

## Kerékpáros és gyalogos balesetek mélyelemzése Magyarországon

Dr. Lakatos István\*, Óberling József\*\*, Kalincsák István\*, Pup Dániel\* és Szauter Ferenc\*

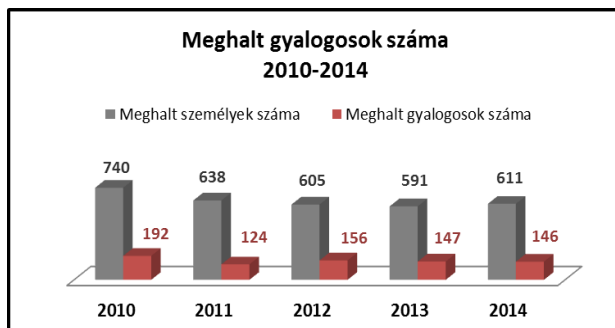
Széchenyi István Egyetem\*  
Országos Rendőr-főkapitányság\*\*  
lakatos@sze.hu; szauter@sze.hu;

**Abstract** Az Országos Rendőr-főkapitányság (ORFK) Országos Balesetmegelőzési Bizottsága (OBB) megbízást adott a „2013-14-es évek gyalogosok és kerékpárosok részvételével bekövetkezett balesetek elemzése és kutatása” tárgyában. A Győri Széchenyi István Egyetem Közúti és Vasúti Járművek Tanszékék értékelő, elemző szakanyagot készített és ezek birtokában javaslatokat fogalmazott meg. A projekt keretében, a közlekedésbiztonság javítását elősegítő intézkedéseket határozott meg. Az anyag ebbe az elemző munkába ad betekintést.

**Kulcsszavak:** gyalogos balesetek, kerékpáros balesetek, in-depth elemzés, balesetanalízis fejlesztése, a környezet mintázatanalízis

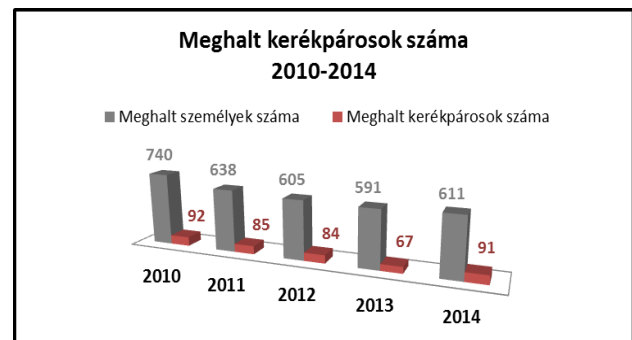
### 1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évben az összes baleseti szám emelkedése ellenére a gyalogos balesetokozók száma csökkent, és ha kismértékben is, de a meghalt gyalogosok száma is csökkent, ugyanakkor nem lehet elégszer hangsúlyozni, hogy a meghalt személyeknek közel egynegyede gyalogos.



1. ábra 2010-2014 években közúti balesetben meghalt személyek és gyalogosok száma

Ha ehhez még hozzá vesszük a halálos baleset szenvedett kerékpárosok számát, ez már jelentős arányt képvisel a halálos közlekedési baleseteken belül. A fehér könyvből adódóan 2010-2020-ig 50 %-kal kell csökkentenünk a halálos balesetek számát. Emiatt is különösen fontos a védtelen közlekedők által okozott és elszenvedett balesetek (különösen a halálos balesetek) számának csökkentése.



2. ábra 2010-2014 években közúti balesetben meghalt személyek és kerékpárosok száma

### 2. TIPIKUS GYALOGOS - ÉS KERÉKPÁROS BALESET TÍPUSOK

A közlekedési folyamatokat és a velük kapcsolatos sajnálatos baleseti eseményeket az alábbi peremfeltételek határozzák meg:

1. A meglévő forgalmi szabályozási rend Varga I. and Bokor J. (2007)
2. A közúti hálózat szerkezete, kiépítettsége áttekinthetősége Peter T, and Bokor J (2010, 2011), Peter, T. (2012)
3. Adott pontban a jármű környezetét jellemző paraméterek (Látási viszonyok (jó láthatás távolsága, felület megvilágítása [Lux]), a megvilágítás erősségének, gyors/lassú változása. Időjárási viszonyok. Út minősége, út vezetése, Bauer et al., (2006), sáv szélessége, anyaga, felületi érdessége/simasága). Egyenetlenségek

minősége, útprofil spektruma), Peter, T. and Szabo, K. (2012), T. Peter, and M. Basset (2009).

4. A jármű típusa, műszaki állapota, a biztonságot befolyásoló jellemző paraméterek, T. Péter (1992), G. L. Gissinger, Y. Chamaillard, and T. Stemmelen (1995), Péter T. (1997).
5. A járművezetők jellemző tulajdonságai, O. Derbel, T. Peter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2012, 2013) a biztonságot befolyásoló egyéni adottságai

Természetesen, a felsorolás nem jelent fontossági sorrendet. Minden pozitív adottság életet menthet, ill. minden hiányosság súlyos helyzetet teremthet. A

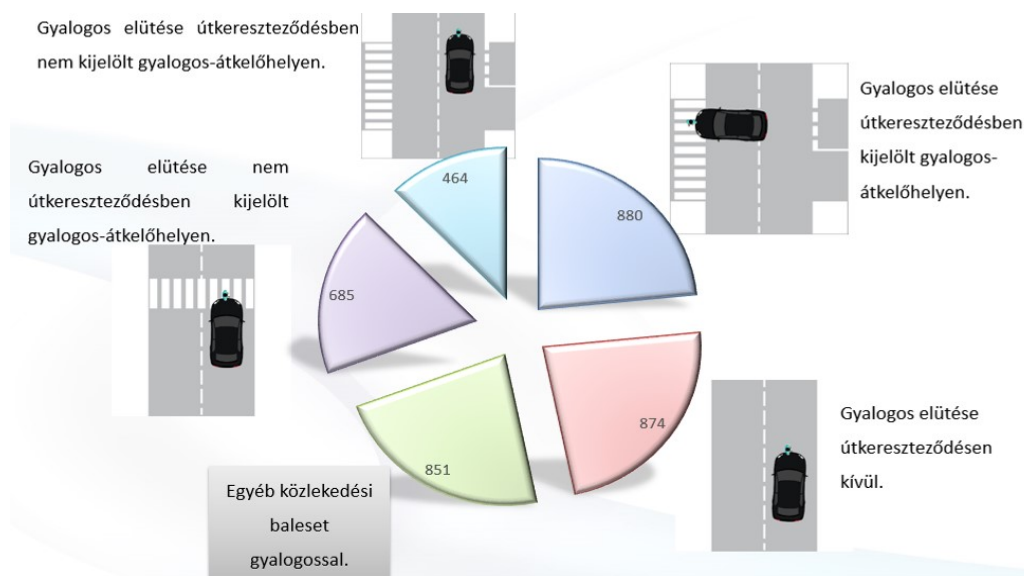
felsorolás nem végleges. Kiegészíthető a vizsgálat során megállapított további fontos összefüggésekkel.

A vizsgált években történt balesetek tekintetében meghatároztuk azt az 5 balesettípust, amely leginkább jellemző a bekövetkezett balesetekre, 3., 4. és 5. ábrák.

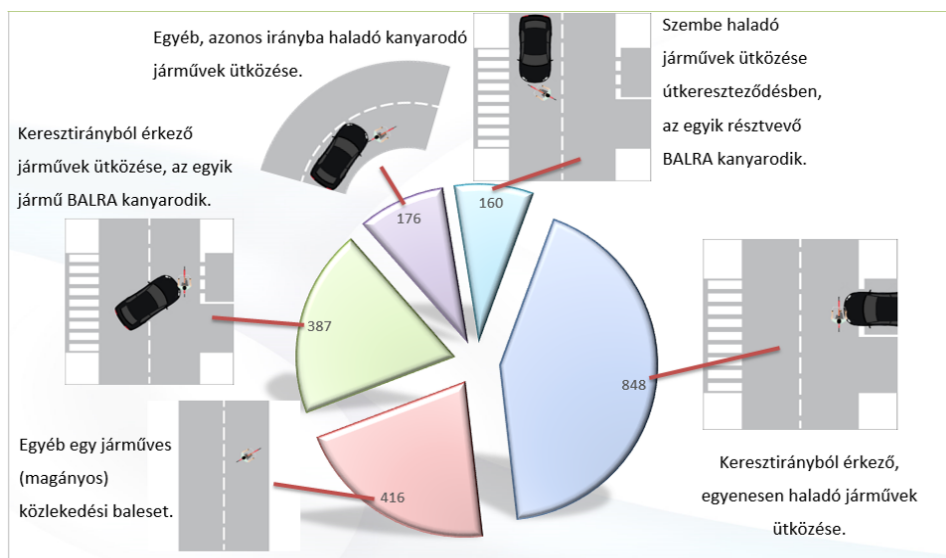
Az ok kutatás és a későbbi javaslattétel szempontjából is fontos, hogy mely korosztályokat milyen mértékben érintenek a legkritikusabb, halálos balesetek.

Fontosnak tartottuk az életkorok osztályozásánál a nagyobb felbontást, hiszen ezen korosztályok életvitele, szokásai jelentősen eltérhetnek.

A baleseti elemzés matematikai módszereit és a jövőben alkalmazható módszereket és egyes lehetőségeket a 3. pontban tekintjük át.

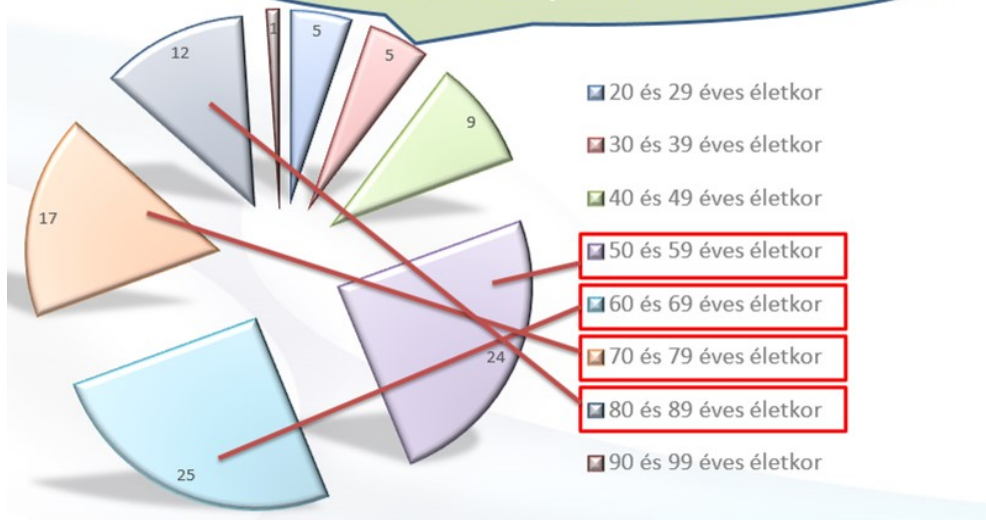


3. ábra gyalogos balesetekre jellemző 5 fő balesettípus



4. ábra kerékpáros balesetekre jellemző 5 fő balesettípus

Fontos az életkorok osztályozásánál a nagyobb felbontás, hiszen ezen korosztályok életvitele, szokásai jelentősen eltérhet.



5. ábra kerékpáros balesetekre jellemző kor szerinti felbontás

### 3. A BIZTONSÁG ÉS BALESET KOMPLEX KÖRNYEZETANALÍZISE

A közlekedési folyamatokat alapvetően befolyásolja a környezet és annak változása. Minden járműtípus esetén meghatározó a biztonság és baleset szempontjából a környezetanalízis. Az általunk indított vizsgálatok körében megkülönböztetünk statikus és dinamikus vizsgálatokat. A mintázat analízist, a statikus (a kvázi baleset analízis a dinamikus analízis körébe tartozik). A baleseti eseményekre leggyakrabban alkalmazott kapcsolati jellemző, a valószínűségi változók függőségének vizsgálata. A kapcsolatok szorosságát méri az „r” korrelációs együttható.

Használata igen hasznos olyan esetekben, amikor a vizsgált két valószínűségi változó független ekkor 0 a kapcsolatot jellemző szám, vagy, ha lineáris kapcsolat van köztük, ekkor a számítás +1 illetve -1 értéket ad. A vizsgálatoknál, a pontos meghatározás r = 0 esetén az, hogy a két valószínűségi változó korrelálatlan - ami önmagában még nem jelent függetlenséget.

Ha a két valószínűségi változó együttes eloszlása normális, akkor az „r” korrelációs együttható a két valószínűségi változó függőségének elméleti szempontból kifogástalan mérőszáma. Ekkor ugyanis a két valószínűségi változó között más függvénykapcsolat a lineárison kívül nem lehetséges, továbbá r=0 akkor és csak akkor, ha a két valószínűségi változó független.

$$r = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & y_j & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_i & \cdot & r_{x_i y_j} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \quad r_{x_i y_j} = \frac{M[x_i y_j] - M[x_i]M[y_j]}{D(x_i)D(y_i)} \quad -1 \leq r_{x_i y_j} \leq 1$$

6. ábra az n db. valószínűségi változóra vonatkozó korrelációs mátrix szimmetrikus pozitív definit mátrix

A helyzetértékelések és döntéshozatalok megkövetelik, hogy a közlekedési balesetek osztályozása során, információkat kapjunk arról, hogy az egyes baleseti osztályokba tartozó események száma, időszakonkénti gyakoriságuk egymáshoz viszonyítva hogyan változik a vizsgált időszakban? A korrelációanalízis-technika segít abban, hogy bizonyos azonos irányban, vagy ellentétes irányban fellépő tendenciák felerősödését felismerhessük, nyomon követhessük, és ezeket számszerűsíthessük is. Segíthet abban is, hogy a folyamatoknál mindig jelen lévő és az események kimenetelét befolyásoló feltételek erősségét is számszerűsíthessük. Ez segíthet a helyes intézkedések meghozatalában, amelyek egyrészt, a nem kívánt hatásokat gyöngítik, másrészt a biztonság növelését eredményező arányos feltételeket is megteremtik.

Ezen vizsgálatok alapján, például jól megfigyelhető, hogy éves időszakokban, különböző osztályba sorolható balesetek változása azonos, vagy eltérő tendenciát mutat – e és ez a kapcsolat mennyire mondható erősnek? Az alábbi két táblázat Magyarországon éves felvett rendőrségi adatokat szemléltet. Ahol: összes balesetek (Ö) tendenciája és ezen belül, az összes kerékpáros balesetek (K) és az összes gyalogos balesetek (G) változását

szemlélteti és ezek között szoros korrelációt mutat. Ezt szemlélteti a 2013. és 2014. évekre az  $r$  korrelációs együtthatók mátrixa:

	Ö	K	G
Ö	1	0,8903795	0,9801553
K	0,8903795	1	0,8202906
G	0,9801553	0,8202906	1

7.a. ábra összes baleseti  $r$  korrelációs mátrix 2013. évre

	Ö	K	G
Ö	1	0,8284057	0,969174
K	0,8284057	1	0,7290137
G	0,969174	0,7290137	1

7.b. ábra összes baleseti  $r$  korrelációs mátrix 2014. évre

Minden csoport között erős a pozitív korrelációs összefüggés. A tendencia csupán az, hogy 2014-re ez egy igen kis mértékben gyengült a kapcsolat minden csoport között.

Az alábbi vizsgálatok az éves időszakokban, az összes halálos balesetek ( $\bar{O}_H$ ) tendenciája és ezen belül az összes halálos kerékpáros balesetek ( $\bar{K}_H$ ) és az összes halálos gyalogos balesetek ( $\bar{G}_H$ ), korrelációjára vonatkoznak. Ez mutatja a 2013. és 2014. évekre az  $r$  korrelációs együtthatók mátrixa:

	$\bar{O}_H$	$\bar{K}_H$	$\bar{G}_H$
$\bar{O}_H$	1	0,6495708	0,6230601
$\bar{K}_H$	0,6495708	1	
$\bar{G}_H$	0,6230601		1

8.a. ábra halálos baleseti  $r$  korrelációs mátrix 2013. évre

	$\bar{O}_H$	$\bar{K}_H$	$\bar{G}_H$
$\bar{O}_H$	1	0,645326	0,9209152
$\bar{K}_H$	0,645326	1	
$\bar{G}_H$	0,9209152		1

8.b. ábra halálos baleseti  $r$  korrelációs mátrix 2014. évre

Megállapítható, hogy az összes halálos balesetek és az összes halálos kerékpáros balesetek közötti pozitív korrelációs kapcsolat a 2013 és 2014 évben nem változott. Az összes halálos balesetek és az összes halálos gyalogos balesetek közötti pozitív korrelációs kapcsolat a 2013 lényegében azonos, és 2014 évben a gyalogos balesetek nagyon erős korrelációt mutatnak az összes balesetekkel.

#### 4. A BALESETEK STATIKUS ANALÍZISEK FEJLESZTÉSE: MINTÁZAT ANALÍZIS

Ezek a közúti balesetek további átfogó analízise mellett, új kutatásokat jelenthetnek a baleseti mérések automatizálása és az egzakt fizikai jellemzők rögzítésére.

A pontosabb összefüggések feltárása és a baleseti

események minimalálása érdekében, fontosnak tartjuk az alábbiakat kiemelni:

A baleseti jegyzőkönyvek esetében célszerű a minél egzaktabb, fizikailag mérhető jellemzők felvételét szorgalmazni és ezek rekonstruálható számítását biztosítani. Szükséges a mérések fejlesztése és automatizálása. Az eredmények megfelelő adatbankba, infokommunikációs eszközökkel történő automatikus elküldése. A gyors helyszíni intézkedés biztosítása és a minél kevesebb helyszíni adminisztratív munka végzése. Különösen fontos az együttes hatások egzakt elemzése, mivel az egy időben fellépő különböző negatív hatások felerősítik a baleset bekövetkezésének valószínűségét. A fentiek alapján fel kell tárni a hálózat azon tér-, és időbeni pontjait, ahol nagy valószínűséggel lépnek fel az együttes negatív hatások! Ezeket folyamatosan kell rögzíteni a hálózatot jellemző adatbázisban és az elhárításukat is folyamatosan kell elvégezni. A fentiek összesített eredménye egy zárt ciklusú optimális irányítást valósít meg. Ez egyrészt, javítja a komplex közlekedési rendszer paramétereit, másrészt dinamikusan (időben) oly módon szabályoz, hogy folyamatosan növeli a közlekedés biztonságát.

Kiemelt cél, a jövőbeni bekövetkezések becslése, a környezet tudományos analízise, a kedvezőtlen együttes események bekövetkezésének minimalálása.

A matematikai modellezés egyrészt statikus számítási módszerek fejlesztését öleli fel, másrészt a dinamikus hatások analízisét. Statikus analízisek fejlesztése elsősorban a környezeti hatások komplex vizsgálatára szolgálhatnak.

A környezeti jellemzők analízise, az általunk javasolt  $K[k_{ij}]$  Incidencia mátrix bevezetésével végezhető el. Ennek jelentése a környezeti jellemzők illeszkedése (kapcsolata) adott baleseti helyen. A mátrix elemek:  $k_{ij}=I*J$ ; ( $i,j=1,2,\dots,n$ ;  $n$  a figyelembe vett környezeti paraméterek száma, „I” az  $i$ -ik állapota, „J” a  $j$ -ik állapota. Ezek bináris változók.) Az  $I$  és  $J$  környezeti állapotjellemezője 1, ha fennáll az adott környezeti jellemző és 0, ha nem. Az alábbi példa, szemléltet néhány környezeti jellemző analízisét, amely egy lehetséges helyszínen (útkanyar és kereszteződés fellépésénél) négy feltételezett baleset esetén lett felvételre.

1. Útkanyar (mindhárom esetben)
2. Útkereszteződés (mindhárom esetben)
3. Jegesedés (első esetben)
4. Köd (harmadik esetben)
5. Esti óra (első és második esetben)
6. Rossz útminőség



1:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	1	1	1	0	1	0
1.	1	1	1	0	1	0
2.	1	1	1	0	1	0
3.	1	1	1	0	1	0
4.	0	0	0	0	0	0
5.	1	1	1	0	1	0
6.	0	0	0	0	0	0

2:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	1	1	0	0	1	0
1.	1	1	0	0	1	0
2.	1	1	0	0	1	0
3.	0	0	0	0	0	0
4.	0	0	0	0	0	0
5.	1	1	0	0	1	0
6.	0	0	0	0	0	0

3:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	1	1	0	1	0	0
1.	1	1	0	1	0	0
2.	1	1	0	1	0	0
3.	1	0	0	0	0	0
4.	1	1	1	0	0	0
5.	0	0	0	0	0	0
6.	0	0	0	0	0	0

4:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	1	1	0	1	0	1
1.	1	1	0	1	0	1
2.	1	1	0	1	0	1
3.	0	0	0	0	0	0
4.	1	1	1	0	0	1
5.	0	0	0	0	0	0
6.	1	1	1	0	1	0

9.ábra Incidencia mátrixrok alapján az egyes baleseti mintázatok

A példa négy bekövetkezett balesetre vonatkozik és a környezeti jellemzők együttes előfordulását és kapcsolatát mutatja be az egyes eseteknél. A felvett négy mátrix, a négy baleset környezeti mintázatát adja meg. Fentiekből az a következtetés vonható le, hogy ilyen környezeti mintázatoknál következtek be balesetek.

Egy helyen természetesen különböző balesetek és mintázatok is keletkezhet, a környezeti jellemzők variabilitása miatt.

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK

Minden csomópontnak, útszakasznak van egy baleseti mintázati gyakorisága, eloszlása és a kimenetelek alapján súlyozott eloszlása is. A balesetek megelőzésének kutatása szempontjából fontos meghatározni a kritikus mintázatok halmazát. Mivel ezek a mintázatok, mind-mind megtörtént balesethez tartoznak, együttes struktúrájuk nagyon fontos információkat hordozhat magában. Ezek ismerete alapján, a közlekedési hálózati gráf, a környezeti paraméterek szempontjából vizsgálható. Azon végighaladva, ha bárhol a kritikus mintázat fellelhető, akkor kimondható, hogy a vizsgálatok szempontjából, az adott hely balesetveszélyesnek tekinthető. A mátrix elemek kapcsolatainak és eloszlásának vizsgálata, alapjelentőségű lehet a baleset megelőzésben. Vizsgálандók az egyes környezeti paraméterek hazása a mintázatokra és definiálandó a mintázatok távolsága, ez alapján a köztük lévő távolságok és korrelációk is. Ezek ismerete és ezekből levonandó következmények, pl. ITS, változtatható jelzésképű táblák alkalmazása, csökkenthetik a jövőbeni balesetek számát.

## IRODALOM

**Bauer P, Preitl Z, Péter T, Gáspár P, Szabó Z, Bokor J. (2006)** Control oriented modelling of a series hybrid solar vehicle, Proceedings of WHSV, *International Workshop on Hybrid and Solar Vehicles*, 2006.11.05-11.07., Univ. Salerno, pp. 19-26. In: G. RIZZO

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

**O. Derbel, T. Peter, H. Zebiri, B. Mourllion and M. Basset (2013)** Modified Intelligent Driver Model for driver safety and traffic stability improvement, 7. IFAC Symposium Tokyo 2013 szept. 4-7. <http://www.sice.or.jp/IFAC-AAC2013/details.html> Organized by:

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

**G. L. Gissinger, Y. Chamailard, and T. Stemmlen (1995)**, Modeling a motor vehicle and its braking system, *J. Math. Computers Simulation*, vol. 39, pp. 541–548, 1995.

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

**Peter T, and Bokor J (2010)** Modeling road traffic networks for control. Annual international conference on network technologies & communications: NTC 2010. Thaiföld, 2010.11.30-2010.11.30. pp. 18-22. Paper 21. (ISBN:978-981-08-7654-8)

**Peter and Bokor J (2011)** New road traffic networks models for control, *GSTF International Journal on Computing*, vol. 1, Number 2. pp. 227 -232. DOI: 10.5176\_2010-2283\_1.2.65 February 2011

**Peter, T. and Szabo, K. (2012)** A new network model for the analysis of air traffic networks. *Periodica Polytechnica- Transportation Engineering* 40/1 (2012) 39–45 DOI: 10.3311/pp.tr.2012-1.07

**Peter, T. (2012)** Modeling nonlinear road traffic networks for junction control, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS)*, 2012, Vol. 22, No. 3. pp. 723-732. DOI: 10.2478/v1006-012-0054-1

**Varga I. and Bokor J. (2007)** New Approach in Urban Traffic Control Systems, *Periodica Polytechnica ser. Transp. Eng.*, Budapest, Hungary, 2007, Vol. 35. No 1-2. pp. 3-13

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

**Péter T. (1997)** Gépjármű lengőrendszerek felfüggesztés paramétereinek optimalása, *MTA Kandidátusi értekezés* 120 p.



„IFFK 2016” Budapest

Online: ISBN 978-963-88875-3-5

CD: ISBN 978-963-88875-2-8

Paper 43

Copyright 2016 Budapest, MMA.

Editor: Dr. Péter Tamás

- 255 -