

Átszállási időre ható tényezők összetett helyváltoztatási láncoknál

Válóczy Dénes*
Dr. Csiszár Csaba**

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésüzemi Tanszék*
1111 Budapest, Bertalan Lajos u 2.
(e-mail: valoczy@kku.bme.hu)

***Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésüzemi Tanszék*
1111 Budapest, Bertalan Lajos u 2.
(e-mail: csiszar@kku.bme.hu)

Absztrakt: Kutatásunk során a **helyváltoztatási láncok tervezett, tényleges és érzékelt időszükségletének a csökkentési lehetőségeit keressük**, oly módon, hogy a helyváltoztatási láncot szakaszokra bontva az egyes szakaszok időszükségletének összetevőit és az azokat befolyásoló tényezőket vizsgáljuk. Mivel a teljes lánc során az utas döntési és mozgási „szabadsága” a járművön kívül a legnagyobb, ezért ebben cikkben **az intermodális csomópontra, mint egy mikrokörnyezetre**, ennek paramétereire, az utasok viselkedésre, a környezeti tulajdonságokra, stb. fókuszáltunk. Az időértékekkel kapcsolatos összefüggések feltárásával az értékek befolyásolási módjait vizsgáljuk, különös tekintettel az utasoknak adott információszolgáltatásban rejlő lehetőségekre.

Bevezetés

Az utazó számára az összetett helyváltoztatás legfontosabb jellemzői a **szolgáltatás megbízhatósága** és ezzel összefüggésben az **utazásra fordított idő**. Ez utóbbi „idő-gazdálkodás” kérdés kétféleképpen oldható meg:

- törekedni kell lerövidítésére, vagy
- lehetőséget kell biztosítani a hatékony és/vagy kellemes eltöltésére.

Ezek eléréséhez az információ szolgáltatások fejlesztése is szükséges. Ugyanis a helyváltoztatási igények kiszolgálásakor a személyek általában nincsenek elegendő (valamennyi mobilitási formára kiterjedő, az ő mozgásukkal összefüggő) információ birtokában; illetve ezen információknak csak részleges befogadására, feldolgozására képesek. Ezért gyakran a nem „hatékony” helyváltoztatási módokat, illetve utazási láncokat választják. Különösen nehéz ez a döntési folyamat, ha a tervezetthez képest (hirtelen) módosuló közlekedési körülmények adódnak.

Helyváltoztatás közben az utazók korlátozottan férnek hozzá az aktuális helyzetüktől függő (a mozgásukkal vagy egyéb szükségleteikkel összefüggő) információkhoz. Így gyakran romlik a közlekedés érzékelt minősége; illetve az egyes döntési szituációkban elbizonytalanodnak. [3]

Az átszállási idő mérséklését oly módon kívánjuk elérni, hogy adottságnak vesszük a geometriából, kialakításból stb. adódó csomóponti paramétereket és **az információs szolgáltatások minőségét javítjuk**. [2] Az eltérő csomóponti funkciókhoz igazodva a legfontosabb rendelkezésre álló megoldásokon (peronhoz kihelyezett VMS, peron jelölések, helymeghatározáson alapuló utas-tájékoztató megoldások) túlmenően aktuális helyzettől és személyes jellemzőktől

függő, „ügynök alapú” intelligens információs rendszerek és alkalmazások bevezetését is javasoljuk.

Az **összetett utazási láncok** általában 2-3 utazási és az ezt kiegészítő gyaloglási szakaszokból állnak. A városi, helyközi, és távolsági közlekedési térben létrejövő összetett helyváltoztatási láncokra egyaránt jellemző, hogy az ott zajló folyamatok felbonthatók három fázisra. Ezek az egymással összefüggésben lévő részfolyamatok az

- utazás,
- gyaloglás,
- várakozás.

Ezen három folyamatlemből indultunk ki az eljutási idő felírásánál.

1. Az időérték fogalmak bevezetése

A **tervezett eljutási idő (t)** a zavarmentes átlagos eljutási időt jelenti; a következő időelemekből áll:

- járművön kívül eltöltött idő (transzfer idő).
- járművön eltöltött idő (utazási idő).

A járművön kívüli időtartam a gyaloglási és a várakozási időkből tevődik össze. Ennek megfelelően:

$$t = t_f + t_w + t_j \quad (1)$$

ahol,

- t_f : gyaloglási idő (time on foot),
- t_w : megállóhelyi várakozás idő (waiting time)
- t_j : utazási idő (journey time).

Az **érezkelt eljutási idő (T)** az (aktuális) tényleges eljutási időnek a szubjektív visszatükröződését jelenti; az előző folyamatlogikát követve a következő időelemekből áll:

$$T = T_f + T_w + T_j + C \quad (2)$$

ahol:

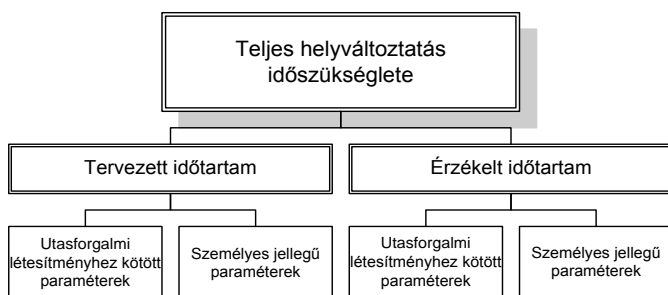
- T_f : a gyaloglás érzékelt időszükséglete,

- T_w : a megállóhelyi várakozás érzékelt időszükséglete,
- T_j : az utazás érzékelt időszükséglete,
- C : a teljes helyváltoztatással kapcsolatos érzetet (módváltásztás) befolyásoló tényező.

Az érzékelt idő fogalmának bevezetése a tényleges időhöz képest a szubjektív szempontok (pl. a környezeti hatások) figyelembe vételét teszi lehetővé. Ennek megfelelően korrigáló (a tervezett időértéket növelő vagy csökkentő) szorzótényezőket vezetünk be, melyeket a görög abc betűi jelölnek.

$$T = t_f * (1 + \alpha) + t_w * (1 + \beta) + t_j * (1 + \gamma) + C \quad (3)$$

Az 1. ábra mutatja a tervezett, és az érzékelt időt befolyásoló tényezők csoportjait. (A részletesebb kifejtést az 1. táblázat tartalmazza).



1. ábra Az időszükségletet befolyásoló tényezők

A szubjektív érzetet befolyásolják például

- a gyaloglás körülményei (az akadályozottság, feltartóztatás mértéke),
- a várakozás körülményei (időjárás),
- az utazás körülményei (járműfoglaltság, tisztaság).

2. Az időértékek meghatározása

Mivel a járművön kívül eltöltött érzékelt időelemekre (T_f , T_w) tudunk az utasinformációs szolgáltatással nagyobb hatást gyakorolni, ezért ezekkel foglalkozunk részletesebben. A két időelem összegére bevezethető a T_f , transzfer idő fogalom. [A járművön eltöltött időszükséglet a forgalomirányítás kérdéskörével függ össze].

a. A gyaloglás érzékelt időszükséglete, T_f

A csomópontot leképező mikroszkopikus gráfon végzett útvonalkereséssel, a gyalogos mozgásokra lehet hatást gyakorolni. Ehhez ún. „mikro a mikrobán” megközelítés alkalmazható, vagyis a csomóponti mikrokörnyezetben, egyetlen utazó mozgását vizsgáljuk. Az érzékelt gyaloglási idő a t_f tényleges időérték és az α szorzótényező meghatározását jelenti. Az ezeket befolyásoló tényezőket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat Az érzékelt gyaloglási időt befolyásoló tényezők

Csoportok		„Paraméterek”	Jele	Leírása	Paraméter értékkészlete
Tervezett idő	Utastorgalmi létesítmények paraméterei	Gyaloglási távolság	l [m]	A leszállási és felszállási helyek közötti távolság.	A csomópont kialakításától függ.
		Gyaloglási távolság növekmény	l' [m]	Akadályozottság esetén a leszállási és felszállási helyek közötti távolság növekmény.	A csomópont kialakításától függ.
	Személyes paraméterek	Egyéni gyaloglási sebesség	v [m/s]	Függ az életkortól, akadályozottságtól, érzelmi állapottól, aktuális körülményektől (sietni kell, ráér), stb.	A diszkrét értékek érdekében három csoportot határoztunk meg: lassú [$v_1=0,69$ m/s], közepes [$v_2=0,97$ m/s], gyors [$v_3=1,25$ m/s],
		Feltartóztatás, akadályoztatás	a	Akadályozottság esetén más (eltérő hosszúságú) útvonalat kell bejárni.	Logikai változó. Ha fennáll az akadályozottság: $a_1=1$, ha nem, akkor $a_2=0$.
Érzékelt idő	Utastorgalmi létesítmények (járművek) paraméterei	Csoport-képződés valószínűsége	$P(I)$	Lassan haladó csoportok, feltorlódott gyalogosok, időjárás (síkos, csúszós peron) befolyásoló hatása.	Annak a valószínűsége, hogy az átszálló utast a csomóponton kialakult csoport, az időjárás helyzet feltartja/hátráltatja, illetve hosszabb út megtételére készíti. Jól halad: $P_1(I)=0,1$, közepesen: $P_2(I)=0,3$, rosszul: $P_3(I)=0,6$
	Személyes paraméterek	Helyismeret	b	Helyismerettel rendelkezik vagy sem.	Helyismerettel rendelkező: $b_1=1$, helyismerettel nem rendelkező: $b_2=1,4$
		Csomagszállítás	c	Nagy csomaggal vagy anélkül utazik.	Csomaggal utazó: $c_1=1$, csomag nélkül utazó: $c_2=1,2$

A legnehezebben meghatározható tényezők a felhasználók jellemzőiből, viselkedéséből adódnak. Az időértékek változhatnak az utasok

- hangulatától,
- előre meghatározott szándékoktól (pl.: jegyvásárlás),

- pillanatnyi döntésektől (pl.: meglát egy újságost...),
- helyismeretétől,
- csomagja szállítási módjától, stb.

Ezt a jellemzőt az egyszerűsítés érdekében két-két kategóriába soroltuk be. A táblázat utolsó két sora szerint például egy

helyismerettel nem rendelkező, csomagokkal érkező turista átszállási idejét további 1,2 és 1,4-es korrekcióval számoljuk.

A paraméterek értékészletének meghatározása jelenleg becsléssel történt, a későbbiekben az értékek cizellálására a kikérdezéses felmérés után nyílik lehetőség. A $P(I)$ valószínűségben azok a tényezők kerülnek felírásra, amelyek előre nem kiszámíthatóak, például valamely emberi tulajdonságból, vagy időjárásból adódó bizonytalanságot hordoznak magukban. Ezen valószínűség összetevőinek száma és részletesebb kifejtése további kutatást igényel.

Az előzőek alapján egy utazóra számított gyaloglás időszükséglete:

$$t_f = \frac{l_{ij}}{v} + \frac{l'_{ij}}{v} * a \quad (5)$$

$$\alpha = P(I) * b * c \quad (6)$$

A távolság értékek (l) a mikro-gráf egyes csúcsai (közlekedési kapcsolatok) között definiálhatók, így egy csomóponti honnan-hová mátrixot kapunk:

$$\bar{L} = \begin{matrix} 0 & l_{ab} & l_{ac} \\ l_{ba} & \ddots & \\ l_{ca} & & \ddots \\ & & & 0 \end{matrix} \quad (7)$$

Az akadályoztatás miatt távolság növekmény értékekből (l'), egy a (7)-t kiegészítő mátrixot kapunk:

$$\bar{L}' = \begin{matrix} 0 & l'_{ab} & l'_{ac} \\ l'_{ba} & \ddots & \\ l'_{ca} & & \ddots \\ & & & 0 \end{matrix} \quad (8)$$

b. A várakozás érzékelt időszükséglete, T_w

A ki és beszállási pontok között rendelkezésre álló idő a járművek érkezési és indulási idejének függvénye. Mivel a forgalom-szervezés és a járatkövetési idő kérdésköröket most nem érintjük, a járművek követési idejét adottságnak vesszük. **Az átszállási idő és azon belül a várakozási idő csökkentését kívánjuk elérni**, miközben a gyaloglási időre tudunk hatást gyakorolni (egy személyes jellemzőktől alsó és felső korlát között). A megállóhelyen, peronon, stb. személyes ajánlásokkal, informatikai szolgáltatásokkal elsősorban az idő eltöltésének komfortjára lehet hatni. Ezáltal is csökkentve a várakozási idő érzetét. Tehát:

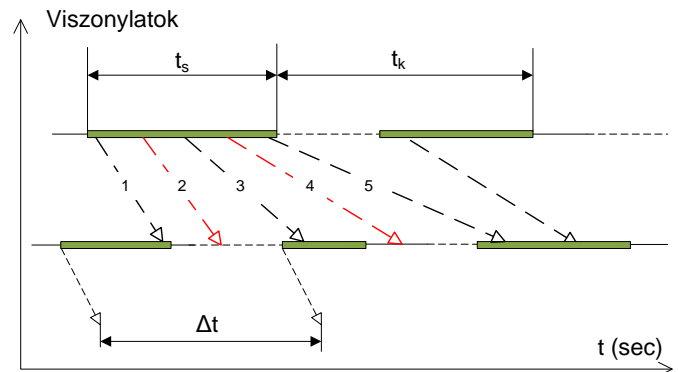
$$[T_t = t_f * \alpha + (t_w * \beta)] \rightarrow Min \quad (9)$$

$$[T_w = t_w * \beta] \rightarrow Min \quad (10)$$

Ha a *gyaloglási időt* sikerül is minimálisra csökkenteni, de a következő jármű indulásáig várni kell, akkor az átszállási időt még nem biztos, hogy csökkentettük. A 2. ábrán egy helyváltoztatási lánc két viszonylata közötti átszállás látható.

A **zöld téglalapok** jelzik azokat az „időablakokat” amelyek alatt a jármű a megállóhelyen tartózkodik (t_s). A menetrendtől való eltérésre valamint az esetleges előzésre ez a cikk nem tér ki bővebben. A két egymást követő jármű megállóhelyre

érkezései között eltelt idő a követési időköz (t_k). A követési időközök és a megállóhelyen tartózkodási idők a forgalomból adódóan eltérőek lehetnek. A szaggatott nyílak a gyalogos mozgásokat jelentik. A **piros nyílak** szemléltetik azokat a nem optimális mozgásokat melyeknél az utazó várakozásra kényszerül.



2. ábra Két viszonylat között létrejövő átszállás lehetőségei

A várakozási idő csökkentésének egyik módja, hogy úgy vezetjük oda az utazót a beszállási ponthoz, hogy éppen a jármű megállóhelyen tartózkodási időablakát érje el. Még kedvezőbb eredményt érhetünk el **járműfedélzeti tájékoztatással**. A beérkező jármű elhagyási idejének alapján az átszállás kimeneteinél 5 esetet különböztettünk meg:

- 1: A felhasználó gyaloglási sebességének és a járatok megállóhelyre érkezésének függvényében felhívjuk az utazó figyelmét egy olyan csatlakozásra, amelyet elérhet, ha növeli a gyaloglási tempóját (nem megerőltető mértékben). Ebben az esetben **tényleges időcsökkenés (Δt) realizálható** a korábbi csatlakozás elérésével.
- 2: Az utas az átszállási kapcsolat felszállási helyéhez ér a jármű beérkezése előtt és várakozásra kényszerül. Ez többnyire információ hiányában következhet be, vagy az átszállási kapcsolat megállóhelyen tartózkodási idejének ismerete esetén is, ha például nagy a követési időköz.
- 3: Legkényelmesebb eset, mikor az utazó saját gyaloglási tempójában, megerőltetés nélkül eléri a kívánt kapcsolatot. Az előző és a következő járat információ nem készíti gyaloglási sebességének változtatására, azonban nyugodt kényelemben éri el csatlakozását.
- 4: Lassú gyaloglási sebességgel, és/vagy nagy követési idő esetén előfordul, hogy az ábránkon szereplő második járatot sem éri el az utazó, így várakozásra kényszerül. Ekkor célszerű a várakozás idejét utas-informatikai szolgáltatásokkal (Pl.: WLAN, kivetítő) kellemesebbé tenni.
- 5: Amennyiben nincs olyan jármű, amelyet az adott személyes gyaloglási sebességgel a felhasználó el tud érni, úgy ajánlunk neki egy „kényelmes” gyaloglási sebességet (pl.: felhívjuk a figyelmét a helyben elérhető szolgáltatásokra), hogy a viszonylat, következő, harmadik járatához érkezzen meg. Ezzel a helyváltoztatási lánc **tényleges időszükségletén nem javítunk, azonban a felhasználó érzékelt idejét javítjuk.**

A gyakorlatban ez akkor működik jól, ha az utas számára (kollektív, vagy individuális eszközön keresztül) kijelezzük az

elérni kívánt csatlakozása aktuálisan beérkező és az azt követő két járat indulási idejét is. Még kedvezőbb, ha azt is feltüntetjük mennyi idő áll még rendelkezésre.

Példa:

A szemléletesség kedvéért tekintsünk egy különböző személyes jellemzőkkel rendelkező utazók átszállási idejét

összehasonlító példát. Öt utazónk ugyanazon viszonylatról ugyanarra száll át. Az A, B, C, D, E betűkkel jelölt utazóink jellemzői a 2., az (5) és (6) alapján kapott tényleges és érzékelt gyaloglási sebesség értékek a 3. táblázatban láthatók. Utazóink jellemzését a 2. ábra öt különböző átszállási esetéhez igazítottuk.

2. táblázat Példa utazók jellemzői

Átszállás eset	Utazó	Utazó jellemzése
1	A	Környéken ismerős sietős középkorú utazó, csomaggal.
2	B	Környéket ismerő, fiatalember csomag nélkül
3	C	Környéken nem ismerős középkorú csomag nélkül
4	D	Környéken ismerős idős utazó, nagy csomaggal.
5	E	Környéket ismerő mozgáskorlátozott középkorú utazó csomag nélkül

3. táblázat Példa eredmények összesítése

Utazó	A	B	C	D	E	
l_{ij}, l'_{ij}	$l_{ij}=300$ m	$l_{ij}=300$ m	$l_{ij}=300$ m	$l_{ij}=300$ m	$l_{ij}+l'_{ij}=360$ m	
v	$v_1=0,97$ m/s	$v_3=1,25$ m/s	$v_2=0,97$ m/s	$v_1=0,69$ m/s	$v_2=0,97$ m/s	
a	$a_1=0$	$a_1=0$	$a_1=0$	$a_1=0$	$a_2=1$	
$P(I)$	$P_3(I)=0,3$	$P_3(I)=0,6$	$P_2(I)=0,3$	$P_1(I)=0,1$	$P_2(I)=0,3$	
b	$b_1=1$	$b_1=1$	$b_2=1,4$	$b_1=1$	$b_1=1$	
c	$c_2=1,2$	$c_1=1$	$c_2=1$	$c_2=1,2$	$c_1=1$	
Eredmény	α	0,36	0,6	0,42	0,12	0,3
	t_f	309 s	240 s	309 s	435 s	371 s
	T_F	421 s	384 s	439 s	487 s	482 s
	Érzetből adódó növekmény	111 s	144 s	130 s	52 s	111 s

A példából az látszik, hogy az „érezkelt” átszállási idő minden esetben megnövekedett. De azoknál az utazóknál volt az érzetből adódó idő növekmény jelentősebb, akik ideális, zavarás nélküli esetben gyorsabban jutnak el a céljukhoz (vagyis, ahol a tényleges eljutási idő kisebb, A, B, C).

c. Az utazás érzékelt időszükséglete, T_j

Az utazás alatt az utas egy alrendszerként kezelendő a járművel. A környezeti hatások befolyásolják a jármű és a vele együttmozgó utasok pályán töltött idejét. A jármű fedélzetén tartózkodó utas szempontjából a jármű is egy mikrokörnyezet. A járművön belüli utas mozgások általában elhanyagolhatók, azonban az információáramlás többnyire nem. A fedélzeten több információs csatorna is van, melyeken keresztül befolyásolni lehet az utazás érzékelt idejét. Ezen kívül a továbbutazásra vonatkozó döntéseket is lehet befolyásolni.

d. Mindhárom fázisra hatással lévő, a teljes utazást befolyásoló konstans, C

A formula C tagja olyan személyes jellegű és/vagy az utazás körülményeitől függő tényezőt tartalmaz, melyekkel figyelembe tudunk venni mindhárom részfolyamatot együttesen érintő hatásokat. Ilyenek például a helyváltoztatás alatt az

- átszállások száma,
- egységes tarifa és díjbeszedő rendszer megléte/hiánya,
- forgalombiztonság érzete,
- személyi és vagyonsbiztonság érzete, stb.

3. A feltárt összefüggések felhasználási lehetősége, az időértékek befolyásolása

A teljes helyváltoztatás során az időértékekre értéknövelt, valamint aktuális és előrejelzett információk közlésével kívánunk hatni. Az **ITS alkalmazásokkal** olyan információkhoz jut a felhasználó, amelyek ismeretében módosíthatja az útvonalát. [1] Cél, hogy a mérhető eljutási idő kisebb legyen, vagy csökkentsük az érzékelt időt.

Az (5.) és (6.) formula lehetőséget ad a virtuális **multimodális mobilitás szervező alkalmazás egy részletének kidolgozásához:**

Azt hogy hogyan ítéli meg a saját sebességét (v), egy előre definiált skálával segítjük. (Pl.: 1-3-ig terjedő skála, ahol segítségül példák vannak megadva) Az a , egy két kimenetű döntési változó melyet a felhasználó a programba belépve állíthat be. (Pl: mozgáskorlátozott? I/N). [5]

A felhasználói viselkedés, valamint az utazás jellege szintén a felhasználó által, minden alkalommal beállításra kerülő paraméterek. A nem személyes jellegű változó paramétereket azonban egy külön erre a célra létesített szerver szolgáltatja.

Fontos kérdés, hogy az információs szerver eseményvezérelve, ciklusidő szerint, vagy lekérdezés alapján működjön. A dinamikusan változó forgalmi szituációkra a „push” típusú (eseményvezérelt) kiszolgálás nagyobb hatékonysággal tud reagálni, mint a „pull” (ciklusidő) jelleggel működő szolgáltatás.

A beruházás költségeinek becslésével a jelen cikk nem foglalkozik bővebben, azonban a teljes kutatásnak részét képezi majd ezeknek a kérdéseknek a kutatása. [4]

- Gazdaságilag megtérülő a beruházás. A gyakorlat azt mutatja, hogy a közlekedési társaságok többsége hasznot nem hoz, inkább veszteségfinanszírozó politikát folytat, és igen nagy állami támogatással tud életben maradni. Egy ilyen beruházás esetében szintén nem tudunk gazdasági hasznosságról beszélni, hiszen a bekerülési költségekhez mérten bármely időtávon vizsgálva is elenyésző hasznot hoz.
- Társadalmi hasznot hoz. Azonban meg kell találni azt az egyensúlyt, amennyit a beruházásra érdemes fordítani.

Összefoglalás

A megvizsgáltuk a helyváltoztatási lánc három helyváltoztatási részfolyamatának idősükségletét, melyek külön-külön meghatározhatók. A három idősükséglet összegéből kapjuk meg a teljes eljutásra jellemző érzékelt időértéket (T). Jelen cikkben a lehatárolásunk csomóponti mikrokörnyezetre vonatkozott, ezért csak az átszállási idő felírására koncentráltunk. Megállapítottuk, hogy az egyes utazási fázisok idősükségei nem írhatók fel pusztán a mérhető mennyiségekkel, ugyanis azokat még az utazók személyes jellemzői befolyásolják. A személyes, változó paraméterek alapján meghatároztunk egy növekmény tényezőt, mellyel korrigálva a mérhető mennyiségeken alapuló tervezett időt megkapunk egy úgynevezett „érezkelt” időt. Ezzel jó közelítéssel megállapítható, a felhasználónkénti tervezett (számított) és érezkelt átszállási idő. További feladatunk az idősükségletet befolyásoló paraméterek cizellált kifejtése. Így az átszállási idő részletes és pontos megismerésével, a továbbiakban vizsgálni tudjuk csökkentésének lehetőségeit, melynek egy módjáról említést is tettünk. Továbbá a multimodális közlekedés szervező alkalmazás megvalósításának előkészítési fázisában hasznosak lehetnek a megállapításaink, melyeket továbbfejlesztve, a valóságos helyzetet leegyszerűsítve megkönnyítik a modellalkotást.

Irodalom

- [1] Böhm, M.: In-time intelligent and efficient travel management for EU cities, 17th ITS World Congress, 2010, Busan
- [2] Csiszár, Cs. – Válóczy D.: Telematikai rendszerekkel támogatott intermodális csomópontok, Városi Közlekedés, Budapest, 2011. In-Press
- [3] Csiszár, Cs. - Válóczy D. – Valcheva, T.: CONSCIOUS TRANSPORT – influence of passengers by telematics systems, 19th INTERNATIONAL CONFERENCE”, trans&MOTAUTO'11, 2011, Várna

[4] Junwook Chi: Perspective on cost benefit analysis for ITS projects, 17th ITS World Congress, 2010, Busan

[5] Keehong Um - Meeae Lee: Facilities for elderly and disabled, 17th ITS World Congress, 2010, Busan

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.