzuk meg.

³ A modell alapvetően a hasznosság alapú modellek családjába tartozik. Alapvetése, hogy a döntéshozó a számára legkedvezőbb, legnagyobb hasznosságú közlekedési módot választja. A modell alapján annak valószínűsége, hogy a döntéshozó az i. lehetőséget választja J lehetőség közül az alábbi módon írható le:

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_{j \in J} e^{U_j}}$$

Ebben az értelemben a hasznosság a módválasztás teljes költségnek reciproka jelenti.

A használt összefüggések:

- (3)
$$P_{busz} = \frac{N_{vonat}}{\hat{N}_{vonat}}$$
 A vasúti közlekedést választók aránya a nem vasúti közlekedést választókkal szemben
- (4)
$$P_{vonat} = \frac{e^{U_{vonat}}}{e^{U_{vonat}} + e^{\hat{U}_{vonat}}}$$
 A vasúti közlekedési mód választásának valószínűsége
- (5)
$$U_{vonat} = w_1 \cdot \frac{1}{C_{vonat}} + w_2 \cdot \frac{1}{T_{vonat}}$$
 A vasúti közlekedést választók hasznossági függvénye
- (6)
$$\hat{U}_{vasút} = w_1 \cdot \frac{1}{\hat{C}_{vasút}} + w_2 \cdot \frac{1}{\hat{T}_{vasút}}$$
 A nem vasúti közlekedést választók hasznossági függvénye

A fenti művelet tovább ismételtető, ha a nem vasúti forgalmat a 2. lépésben autóbusz és nem autóbusz közlekedésre bontjuk. Továbbiakban a nem autóbusz, egyéni közlekedést bontottuk az M1-es autópályán és az 1-es autóúton lebonyolódó közlekedésre.

Környezetterhelés tekintetében különös szerepet játszik a fenti közlekedési módok közül a személygépjármű közlekedés és a közúti közforgalmú közlekedés, ezért megvizsgáltuk a módváltást a kritikus az $U_{szgk} = U_{busz}$ módváltási helyzetet.

$$(7) \quad \hat{U}_{busz} - U_{busz} = 0$$

A (2) felhasználásával,

$$(8) \quad \left(w_1 \cdot \frac{1}{\hat{C}_{busz}} + w_2 \cdot \frac{1}{\hat{T}_{busz}} \right) - \left(w_1 \cdot \frac{1}{C_{busz}} + w_2 \cdot \frac{1}{T_{busz}} \right) = 0$$

$$(9) \quad w_1 \cdot \hat{C}_{busz} \left(1 - \frac{w_1 \cdot \hat{C}_{busz}}{w_1 \cdot C_{busz}} \right) + w_2 \cdot \hat{T}_{busz} \left(1 - \frac{w_2 \cdot \hat{T}_{busz}}{w_2 \cdot T_{busz}} \right)$$

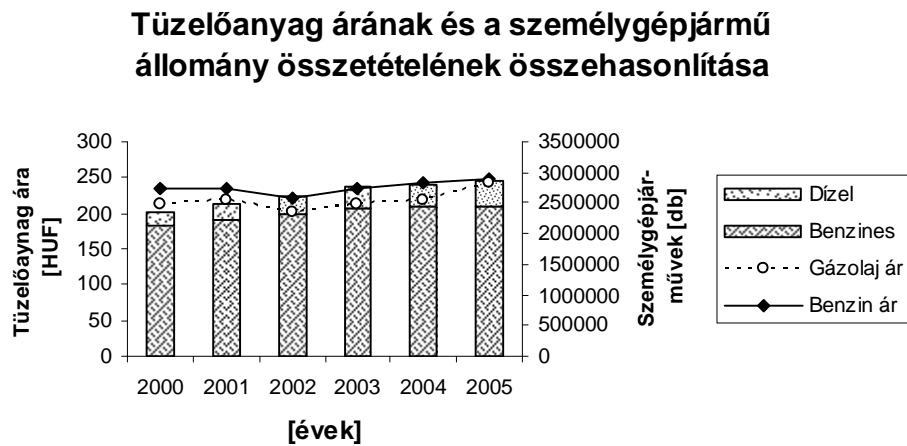
Az egyenletből definiálható:

$$(10) \quad \frac{\hat{C}_{busz}}{C_{busz}} \quad \text{A költség mutató}$$

$$(11) \quad \frac{\hat{T}_{busz}}{T_{busz}} \quad \text{Az utazási idő mutató}$$

3. A bemutatott modell alkalmazása

A modell segítségével vizsgáltuk meg a Budapest és Győr közötti személyforgalmi áramlatokat 2000 és 2005 között. A modellben vasúttal⁴, busszal⁵, az M1-es autópályán⁶ és az 1-es főközlekedési úton⁶ személygépjárművel közlekedőket vettük alapul. Tekintetbe vettük továbbá az egyéni gépjárműhasználók között a benzin, illetve dízel járművet használókat (1. ábra), továbbá a benzin, a gázolaj és az autópályamatricák árának változását 2000 és 2005 között.



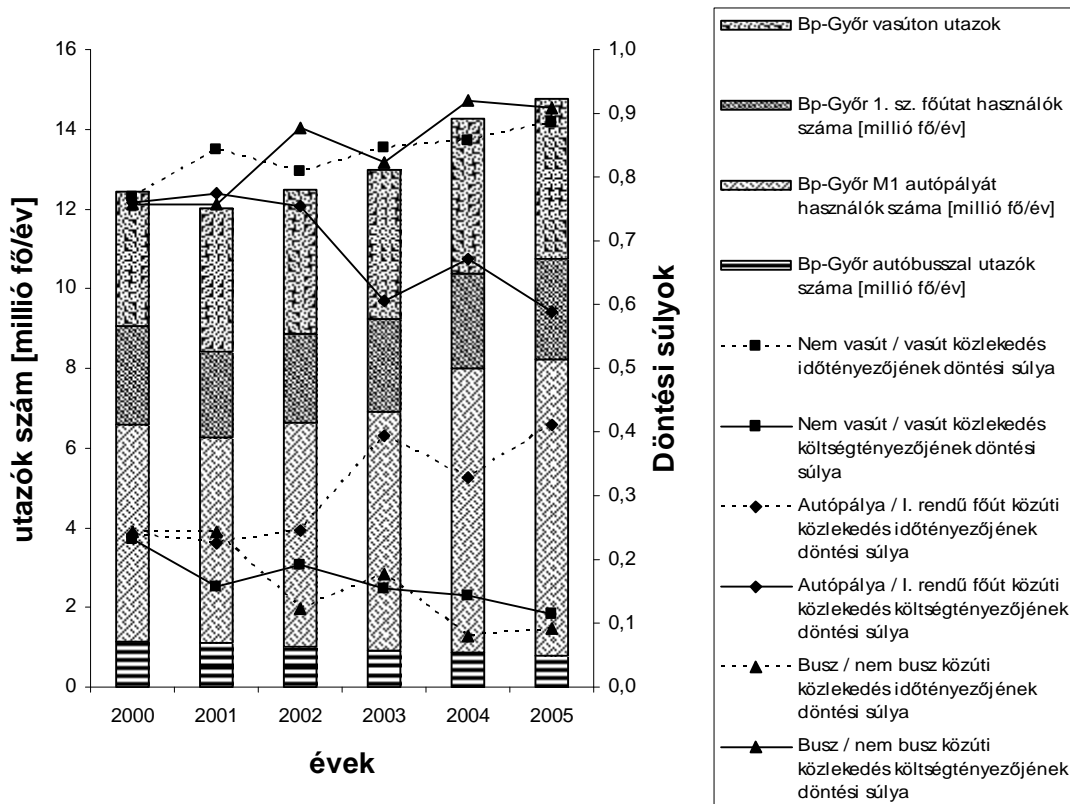
1. ábra A tüzelőanyag ár és a személygépjármű állomány összehasonlítása

⁴ MÁV Zrt. adatai alapján

⁵ Volán Zrt. adatai alapján

⁶ Magyar Közút Állami Közútkezelő, Fejlesztő, Műszaki és Információs Közhasznú Társaság

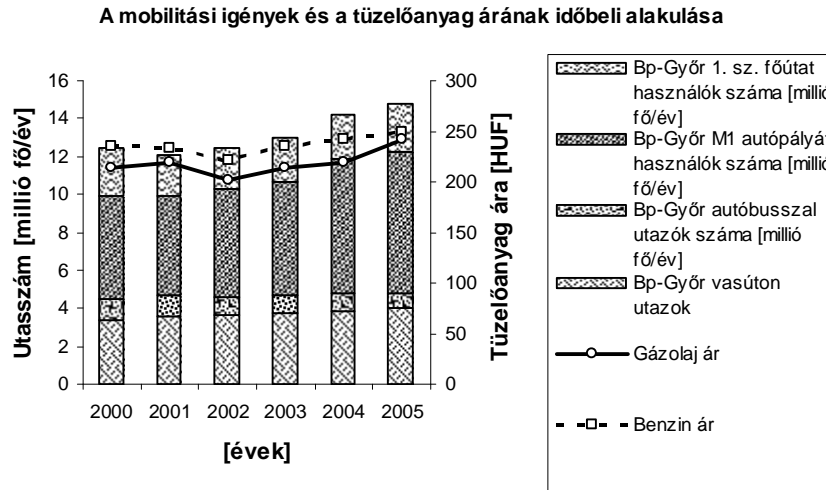
A döntési súlyok és utazók számának időbeli alakulása közötti közlekedésnél



2. ábra A döntési súlyok és a közúti személyforgalom számának időbeli alakulása Bp-Győr között

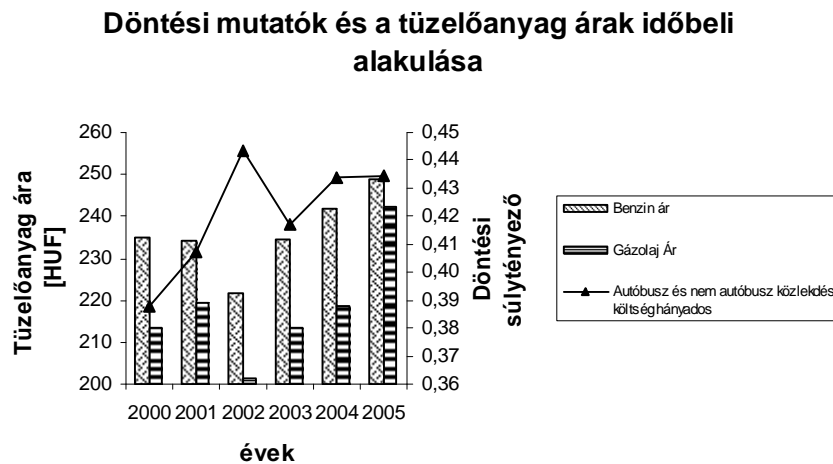
A kapott eredmények jól mutatják (2. ábra), hogy a vasúttal utazók száma kis mértékben növekszik, az M1-es autópályát használók száma évről-évre dinamikusan nő, az 1. számú főutat használók száma stagnál, míg az autóbusszal utazók száma csökken. A közlekedési módválasztási döntéseknél modellezett eljutási költség és eljutási idő döntési súlyokról elmondható, hogy a vártnak megfelelően a nemzetközi tendenciáknak megfelelően alakult. A vasúti közlekedés mellett döntő utasok számára hangsúlyosabb döntési érvnek számít az eljutási költség, mint az eljutási idő. Napjainkban döntően azok a közúton közlekedő utasok szállnak buszra, akik számára az eljutási költség igen nagy súllyal szerepel a döntéshozatali folyamat során. Az ezen módot választó utasok számára az eljutási költség egyre nagyobb súlyú döntési tényezőként határozható meg. Az

autópályát döntően azon utazók választják, akik az eljutási költség helyette az eljutási időt azonosítják hangsúlyosabb döntési faktorként.



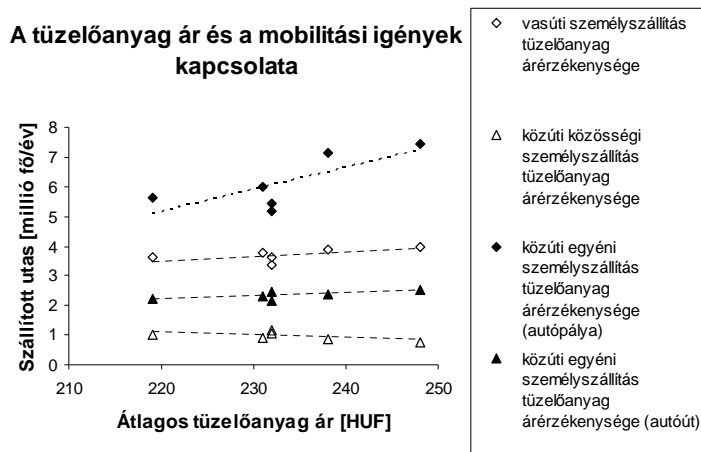
3. ábra A mobilitási igények és a tüzelőanyag árának időbeli alakulása

A nemzetközi tendenciák alapján levonható az a következtetés, miszerint a közúti közlekedés intenzitását a tüzelőanyag árváltozása viszonylag kis mértékben befolyásolja (3. ábra). Továbbá nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy az autópálya használatnál további költségvetelt jelent az autópálya-matrica. A nemzetközi trendeknek megfelelően hazánkban is meglehetősen rugalmatlanul reagál a közlekedési piac a tüzelőanyag árváltozására.



4. ábra A közúti közlekedési (autóbusz és nem autóbusz) költséghányados és a tüzelőanyag árának időbeli alakulása

Látható, hogy a tüzelőanyag (benzin, gázolaj) árának növekedése, egyértelműen növelte a költséghányadost⁷ (Isd. (10) egyenlet) az arány változását az autópálya-matrica árának változása tolta el, ám ez mégsem volt jelentős kihatással az autópálya használók számát figyelembe véve (4. ábra).



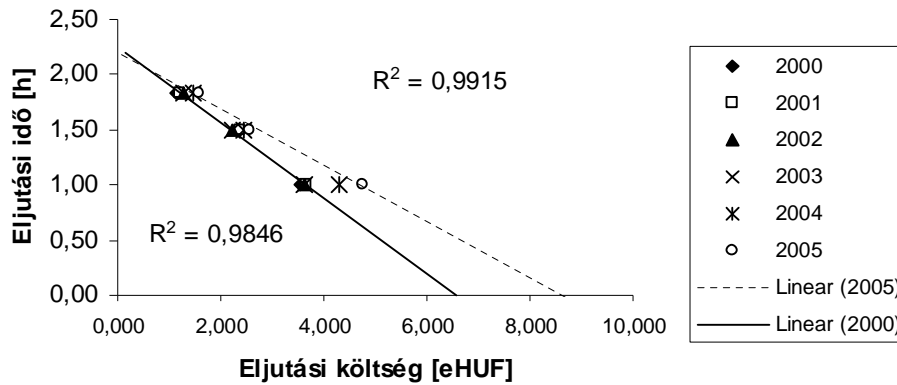
5. ábra A tüzelőanyag ár és a mobilitási igények kapcsolata

Az 5. ábrán jól látható, hogy az elvárásoknak megfelelően az autópályát használók árérzéketlenek a tüzelőanyag árakkal szemben, sőt a tüzelőanyag árának növekedésével párhuzamosan az autópálya-használók száma továbbra is dinamikusan nőtt, számukra az eljutási idő a domináns döntési tényező. A vasúton és az autóúton történő személyszállítás is rugalmatlanul reagál a tüzelőanyag árváltozására, az utazók száma a tüzelőanyagáraktól független, közel konstans. Az árrugalmassági elemzés alapján a közúti közösségi személyszállítás rugalmassági modulusa $\epsilon = -0,01$ ⁸, vagyis a tüzelőanyag 1 forintnyi drágulása a 10 000 utas elvesztését jelenti, akik mobilitási igényüket más közlekedési móddal elégítik ki.

⁷ az autóbusz és nem autóbusz közlekedés költségeinek kumulált költségeinek hányadosa.

⁸ Az illesztett egyenes elemzése alapján

Eljutási idő és költség közötti összefüggés



6. ábra Az eljutási idő és az eljutási költség közötti összefüggés

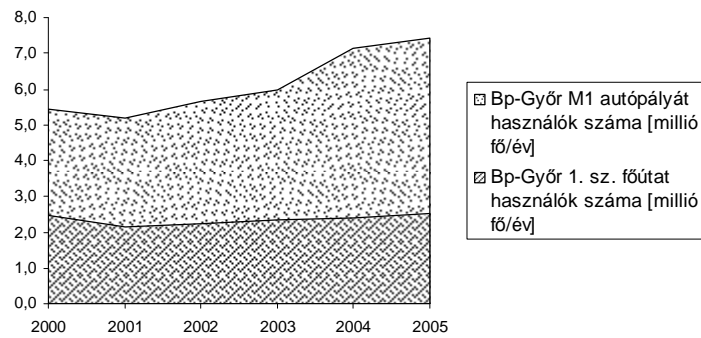
Tovább elemezve az eljutási idő és költség kapcsolatát Budapest és Győr között, láthatjuk (6. ábra), hogy közöttük igen erős korreláció tapasztalható ($r_{2000}=0,9922$; $r_{2005}=0,9957$). Továbbá megfigyelhető, hogy az eljutási idő a vizsgált időszakban jelentősen nem változott (a linearizált görbe y metszéke nem változott), míg az utazási költségek jelentősen növekedtek (a linearizált görbe x metszéke jobbra tolódott).

4. Az egyéni gépjárműközlekedés levegőszennyezéséből származó társadalmi költségek becslése

A gépjárművek működésük során károsítják környezetüket. A környezetterhelés meghatározása nem csak az újonnan épített infrastruktúra elemek esetében elengedhetetlen jelentőségű, de a már működő infrastruktúra elemeknél is az adott rendszer elem társadalmi és gazdasági hatékonyságára vonatkozó felülvizsgálat nélkülözhetetlen részét kell képeznie az igazságosabb, társadalmi határköltség alapú használati díjak megállapítása érdekében.

Az alábbiakban meghatároztuk az M1-es autópálya és az 1-es út közötti forgalmának (7. ábra) levegőszennyezéséből származó társadalmi költséget, melyet nem a

közlekedő, hanem a társadalom egésze fizet meg. Figyelembe vettük a 2000-2005 közötti változásokat.



7. ábra Bp – Győr között egyéni közúti közlekedők 2000 és 2005 között

Figyelembe véve a jármű összetételt, meghatároztuk a személygépjármű-áramlat teljes károsanyag kibocsátását [5] NO_x ⁹, CH ¹⁰, PM ¹¹, CO ¹² és CO_2 ¹³ komponensekre [3]. Nemzetközi kutatásaink alapján¹⁴ a kapott károsanyag kibocsátást monetarizált formában is meghatároztuk (8. ábra).

⁹ NO_x : A nitrogén-monoxid (NO) és nitrogén-dioxid (NO_2) közös gyűjtő jelölése. **NO** színtelen gáz. Súlyos vérmérgező hatású, **gyorsan teljes bénulást okoz**. NO levegőben szűrősszagú NO_2 -vé oxidálódik, ami tüdőingerlő gáz, **erős szövetsorvadást okoz**.

¹⁰ A kipufogáskor távozó el nem égett szénhidrogének (C_nH_m) többféle anyagot tartalmaznak, vannak közöttük különösen mérgező, **rákkeltő hatásúak** is. (pl.: C_6H_6)

¹¹ Korom: önmagában ártalmatlan, de **felületén megtapadó nehéz CH-k egy része rákkeltő hatású**.

¹² A széndioxid: színtelen szagtalan, nagyon mérgező gáz. **Belélegezve megakadályozza az oxigén bekerülését a véráramba**, és ezzel veszélyezteti a szívét és keringési rendszert.

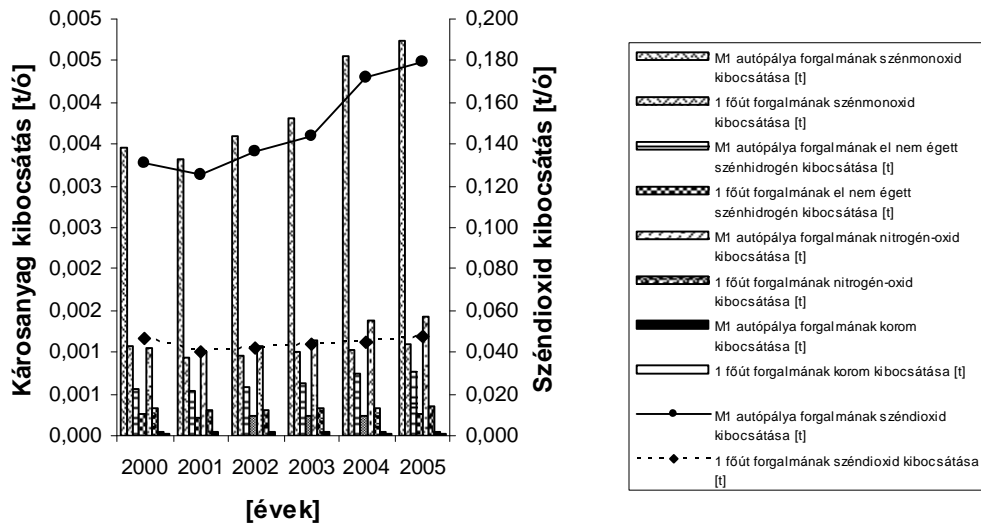
¹³ Széndioxid: a klímaváltozásért felelős **megváltozott üvegházhatást** okozó egyik gázkomponens

¹⁴ HEATCO - EU 6. Kutatási Keretprogram által finanszírozott projekt, magyar részről a BME Közlekedésgazdasági Tanszék vesz részt a kutatásban, témavezető: Dr. Tánczos Lászlóné tanszékvezető, egyetemi tanár

UNITE – EU 6. Kutatási Keretprogram által finanszírozott projekt, magyar részről a BME Közlekedésgazdasági Tanszék vesz részt a kutatásban, témavezető: Dr. Tánczos Lászlóné tanszékvezető, egyetemi tanár

TIPP - EU 6. Kutatási Keretprogram által finanszírozott projekt, magyar részről a BME Közlekedésgazdasági Tanszék vesz részt a kutatásban, témavezető: Dr. Tánczos Lászlóné tanszékvezető, egyetemi tanár

Károsanyag kibocsátás Bp és Győr között



8. ábra Károsanyag kibocsátás Bp és Győr közötti közúti gépjárműforgalomban

Figyelembe véve, hogy a járművek működésük során károsítják környezetüket és az általuk okozott károsanyag-kibocsátás a magasabb sebességtartományban magasabb, a Budapest és Győr között utazó egyéni gépjárműhasználók 1 utazás során, 2005-ben az M1 használata esetén 15 Euróval, az 1-es főút használata esetén pedig 4 Euróval károsították környezetüket, melyet a társadalom fizet meg.

A megfigyelhető fajlagos externális költségkülönbség egyik fő oka, hogy egy közlekedési mód hasznossági megítélése nagymértékben függ a hasznossági tényezőktől és azok súlyfaktoraitól. A magasabb jövedelemmel rendelkező társadalmi rétegbe sorolható egyéni közlekedő számára az autópálya használatból fakadó költségnövekmény nem feltétlenül jelent korlátozó feltételt, így érthető, hogy a személygépkocsival utazók egy jelentős része az autópálya nyújtotta időmegtakarítási lehetőségeket választja.

Az említett társadalmi és gazdasági rétegek felvázolt döntési folyamatai megmagyarázzák a kialakult fajlagos externális költségkülönbséget, hiszen eltérő jellemzőkkel rendelkező közlekedési folyosók által generált forgalmi áramlatok járműösszetétele szintén eltérő.

Összefoglalás

Cikkünkben a közlekedési módválasztást modelleztük, mint racionális döntési folyamatot. Munkánk célja a klasszikus közgazdasági eszközrendszer közlekedéstervezésben lehetséges gyakorlati alkalmazhatóságának vizsgálata volt. Cikkünkben a neoklasszikus közgazdaságtanból jól ismert hasznosság alapú diszkrét döntési modellt használtunk. A modellben a lehetőségekhez egyértelműen hasznosságokat rendelünk, és azt feltételezzük, hogy a döntéshozó mindig a számára legnagyobb hasznosságú döntést hozza meg.

A modellel megvizsgáltuk a Bp – Győr közúti reláció személy forgalmát, figyelembe véve a tüzelőanyag fajták valamint az autópálya matrica árváltozását. Ezt követően arra a nemzetközi tendenciáknak megfelelő következtetésre jutottunk, hogy azok az utasok ítélik előnyösebbnek a közösségi közlekedés nyújtotta lehetőségeket, akiknek közlekedési módválasztását nagyobb mértékben befolyásolja az eljutási költség, míg az autópályát használó egyéni közlekedőket döntésükben az eljutási idő motiválja.

Hivatkozás

- [1] Kövesné dr.Gilicze É - Debreczeni G. - Tóth J. - Németh M. - Györfvári K. - Juhász J.: Budapest - Vác helyközi körforgalmú közlekedésének térbeli-időbeli értékelése. Közlekedéstudományi Szemle XLIV. 1994. 12.sz. p. 441-449.
- [2] Dr. Gilicze Éva, Molnár László, Tarnai Júlia, Fekete András – Matematikai Módszerek és modelleke a közlekedésben II. Tankönyvkiadó, Budapest 1971
- [3] Ajtay Szilárd, Albert Gábor - Útmutató a külterületi közúthálózati fejlesztések költséghaszon vizsgálatához, Közúti és Mélyépítési Szemle 2004/február.
- [4] Mészáros Ferenc - Egységes európai megközelítés kialakítása közlekedési projektek értékelésében, Budapest, KTSZ 2006/1 p18-21.
- [5] Zöldy M.:Közlekedési externáliák internalizálásának lehetőségei, BME TDK 2003,