

Intelligens közlekedési rendszerek közlekedésbiztonsági rangsorolása

Török Árpád

PhD, a Közlekedéstudományi
Intézet Nonprofit Kft. központ-
vezető-helyettese

E-mail: torok.arpad@kti.hu

Pauer Gábor,

a Közlekedéstudományi Intézet
Nonprofit Kft. tudományos
segédmunkatársa

E-mail: pauer.gabor@kti.hu

A szerzők célja az intelligens közlekedési rendszerek által elérhető közlekedésbiztonsági hatások szakértői értékelésre alapozott statisztikai elemzése volt.

A közlekedésbiztonsági funkciókkal rendelkező intelligens rendszerek kategorizálását követően a képzett rendszercsoportok komplex szempontrendszer szerint kerültek értékelésre. A vizsgált intézkedéstípusok rangsorolását KIPA-eljárás segítségével végezték. Az eljárás eredményeinek alátámasztására, illetve a támogatásra alkalmas, kedvező intézkedésekből álló csoportok azonosítása érdekében klaszteranalízis készült.

A KIPA-elemzés és a klaszteranalízis eredményei összhangban vannak egymással. A meghatározott vizsgálati szempontok együttes figyelembevételével közlekedésbiztonsági, gazdasági és stratégiai szempontból a legkedvezőbb hatást a járművön belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek; a KRESZ betartását segítő rendszerek; a veszélyes közlekedési helyzetek előrejelzése szolgáló rendszerek; valamint a mentési tevékenységet támogató rendszerek széles körű bevezetése és támogatása eredményezi.

TÁRGYSZÓ:

Közlekedésbiztonság.

Klaszteranalízis.

Intelligens közlekedési rendszer.

DOI: 10.20311/stat2016.04.hu0418

A kétezres évek közepétől a közúti közlekedés baleseti mutatói folyamatosan javultak. A kedvező tendencia azonban az utóbbi két évben megtorpant. A közlekedésbiztonság további javítása az európai uniós dokumentumokban előírt célkitűzés, emellett az áldozatokkal járó anyagi veszteségek csökkentése (Török [2015]) nemzetgazdasági szempontból is kiemelt jelentőségű, azonban a balesetszámok csökkenését eredményező intézkedések, beavatkozások biztonságjavító potenciálja véges. Mindezek tükrében a biztonság javítását szolgáló innovatív infokommunikációs megoldások napjainkban felértékelődnek. Az új, intelligens módszerek elsősorban a baleset elkerülésével, illetve súlyosságuk jelentős enyhítésével alkalmasak a közlekedésbiztonsági helyzet javítására. Ennek megfelelően a közlekedésbiztonság az EU Bizottság által kidogozott ITS (intelligent transport(ation) systems – intelligens közlekedési rendszerek) intézkedési tervének kiemelt része.

Kutatásunk célja, hogy a közlekedésbiztonság javítását célzó intelligens rendszerek többszempontú szakértői értékelésének statisztikai elemzésével azonosíthatók legyenek azok a célterületek, ahol az intelligens közlekedési rendszerek jelentős szerephez juthatnak a jövőben (Ven-Long-Wedlock [2013]). Az ITS-megoldások értékelése lehetőséget teremt a közlekedésbiztonsági, gazdasági és stratégiai szempontból kiemelt hatással bíró fejlesztési irányok kijelölésére.

1. A vizsgált kategóriák és az elemzés szempontrendszere

A vizsgálat első lépéseként alapvető céljuk és jellemzőik szerint osztályoztuk a közlekedésbiztonsági funkciókkal rendelkező intelligens közlekedési rendszereket. Az elsőként azonosított ITS-rendszercsoport a járművezetői állapottól függő beavatkozó rendszerek csoportja, melyen minden olyan ellenőrző és beavatkozó rendszert értünk, mely lehetőséget biztosíthat a befolyásolt vagy fáradt állapotban történt vezetési kísérletek ellenőrzésére, meggátlására, központi adatbázisban történő naplózására. További funkcióiként említhető a visszaeső járművezetők nyomon követése és „utógondozása”, valamint a „befolyásolt” járművezetés szempontjából szabálykövetési hajlandóságot befolyásoló járművezetői attitűd, illetve profiljellemezők elemző értékelésének lehetővé tétele (Foss [2014]).

A következő lehatárolt rendszercsoport a KRESZ betartását segítő rendszerek csoportja, ide értve a sebességellenőrző, -befolyásoló rendszereket és a közlekedés-

biztonsági szempontból fontos forgalomtechnikai jelzések észlelését segítő eszközöket. A rendszercsoport elemei közé tartoznak mind a járművön kívüli, mind pedig a járművön belüli megfigyelő, esetlegesen szabálysértő műveletet gátló rendszerek. Az általuk gyűjtött adatok a védelmi kockázatot jelentő közúthasználók kiszűrésére és nyomon követésére, a szabálykövetési hajlandóságot befolyásoló járművezetői magatartás-, illetve profiljellemzők elemző értékelésére, valamint a balesetek térbeli sűrűsödésével összefüggő okok feltárására is lehetőséget nyújtanak (*Jarasuniene–Jakubauskas* [2007]).

A közlekedői viselkedés egyénre szabott, valós idejű, folytonos nyomon követését biztosító, javaslatot és támogatást nyújtó rendszerek a dinamikus fejlődő és elterjedő, a közlekedők által folyamatosan használt okos eszközökre fejlesztett támogató alkalmazások összességét jelentik. Az ITS-rendszercsoport elsődleges funkciója az egyéni közlekedési kultúra fejlesztése a közösségi rendszer szemléletformáló hatásán keresztül érhető el. Másodlagos funkcióként említhető a szabálykövetési hajlandóságot befolyásoló járművezetői attitűd, illetve profiljellemzők elemző értékelése adatbányászati módszerekkel (*Akerstedt et al.* [2003]).

A veszélyes közlekedési helyzetek előrejelzését szolgáló rendszerek csoportja olyan ITS-megoldásokat foglal magában, melyek a járművön kívüli és belüli rendszereken, valamint a közlekedők által használt okos eszközökön keresztül előre jelzik a becsülhető konfliktusokat. Ehhez statikus térinformatikai útinformációkat és dinamikus paramétereket, közlekedői mozgásjellemzőket alkalmazhatnak. A rendszerek a közlekedésbiztonságot befolyásoló információkat valós időben biztosítják. Az előre jelzett konfliktusok száma alapján góchely- keresés, illetve járművezetői attitűd és profiljellemzők elemző értékelése végezhető el adatbányászati módszerekkel (*Török–Fütyü* [2012]).

A mentési tevékenységet támogató rendszereket szintén külön ITS-rendszercsoportként vizsgáltuk. A rendszerek elsődleges célja a személygépjármű részvételével történt közúti balesetek helyének és jellemzőinek automatikus továbbítása az illetékesekhez. Ez a mentés idejét és hatékonyságát javítja, hozzá járul ezáltal az áldozatok számának csökkentéséhez, a sérülések súlyosságának enyhítéséhez. A rendszercsoport a közforgalmú járművek közlekedésbiztonsági, védelmi funkcióit ellátó megoldásokat (komplex videomegfigyelő, adatrögzítő, követő/riasztó modulok) is magában foglalja (*Khorasani et al.* [2013]).

Az intelligens közlekedési rendszerek közé soroltuk az egységes európai uniós elektronikus vezetői engedélyt és nyilvántartási rendszert is. Az adatbázis felhasználásával kialakítható ellenőrző rendszer egyrészt a közúti járművezetők rendőrségi ellenőrzésének támogatására, másrészt a külföldi honosságú járművezetők szankcionálási lehetőségeinek javítására is alkalmas. Hosszú távon segítségével megvalósítható a közlekedési rendszer használatához kapcsolódó valós idejű hitelesítési, jogosultsági és azonosítási folyamatok automatizálása, összevonása, automatikus közúti

ellenőrzési műveletek végrehajtása. A rendszer kiemelten alkalmas a védelmi kockázatot jelentő közlekedők kiszűrésére és nyomon követésére.

A következő ITS-rendszercsoportot a forgalomirányító rendszerek alkották. Ezen rendszerek elsődleges célja a lokális/rendszer szintű forgalomfüggő forgalomirányítás megvalósítása, figyelembe véve a forgalmi jellemzők közlekedésbiztonságra gyakorolt hatásait. A forgalmi adatok rögzítésével a honnan-hová mátrixok becslése válik megvalósíthatóvá, speciális körülmények között a rendszer alkalmas a védelmi kockázatot jelentő közúthasználók nyomon követésére is.

A közlekedési infrastruktúra közlekedésbiztonsági jellemzőinek előállítására szolgáló rendszerek csoportja térinformatikai alapú, időszakosan ismételt vagy folyamatos felméréseket, elemzéseket biztosító ITS-rendszereket foglal magába. Elsődleges funkciója a közlekedési hálózat közlekedésbiztonsági minősítése, valamint a biztonságos infrastruktúramenedzment-folyamatokhoz kapcsolódó feladatok ellátása. Másodlagos funkcióként említhető az infrastruktúrajellemzők baleseti adatokkal való összefüggésének vizsgálata; a baleseti becslő modell kialakítása; valamint a balesetsűrűsödési helyek azonosítása területi autókorrelációs modell alkalmazásával.

A következő lehatárolt rendszercsoport elemei a járművön belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek. A kategóriához tartozó megoldások a közlekedésbiztonsági szempontból kiemelt vezetéstechnikai műveleteket támogató (fékezés, sebesség, követési távolság) rendszerek. Ezek többsége jelenleg autonóm módon működik, stratégiai cél azonban a hálózatos működésük megvalósítása és járműmozgáshoz kapcsolódó, teljes folyamatokat ellátó rendszerek elterjedése.

Az utolsó kategóriát a járművön belüli, közlekedésbiztonságot támogató, kötelezően használandó megfigyelő rendszerek képezik. Ezek fő feladata jelenleg a hivatásos járművezetők ellenőrzése és visszacsatolás biztosítása, mely kiegészülhet a kezdő, vagy "visszaeső" járművezetőket figyelő rendszerekkel. Az ITS-megoldások céljaként egy olyan rendszer teljes körű megvalósulása definiálható, mely alkalmas a vezetési tevékenység központi naplózására, automatikus ellenőrzés megvalósítására, az érintett járművezetői csoportok vezetési stílusának folyamatos ellenőrzésére, és a tipikus problémák visszajelzésére. A rendszer emellett baleseti feketedoboz-funkciót láthat el (Ven-Long-Wedlock [2013]).

1.1. Az értékelés szempontrendszere

A vizsgálat elvégzéséhez a több szempontú elemzések módszertanát alkalmaztuk (Macharis-Bernardini [2015]). A rendszercsoportok értékelésének szempontrendszerét hat szakértő bevonásával alakítottuk ki. A csoport tagjai közé különböző területek (közlekedésbiztonság, közlekedésgazdaság, rendszertervezés) szakértői tartoz-

tak. A szakemberek meghatározták azokat a szempontokat, melyek a közlekedésbiztonsági értékelés során kiemelt jelentőségűek. A súlyozás során a legfontosabb szempontokként a biztonsági hatást, az érintett közlekedők számát, illetve a megvalósítási költségeket jelölték meg. Kisebb súllyal ugyan, de szintén figyelembe vették, hogy a korszerű nemzetközi rendszerfejlesztési törekvéseknek megfelelően, valamint az európai uniós fejlesztési célokkal összhangban a biztonsági rendszerek (safety) jellemzésével a védelmi szerep (security) vizsgálata szorosan összefügg, illetve az egyes intézkedésekkel járó adatvédelmi kockázatok miatt a bevezetés társadalmi/jogi akadályokba ütközhet.

Az elemzés szempontjait, értékelési skáláit és súlyait az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az értékelési skálákat úgy alakítottuk ki, hogy a kedvező értékeket minden változó esetén a magasabb pontszámok írják le. A szempontok súlyait a szakértői súlyozások átlaga alapján képeztük, értékeit a KIPA- (Kindler–Papp-) módszer mérési skálájának meghatározásához alkalmaztuk.

1. táblázat

Az értékelés szempontrendszerének jellemzői

Értékelési szempont	Értékelési skála	Szempont súly
Megvalósítás költségei	1: nagyon magas – 10: nagyon alacsony	0,246
Érintett közlekedők száma	1: nagyon kevés – 10: összes közlekedő	0,250
Közlekedésbiztonsági hatás	1: nincs hatása – 10: jelentősen javítja a biztonságot	0,304
Védelmi hatás	1: nincs – 10: nagyon magas	0,075
Társadalmi/jogi akadályozó tényezők	1: jelentős feloldandó akadályok – 10: nincs	0,125

2. A vizsgálat folyamatának és eredményeinek bemutatása, értékelése

Az ITS-rendszercsoportok közlekedésbiztonsági értékelésének első lépéseként a szakértők az ismertetett kategóriákat a meghatározott szempontok és skála szerint értékelték (*Keserű–Bucklaen–Macharis [2015]*). Az elemzés során a pontszámok átlagaival dolgoztunk, melyeket a 2. táblázatban foglaltunk össze. Az értékelés eredményei a KIPA-elemzés alaptáblázatához, illetve a klaszteranalízis elkészítéséhez szolgáltatottak alapot.

2. táblázat

Az ITS-rendszercsoportok szakértői értékeléseinek átlaga

ITS-rendszercsoport	Megvalósítás költsége	Érintett közlekedők száma	Közlekedésbiztonsági hatás	Védelmi hatás	Társadalmi/jogi akadályozó tényező
1. Járművezetői állapottól függő beavatkozó rendszerek	5,33	4,83	5,83	2,50	5,67
2. KRESZ betartását segítő rendszerek	4,67	8,33	7,33	4,33	7,83
3. Közlekedői viselkedés egyénre szabott valós idejű, folytonos nyomon követése, támogatása	4,67	7,00	3,83	7,33	4,67
4. Veszélyes közlekedési helyzetek előrejelzése	5,33	7,00	6,00	3,50	6,83
5. Mentési tevékenységet támogató rendszerek	4,50	5,00	7,33	3,83	8,00
6. Egységes európai uniós elektronikus vezetői engedély és nyilvántartási rendszer	5,67	9,50	3,83	7,83	4,67
7. Forgalmirányító rendszerek	3,83	6,33	4,83	2,33	6,00
8. Közlekedési infrastruktúra közlekedésbiztonsági jellemzőinek előállítása	6,17	3,83	5,17	1,50	9,00
9. Járművön belüli aktív közlekedésbiztonsági rendszerek	7,00	8,00	8,00	5,50	8,50
10. Járművön belüli, közlekedésbiztonságot támogató, kötelezően használandó megfigyelő rendszerek	5,00	3,83	4,67	4,67	6,67

A szakértői vélemények átlagos értéke alapján történő elemzések megfelelőségének vizsgálata érdekében tanulmányoztuk az ITS-rendszercsoportokra és a vizsgálati szempontokra vonatkozó átlagos pont- és súlyszámok relatív szórásainak értékeit, melyeket a 3. és a 4. táblázatban foglaltunk össze.

3. táblázat

Az értékelési szempontokra adott súlyszámok relatív szórásai

Mutató	Megvalósítás költségei	Érintett közlekedők száma	Közlekedésbiztonsági hatás	Védelmi hatás	Társadalmi/jogi akadályozó tényezők
Relatív szórás	0,208	0,179	0,081	0,211	0,379

4. táblázat

Az ITS-rendszercsoportokra adott átlagos pontszámok relatív szórásai

Mutató	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	ITS-rendszercsoport									
Relatív szórás	0,247	0,089	0,251	0,247	0,176	0,136	0,237	0,227	0,251	0,172

A relatív szórások néhány esetben az elvárt 0,2 értéknél magasabb értékeken alakultak, mely a pontozás heterogén szerkezetét mutatja, kiugró érték azonban nem tapasztalható, így elsődleges vizsgálataink során a szórásokat elfogadva a mintát az átlagok segítségével jól jellemzettnek tekintettük.

2.1. KIPA-elemzés

A KIPA-eljárás komplex rendszerek összemérésére alkalmas, segítségével a meghatározott tíz közlekedésbiztonságot támogató ITS-rendszercsoport a vizsgált szempontok mindegyikének figyelembe vétele mellett rangsorolható, ezáltal megállapíthatóvá tehető, hogy mely intézkedéstípusok alkalmazása esetén érhető el a legkedvezőbb hatások (*Kindler–Papp [1977]*). Az alternatívák jellemzése az értékelő szempontok súlya alapján képzett skálákon történik, a páros összehasonlítás elve alapján (*Gyarmati [2003]*). Az alternatívák képzett skála szerinti minősítésének alapját a szakértői pontok átlagai képezték. Az eljárás fő lépései a következők:

- az értékelési tényezők mérési skáláinak megszerkesztése (a súlyok figyelembe vételével);
- a KIPA-módszer alaptáblázatának elkészítése (az alternatívák szakértői minősítésének az előző skálára való leképezésével);
- a KIPA-mátrix elkészítése (páros összehasonlítás);
- preferencia- és diszkvalifikancia-küszöbértékek megadása;
- asszortációs gráf felrajzolása;
- a preferenciasorrend meghatározása.

Az értékelési szempontok súlytényezői alapján a mérési skálák előállíthatók. A skálák készítésekor az 5-ös osztályzathoz minden esetben 50-es értéket rendeltünk hozzá. A legkisebb súlytényezőjű szempont szerinti skála lépésközei 1 értékűek, a többi szempont skáláinak lépésközei pedig a súlytényezők közti különbségek arányai alapján növekedtek. Az egész osztályzatokhoz tartozó mérési skála értékeit az 5. táblázatban ismertetjük.

5. táblázat

A KIPA-elemzés értékelő tényezőinek mérési skálája

Súly és osztályzat	Értékelési szempont				
	Megvalósítás költsége	Érintett közlekedők száma	Közlekedésbiztonsági hatás	Védelmi hatás	Társadalmi/jogi akadályozó tényező
Súly (%)	24,60	25,00	30,40	7,50	12,50
10	66,40	66,67	70,27	55,00	58,33
9	63,12	63,33	66,21	54,00	56,67
8	59,84	60,00	62,16	53,00	55,00
7	56,56	56,67	58,11	52,00	53,33
6	53,28	53,33	54,05	51,00	51,67
5	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
4	46,72	46,67	45,95	49,00	48,33
3	43,44	43,33	41,89	48,00	46,67
2	40,16	40,00	37,84	47,00	45,00
1	36,88	36,67	33,79	46,00	43,33

6. táblázat

A KIPA-elemzés alaptáblázata

Súly és ITS-rendszercsoport	Értékelési szempont				
	Megvalósítás költségei	Érintett közlekedők száma	Közlekedésbiztonsági hatás	Védelmi hatás	Társadalmi/jogi akadályozó tényezők
Súly (%)	24,60	25,00	30,40	7,50	12,50
1.	51,09	49,44	53,38	47,50	51,11
2.	48,91	61,11	59,46	49,33	54,72
3.	48,91	56,67	45,27	52,33	49,44
4.	51,09	56,67	54,05	48,50	53,06
5.	48,36	50,00	59,46	48,83	55,00
6.	52,19	65,00	45,27	52,83	49,44
7.	46,17	54,44	49,32	47,33	51,67
8.	53,83	46,11	50,68	46,50	56,67
9.	56,56	60,00	62,16	50,50	55,83
10.	50,00	46,11	48,65	49,67	52,78

A 2. táblázatban ismertetett szakértői pontátlagok alapján, a mérési skála segítségével a KIPA-módszer alaptáblázata előállítható. A nem egész osztályzatokhoz ren-

delt értékeket a mérési skála két szomszédos, egész osztályzathoz rendelt skálaértéke alapján, interpolálás segítségével állítottuk elő. Az alaptáblázat értékeit a 6. táblázatban foglaltuk össze.

A KIPA-mátrix előállítása érdekében következő lépésként a c_{ij} preferencia (előny) és d_{ij} diszkvalifikancia (hátrány) mutatók számítását végeztük el, páros összehasonlítások alapján.

Az előnymutató az i -edik alternatíva j -edikkel szembeni előnyéről szolgál információval, minden egyes viszonylatban számításra kerül. Értéke azon értékelési szempontok százalékban kifejezett súlyszámainak összegzésével áll elő, melyek tekintetében az adott ITS-rendszer csoportot preferál, illetve indifferens (az alaptáblázatban hozzá rendelt érték nagyobb, vagy egyenlő) az összehasonlított alternatívával szemben.

A hátránymutatók szintén valamennyi ij viszonylatban számításra kerültek, azonban meghatározásukhoz csak azt az értékelési szempontot vesszük figyelembe, amelynek tekintetében a preferenciaintenzitás a legnagyobb. A hátránymutatók értékének előállításához első lépésben tehát kiválasztjuk azt az értékelési szempontot, mely eleget tesz a következő két feltételnek:

1. az adott szempont szerint a j -edik alternatívához rendelt érték magasabb az i -edikhez rendelnél,
2. a i -edik és j -edik alternatívákhoz rendelt értékek különbségének abszolút értéke a legnagyobb.

Az ily módon kiválasztott szempont szerinti értékek különbségének abszolút értéke azon legnagyobb skálakülönbség, ahol a vizsgált i -edik alternatíva hátrányban van a j -edik alternatívához képest. A diszkvalifikancia mutatók számításához ezen értéket osztjuk a legnagyobb skála terjedelmével (jelen esetben ez a közlekedésbiztonsági hatás szerinti skála), majd az eredményt a százalékos forma előállítása érdekében 100-zal szorozzuk.

A preferencia- és diszkvalifikanciamutatók segítségével a KIPA-mátrix előállítható. (Lásd az 1. ábrát.)

A mátrix első sora és oszlopa az alternatívák (vagyis a vizsgált ITS-rendszer csoportok) számait tartalmazza, az i -edik sor és j -edik oszlop metszeteként előálló cella felső részében (félkövér) a c_{ij} előny-, alsó részében (dőlt betűkkel) pedig a d_{ij} hátránymutatókat tüntettük fel. A preferenciasorrend meghatározását, az ITS-rendszer csoportok rangsorolását a mátrix adatai alapján végeztük el. A preferenciaküszöbértéket 60 százalékos értéken ($c_{ij} \geq 60\%$), a diszkvalifikancia-küszöbértéket pedig 30 százalékos értéken ($d_{ij} \leq 30\%$) vettük figyelembe, mely szintnek összesen 34 páros összehasonlítás tett eleget. Ezek segítségével az asszortációs gráf (lásd a 2. ábrát) felrajzolhatóvá vált: a gráf csúcsait a vizsgált ITS-csoportok képezték, az ösz-

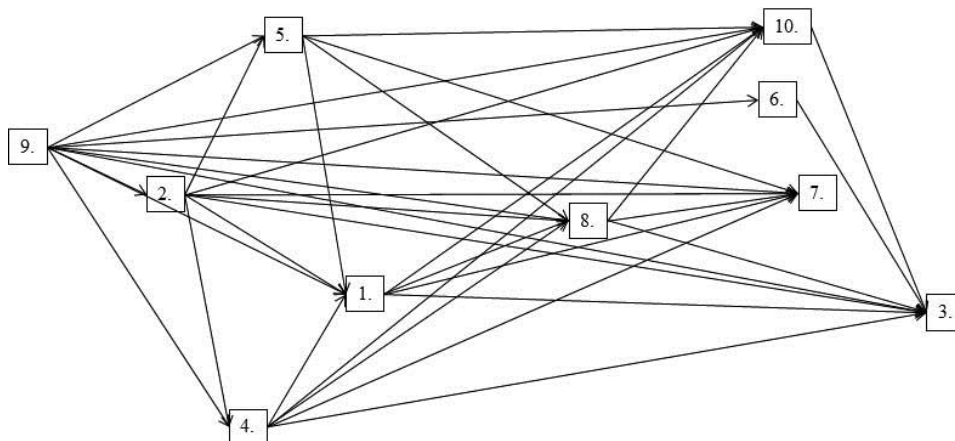
sze hasonlított elempárok közti élek irányítottak, a preferált alternatívából indulnak és a másik tag felé mutatnak. A gráf a változatok sorrendjének meghatározására és az eredmények szemléltetésére alkalmazható (az az alternatíva a legjobb, amelytől minden nyíl „elmutat”, és az a változat a legrosszabb, amely felé a legtöbb nyíl mutat).

1. ábra. A KIPA-mátrix

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.		24,6	67,5	24,6	24,6	42,9	62,5	62,9	0,0	80,0
		32,0	19,8	19,8	16,7	42,6	13,7	15,2	28,9	5,9
2.	75,4		92,5	75,4	87,5	42,9	100,0	62,9	25,0	67,9
	6,0		8,2	6,0	0,8	10,7	0,0	13,5	21,0	3,0
3.	32,5	32,1		32,5	57,1	42,9	57,1	32,5	7,5	32,5
	22,2	38,9		24,1	38,9	22,8	11,1	19,8	46,3	9,3
4.	100,0	24,6	92,5		49,6	42,9	100,0	62,9	0,0	92,5
	0,0	14,8	10,5		14,8	22,8	0,0	9,9	22,2	3,2
5.	75,4	42,9	42,9	50,4		42,9	75,0	62,9	0,0	67,9
	7,5	30,5	18,3	18,3		41,1	12,2	15,0	27,4	4,5
6.	57,1	57,1	100,0	57,1	57,1		57,1	32,5	32,5	57,1
	22,2	38,9	0,0	24,1	38,9		11,1	19,8	46,3	9,3
7.	37,5	0,0	42,9	0,0	25,0	42,9		32,5	0,0	55,4
	13,5	27,8	13,7	13,5	27,8	28,9		21,0	35,2	10,5
8.	37,1	37,1	67,5	37,1	37,1	67,5	67,5		12,5	92,5
	9,1	41,1	28,9	28,9	24,1	51,8	22,8		38,1	8,7
9.	100,0	75,0	92,5	100,0	100,0	67,5	100,0	87,5		100,0
	0,0	3,0	5,0	0,0	0,0	13,7	0,0	2,3		0,0
10.	20,0	32,1	67,5	7,5	32,1	42,9	44,6	32,5	0,0	
	13,0	41,1	28,9	28,9	29,6	51,8	22,8	10,7	38,1	

Megjegyzés. A dölt számok a diszkvalifikancia-, a félkövér a preferenciamutatók értékei.

2. ábra. A KIPA-elemzés során előállított asszortációs gráf



Az asszortációs gráf segítségével az alternatívák rangsora leolvashatóvá vált, a vizsgált ITS-rendszercsoportok preferenciasorrendjét a 7. táblázatban foglaltuk össze. A sorrend megmutatja, mely megoldások bevezetése, terjesztése, támogatása a leginkább javasolt.

7. táblázat

A vizsgált ITS-rendszercsoportok preferenciasorrendje

Preferenciasorrend	ITS-rendszercsoport száma, megnevezése	A csúsból induló élek száma	A csúcsba érkező élek száma
		(darab)	
1.	9. Járművön belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek	9	0
2.	2. KRESZ betartását segítő rendszerek	7	1
3.	4. Veszélyes közlekedési helyzetek előrejelzése	5	2
4.	5. Mentési tevékenységet támogató rendszerek	4	2
5.	1. Járművezetői állapottól függő beavatkozó rendszerek	4	4
6.	8. Közlekedési infrastruktúra közlekedésbiztonsági jellemzőinek előállítása	3	5
7.	6. Egységes európai uniós elektronikus vezetői engedély és nyilvántartási rendszer	1	1
8.	10. Járművön belüli, közlekedésbiztonságot támogató, kötelezően használandó megfigyelő rendszerek	1	6
9.	7. Forgalomirányító rendszerek	0	6
10.	3. Közlekedői viselkedés egyénre szabott, valósídejű, folytonos nyomon követése, támogatása	0	7

A legkedvezőbb intézkedéstípusnak a járművön belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek (9. csoport) bevezetése bizonyult, melyből a kiinduló élek az összes többi csoporthoz elmutatnak. Ezen ITS-megoldások jelentősen javítják a közlekedésbiztonságot, ugyanis viszonylag alacsony költségűek és kevés akadályozó tényezővel terheltek, ugyanakkor a technológia fejlődésével párhuzamosan egyre több közlekedő érhető el általuk. Szintén kiemelkedő eredményeket ért el a KRESZ betartását segítő rendszerek csoportja (2. csoport), mely a 9. és a 6. csoportokon kívül, az összes többivel szemben egyértelműen preferált. A rangsor első felébe, ezen felül, a veszélyes helyzetek előrejelzésére szolgáló (4. csoport), a mentési tevékenységet támogató (5. csoport), valamint a járművezetői állapottól függő beavatkozó (1. csoport) rendszerek kerültek. A legrosszabb eredményt a közlekedői viselkedés egyénre szabott, valósídejű, folytonos nyomon követése, javaslat és támogatás nyújtása (3. csoport) érte el, ennek oka, hogy a legnagyobb súllyal figyelembe vett közlekedésbiztonsági hatás terén várhatóan

csak mérsékelt javulást eredményez. Ráadásul a megvalósítása jelentős társadalmi/jogi akadályokba ütközhet, a kapcsolódó információk erőteljesen érzékeny, privát adatok. A 7., vagyis a forgalomirányító rendszerek csoportja szintén nem preferált egyik rendszercsoporttal szemben sem. E rendszercsoport elsődleges funkciója nem a közlekedésbiztonság, illetve a védelem ellátása, megvalósítási költségük is kedvezőtlen pontszámot ért el. A rangsor második felébe ezen kívül az infrastruktúra közlekedésbiztonsági jellemzőit előállító rendszerek (8. csoport, preferált a 3., 10. és 7. csoportokkal szemben), az egységes európai uniós e-vezetői engedély és nyilvántartási rendszer (6. csoport, egyedül a 3. csoporttal szemben preferált), illetve a járművön belüli kötelezően használandó megfigyelő rendszerek (10. csoport, szintén csupán a 3. csoporttal szemben preferált) tartoznak.

2.2. Klaszteranalízis

A közlekedésbiztonságot javító ITS-megoldások alapján képzett 10 ITS-rendszercsoportra vonatkozóan klaszteranalízist készítettünk. A klaszterezés olyan csoportosító eljárás, mely több szempont figyelembe vétele mellett a hasonló elemeket azonos, az egymástól eltérő elemeket pedig különböző csoportokba sorolja. Az analízis célja egyrészt a kifejezetten rangsort nyújtó KIPA-eljárás eredményeinek alátámasztása, másrészt olyan, támogatásra alkalmas, kedvező intézkedésekből álló csoportok azonosítása, melyek a döntéshozók számára segítséget nyújthatnak intézkedéscsomagok kialakítása során (*Szendrő–Csete–Török* [2012]).

A csoportok kialakítása a figyelembe vehető szempontok nagy száma miatt nem egyértelmű feladat, az eljárás elvégzésére különböző módok alkalmazhatók, melyek eltérő távolság- vagy hasonlóságmértékeken alapulnak. Ideális klaszterező algoritmus nem létezik, mivel az eredmények összehasonlítására nincs objektív mérték (*Bodon* [2010]), az egyes alkalmazások jellegétől függ, hogy melyik algoritmust célszerű választani (*Sramó* [1999]).

Kutatásunk során a klaszteranalízishez a hierarchikus eljárások közé sorolt Ward-módszert alkalmaztuk, tekintve, hogy ez az eljárás a gazdasági alkalmazásokban igen elterjedt, gyakorlati szempontból is jól értelmezhető és nagyjából egyforma nagyságú csoportokat eredményez (*Simon* [2006]). A módszer összevonáson alapul, azaz a kezdő lépés során minden egyes elemet külön klaszterként tekint és kapcsol össze, egyre nagyobb csoportokat képezve. A Ward-féle eljárás esetében a klaszteren belüli pontokra kiszámítjuk az átlagot, illetve a pontok átlagtól való négyzetes eltéréseinek összegét, és azt a pontot vagy klasztert vonjuk be a nagyobb klaszterképzéshez, amely bevonásával az eltérés négyzetösszeg növekménye a legkisebb. E módszer tehát vizsgálatunkhoz jól alkalmazható, mivel az adatbázist alkotó ITS-rendszercsoportokat a szakértők által elvégzett osztályzás során kapott pontok (1–10

skála) átlagával jellemeztük, így az elemek hasonlóságának mérésére minden változó esetén ezen számszerű távolságok alkalmazhatók, a kiinduló változók korrelálatlanok, kiugró adatok pedig nincsenek.

A klaszteranalízist az IBM SPSS Statistics program segítségével végeztük el. Az eljárás során a program a megadott 10 elemet 2–4 klaszterbe sorolta, melyek közül a 3 klasztert képző verzió esetén alakultak ki a leghomogénebb elemszámú csoportok. Az egyes klaszterek a következő ITS-rendszercsoportokat foglalják magukba:

1. klaszter: 1., 7., 8. és 10. ITS-rendszercsoportok;
2. klaszter: 2., 4., 5. és 9. ITS-rendszercsoportok;
3. klaszter: 3. és 6. ITS-rendszercsoportok.

A képzett klaszterek mutatószámait a 8. táblázatban foglaltuk össze.

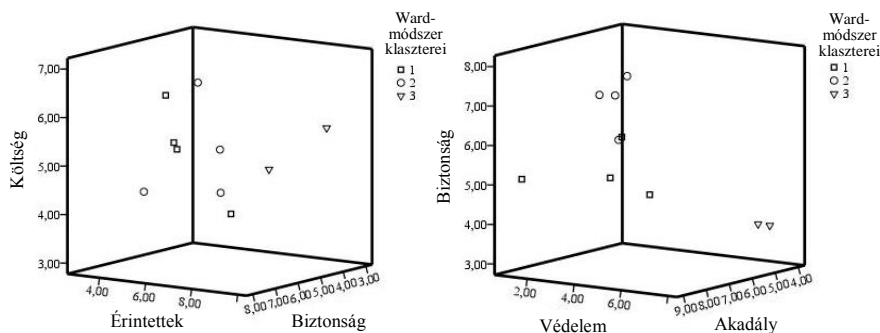
8. táblázat

A három klasztert képző Ward-eljárás mutatószámai

Klaszter	Mutató	Megvalósítás költsége	Érintett közle- kedők száma	Közlekedés- biztonsági hatás	Védelmi hatás	Társadalmi/jogi akadályozó tényező
1. klaszter	Átlag	5,0825	4,7050	5,1250	2,7500	6,8350
	Elemzés	4	4	4	4	4
	Szórás	0,96945	1,18145	0,51417	1,35250	1,50210
2. klaszter	Átlag	5,3750	7,0825	7,1650	4,2900	7,7900
	Elemzés	4	4	4	4	4
	Szórás	1,14095	1,49907	0,83843	0,87586	0,70033
3. klaszter	Átlag	5,1700	8,2500	3,8300	7,5800	4,6700
	Elemzés	2	2	2	2	2
	Szórás	0,70711	1,76777	0,00000	0,35355	0,00000
Összes elem	Átlag	5,2170	6,3650	5,6820	4,3320	6,7840
	Elemzés	10	10	10	10	10
	Szórás	0,90685	1,95056	1,48324	2,08250	1,53611

Az egyes klaszterek a különböző változók szerinti átlagaik alapján, az összes elemre vonatkozó átlagoktól való eltérésük segítségével értékelhetők. A legkisebb különbségek a megvalósítási költségekkel kapcsolatos pontszámok átlagainál mutatkoztak, a másik 4 szempont szerint jelentősebb eltérések adódtak, így azok a csoportképzésnél is jelentősebb szereppel bírtak. A 3. ábrán a klaszterelemek csoportképző változók szerinti eloszlásait szemléltettük.

3. ábra. A klaszterelemek elhelyezkedése



A klaszterátlagok alapján a kialakult csoportok minősítő változók szerinti értékelését a 9. táblázatban foglaltuk össze (az összes elem átlagához viszonyított eltérések irányát és nagyságát a + és – jelek szimbolizálják).

9. táblázat

A klaszterek jellemzése az összes elem átlagához viszonyítva

Értékelési szempont	1. klaszter	2. klaszter	3. klaszter
Megvalósítás költsége	– kis mértékben magasabb	+ kis mértékben alacsonyabb	– kis mértékben magasabb
Érintett közlekedők száma	– – – sokkal kevesebb	++ több	+++ sokkal több
Közlekedésbiztonsági hatás	– – alacsonyabb	+++ sokkal magasabb	– – – sokkal alacsonyabb
Védelmi hatás	– – – sokkal alacsonyabb	– kis mértékben alacsonyabb	+++ sokkal magasabb
Társadalmi/jogi akadályozó tényező	+ kis mértékben kevesebb	++ kevesebb	– – – sokkal több

A 9. táblázat értékelése alapján az 1. klaszter a szakértői pontok alapján szinte minden tekintetben „gyengébb” pontokat elért ITS-rendszercsoportokat foglalja magába. A klaszter elemei:

- 1. Járművezetői állapottól függő beavatkozó rendszerek;
- 7. Forgalmirányító rendszerek;
- 8. Közlekedési infrastruktúra közlekedésbiztonsági jellemzőinek előállítására;
- 10. Járművön belüli, közlekedésbiztonságot támogató, kötelezően használandó megfigyelő rendszerek.

A csoport jellemzői szemléltetik, hogy ezen intézkedéstípusok bevezetése eredményezi a legkevésbé kedvező hatást. Általuk érhető el a legkevesebb közlekedő, a segítségükkel megvalósítható közlekedésbiztonsági és védelmi hatások is jóval átlag alattiak. Az összes intézkedéshez viszonyítva valamivel magasabbak megvalósítási költségeik, a társadalmi/jogi akadályozó tényezőket tekintve kis mértékben átlag alatti kockázatúak. A forgalomirányító rendszerek elsődleges célja nem a közlekedésbiztonság javítása, míg a legtöbb járművezetői állapottól függő beavatkozó rendszer (például alcolock), illetve kötelezően használandó megfigyelő egység (például tachográf) csak a járművezetők egy szűk rétegét érinti. A közlekedésbiztonsági jellemzők előállítása a biztonság növeléséhez csak közvetett úton járul hozzá, védelmi funkciókat pedig egyáltalán nem eredményez.

A 2. klaszterre jellemző tulajdonságok alapján a csoport elemeit a legtöbb szempontból „kiemelkedően jó” ITS-rendszercsoportok alkotják. A klaszterbe tartozó intézkedések:

- 2. KRESZ betartását segítő rendszerek –sebességellenőrző, befolyásoló rendszerek, közlekedésbiztonsági szempontból fontos forgalomtechnikai jelzések észlelését segítő rendszerek;
- 4. Veszélyes közlekedési helyzetek előrejelzése;
- 5. Mentési tevékenységet támogató rendszerek;
- 9. Járművön belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek.

Az említett intézkedéstípusok megvalósítása kiemelten előnyös, a KIPA-elemzés során épp ezen intézkedéstípusok alkották a rangsor első felét. Az átlagnál jóval magasabb javulást eredményeznek a közlekedésbiztonság terén, míg az intézkedés által érintett közlekedők rétege is igen széles. Bevezetésük társadalmi/jogi akadályoztatottsága az átlagnál alacsonyabb, megvalósítási költségeik kedvezőek. Az átlagnál valamivel rosszabb értéket csupán védelmi funkcióik terén tapasztalhatunk. A szabályok betartását elősegítő és a járművön belüli aktív rendszerekkel, valamint a veszélyes helyzetek előrejelzésével a legtöbb közlekedő elérhető, a balesetek kialakulásának valószínűsége eredményesen csökkenthető. A mentési tevékenységet támogató rendszerek a bekövetkezett balesetek következményeit mérséklik.

A 3. klaszter „vegyes” jellemzőkkel bír, néhány szempontból kedvezőbb, néhány szempontból pedig kedvezőtlenebb az összes csoport átlagához viszonyítva. Elemei:

- 3. Közlekedői viselkedés egyénre szabott valósidejű, folytonos nyomon követése; javaslat és támogatás nyújtása;
- 6. Egységes európai uniós elektronikus vezetői engedély és nyilvántartási rendszer.

A klaszter elemei sok közlekedőt érintő, inkább védelmi funkcióval bíró ITS-megoldások, melyek közlekedésbiztonsági hatása az átlagosnál alacsonyabb, a bevezetésük kapcsán felmerülő akadályozó tényezők kockázata pedig jelentősebb. Az elektronikus vezetői engedély bevezetése esetén gyakorlatilag az összes járművezető érintett, a valósidejű, folytonos nyomon követésre és támogatás nyújtására pedig a legtöbb ember által már használt okos eszközökön keresztül nyílik lehetőség. Bár ezen intézkedéstípusok a közlekedésbiztonság növelésére mérsékeltén alkalmasak, az egységes, elektronikus nyilvántartás és a folyamatos nyomon követés védelmi funkciói igen jelentősek. A megvalósítás során ugyanakkor jelentős társadalmi és jogi akadályok merülhetnek fel.

3. Összefoglalás

Az elvégzett vizsgálatok a közlekedésbiztonsággal összefüggő ITS-megoldások értékeléséhez és rangsorolásához, a támogatásra alkalmas intézkedéstípusok azonosításához nyújtanak támogatást.

A KIPA-elemzés és a klaszteranalízis eredményei azonos irányba mutattak, alátámasztva azon konklúziót, mely szerint a meghatározott vizsgálati szempontok együttes figyelembe vételével közlekedésbiztonsági, gazdasági és stratégiai szempontból a legkedvezőbb hatást a 2. klaszter elemei gyakorolják. A szakértői véleményeken alapuló elemzések alapján tehát a járművön belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek, a KRESZ betartását segítő rendszerek, a veszélyes közlekedési helyzetek előrejelzése szolgáló rendszerek, valamint a mentési tevékenységet támogató rendszerek széles körű bevezetése és támogatása kiemelten ajánlott.

Irodalom

- AKERSTEDT, T. – MOLLARD, R. – SAMEL, A. – SIMONS, M. – SPENCER, M. – MCDONALD, N. [2003]: *European Transport Safety*. Working paper. <https://www.eurocockpit.be/sites/default/files/Akerstedt-Mollard-Samel-Simons-Spencer-2003.pdf>
- BODON F. [2010]: *Adatbányászati algoritmusok*. Kézirat. <http://www.cs.bme.hu/~bodon/magyar/adatbanyaszat/tanulmany/adatbanyaszat.pdf>
- FOSS, T. [2014]: *Safe and secure Intelligent Transport Systems (ITS)*. Transport Research Arena. 14–17 April. Paris. http://tra2014.traconference.eu/papers/pdfs/TRA2014_Fpaper_17198.pdf
- GYARMATI J. [2003]: *Többszemponyos döntésmélet alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlításában*. PhD-értekezés. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem. Budapest. http://193.224.76.2/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2003/gyarmati_jozsef.pdf

- JARASUNIENE, A. – JAKUBAUSKAS, G. [2007]: Improvement of road safety using passive and active intelligent vehicle safety systems. *Transport*. Vol. 22. No. 4. pp. 284–289. <http://dx.doi.org/10.1080/16484142.2007.9638143>
- KESERU, I. – BULCKAEN, J. – MACHARIS, C. [2015]: *The use of AHP and PROMETHEE to evaluate sustainable urban mobility scenarios by active stakeholder participation: The case study of Leuven*. 2nd International MCDA Workshop on PROMETHEE: Research and Case Studies. 23 January. Brussels. Booklet of Abstracts. pp. 14–15.
- KHORASANI, G. – TATARI, A. – YADOLLAHI, A. – RAHIMI, M. [2013]: Evaluation of intelligent transport system in road safety. *International Journal of Chemical, Environmental and Biological Sciences*. Vol. 1. No. 1. pp. 110–118.
- KINDLER J. – PAPP O. [1977]: *Komplex rendszerek vizsgálata. Összemérési módszerek*. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.
- MACHARIS, C. – BERNARDINI, A. [2015]: Reviewing the use of multi-criteria decision analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport Policy*. Vol. 37. No. 1. pp. 177–186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.11.002>
- SIMON J. [2006]: A klaszterezés alkalmazási lehetőségei a marketingkutatásban. *Statisztikai Szemle*. 84. évf. 7. sz. 627–651. old. http://www.ksh.hu/statszemle_archive/2006/2006_07/2006_07_627.pdf
- SRAMÓ A. [1999]: Adatbányászat és statisztika. *Statisztikai Szemle*. 77. évf. 5. sz. 350–359. old.
- SZENDRŐ, G. – CSETE, M. – TÖRÖK, Á. [2012]: Unbridgeable gap between transport policy and practice in Hungary. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. Vol. 20. Issue 2. pp. 104–109. <http://dx.doi.org/10.3846/16486897.2012.660881>
- TÖRÖK, Á. [2015]: Analysing the connection of Hungarian economy and traffic safety. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. Vol. 43. No. 2. pp. 106–110. <http://dx.doi.org/10.3311/PPtr.7953>
- TÖRÖK, Á. – FÜTYÜ, I. [2012]: *Investigating the effects of transport safety- and infrastructure-development with the use of SCGE models in the material flows*. IEEE 10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics. 20–22 September. Subotica. Proceedings. pp. 199–203. <http://dx.doi.org/10.1109/SISY.2012.6339514>
- VAN DE VEN, T.– LONG, J. – WEDLOCK, M. [2013]: *ITS Action Plan*. European Commission. Brussels. http://ec.europa.eu/transport/themes/its/studies/its_en.htm

Summary

The study analyses the road safety effects of the intelligent transport systems, based on evaluations of experts, applying statistical methods.

The authors categorize the intelligent transport systems with safety features, evaluate the created groups, applying a complex, multi-criteria approach and specify the ranking of measures based on the Kindler-Papp (KIPA) method. To confirm the results of the method and to identify groups that consist of favourable measures for support, cluster analysis has been carried out.

The results of KIPA and those of the cluster analyses comply with each other. Considering all defined criteria (aspects of road safety, economy, etc.), the implementation and support of in-vehicle active safety systems, systems facilitating the compliance with the traffic codes, dangerous traffic situation forewarning systems and systems supporting rescue operations have the greatest effects from traffic safety, economic and strategic aspects.