

Sérülékeny úthasználók részvételével bekövetkező baleseti statisztikák áttekintése, technológiai változások, környezeti hatások, szokások, áttekintése, amelyek hatással vannak a balesetek kialakulásában.

Rózsás Zoltán*; Prof Dr. Lakatos István**

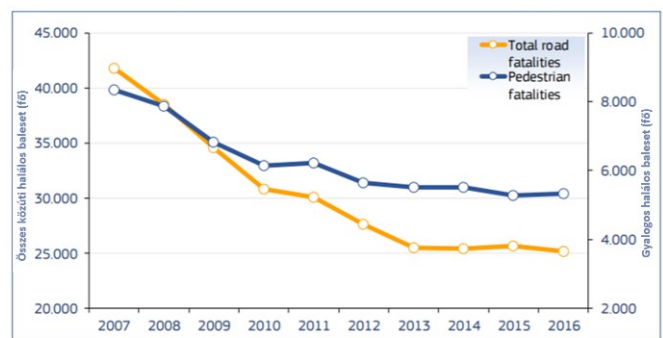
*Széchenyi István Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola (rozsas82@gmail.com).

** Széchenyi István Egyetem, (e-mail: drlakatosi@gmail.com)

Absztrakt: Az elmúlt évtizedben jelentősen nőtt a közlekedés résztvevőinek száma. Az urbanizáció hatása, valamint a járművek számának emelkedése zsúfolt, összetett fogalmi csomópontokat eredményez. A magasan automatizált járművek elterjedése, az egyre fejlettebb biztonsági funkciók, valamint korszerű környezetérzékelő rendszerek megjelenése ellenére a várakozásoktól eltérően a sérülékeny úthasználókat érő balesetek száma nem csökken olyan mértékben, mint ahogy a technológia fejlődés következtében elvárható lenne. Az elmúlt évtizedben a gépjárműben utazók végzetes sérülése jelentősen csökkent, ennek ellenére a sérülékeny úthasználók esetében kevésbé javul a tendencia, míg a kerékpárosokat érő halálos kimenetelű balesetek száma sajnálatos módon növekedett. A dokumentumban összefoglalom azokat a főbb sajátosságokat, melyek hatással lehetnek a sérülékeny úthasználókat érő balesetekre. A későbbiekben az ehhez igazodó kísérlet tervezéssel, adatgyűjtéssel, valamint kiértékeléssel olyan összefüggéseket szeretnék megállapítani, amely segítheti a kritikus események előrejelzését, és ezzel a megelőzését.

1. BEVEZETÉS

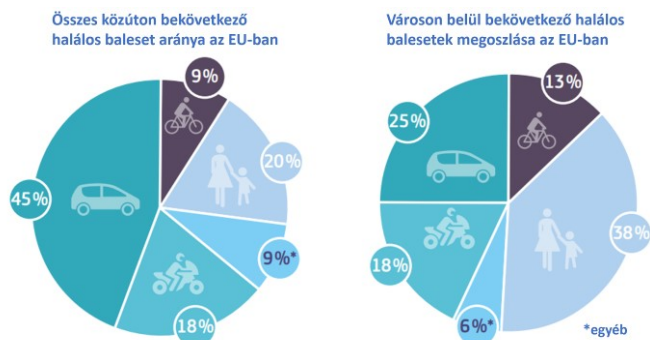
A közúti biztonság mérésére általában két jellemző módszer ismert. A balesetek számának részletes statisztikai elemzése, valamint a konfliktus alapú vizsgálatok. Mind két megközelítésnek a célja, hogy valamilyen jövőbeli várható bekövetkezést előre lehessen jelezni. Míg az egyik reaktív megközelítés, múltbeli baleseti adatok alapján jut különböző következtetésekre, a konfliktus alapú megközelítés egy proaktív módszer, mely a közlekedésben részt vevő szereplők interakcióinak elemzésével, a balesetek megtörténte előtt képes előre jelezni azokat. A motorkerékpárosok mellett, a kerékpárosok, valamint a gyalogosok a közlekedés sérülékeny résztvevői. A gyalogost érintő balesetekben magas a súlyos sérülések, valamint a halálozások száma, ezért megállapítható, hogy a gyalogosbalesetek megelőzése a közlekedésbiztonság egyik sarkalatos pontja. A kapcsolódó baleseti statisztikákban megfigyelhető, (1.ábra) hogy a gyalogosokat érő végzetes kimenetelű balesetek számában nem jelenik meg olyan mértékű javulás, mint amely az általános közlekedésbiztonság javulását jellemzi. A dokumentumban érintem azokat a technológia, környezeti, valamint emberi viselkedésben, szokásban bekövetkező változásokat melyek hatással lehetnek a végzetes kimenetelű, sérülékeny úthasználót érintő balesetek számának csökkentésére.



Source: CARE database, data available in May 2018

1.ábra: Összes közúti halálos baleset és a végzetes kimenetelű gyalogos balesetek, EU 2007-2016

A gépjárművekben utazók az átlagosnál nagyobb biztonságot élveznek, míg a védtelen közúthasználók esetében a halálozások, valamint a sérülések aránya lényegesen nagyobb. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) adatai alapján évente mintegy 1,25 millió ember szenved halálos közúti balesetet, emellett 20–50 millió közé tehető a nem végzetes kimenetelű közúti sérülések száma. A végzetes balesetek közel fele a gyalogosokat, kerékpárosokat és motorkerékpárosokat érint. Az EU területén belül a halálos közúti balesetekben elhunytak 20% gyalogos. (2.ábra) A közúti biztonság javítására irányuló erőfeszítések többsége a magas jövedelmű országokban történt, és a járművekben utazókra összpontosult. (Shinar, D. at al 2012)

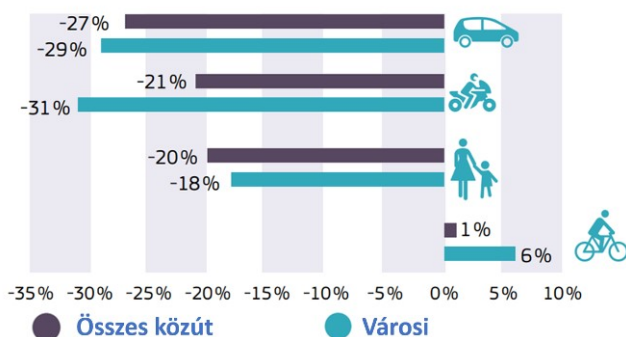


2.ábra: Közúti halálesetek százalékos aránya közlekedési módokként, European Commission, Mobility and Transport DG, BE-1049 Brussels © European Union, 2020

A gyalogosbalesetek előrejelzéséhez elengedhetetlen, hogy megfelelő ismerettel rendelkezünk a viselkedésükről, attitűdjeikről, amely alapján meghatározhatóvá válnak azok a mintázatok, eseménysorok, amelyeknek felismerése nélkülözhetetlen a gyalogosokat veszélyeztető kritikus helyzetek előrejelzésére. A gyalogos közlekedést jóval kevesebb előírás szabályozza, szemben például a gépjárművezetéssel, mégis számottevő a szabálytalankodó a gyalogosok aránya. A szabályszegő viselkedések az úttesten való átkeléshez köthetőek, amelyek kis részét teszik ki a gyalogos közlekedésnek, mégis ez a legveszélyesebb része, hiszen a járműforgalmat keresztezi. (Hőgye-Nagy Et al. 2018)

2. TECHNOLÓGIAI VÁLTOZÁSOK, KÖRNYEZETI HATÁSOK, SZOKÁSOK

A közlekedési szokásokban és a technológiában bekövetkezett változások elsősorban azok várható hatásai miatt fontosak. A historikus baleseti adatokból következik, hogy a bekövetkezés helyének a tekintetében a halálozási kockázat mindig magasabb lakott területen kívül, mint a városi területeken, (3.ábra) valamint éjszakai látásviszonyok esetén szemben a nappali fényviszonyokkal. (Olszewski Et al.2018)



3.ábra: Trend a közúton bekövetkező halálos balesetek arányában 2010-2018, European Commission, Mobility and Transport DG, BE-1049 Brussels © European Union, 2020

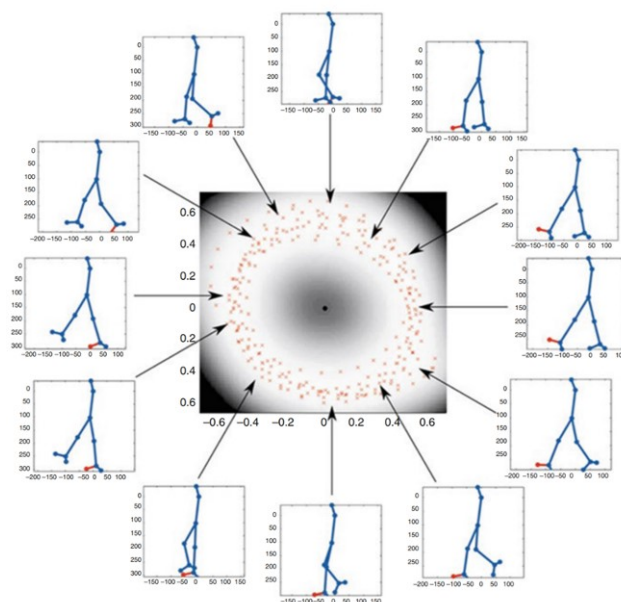
A környezeti hatások, valamint a helyszín, mint tényező mellett a jármű, valamint a sérülékeny úthasználók számára elérhető technológiák szerepe is fontos lehet egy kritikus esemény előrejelzésében ezért ezeket sajátosságokat az alábbiak szerint rendszerezem.

2.1 A gyalogosok szokásaiban bekövetkezett (véltetően mérhető és megfigyelhető változások)

A sérülékeny úthasználók sajátosságainak megértése alapja lehet egy pontosabb predikciónak. Több tanulmány is foglalkozott a különböző figyelmet elvonó tényezőkkel. A különböző eszközhasználatból eredő figyelemelvonás valószínűleg hozzájárul a gyalogosok halálos kimenetelű baleseteihez. (Hameed Et al. 2021) Ezért az alábbiakban, azonosítom azokat a lehetséges körülményeket, amely az úton történő átkelés során elvonhatja a gyalogosok figyelmét.

- Társalgás
- Okostelefon használat
- Zaj, fényhatás
- Kirakatok figyelem elvonása
- Valamilyen érzékszerv lefedése (pl. zene hallgatás)
- Intenzív mozgások
- Szélsőséges időjárás (elfújott esernyő)
- Házi kedvenc viselkedése (kutya; macska stb.)

A mobiltelefonon folytatott beszélgetések jelentősen elterelik a gyalogosok figyelmét, az okostelefon használata növeli az úttesten való áthaladás kockázatát. (Stavrinos Et al. 2011) Érdemes tehát megvizsgálni, hogy a jelenleg alkalmazott gyalogos modellekben hogyan lehetne integrálni a mobiltelefon használat érzékelhetőségét.



4. ábra - emberi járási szekvencia a Gauss-folyamat látens változó modelljében (Wojek Et al. 2016)

A gyors feldolgozhatóság érdekében az egyes testrészek, mint a lábak, a karok, a törzs és a fej külön azonosítása az előnyösebb, mivel ebből rekonstruálni lehet az objektum 2D

pozícióját, (Lawrence Et al. 2005) nemlineáris ábrázolást használva. (4. ábra) Ez egyes pozíciók egymásra épülése és függőségei teszik alkalmazhatóvá az emberi mozgássorozat dinamikus modelljeként, (Wojek Et al. 2016) melybe vélhetően elég jelentős változás következik be esetleges mobiltelefon használat esetén. A sikeres gyakorlati alkalmazások, valamint az eredményes felhasználás feltétele, hogy megértsük az emberi és gépi döntéshozatal erősségeit és korlátait. Ezen a módon gyalogosok esetében kiaknázhatóvá válnak az emberi döntéshozatal előnyei, még a gépi döntéshozatal esetében a különböző érzékelő technológiák alkalmazása során gyorsabb reakció elérése lehetséges, a jármű irányításhoz kapcsolódó aktuációk pontosabb beavatkozást tesznek lehetővé, továbbá a döntések az ismétlések számával nem veszítenek a minőségükből. (5. ábra)

Automation	Humans
<ul style="list-style-type: none"> Faster reaction Accurate control Reliable performance over time Understanding complex environment Prediction of other participants Limited line of sight (sensors, range, blocked by other vehicles) 	<ul style="list-style-type: none"> Understanding complex environment Intention prediction of other participants Observe and react to multiple vehicles Delayed reaction Inaccurate control Behavioural adaptation, workload, fatigue, situational awareness

5. ábra – Emberi és gépi döntéshozatal tulajdonságai (Meng Wang TU Delft)

2.2 Az előrejelzéshez elérhető technológiák

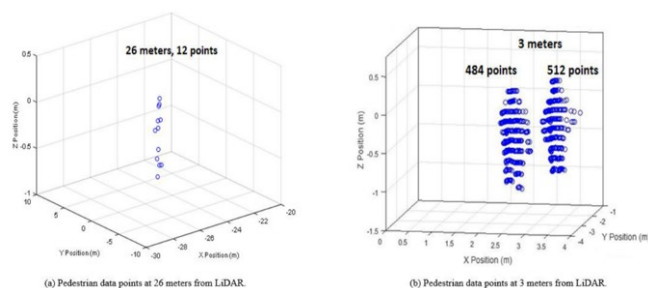
Az elmúlt években nagy számban jelentek meg olyan érzékelési technológiák és eljárások melyek integrálhatóságuk révén mára elterjedten alkalmazottak, ezzel javítva a közlekedésbiztonságot. Ennek ellenére nem minden esetben előnyösebb a korszerű technológia, hisz az egyre csendesebben haladó járművek nehezebben észlelhetők a gyalogosok számára. Emiatt az amerikai egyesült államokban a gyalogosbiztonsági törvény előírja az NHTSA számára, hogy szabályozza a túl csendes gépjárművek működését, ami nagy kihívás, mivel olyan zajforrás szükséges a gépjárművekhez, amelyet meghallanak a gyalogosok, de nem zavarja a környezetet.

A sérülékeny úthasználók észlelése számos kihívást tartogat. A járművekhez viszonyított kisebb felületek, a szenzorok számára alacsonyabb visszaverődést biztosító emberi test érzékelése, fejlett szenzorokkal is nehezen megvalósítható. Az alábbi (1. táblázat)-ban összegeztem a sérülékeny úthasználók detektálására alkalmazható szenzorok főbb tulajdonságait.. (Rózsás Z. MSc diploma munka 2020)

1. táblázat – alkalmazható szenzorok

Rendszer	Érzékelési távolság	Működési tartomány	Költség	Megjegyzés	Sérülékeny úthasználó relevancia
Milliméter-hullámú radar	>100m	14/56GHz	alacsony	Köd, pára esetén is használható	Igen
Aktív milliméterhullámú radar	3-100m	76-77GHz	alacsony	Köd, pára esetén is használható	Igen
Passzív milliméterhullámú szenzor	<150m	24/125GHz	alacsony	érzékenlen a ködre, hóra és esőre	Igen
Ultrahangos	8mm-20m	22/40/50kHz	nagyon alacsony	néhány ruházat nem veri vissza az ultrahangot	Nem
Kép-alapú (kamera)	50m-ig (gr=90°)	80ms kép	közepes	fényviszonyok jelentősen befolyásolják	Igen
Kapacitív	2m-ig		alacsony	érzékeny ruha és esőre	Feltételek mellett
Mikrohullámú radar	30-150m	60GHz	alacsony	éjszaka használható	Igen
FMCW radar	2-100m	76-77GHz	alacsony	éjszaka használható	Igen
Infrá szenzorok	<25m	lambda=2-4 mikrom	alacsony	meleg időjárás esetén korlátozott	Feltételek mellett
Aktív infrá szenzorok (lézer/LED alapú)	LED 30m lézer 130m	890GHz	közepes /magas	nem használható erős napsütésben	Igen
LIDAR	<60m	50ns	közepes	esőben, szélsőséges viszonyok között korlátozottan használható	Igen
Passzív infrá	25m-ig	3kHz	közepes	meleg környezetben is használható	Feltételek mellett

Több kapcsolódó irodalmon támasztja alá azt a hipotézist, hogy a vezetés közbeni telefonhasználat nem csak a gyalogosok, de a járművezetők biztonságát is veszélyezteti. (Caird, Willness, Steel, & Scialfa, 2008; Horrey & Wickens, 2006; Strayer & Drews, 2007). A gyalogosbalesetek elkerülésére több járműipari fejlesztés is fókuszál, mint a gyalogos felismerő rendszerek, melyek a vezetéstámogató rendszerek azon részét képviselik, amelyek előre tekintő képi, kamera alapú, valamint rövid, közép és hosszú hatótávolságú radarok segítségével észleli és azonosítja a jármű elé kerülő gyalogosokat. Sérülékeny úthasználók érzékeléséhez a pontosságából adódóan és persze a korlátainak ismeretében előnyös lehet a LIDAR alkalmazása. Az eszköz nem igényel olyan összetett kalibrációt mint kamera alapú rendszerek. Az egyes objektumokat több mint 100 méteres távolságból is képes érzékelni, ennek ellenére a gyalogosok esetén a távolság növekedésével drasztikusan csökken a detektálható pontok száma (6. ábra). Korlátozott látási körülmények között, önmagában nem minden esetben elégséges a gyalogosok azonosítására és követésére. A kísérletekben alkalmazott, az út mentén statikusan telepített LIDAR adatfeldolgozási eljárás során és 30 méteres távolságon belül a sikeres észlelési és követési arány meghaladja a 95% -ot. (Junxuan Et al. 2019)



6. ábra - Detektált pontok számának az összehasonlítása 3 méter és 23 méter távolság esetén. (Junxuan Et al. 2019)

A sérülékeny úthasználók azonosításában és mozgásának előrejelzésében fontos szerepet kapnak a gépi döntéshozatali mechanizmusok, elsősorban abból eredően, hogy a környezetből kinyerhető információk a gépi látás esetében az ember számára értelmezhetetlenek. Amennyiben lehetőség nyílik az adatsorokban bekövetkező változások megfigyelésével azonosítani a gyalogosok figyelmét elterelő körülményeket, úgy a már felismert mintázatok segítségével előre jelezhetőek az egyes jármű gyalogos interakciók kockázatai.

6. KONKLÚZIÓ

A közúti biztonság fontos társadalmi kérdés, ennek megfelelően a technika folyamatos fejlődésével lehetővé válik a különböző rendszerek integrációja, amelynek célja a balesetek elkerülése. A dokumentumban rendszerezett ismeretekből körvonalazódik, hogy számos technológia újítás javítja a balesetek előre jelezhetőségét, és ezen keresztül számos baleset elkerülhető. Emellett azonosításra kerültek olyan körülmények szokások, amelyek jelentősen megváltoztathatják, akár egy egyszerű úton történő átkelés a kimenetelét. Jelenleg a járművekben használt érzékelő technológiák viszonylag egyszerű klasszifikációval bírnak, amelyet célszerű lenne kiegészíteni az olyan kockázati tényezők érzékelésével, mint például a mobiltelefon használat érzékelése gyalogos áthaladás esetében. A továbbiakban a komplex járművön belüli és V2X rendszerekkel gyűjtött adatok kiértékelése esetében gépi döntéshozatal, valamint a machine learning fontos szerepet tölthet be, még a gyalogosok sajátosságainál figyelembe kell venni az emberi döntéshozatal korlátait.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az előadásban szereplő kutatást, amelyet a Széchenyi István Egyetem valósított meg, az Innovációs és Technológiai Minisztérium és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta az Autonóm Rendszerek Nemzeti Laboratórium keretében.

REFERENCES

- Shinar, D. (2012). Safety and mobility of vulnerable road users: Pedestrians, bicyclists and motorcyclists. *Accident Analysis & Prevention*, 44, 1–2
- Á. Hőgye-Nagy, (2018) A gyalogos viselkedés skála magyar nyelvű adaptációja, pp. 59-60. oldal.
- Despina Stavrinou, Katherine W. Byington et al. Distracted walking: Cell phones increase injury risk for college pedestrians *Journal of Safety Research*, 42, 2, 4 2011
- Caird, J. K., Willness, C. R., Steel, P., & Scialfa, C. (2008). A meta-analysis of the effects of cell phones on driver performance. *Accident Analysis and Prevention*, 40, 1282–1293.
- Horrey, W. J., & Wickens, C. D. (2006). Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Human Factors*, 48, 196–205.
- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Johnston, W. A. (2007). Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 23–32.
- Hameed A. Mohammed Assessment of distracted pedestrian crossing behavior at midblock crosswalks *IATSS Research*, 8 2021
- N. Lawrence, „Probabilistic non-linear principal component analysis with Gaussian process latent variable models. *J Mach Learn Res* 6:1783–1816. MIT Press, Cambridge, MA,” 2005.
- C. Wojek és B. Schiele, „Camera Based Pedestrian Detection,” (2016)
- Z. Junxuan, . X. Hao, L. Hongchao, W. Jianqing, Z. Yichen és W. Dayong, „Detection and tracking of pedestrians and vehicles using roadside,” 2019.

Appendix A. FIRST APPENDIX

Appendix B. SECOND APPENDIX