

Közúti konfliktusok elemzése: a svéd konfliktus technikától a videó alapú elemzési módszerekig

A közúti közlekedésbiztonság javítása változatlanul az alágazat egyik legfontosabb feladata. A közlekedési konfliktusok elemzése elvezethet az okok feltárásához és a helyes módszerek alkalmazásával a biztonság javításához.

Kulcsszavak: konfliktuselemzés, konfliktusmódszer, baleset, közlekedésbiztonság, kiegészítő biztonsági mutatók

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2024.4.4>

**Dr. Borsos Attila¹ – Dr. Miletics Dániel² – Ahmad Kizawi³
Ladich Marcell⁴ – Homola Dávid⁵**

¹ Széchenyi István Egyetem, egyetemi tanár

² Széchenyi István Egyetem, egyetemi docens

³⁻⁴ Széchenyi István Egyetem, PhD hallgató

⁵ Transoft Solutions Inc., menedzser

e-mail: borsosa@sze.hu, mileticsd@sze.hu

1. BEVEZETÉS

A közúti biztonság javításához szükséges annak pontos mérése, a biztonsági problémák okainak azonosítása és javaslatok tétele. Ezen elemzések jellemzően historikus baleseti adatokon alapulnak, de ismeretes, hogy a baleset közeli események megfigyelésével is eljuthatunk a megoldásig. A balesetközeli veszélyes események, másnéven konfliktusok, elemzése egy olyan proaktív módszer, amely a közlekedésben részt vevő szereplők interakcióinak elemzésével, a balesetek megtörténte előtt képes felfedni a lehetséges biztonsági problémákat. Jelen cikkkel célunk, hogy áttekintést adjunk a baleseteket terhelő korlátokról, a konfliktustechnika fontosabb ismérveiről,

a kiegészítő biztonsági mutatók gondolatísá-gáról és végül a módszer alkalmazási lehetőségeiről, beleértve egy futó hazai kutatási projektet is.

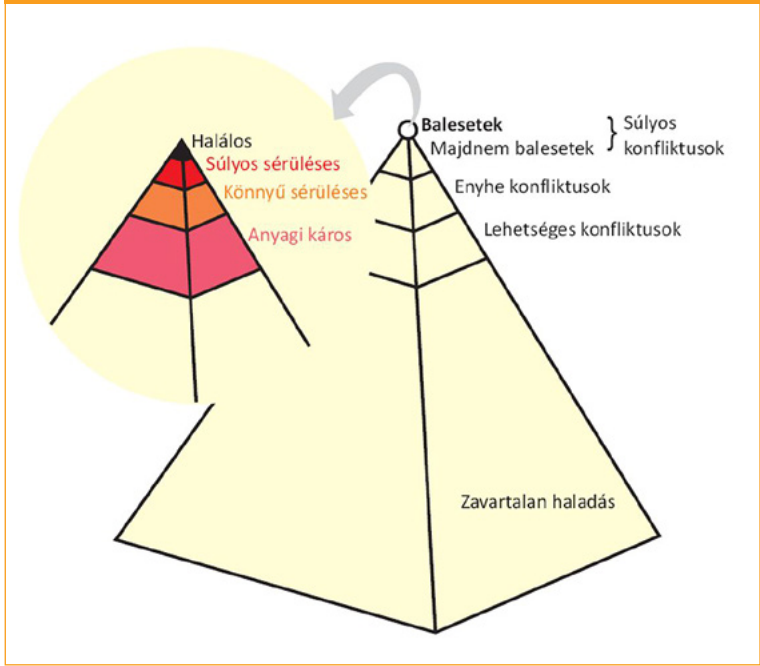
2. A BALESETI ELEMZÉSEK KOR-LÁTJAI

A közúti biztonság (illetőleg annak hiányá-nak) mérésére a leginkább kézenfekvő eszköz a közúti balesetek elemzése, ennek ugyanak-kor számos korlátja ismeretes (Tarko et al., 2009). Ezek az alábbiak:

- A balesetek ritka jelenségek (Hauer, 1997), a kis esetszámok miatt véletlenül inga-doznak (sztochasztikusak) (Svensson és Hydén, 2006).

- Annak érdekében, hogy ésszerű következtetéseket tudjunk levonni a historikus baleseti adatokból, néhány évnyi megfigyelés szükséges. Ez az időtartam jellemzően három év (Nicholson, 1985).
- A baleseti adatok alkalmazása reaktív megközelítés, ami etikai problémákat is felvet. Az elemzés pontossága érdekében „meg kell várni” a balesetek előfordulását, amelyek megelőzése egyébként a közúti biztonsággal foglalkozó szakemberek feladata (Songchitruksa és Tarko, 2006).

1. ábra: A biztonsági piramis (Hydén, 1987)



- A baleseteket adatrögzítési hibák terhelik (hiányzó paraméterek, a baleset helyének pontatlansága stb.)
- Ismeretes továbbá az úgynevezett underreporting jelensége, ami egyes balesetek adatbázisban történő rögzítésének elmaradását jelenti (főként a könnyű, illetve csak anyagi káros balesetek esetében).

A felsorolt korlátok miatt egyre nagyobb figyelmet kapnak a konfliktuselemzési módszerek és az úgynevezett kiegészítő biztonsági mutatók (angolul surrogate measures of safety). A kutatók közötti konszenzus van a tekintetben, hogy a megfigyelhető, balesetközeli események a baleseti elemzések kiegészítő eszközeként használhatók, vagy akár helyettesíthetők is azokat (Ceunynck, 2017, Laureshyn et al., 2010).

3. KONFLIKTUS MÓDSZER

Az utóbbi évtizedekben számos javaslat született a nem baleseti események közúti biztonsági elemzési célú alkalmazására. Több,

mint három évtizede Hydén (1987) rámutatott, hogy a közlekedők közötti interakciókat közúti biztonsági szempontból folytonosság jellemzi. Ezt jól szemlélteti az úgynevezett biztonsági piramis (1. ábra). A piramisban az események gyakorisága fentről lefelé, azok súlyossága letről felfelé nő. Biztonsági elemzéseinket jelen gyakorlat szerint főként a piramis csúcsán lévő, kis esetszámú balesetekre koncentrálva végezzük (Svensson és Hydén, 2006). A baleseteket követik a konfliktusok (súlyos, könnyű vagy potenciális), ezek alatt az interakciók többsége zavartalan haladásként jelenik meg (Laureshyn et al., 2010).

A veszélyes események megfigyelésén és biztonsági célú elemzésén alapuló elméletek még régebbre nyúlnak vissza. Alap gondolatuk, hogy a nem katasztrofális események információval szolgálhatnak a tényleges katasztrofális eseményekről. Az elméletet elsőként légi katasztrófák kivizsgálására és megelőzésére alkalmazták az 1950-es években. Megfigyelték, hogy a baleseteket a legtöbb esetben a repülő-

gépek, a pilóták és a légiirányítók kisebb hibái, a hibák együttállása vagy láncolata okozza (Flanagan, 1954).

A közúti közlekedésben kialakuló konfliktusok megfigyelését elsőként a General Motorsnál alkalmazták. Tanulmányukban (Perkins et. al. 1967) megállapították, hogy a GM által gyártott járművek ritkábban kerülnek veszélyes közlekedési helyzetekbe csomópontokban, mint más gyártók autói. A módszer olyan esetek megfigyelésén és számlálásán alapult, amelyek során a járművezetők egy másik járművel vagy közlekedővel történő ütközés elkerülése érdekében jól megfigyelhető, ún. elkerülő manővert (pl. hirtelen fékezés, irányváltogatás) hajtanak végre.

A konfliktus alapú vizsgálatok a közúti biztonságban élen járó országokban (pl. Svédország, Hollandia) már korábban is használatosak voltak, de napjainkban egyre nagyobb figyelmet kapnak. Ennek oka kettős. Egyrészt ezekben az országokban a balesetek száma és kimenetelének súlyossága folyamatos csökkenést mutat, amelynek eredményeként a közúti balesetekre alapuló statisztikai modellek pontossága a csökkenő esetszám miatt megkérdőjelezhető. Másfelől jellemző az adatok baleseti adatbázisban történő hiányos megjelenése (főként a védtelen közlekedő esetében), így ezek az adatok csak korlátozottan használhatók.

A konfliktus definíciója szerint (Hydén, 1977) „...egy olyan megfigyelhető helyzet, amelyben két vagy több közlekedő térben és időben olyan mértékben megközelíti egymást, hogy ütközés veszélye áll fenn, ha mozgásuk változatlan marad.” A fogalom értelmezése szerint az interakció során van olyan időintervallum, amikor a két résztvevő ütközési pályán van. Ebben az időablakban bármely pillanatban mért sebességük és trajektóriájuk alapján a konfliktuspontban ütköznek egymással. Ha bármelyikük változtatja a sebességét vagy trajektóriáját, az ütközési pálya megszűnik és a baleset elkerülhető.

A konfliktus alapú módszerek térnyerése az elmúlt évtizedekben kézzelfogható, több ország is kidolgozta saját útmutatóját. A legismer-

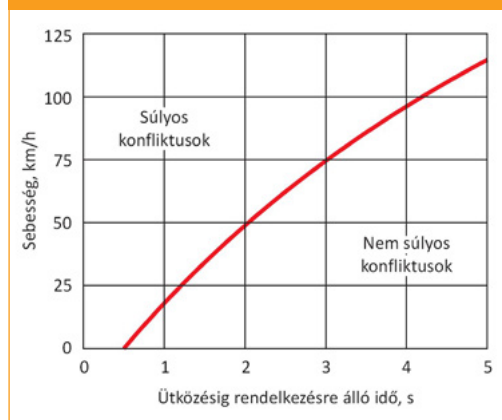
tebb a svéd konfliktus módszer (Hydén, 1987), további példák az USA (Parker and Zegeer, 1989), Hollandia (DOCTOR) (Kraay et al., 2013), az Egyesült Királyság (Baguley, 1984), Finnország (Kulmala, 1984), Franciaország (Muhlad and Dupre, 1984), Ausztria (Risser and Schutzenhofer, 1984) vagy a Cseh Köztársaság (Kočárková, 2012). Fentiek közül a legtöbbet idézett és legszélesebb körben ismert eljárás a svéd konfliktusmódszer.

A svéd konfliktus módszer szerint, ahogy a tényleges baleseteket is megkülönböztetjük egymástól kimenetelük szerint, a konfliktusok súlyossága is meghatározható. Ha a fent említett ütközési pálya úgy alakul ki, hogy a lehetséges ütközésig már csak kevés idő áll rendelkezésre és a közlekedők nagy sebességgel érkeznek, akkor súlyos konfliktusról beszélhetünk, ellenkező esetben könnyű konfliktusról (2. ábra). A módszerrel olyan események is azonosíthatók, ahol fennállt ugyan az ütközés lehetősége, de az olyan távoli, hogy azt nem lehet konfliktusnak nevezni.

4. KIEGÉSZÍTŐ BIZTONSÁGI MUTATÓK ÉS SZOFTVERES TÁMOGATÁS

A tudományos közegben a konfliktus módszereken túlmenően számos, úgynevezett kiegészítő biztonsági mutató (angolul Surrogate

2. ábra: A svéd konfliktus módszer grafikus megjelenítése



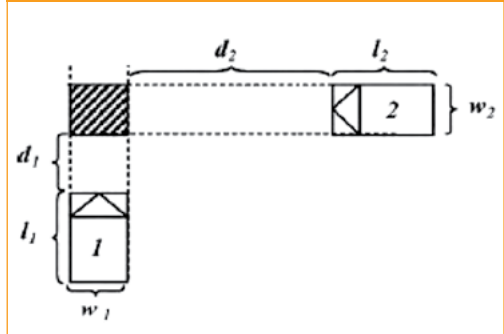
Measures of Safety) került kidolgozásra (közel 40 féle), ezekről áttekintő cikket publikált Mahmud et al. (2017). A konfliktus alapú módszerek és a kiegészítő biztonsági mutatók között természetesen van kapcsolódási pont, hisz fentiekben említett konfliktus módszerek is alkalmaznak ilyen mutatókat. Ezen kiegészítő biztonsági mutatók többnyire az interakcióban részt vevő közlekedők egymástól való időbeli, térbeli távolságát vagy sebességét (annak változását, pl. fékezés) írják le.

A továbbiakban két időbeli távolságot leíró (TTC és PET) és egy, a kimenetel súlyosságát leíró (Delta-V) mutatón keresztül illusztráljuk a konfliktusok mérési lehetőségeit. A két, talán legszélesebb körben alkalmazott mutató az Ütközésig Rendelkezésre álló Idő (ÜRI) (angolul Time-to-Collision TTC) és a Keresztezési Időkülönbség (angolul Post-Encroachment Time PET).

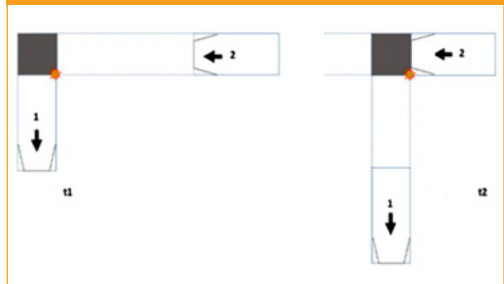
Az ÜRI (TTC) egy elméleti érték, ami a hipotetikus ütközésig rendelkezésre álló időt adja meg, feltételezve, hogy a résztvevők ütközési pályán vannak, sebességüket és trajektóriájukat nem változtatják (3. ábra). Az interakció során előbbiekben említett feltételek teljesülése esetén mérhető. Folytonos mutató, a gyakorlatban a legkisebb érték használatos (TTC_{min}), vagyis amikor a két közlekedő időben legközelebb kerül egymáshoz. Amennyiben egyik résztvevő sem módosítja vagy a sebességét, vagy a trajektóriáját, a TTC folyamatosan nullához közelít, és ha azt eléri, bekövetkezik a baleset (1. egyenlet). (Itt kell megjegyezni, hogy a svéd konfliktusmódszerben alkalmazott ÜRI valójában az elkerülő manőver pillanatában mért érték, így értelmezési területe szűkebb.)

A Keresztezési Időkülönbség (Post-Encroachment Time, PET) akkor használható, ha

3. ábra: Az ÜRI (TTC) számítása oldalirányú konfliktus esetén



4. ábra: A PET számítása: t2-t1



a két közlekedő trajektóriái keresztezik egymást, és egy adott időbeli különbséggel haladnak át a konfliktusponton, az ütközési pálya, mint feltétel nem szükséges. A PET két időpillanat közötti különbség alapján mérhető. Az első időpillanat, amikor az első közlekedő elhagyja a konfliktus zónát, a másik pedig, amikor a második közlekedő eléri azt (Allen és Shin, 1977). A PET, szemben a TTC-vel nem folytonos mutató, egyetlen értékkel mérhető (4. ábra).

A kiegészítő biztonsági mutatók felhasználásával a konfliktusok súlyossága is vizsgálható.

1. egyenlet:

$$TTC = \frac{d_2}{v_2}, \text{ ha } \frac{d_1}{v_1} < \frac{d_2}{v_2} < \frac{d_1 + l_1 + w_2}{v_1}, \quad TTC = \frac{d_1}{v_1}, \text{ ha } \frac{d_2}{v_2} < \frac{d_1}{v_1} < \frac{d_2 + l_2 + w_1}{v_2}$$

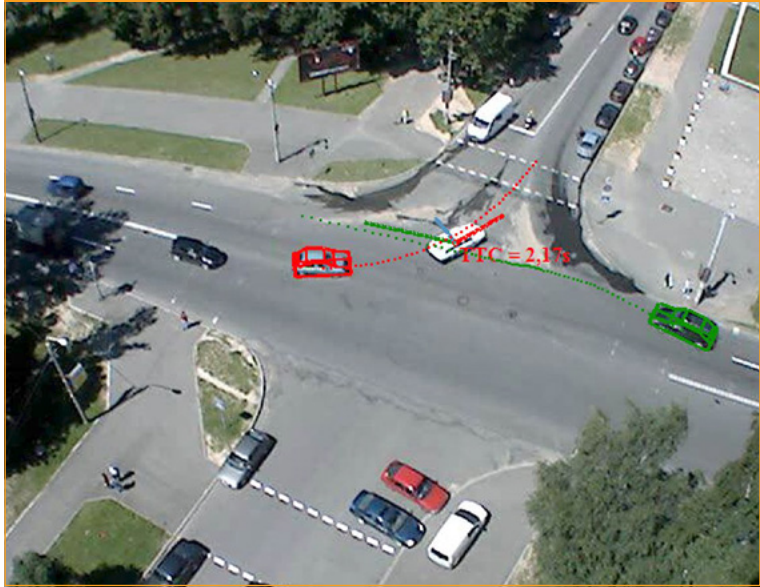
Ennek legegyszerűbb módja, hogy a fent említett mutatókat önmagukban használjuk az interakció súlyosságának leírására, például egy adott küszöbérték alkalmazásával. A TTC esetében a 1,5 másodperc az elfogadott küszöbérték a súlyos és könnyű konfliktusok megkülönböztetésére.

Belátható ugyanakkor az is, hogy a két közlekedő közötti időbeli távolság önmagában nem elegendő a kimenetel súlyosságának leírására. Ugyanazon TTC érték esetén nem mindegy a két jármű sebessége és azok egymáshoz való viszonya (pl. relatív sebesség), azok tömege (gyalogos vs. jármű) és keresztezési szöge.

Az ütközés súlyosságának mérésére gyakran használják a Delta-V mutatót, ez ugyanis az előző szempontokat figyelembe veszi. Ez a mutató a sebességvektor változását írja le, amelyet a közlekedő a baleset során tapasztal. Minél gyorsabb a változás az ütközés előtti és utáni állapot között, annál súlyosabb lesz a kimenetel. A Delta-V értéket mindkét közlekedőre tudjuk számolni a 2. egyenlet segítségével; e kettő közül a legmagasabb értéket lehet használni a kimenetel súlyosságának leírására.

A 2. egyenletben v_1 és v_2 a járművek sebessége, m_1 és m_2 a járművek tömege, α a keresztezés szöge. Amennyiben az interakcióban

5. ábra: A T-Analyst szoftver az interakcióban lévő járművek trajektóriáival



részt vevő közlekedők jövőbeli mozgásával kapcsolatos feltételezéseket elfogadjuk (a járművek adott időpillanatban mért sebességgel fognak ütközni), az interakció minden pillanatában számítható a Delta-V várható értéke (Laureshyn et al., 2017).

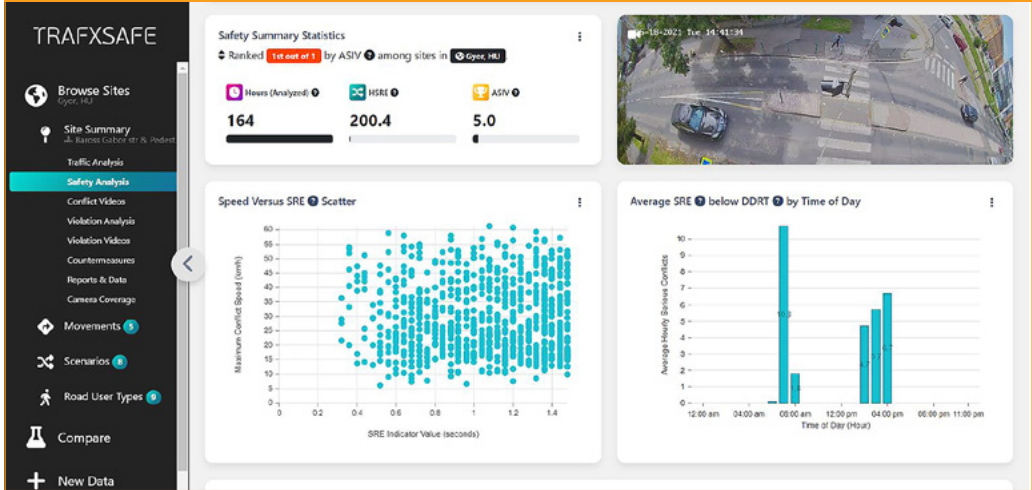
A videó alapú adatgyűjtési módszerek gyors fejlődésének köszönhetően ma már ezeket a mutatókat a vizsgálandó helyszínen készített videófelvetelekből nyerhetjük ki. A videófelveletek elemzése és az egyes mutatószámok mérése szoftveres támogatással lehetséges. Jelenleg a piacon több ilyen szoftveres megoldás is létezik, a teljesség igénye nélkül itt két forrást említünk meg.

Az egyik széles körben alkalmazott ilyen szoftver a T-Analyst nevű, ingyenesen elérhető alkalmazás (5. ábra), amelyet a svéd

2. egyenlet:

$$\Delta v_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \times \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha}, \quad \Delta v_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \alpha}$$

6. ábra: A TrafXSAFE szoftver platformja



Lund-i egyetem munkatársai fejlesztettek. A szoftver félig automatizált, ami nagy mennyiségű videófelvétel esetén munka- és időigényessé teszi az alkalmazását. A helyszín geodéziai felmérése és a videókép kalibrálása után a felvételekből az interakciót tartalmazó, 14 másodperces részleteket kell legyűjteni, majd az interakcióban részt vevő közlekedők trajektóriáit (haladási pályáját) megrajzolni. Ez a résztvevők fölé helyezett dobozokkal és azok mozgásával lehetséges. A résztvevők térbeli pozíciója és sebessége ismeretében a szoftver már automatikusan előállítja a kért mutatókat.

Másik lehetőségként kínálkozik az ilyen videó alapú feldolgozást fejlesztő cégek felhő alapú szolgáltatása. Ilyen például a Transoft Solutions Inc. TrafXSAFE szoftvere is, amely gépi tanulást használ a közlekedők közötti interakciók észlelésére, nyomon követésére és elemzésére. Jelentést készít a közlekedők osztályozásáról, a kanyarodási mozgások irányáról, a sebességről és a konfliktuseseményekre vonatkozó adatokról (6. ábra).

A TrafXSAFE a lehetőségekhez mérten teljesen automatizált analitikát nyújt. A helyszíni geodéziai felmérés (gyakran meglévő, bárki számára elérhető műholdképek se-

gítésével), illetve a videókép kalibrálása itt is elengedhetetlen. Ezek a kezdeti lépések felelnek a későbbi számítások pontosságáért. Ezek után a TrafXSAFE szoftver automatizált elemzése az alábbi sorrendben történik:

- (1) Közlekedők felismerése, kategorizálása
Gépi látást és tanuló algoritmust használva, a szoftver képes automatikusan felismerni és azokat különböző fő- és mellékkategoriába helyezni. Egy gyakorlati példát használva, egy, a videón látható gyalogos automatizáltan „védtelen közlekedő” fő kategoriába, és „gyalogos” mellék kategoriába kerül. Amennyiben a látási viszonyok megfelelőek, a szoftver minden esetben képes a mellékkategória szerinti besorolásra. Részleges rálátás vagy az algoritmus számára szokatlan közlekedők esetén sok esetben csak a fő kategoriába történő besorolás lehetséges.
- (2) A közlekedők követése
A felismert és kategorizált közlekedőket az algoritmus a második lépés szerint a videón látható mozgásuk alapján leköveti. Ez egyaránt jelenti a kanyarodási mozgások irányát, valamint a közlekedő sebességének számítását. Ezek alapján a vizsgált

helyszín forgalomnagysága és a közlekedők egyénekenkénti, kategóriánkénti vagy összesített sebességadatai már elérhetővé válnak.

(3) Forgalmobiztonsági elemzés

Végző lépésként a szoftver a közlekedők kategóriájának, sebességének és irányának ismeretében forgalmobiztonsági elemzést végez el. Ez főként a fent taglalt két mutató (PET és TTC) számításával történik. A szoftver mindazokat az interakciókat elemzi és tárolja, ami két közlekedő között 10 s alatti konfliktus-mutatót eredményezett.

A TrafxSAFE képes a számított adatokat és mutatókat grafikonok vagy hő térképek formájában megjeleníteni, és így az adatmennyiség térbeli- és, vagy időbeli változását ábrázolni.

5. ALKALMAZÁS

A konfliktusmódszert a technológiai háttér fejlődésének köszönhetően egyre szélesebb körben használják napjainkban is. Egy amerikai tanulmányban 90 járművezető vezetési szokásait vizsgálták (Wu et. al. 2014). A vizsgálatban résztvevő járműveket kamerákkal és szenzorokkal szerelték fel és egy éven át nyomon követték. A vizsgálat egyik érdekessége, hogy a konfliktusokon túl tényleges baleseteket is rögzítettek, így a zavartalan eseményektől a konfliktusokon át a balesetekig a közlekedési helyzetek teljes palettája megfigyelhető volt.

Lu et. al (2012) szoftveres videoelemzéssel vizsgálták a konfliktusok súlyosságát. Tanulmányukban előremutató volt, hogy a konfliktusok súlyosságát nem csak az ŰRI és a sebesség alapján számították, hanem figyelembe vették az egyes járművek fékezési teljesítményét is.

Egy másik kínai tanulmány (Huang et. al.) szoftveres forgalmi szimulációs környezetben modellezett jelzőlámpás csomópontokban a Surrogate Safety Assesment Model (SSAM) elnevezésű ingyenesen elérhető szoftver segítségével azonosított és a tényleges forgalomban megfigyelt konfliktusokat hasonlította össze. Arra a következtetésre jutottak, hogy a modell nem kezeli jól a váratlan, szabálytalan sávváltásokból eredő konfliktusokat. Ez főleg annak tudható be, hogy a mikroszimulációs szoftveket alapvetően szabályos közlekedés modellezésére fejlesztették ki.

Hollandiában a DOCTOR módszert (Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Safety) alkalmazták különböző szélességű kerékpárutakon előforduló kerékpár-segédmotorkerékpár- és kerékpár-gyalogos konfliktusok azonosítására (van der Horst et. al., 2014).

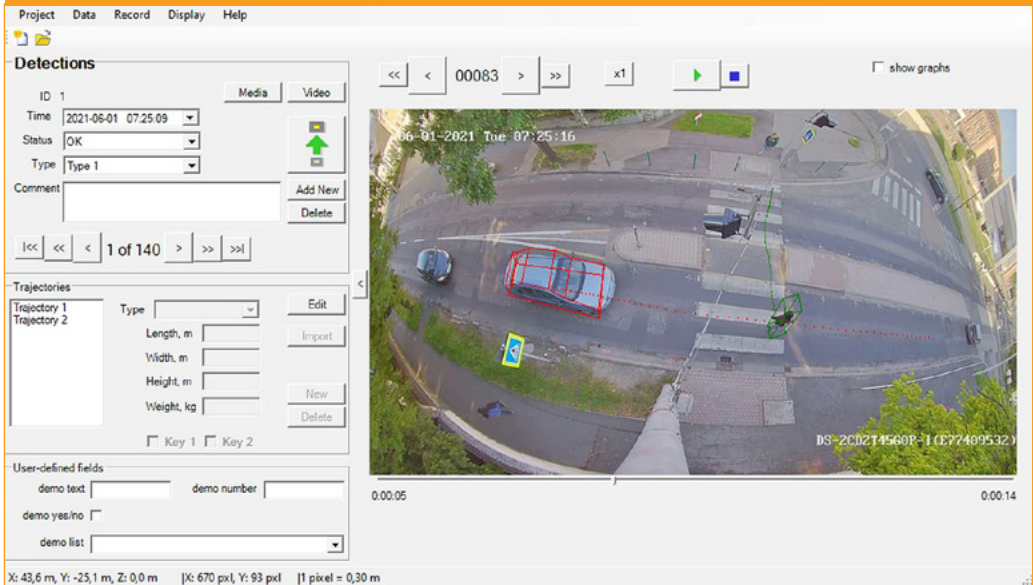
Autey et. al. (2012) csomóponti jobbra kanyarodó sávok átépítésének biztonságra gyakorolt hatását vizsgálta automatizált konfliktusmódszer alkalmazásával. A tanulmány célja az volt, hogy a több helyszínen tervezett típusbeavatkozás várható hatását előre becsülik a néhány helyszínen megvalósított pilot projekt tapasztalatai alapján.

A közúti balesetek és a konfliktusok közötti összefüggéseket (korreláció) is többen kutatták, azonban ez a kapcsolat továbbra is azon a feltételezésen alapul, hogy a historikus baleseti adatok pontosak. A konfliktusok baleseti ada-

7. ábra: A gyalogátkelő felett elhelyezett kamera képe



8. ábra: A gyalogos-gépjármű konfliktus a T-Analyst szoftverben (PET=0,2s)



tokkal történő validálása helyett egy alternatív megközelítés az extrém érték elmélet (angolul Extreme Value Theory). Ezt az utóbbi években több kutató is alkalmazta, mint elemzési módszert. Ennek az alap gondolata, hogy historikus adatokból becsljük szélsőséges, meg nem történt események előfordulási valószínűségét. Tipikus példa, hogy vízállassi adatokból számoljuk extrém vízállások valószínűségét, ami alapján tervezhetők az árvízvédelmi létesítmények. A konfliktus elemzésben ezen extrém esemény a közúti baleset bekövetkezése.

A baleset bekövetkezési valószínűségének számításával lehetséges a biztonság megítélése, akár különféle helyszínek összehasonlítása, rangsorolása is. Az extrém érték elmélet által kínált eljárásokkal és alkalmazásukkal Borsos et al. (2020) és Borsos (2021) is foglalkoztak.

Egy, a győri Széchenyi István Egyetemen

futó bilaterális projekt (2019-2.1.11-TÉT-2020-00194) keretében fentiekben ismertetett extrém érték elmélet alkalmazásával foglalkozunk, gyalogos-gépjármű interakciókat vizsgálva. A vizsgálat helyszíne a győri Gárdonyi Géza Általános Iskola előtti gyalogátkelő (Győr, Baross Gábor út 49., 47°40'46.4"N, 17°38'18.5"E).

A gyalogátkelő felett elhelyezésre került egy Hikvision kamera, amellyel a reggeli (6 és 9

9. ábra: A gyalogos-gépjármű konfliktus a TrafXSAFE szoftverben (PET=1,24s)



óra közötti) és délutáni (14 és 17 óra közötti) csúcspontokat rögzítettük. A kamera által felvett videókon a gyalogos-jármű interakciókat a T-Analyst szoftverben elemezzük. Az elemzés első lépése a videófelvételek kalibrálása, ehhez szükséges volt a helyszín geodéziai felmérése (lásd 7. ábrán fehér keresztet).

A T-Analyst szoftverben rajzoljuk meg a gyalogosok és járművek trajektóriáit (8. ábra), amelyekből a szoftver segítségével többféle kiegészítő biztonsági mutatót tudunk előállítani. Mindez a TrafXSAFE szoftverben (9. ábra) automatizáltan történik. Ezek a mutatók többek között az interakcióban részt vevők egymáshoz képesti térbeli és időbeli távolságát, sebességét fejezik ki.

6. ÖSSZEGZÉS

A közúti biztonság elemzésében a pusztán bal-eseti alapú mérések mellett egyre nagyobb térnyerése van a konfliktus alapú vizsgálatoknak és az ún. kiegészítő biztonsági mutatóknak. A videó alapú adatgyűjtési és gépi tanulási módszerek fejlődésének köszönhetően ezen mutatók ma már teljesen automatizált módon is gyűjthetők. Jelen cikkben vázlatos áttekintést kívántunk adni a legfontosabb módszertani alapokról, kiegészítő biztonsági mutatókról, valamint azok gyakorlati alkalmazási lehetőségeiről.

A videó alapú konfliktus elemzési módszerek, valamint a kiegészítő biztonsági mutatók hazai alkalmazása új irányt nyit a közúti biztonság elemzésében. Az ismertetett módszer nagy előnye, hogy az elemzéshez szükséges videófelvételek pár nap alatt elkészíthetők. Az eredményeket sokrétűen lehet használni, a módszer alkalmas egyes helyszínek összehasonlítására, rangsorolására vagy épp előtteutána vizsgálatokra. A szerzők jelenleg is több projekt keretében folytatnak méréseket, az első eredményeket rövidesen egy következő cikkben közöljük.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Allen, B. L. and Shin, B. T. (1977). Analysis of Traffic Conflicts and Collisions. *Transportation Research Record*, 667:67–74.
2. Autey J., Sayed T., Zaki M. H. (2012), Safety evaluation of right-turn smart channels using automated traffic conflict analysis. *Accident Analysis & Prevention Volume 45*, March 2012, Pages 120-130, DOI: <https://doi.org/fx6xh3>
3. Baguley, C. J. (1984). The British traffic conflicts technique. In NATO advanced research workshop on international calibration study of traffic conflict techniques, Copenhagen, Denmark.
4. Borsos, A., Farah H., Laureshyn A., Hagenzieker M., 2020. Are collision and crossing course surrogate safety indicators transferable? A probability based approach using extreme value theory. *Accident Analysis & Prevention* 143, pp. 105517. DOI: <https://doi.org/gjddz2>
5. Borsos, A., 2021. Application of bivariate extreme value models to describe the joint behavior of temporal and speed related surrogate measures of safety, *Accident Analysis & Prevention*, 159: 106274, DOI: <https://doi.org/grp372>
6. Ceunynck, d. T. (2017). Defining and applying surrogate safety measures and behavioural indicators through site-based observations (Doctoral dissertation). PhD thesis, Lund University, Sweden.
7. Flanagan, J. (1954). The Critical Incident Technique. *Psychological Bulletin* 51, pp. 327–358.
8. Hauer, E. (1997). Observational before-after studies in road safety. Emerald Group Publishing Limited, Oxford, UK.
9. Hydén, C. (1987). The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. PhD thesis, Lund University, Sweden
10. Huang, F., Liu, P., Yu, H., Wang, W. (2013) Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections, *Accident Analysis and Prevention* 50, pp. 1014-1024., DOI: <https://doi.org/gmv2q7>

11. Kočárková, D. (2012). Traffic Conflict Techniques in Czech Republic. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 53:1029–1034
12. Kraay, J. and van der Horst, A. (1985). The Trautenfels Study: A diagnosis of road safety using Dutch Conflict observation Technique DOCTOR. Technical report, Institute for Road Safety Research SWOV, The Netherlands
13. Kulmala, R. (1984). The Finnish traffic conflict technique. In NATO advanced research workshop on international calibration study of traffic conflict techniques, Copenhagen, Denmark
14. Laureshyn, A., Svensson, A., and Hydén, C. (2010). Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. *Accident Analysis and Prevention*, 42:1637–1646., DOI: <https://doi.org/bz2k39>
15. Laureshyn, A., De Ceunynck, T., Karlsson, C., Svensson, A., and Daniels, S. (2017). In search of the severity dimension of traffic events: Extended Delta-V as a traffic conflict indicator. *Accident Analysis and Prevention*, 98:46–56., DOI: <https://doi.org/f9jpb6>
16. Lu, G., Liu, M., Wang, Y., Yu, G. (2012) Quantifying the Severity of Traffic Conflict by Assuming Moving Elements as Rectangles at Intersection, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 43, pp. 255 – 264., DOI: <https://doi.org/m42s>
17. Mahmud, S. S., Ferreira, L., Hoque, M. S., and Tavassoli, A. (2017). Application of proximal surrogate indicators for safety evaluation: A review of recent developments and research needs. *IATSS Research*, 41:153–163., DOI: <https://doi.org/gf9kms>
18. Miletics, D. (2015): A konfliktusmódszer alkalmazása, In: Koren, Cs. (szerkesztő): Biztonságosabb közúti infrastruktúra, Győr, Magyarország: Universitas-Győr Nonprofit Kft., pp. 197-206.
19. Muhlrad, N. and Dupre, G. (1984). The French conflict technique. In NATO advanced research workshop on international calibration study of traffic conflict techniques, Copenhagen, Denmark
20. Nicholson, A. J. (1985). The variability of accident counts. *Accident Analysis and Prevention*, 17(1):47–56., DOI: <https://doi.org/ctfg5w>
21. Parker, M, R. and Zegeer, C, V. (1989). Traffic conflict techniques for safety and operation - observers manual (No. FHWA-IP-88-027). Technical report, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transport
22. Perkins, S.R. and Harris, J.I. (1967) Traffic Conflict Characteristics: Accident Potential at Intersections. General Motors Corporation, Warren, MI.
23. Risser, R. and Schutzenhofer, A. (1984). Application of traffic conflict technique in Austria. In NATO advanced research workshop on international calibration study of traffic conflict techniques, Copenhagen, Denmark
24. Tarko, A., Davis, G., Saunier, N., Sayed, T., and Washington, S. (2009). White Paper SURRO-GATE MEASURES OF SAFETY ANB20(3) Subcommittee on Surrogate Measures of Safety ANB20 Committee on Safety Data Evaluation and Analysis
25. T-Analyst (2016). Software for semi-automated video processing
26. Songchitruksa, P. and Tarko, A. P. (2006). The extreme value theory approach to safety estimation. *Accident Analysis and Prevention*, 38:811–822., DOI: <https://doi.org/cppxzj>
27. Svensson, A. and Hydén, C. (2006). Estimating the severity of safety related behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 38:379–385., DOI: <https://doi.org/ffsbd3>
28. van der Horst, A. R. A., de Goede, M., de Hair-Buijssen, S., Methorst, R. (2014) Traffic conflicts on bicycle paths: A systematic observation of behaviour from video, *Accident Analysis and Prevention* 62, pp. 358– 368., DOI: <https://doi.org/gkctf6>
29. Wu, K., Aguero-Valverde, J., Jovanis, P. (2014) Using naturalistic driving data to explore the association between traffic safety-related events and crash risk at driver level, *Accident Analysis and Prevention* 72, pp. 210–218., DOI: <https://doi.org/f6m57b>



Traffic conflict analysis: from the Swedish conflict technique to video-based analysis methods

*Keywords: conflict analysis,
conflict method, accident,
road safety, supplementary
safety indicators*

To improve road safety, it is necessary to measure it accurately, to identify the causes of safety problems and to make recommendations. These analyses are usually based on historical accident data, but it is known that solutions can also be found by observing near-accident events.



Konfliktanalyse im Straßenverkehr: von der schwedischen Kon- flikttechnik zu videoba- sierten Analysemethoden

*Schlüsselwörter: Konfliktana-
lyse, Konfliktmethode, Unfall,
Verkehrssicherheit, zusätzli-
che Sicherheitsindikatoren*

Um die Sicherheit im Straßenverkehr zu verbessern, ist es notwendig, sie genau zu messen, die Ursachen von Sicherheitsproblemen zu identifizieren und Empfehlungen zu geben. Diese Analysen basieren sich in der Regel auf historischen Unfalldaten, aber es ist bekannt, dass Lösungen auch durch die Beobachtung von Beinahe-Unfällen gefunden werden können.

E számunk lektorai

Dr. Henézi Diána ■ Dr. Jóna László

Lévai Zsolt ■ Dr. Sárközi György ■ Dr. Timár András

