



Metodika sledování a vyhodnocování dopravních konfliktů v českém prostředí¹

Výstup etapy E1 – Rešerše a výběr vhodných metod²

Obsah

1 Úvod, historie a vývoj TCT	2
1.1 Účel a definice	2
1.2 Rozdíly přístupů	5
1.3 Kalibrace, reliabilita, validita a reprezentativita TCT	14
1.4 Aplikace TCT v extravilánu	22
2 Aktuální stav TCT ve světě	24
2.1 Manuální TCT	24
2.2 Automatizace	25
2.3 Videodetekce	26
2.4 Další směry využití TCT	27
3 Vývoj a stav TCT v ČR	30
3.1 Škola VŠB	30
3.2 Škola ČVUT	31
3.3 Shrnutí	34
4 Závěry pro projekt KONFLIKT	36
4.1 Validita a postavení TCT	36
4.2 Reliabilita	37
4.3 Srovnání metod	39
Reference	43

¹ projekt aplikovaného výzkumu ALFA TAČR č. TA01030096, zkráceně „KONFLIKT“

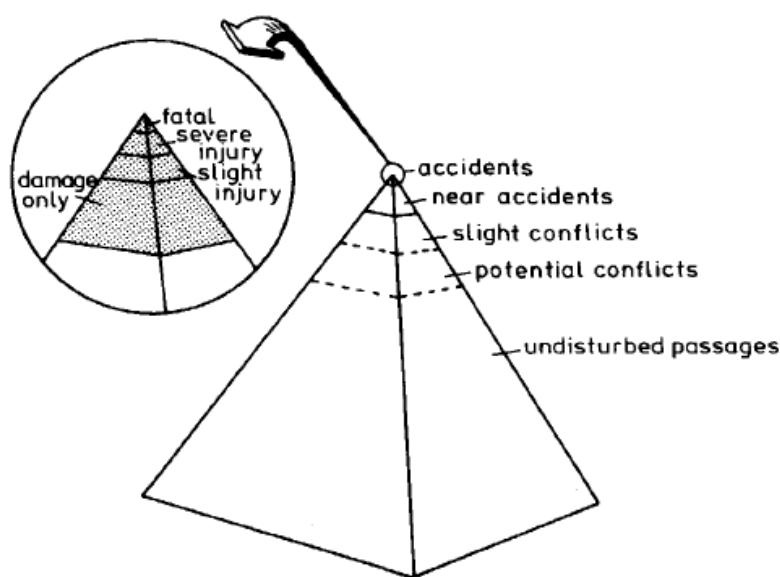
² Autorem textu je Ing. Ambros (CDV), s využitím rešerše Dr. Kočárkové (FD ČVUT) k americké metodice (Parker & Zegeer 1988).

1 Úvod, historie a vývoj TCT

Historie TCT³ trvá již přes 40 let: následující text není jejím vyčerpávajícím popisem – ten lze najít v mnoha jiných zdrojích⁴. Budou vyzdvihnuty především ty skutečnosti, kterým nebyla doposud v související české literatuře věnována náležitá pozornost.

1.1 Účel a definice

Podle teorie jsou konfliktní mechanismy obdobné jako nehodové, pouze s rozdílným výsledkem. „**Bezpečnostní kontinuum**“ v rozsahu od nerušených průjezdů po smrtelné nehody lze zobrazit jako pyramidu četnosti – viz Obr. 1.

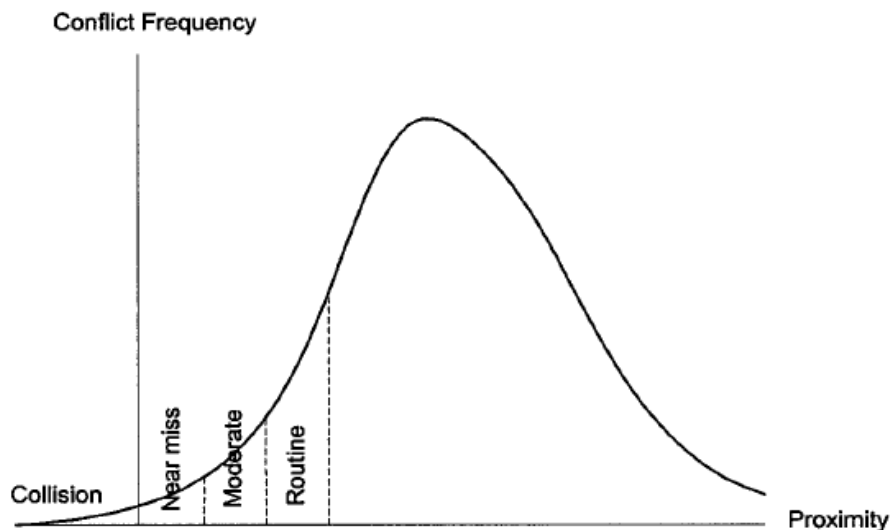


Obr. 1 Schématické zobrazení „bezpečnostního kontinua“⁵

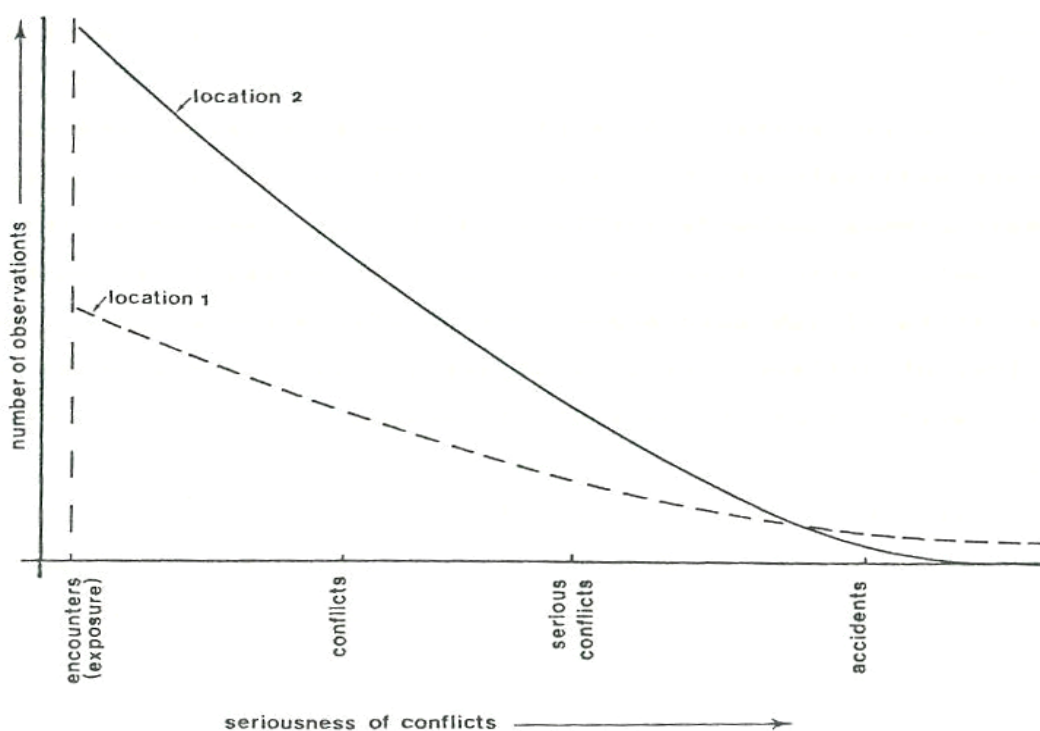
³ V textu je používána zkratka TCT (*traffic conflict technique*): (metodika) sledování a vyhodnocování dopravních konfliktů. Termín „(dopravní) konflikt“ je zde používán zástupně za alternativy „skoronehoda“ (škola ČVUT) a „konfliktní situace“ (škola VŠB).

⁴ viz Reference, především Disertace a Sborníky

⁵ Hydén 1987, str. XIII



Obr. 2 Jiná reprezentace bezpečnostního kontinua: rozložení četnosti událostí v závislosti na „blízkosti kolize“⁶



Obr. 3 Alternativní interpretace bezpečnostního kontinua ve smyslu závažnosti konfliktů⁷. Zajímavý je také rozdíl v interpretaci srovnání bezpečnosti: lokalita 1 se může zdát bezpečnější ve smyslu výsledovaných konfliktů ale ne podle zaznamenaných nehod, lokalita 2 zase naopak.

Výskyt konfliktů je jedním z nepřímých ukazatelů bezpečnosti. Základní využití TCT jsou následující:

⁶ Songchitruksa 2004 na základě Chin & Quek 1997

⁷ OECD 1982, str. C

- **hodnotící nástroj** k provádění rychlých studií účinnosti (*short-term evaluation*) bezpečnostních opatření („před“ a „po“ opatření, *before-and-after studies*) nebo hodnocení bezpečnosti obecně, včetně např. seřazení křižovatek ve vybraném městě podle úrovně jejich bezpečnosti
- **diagnostický nástroj** ke stanovení diagnózy vybraných míst včetně návrhu opatření (týká se zejména dopravně inženýrských opatření, ale i např. studií chování). Jedná se zejména o místa, kde nehodová data (jako tradiční přímý ukazatel bezpečnosti) nejsou spolehlivá nebo úplně chybí. Výběr míst se většinou provádí na základě zvýšeného výskytu nehod (objektivní bezpečnost) nebo na základě stížností a požadavků obyvatel nebo úřadů (subjektivní bezpečnost).

Obecně se TCT častěji používá pro druhý jmenovaný účel. První účel je náročnější, protože klade vyšší nároky na reliabilitu a validitu TCT.

Postupně bylo zjištěno, že TCT nejsou z důvodů nákladnosti vhodné jako **monitorovací nástroj** (dlouhodobé hodnocení, identifikace nehodových lokalit)⁸ nebo **predikční nástroj**.⁹

Vedle tradičního přístupu k hodnocení bezpečnosti, který je založen na analýze nehod, nelze TCT považovat za náhradu; jedná se spíše o doplnění.¹⁰

K prvním aplikacím TCT v silniční dopravě došlo na konci 60. let ve Spojených státech¹¹; konflikt zde byl definován jako „interakce mezi dvěma nebo více účastníky silničního provozu, která vyvolá chování potřebné k vyhnutí se nehodě“.

V první polovině 70. let se obdobné aplikace objevily v Evropě: nejprve ve Velké Británii (TRL), následně ve Švédsku (univerzita v Lundu). Následně byl projeven zájem v dalších zemích zejména severní a západní Evropy, dále v Austrálii, Kanadě, Izraeli ad. zemích. S tímto vývojem je nedílně spojena činnost asociace ICTCT¹². Na jejím prvním workshopu v roce 1977 byla stanovena následující **definice konfliktu**¹³: „Konflikt je pozorovatelná situace, při které se k sobě dva nebo více účastníků silničního provozu přiblíží v prostoru a čase natolik, že hrozí riziko kolize, pokud se jejich pohyb nezmění.“

Definice vylučuje konflikty jen s jedním vozidlem (sjetí z komunikace) nebo srážky s pevnou překážkou. Dále vylučuje také např. nehody v noci, kdy se pozorování neprovádí.

Většina aplikací TCT se soustřeďuje na křižovatky coby nejkritičtější místa silniční sítě, navíc především v intravilánu. Aplikaci v extravilánu je věnována samostatná kapitola 1.4.

⁸ Parker & Zegeer 1988, str. 36

⁹ Older & Shippey 1980, str. 176; dále Parker & Zegeer 1988, str. 86

¹⁰ např. Swain 1987, str. 4; Hupfer 1996, str. 95; Tarko et al. 2009, str. 5; Schroeder et al. 2010, str. 390

¹¹ Perkins & Harris 1967 (podle v/d Horst & Riemersma 1981, str. 15)

¹² Původně „International Committee on Traffic Conflict Techniques“, následně „International Co-operation on Theories and Concepts in Traffic Safety“ (www.ictct.org).

¹³ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 135

1.2 Rozdíly přístupů

Obecně lze u TCT rozlišit dva přístupy:

- **kvantitativní (subjektivní) přístup** ... konflikty jsou sledovány a hodnoceny v závislosti na intenzitě manévru
- **kvalitativní (objektivní) přístup** ... používá časoprostorové (*time-proximity*) veličiny

Kvalitativní přístup měla první TCT (*General Motors Technique* neboli **americká**): registruje se zde smyk, brzdění a přestupky (např. projetí na červenou, tzv. *traffic events*¹⁴); neexistuje stupnice závažnosti.

Další vytvořené TCT již stupnici závažnosti zahrnovaly. Např. **anglická TCT** hodnotí 4 vlastnosti (čas do kolize, intenzitu a komplexnost úhybného manévru, blízkost vozidel) výběrem ze 3 – 4 možností slovního popisu. Kombinací skóre z těchto stupnic se následně získají čtyři stupně závažnosti; obdobný princip je u **německé TCT** (zde tři stupně závažnosti).¹⁵

Hodnocení objektivitu/subjektivitu jednotlivých metod je znázorněno na Obr. 5. Tento přehled však pochází z doby počátků evropských TCT, nezahrnuje tedy pozdější úpravy. Důležité však je, že každá ze znázorněných metod zahrnuje objektivní i subjektivní prvky. Např. **norská TCT** hodnotí závažnost na základě odhadu vzdálenosti projíždějících nebo zastavujících vozidlech v metrech – Tab. 1. Jedná se tedy o subjektivní koncept postavený na objektivních datech. Podobná kombinace je ve francouzské TCT (*risk matrix*) nebo anglické TCT (*conversion table*), kde se *faktory* převádí na *stupně závažnosti* (viz Tab. 2). Obdobně lze zmínit **kanadskou TCT**: zde se sleduje TTC (označováno jako TOC) ve třech „časových zónách“; druhá stupnice subjektivně hodnotí míru brzdění a z ní vyplývající riziko kolize (*risk of collision*, ROC). Ze součinu TOC a ROC vyplývá výsledný stupeň závažnosti (TCS, *total conflict severity score*) v rozsahu 2 – 6 (viz Tab. 1 a Obr. 4).

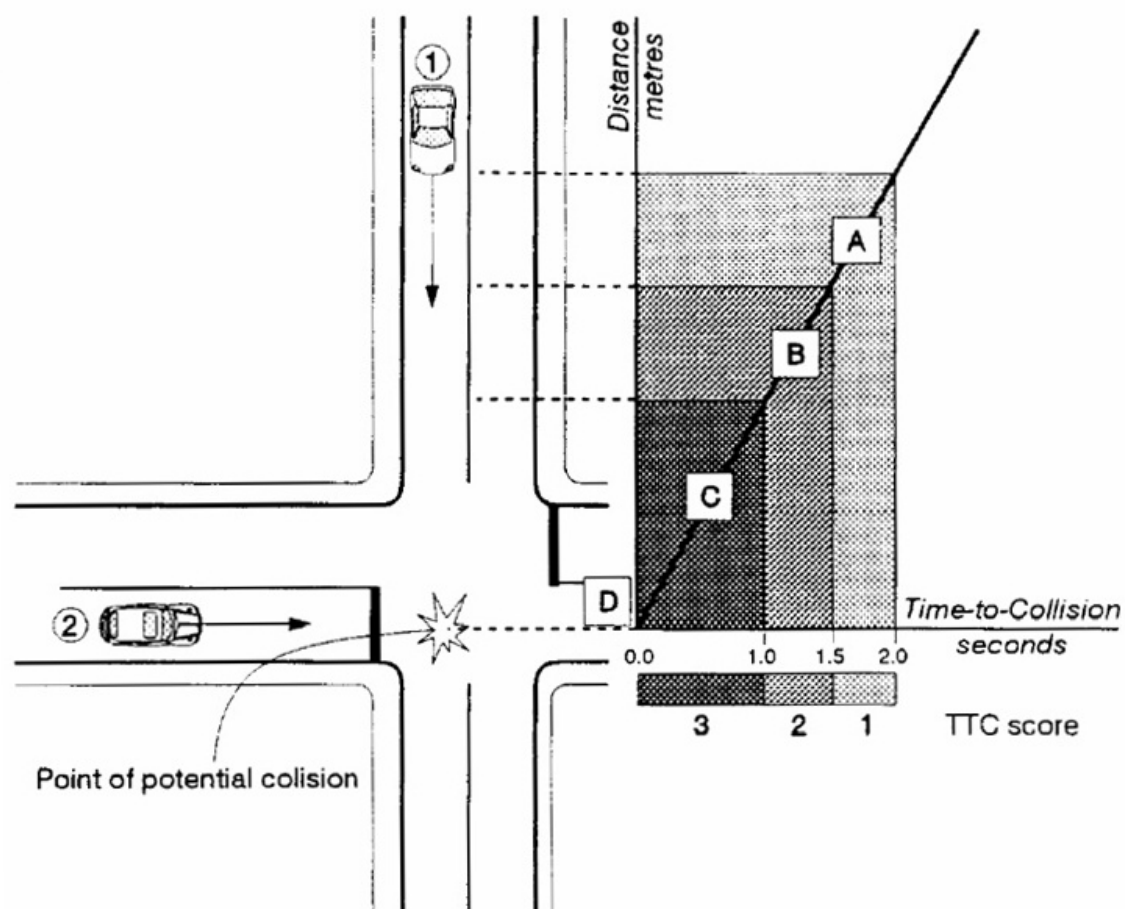
Tab. 1 Přehled hodnocení závažnosti podle kanadské TCT¹⁶

TIME TO COLLISION AND RISK OF COLLISION SCORES	TIME TO COLLISION (seconds)	RISK OF COLLISION
1	Between 1.5 and 2.0	Low risk
2	Between 1.0 and 1.5	Moderate risk
3	Between 0.0 and 1.0	High risk

¹⁴ Schroeder et al. 2010, str. 394

¹⁵ Lord 1996

¹⁶ ICBC 1996 (podle Ho 2004)



Obr. 4 Grafická reprezentace významu TOC v kanadské TCT¹⁷

Tab. 2 Hodnocení závažnosti konfliktu v norské TCT¹⁸

Severity grade		In built up areas	Outside built up areas
Moderate	Low traffic	3 - 5	5
	Heavy traffic	1 - 3	
Dangerous	Low traffic	2 - 3	3 - 5
	Heavy traffic	0,5 - 1	
Critical	Low traffic	0 - 2	0 - 3
	Heavy traffic	0 - 0,5	

¹⁷ ICBC 1996 (podle Tarko 2011)

¹⁸ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 35

Tab. 3 Hodnocení stupně závažnosti konfliktu v anglické TCT¹⁹

FACTORS GRADES	FACTOR A Time to Collision	FACTOR B Severity of Evasive Action	FACTOR C Complexity of Evasive Action	FACTOR D Proximity of Conflicting Vehicles
1.	Long Long Long Moderate Moderate Moderate Short	Light Medium Light Light Light Medium Medium	Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple Simple/Complex Simple/Complex	>2 Car Lengths >2 Car Lengths 1 to 2 Car Lengths >2 Car Lengths 1 to 2 Car Lengths >2 Car Lengths >2 Car Lengths
2.	Long Long Long Moderate Moderate Moderate Moderate Short Short Short Short	Light Medium Heavy Light Light Medium Heavy Light Light Medium Heavy	Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple Simple/Complex	<1 Car Length 1 to 2 Car Lengths >2 Car Lengths <1 Car Length 1 to 2 Car Lengths 1 to 2 Car Lengths >2 Car Lengths 1 to 2 Car Lengths 1 to 2 Car Lengths <1 Car Length 1 to 2 Car Lengths >2 Car Lengths
3.	Long Long Moderate Moderate Moderate Moderate Short Short Short Short Short	Medium Heavy Light Medium Heavy Heavy Medium Medium Heavy Emergency Emergency	Simple/Complex Simple/Complex Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex	<1 Car Length 1 to 2 Car Lengths <1 Car Length <1 Car Length 1 to 2 Car Lengths <1 Car Length 1 to 2 Car Lengths <1 Car Length 1 to 2 Car Lengths 1 to 2 Car Lengths >2 Car Lengths 1 to 2 Car Lengths
4.	Moderate Short Short	Emergency Heavy Emergency	Simple/Complex Simple/Complex Simple/Complex	<1 Car Length <1 Car Length <1 Car Length

Souhrnně lze říci, že metody TCT se sice liší způsobem provádění, ale mají stejný koncept a stejný cíl.

¹⁹ Swain 1987, str. 43

OBJECTIVE ← 1 2 3 4 5 → SUBJECTIVE

United States - all evasive actions except precautionary are employed.

Great Britain - all severe evasive actions are employed

Netherlands - vehicle reaction is categorized subjectively but the conflict is described by the distance between vehicles

Israel - measurement of changes in speed and direction of vehicles - to define and identify excessive manoeuvres - research

France - initial identification is subjective, but risk values are calculated mostly from objective data

Finland - evasive actions + traffic violations

Denmark - various flow parameters are combined in a predictive model

Norway - three categories are used (critical, moderate & dangerous) but these have been developed through objective criteria

Sweden - time to collision is used but conflicts are first identified by degree of evasive action

Great Britain (experimental) - complete automated measurement and recording of vehicle distances

* This technique can only marginally be included under the TCT

Obr. 5 Přehled jednotlivých metod a jejich subjektivity/objektivity²⁰

Analogický přehled (Tab. 4) rozlišuje používání manuálního záznamu a videozáznamu: opět je zřejmé téměř rovnoměrné zastoupení.

Tab. 4 Alternativní přehled povahy jednotlivých metod (manuální záznam, videozáznam, automatizovaný záznam)²¹

²⁰ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 134

²¹ Older & Shippey 1980, str. 156

Observation Technique Country of Organisation	On-site observers	Cine or video film	Automatic techniques
Canada	✓	✓	✓
Denmark	✓	✓	✓
Finland	✓	✓	
France	✓		
Germany	✓		
Great Britain (subjective technique)	✓	✓	
Great Britain (automatic)			✓
Israel (vehicle conflicts)	✓	✓	
Israel (pedestrian conflicts)		✓	
The Netherlands	✓	✓	
Norway	✓		
Sweden (LTH)	✓	✓	
Sweden (VTI)	✓	✓	
USA	✓		

V 80. letech se objevily snahy o přechod z kvalitativního hodnocení na kvantitativní. Byly vytvořeny dva indikátory:

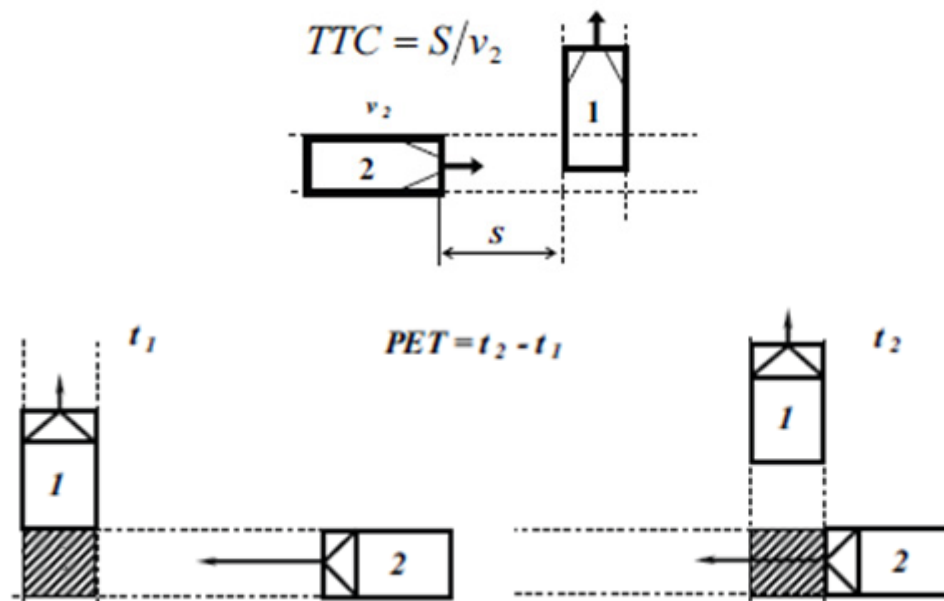
- **TTC** (*time-to-collision* nebo *TMTC, time measured to collision*) vypočtený z rychlostí a vzdálenosti vozidel ve chvíli úhybného manévru. Indikátor lze vztáhnout k vybranému studovanému prvku; odtud např. *TTZ (time-to-zebra)*, *TTS (time-to-stopline)* nebo *TTI (time-to-intersection)*.

- **PET** (*post-encroachment time*): časový rozdíl mezi kolizními kurzy vozidel (práh např. 1 s).

TTC se využívá častěji²²; protože se však během interakce vozidel mění, existuje více jeho variací:

- *fixed TTC* (pevná prahová hodnota, např. 1,5 s)
- *speed-dependent TTC*
- TTC měřené ve vybraných bodech; v okamžiku brzdění se označuje jako TA (*time-to-accident* ve švédské TCT), jindy se vybírá minimální hodnota TTC (v nizozemské TCT)

Definice indikátorů TTC a PET je schematicky znázorněna na Obr. 6.



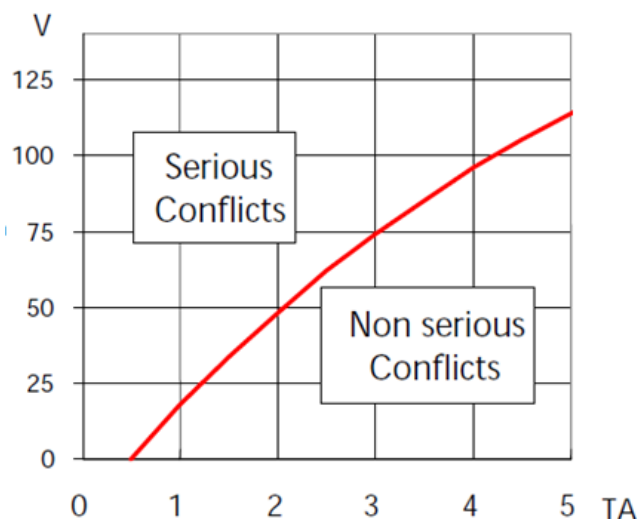
Obr. 6 Schematické znázornění definice indikátorů TTC a PET²³

Švédská TCT, vytvořená na univerzitě v Lundu²⁴, používá kvantitativní definici konfliktu pomocí TTC a rozlišení lehkých a závažných konfliktů. Metoda nepoužívá videozáznam. Většinou se používá na křižovatkách ve městech. Na místě se odhaduje vzdálenost a rychlost, z nich se podle tabulky určuje TTC (zde nazýváno TA, *time-to-accident*). Podle TA a rychlosti vozidla (*conflicting speed*, CS) provádějího úhybný manévr se také rozlišuje závažnost konfliktu (viz Obr. 7).

²² Brown 1994

²³ Laureshyn 2010, str. 40 a 43

²⁴ Hydén 1987



Obr. 7 Graf sloužící k určení závažnosti konfliktu²⁵

Důraz je kladen na výškolení pozorovatelů, kteří odhadují rychlosti a vzdálenosti. U vyškolených pozorovatelů byla zjištěna chyba odhadu rychlosti 3 km/h, chyba odhadu TA byla následně průměrně 0,05 s.²⁶

O využití švédské metody projevila zájem švédská silniční správa; u každé její pobočky byl vyškolen jeden pozorovatel.²⁷ Metoda byla dále (prostřednictvím aktivit lundské univerzity a ICTCT) „exportována“ do ostatních severských zemí, dále např. do Maďarska, Portugalska, Turecka, Jordánska, jižní a střední Ameriky i Afriky.²⁸

Jak bylo zmíněno, švédská TCT nepoužívá videozáznam (pouze doplňkově za účelem získání materiálu ke školení). Anglická TCT doporučuje kombinaci sledování i videa.²⁹ Naopak metodou, která staví na využití videozáznamu, je **nizozemská TCT** zvaná DOCTOR (*Dutch Objective Conflict Technique for Operation and Research*)³⁰. Klíčovým parametrem je zde spojitý indikátor TTC – viz Obr. 8.

²⁵ LTH 1992

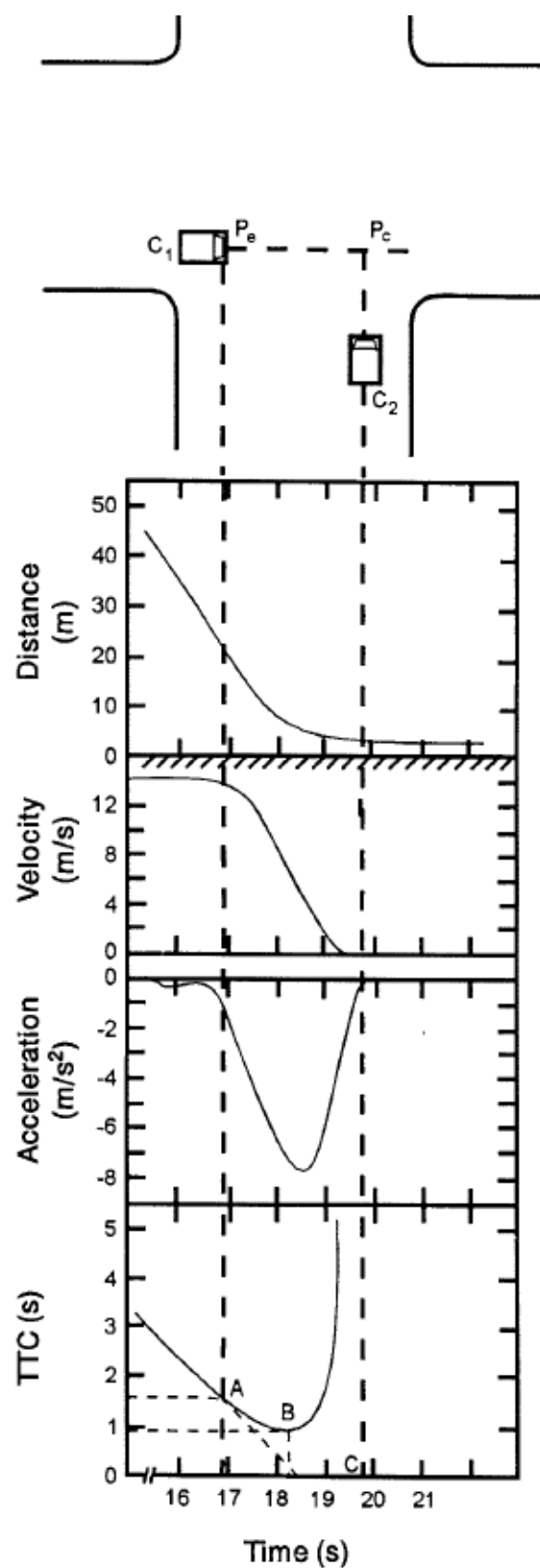
²⁶ Hydén 1987, str. XVII

²⁷ Hydén 1987, str. 228

²⁸ http://www.ictct.org/about_us.php

²⁹ Older & Spicer 1976 (podle Kraay (ed.) 1982, str. 27)

³⁰ v/d Horst 1990



Obr. 8 Průběh vzdálenosti, rychlosti, zrychlení a TTC. Bod A označuje začátek brzdění (tj. T_A), bod B označuje minimální hodnotu TTC.³¹

³¹ Brown 1994

Snaha o maximální kvantifikovatelnost a objektivitu vedla (nejen) v Nizozemí k poloautomatickým metodám – více viz validace v dalším textu.

1.3 Kalibrace, reliabilita, validita a reprezentativita TCT

Spolu s aplikací TCT v mnoha zemích vyvstala potřeba srovnání přístupů. Proto ICTCT v průběhu 80. let zorganizovalo několik tzv. **kalibračních studií**. Nejrozsáhlejší z nich proběhla v roce 1983 ve švédském Malmö³². Hlavním cílem bylo vzájemné srovnání jednotlivých TCT, především co se týče závažnosti zaznamenaných konfliktů. Zároveň byl pořizován videozáznam, který měl posloužit jako zdroj „objektivních“ dat, dále byl využit k odečtu intenzity dopravy.

V závislosti na plánovaném srovnání výsledků a tudíž jednotlivých TCT byl zamýšlen dlouhodobější cíl: pokud budou výsledky rovnocenné, bude možno spojit databáze studií různých TCT z více zemí a vytvořit tak jednu rozsáhlou databázi; ta bude zároveň ideálním podkladem pro validaci.³³

Stručný přehled zúčastněných týmů a charakteristik jejich TCT podává Tab. 5. Každý tým měl 2 pozorovatele, sledovalo se max. 2 hod. v kuse, celkem po dobu 3 dnů. Celkově se experimentu účastnilo 12 zemí, tj. 9 různých TCT:

- 5 aktivně používaných (Finsko, Francie, Německo, Velká Británie, Švédsko)
- 1 nerozšířená (Spojené státy)
- 2 vyvíjené (Rakousko, Kanada)
- 1 pouze výzkumná, pro praxi nákladná (Nizozemí)

Tab. 5 Přehled charakteristik jednotlivých TCT, které se účastnily kalibrační studie v Malmö³⁴

³² Asmussen (ed.) 1984

³³ Grayson (ed.) 1984, str. 11

³⁴ Grayson (ed.) 1984, str. 18

	Conflict definition			Severity scaling	
	Estimation of Time to Collision (TTC)	Estimation of Post Encroachment Time (PET)	Interpretation of evasive action	Based on proximity to collision (any type)	Based on proximity to injury accident
Sweden 1	fixed			X	
Finland	threshold				
Sweden 2	fixed threshold				average speed and type of road user
Sweden 4	threshold function of speed			X	
Canada		fixed threshold	(X)	X	
Great Britain			intensity		X
France 2			and result		
France 1			intensity	X	
United States			and result		
Sweden 3					
Germany			intensity	X	
Austria			and result		
Netherlands	calculated minimum value			X	

Při praktickém sledování byly zjištěny jisté rozdíly, mj. vyplývající z národních specifik jednotlivých zemí a jejich zvyklostí při aplikaci TCT:³⁵

- americký tým byl zvyklý na signalizované křižovatky, anglický tým zase na křižovatky v extravilánu
- v Kanadě (podobně i USA³⁶) není zvykem sledovat chodce, ve Francii se vyskytuje zase málo cyklistů

Závěrem však byla zjištěna celková shoda, zejména co se týče závažných konfliktů: pozorovatelé jich jsou schopni zaznamenat až 75 %, naopak přebytné záznamy jsou max. v rozsahu 5 %³⁷. Jako nejvhodnější kvantitativní indikátor se prokázal TTC, což však mohlo být způsobeno městským

³⁵ Grayson (ed.) 1984, str. 85

³⁶ Davis et al. 1987, str. 1

³⁷ Hydén 1996, str. 6

prostředím (smíšená doprava); pozdější studie v extravilánu v Trautenfels (viz kap. 1.4) totiž prokázala i vhodnost PET.³⁸

„Věrohodnost“ jakékoli vědecké metodologie se prokazuje pomocí reliability a validity; to se týká i TCT. Reliabilita je nutným předpokladem validity; avšak naopak metoda může být reliabilní a přitom nemá validitu. Vztah mezi reliabilitou a validitou lze chápat jako vztah mezi přesností a správností.³⁹

Validita určuje do jaké míry je TCT schopná popsat dopravní situace a jejich bezpečnost, tj. souvislost s nehodami. **Reliabilita** určuje, zda pozorovatelé dokáží rozpoznat konflikty a jejich závažnost. Rozlišuje se

- *intra-reliability* (opakovatelnost): pozorovatel musí stejný jev zaznamenat vždy stejně
- *inter-reliability* (konzistence): stejný jev musí být zaznamenán různými pozorovateli stejně

Při sledování účinnosti „před“ a „po“ opatření lze také zvýšit reliabilitu tím, že sledování provádí stejný člověk. Rozdíly lze minimalizovat důkladným školením pozorovatelů. Reliabilita bývá nejvyšší u závažných konfliktů; s klesající závažností roste subjektivita pozorovatelova úsudku.

Validace, tj. prokázání statistického vztahu mezi konflikty a nehodami, provází celou historii existence TCT. Protože řada studií nedokázala tento vztah popsat, objevily se pochybnosti o konceptu TCT a její vypovídací schopnosti⁴⁰. Bez nadsázky lze říci, že tam kde nepodařilo závislost dokázat (Německo)⁴¹, TCT nezískala vědecké uznání; naopak kde prokázána byla (Švédsko), metoda uznání získala.

Nepřímý ukazatel bezpečnosti, mezi něž patří i konflikty, je validní, pokud reprezentuje skutečnou úroveň bezpečnosti systému. Konflikty jsou téměř jediný z nepřímých ukazatelů bezpečnosti, který byl důkladně podroben validaci.⁴²

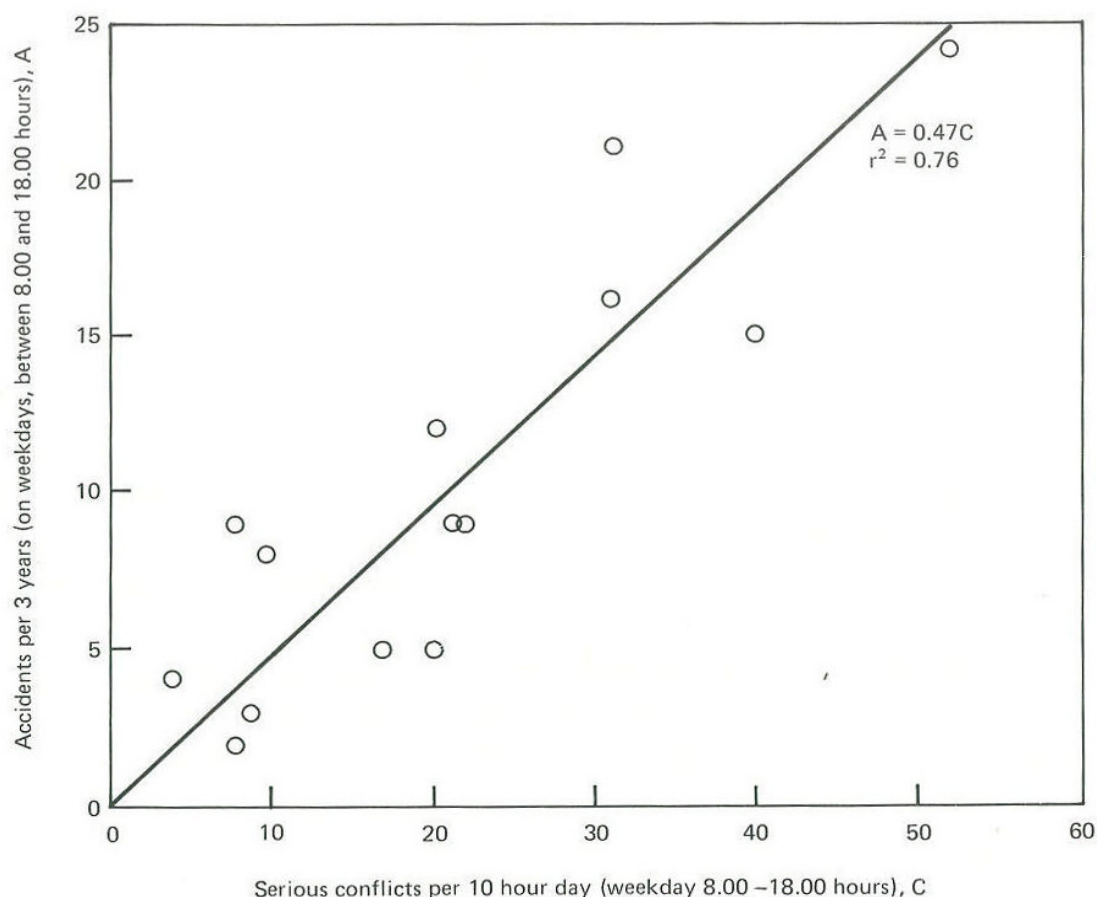
³⁸ Oppe 1986 (podle v/d Horst 1990, str. 17)

³⁹ viz např. Řehák 1998

⁴⁰ shrnuto např. v Older & Shippey 1980, str. 176

⁴¹ Ni 2009, str. 31; Hupfer 1996, str. 75-77

⁴² Songchitruksa 2004, str. 19



Obr. 9 Příklad reprezentace validace: závislost mezi počtem nehod a závažných konfliktů na 14 křižovatkách ve Velké Británii⁴³

Při dlouhodobé snaze o validaci TCT byly mj. zjištěny následující skutečnosti:

- Validita závisí mj. na definici konfliktů: pokud každé nehodě předchází úhybný manévr, pak existuje přímý vztah mezi nehodami a konflikty. Existuje však názor, že ne každé nehodě předchází úhybný manévr⁴⁴ (jedná se ale údajně o malý podíl nehod⁴⁵). Dále pokud každé nehodě předchází konflikt, nehody samotné by se do konfliktů započítávat neměly.⁴⁶ Přestupky (bez zjevného nebezpečí) by se také neměly považovat za konflikty.⁴⁷
- Další zkreslení může být způsobeno podregistrací: policejní databáze nikdy neobsahují všechny nehody, zvláště ty s nižší závažností. Např. v Nizozemí je údajně hlášena jen třetina z celkového počtu nehod⁴⁸; ve Švédsku je registrováno 59 % závažných zranění ale jen 32 % lehkých zranění⁴⁹; ve Spojených státech je podregistrace až 40 %⁵⁰.

⁴³ Asmussen (ed.) 1984, str. 73

⁴⁴ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 131

⁴⁵ Swain 1987, str. 3

⁴⁶ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 121

⁴⁷ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 126

⁴⁸ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 20

⁴⁹ Archer 2005, str. 20

⁵⁰ Parker & Zegeer 1988, str. 2

- Nejvyšší korelace byly zjištěny mezi závažnými konflikty a nehodami se zraněním (osobními nehodami). V případě nízkého počtu nehod (méně než 3 – 4 ročně nebo když je krátká historie záznamů)⁵¹ jsou konflikty lepším prediktorem bezpečnosti než nehody samotné, zvláště pokud se jedná o nehody s chodci.⁵²
- Neměl by se používat *zaznamenaný* počet nehod a konfliktů ale *očekávaný* počet⁵³ určený např. empirickou Bayesovou metodou.⁵⁴
- Aby byla validace vypovídající, je zapotřebí velké množství dat, čímž se však zároveň zvyšuje jejich rozptyl. Proces je tedy velmi náročný.
- Významnější korelace lze získat při stratifikaci dat: např. ve Švédsku byla data rozdělena podle druhu pohybu (viz Tab. 6), hodnoty v grafu na Obr. 9 byly vybrány podle času... Tímto postupem se však omezuje rozsah analyzovaných souborů. Např. v americké studii⁵⁵ se po takové redukci (bez nehod jednoho vozidla, stejné kategorie jako konflikty a stejné období) snížil počet nehod na 46 křižovatkách za 3 roky z 1292 na 319.
- Existuje názor, že pokud TCT nemá sloužit k predikci, validace není nutná.⁵⁶ Jinak řečeno: použitelnost TCT se odvíjí od schopnosti detekce bezpečnostních deficitů, ne od schopnosti predikce.⁵⁷ Jiná teorie tvrdí, že konflikty reflektují „pocit bezpečí“ neboli subjektivní bezpečnost, která není totožná s objektivní bezpečností (tj. nehodami).⁵⁸
- Jinou možností je hodnotit vypovídací schopnost TCT podle velikosti rozptylu odhadu poměru nehod a konfliktů. Nejvalidnější TCT by pak měla být ta, která poskytuje nezkreslený odhad s nejmenším rozptylem.⁵⁹

Zmíněný poměr nehod a konfliktů (*accident-to-conflict ratio*) lze použít následovně:

$$\lambda = C \cdot \pi$$

očekávaný počet nehod = počet konfliktů · poměr nehod a konfliktů

Ve stejném duchu byly tyto poměry studovány ve Švédsku: výsledkem jsou tzv. přepočtové faktory (*conversion factors*) rozdělené podle úhlu mezi vozidly a závažnosti – viz Tab. 6. Tyto faktory není nutno určovat u srovnávacích studií, kdy se předpokládá, že se faktor „před“ a „po“ opatření nezměnil. Podobné faktory (*accident/conflict ratios*) uvádí americký manuál⁶⁰. Jiná alternativa je, že se tento faktor liší s každým místem.⁶¹

⁵¹ Hauer 1975 (podle Glennon & Thorson 1975, str. 25)

⁵² Muhlrad 1993

⁵³ Hauer 1978, str. 2; dále Migletz et al. 1985, str. 55

⁵⁴ Hauer & Gårder 1986; dále Older & Shippey 1980, str. 177

⁵⁵ Migletz et al. 1985, str. 51

⁵⁶ Hauer 1979 (podle Chin & Quek 1997); Older & Shippey 1980, str. 176

⁵⁷ Grayson (ed.) 1984, str. 8

⁵⁸ Amundsen & Hydén (ed.) 1977, str. 126; dále Older & Shippey 1980, str. 177

⁵⁹ Hauer & Gårder 1986

⁶⁰ Parker & Zegeer 1988, str. 87

⁶¹ Tarko 2006

Prostřednictvím těchto faktorů by se měly získat věrohodnější vztahy mezi nehodami a konflikty než prostřednictvím regrese nebo korelace.⁶² Zpřesňování faktorů lze považovat za základní úlohu TCT.⁶³

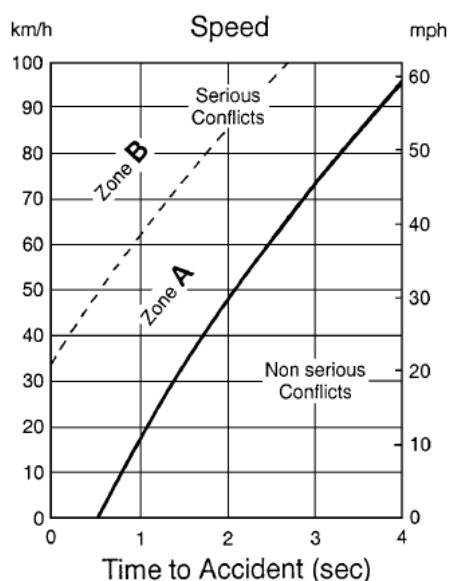
Tab. 6 Přepočtové faktory platné ve švédských podmínkách⁶⁴

Situation	Car-Car 'parallel'	Car-Car 'perpendicular'	Car-Ped Car-Bic
Conflict class:			
Class 1: Speed < 35 km/h 1.0 ≤ TA ≤ 1,5 s	0	2.4	9.6
Class 2: All other conflicts when TA ≤ 1,5 s	2.8	11.9	33.9

N.B. All values should be multiplied by a factor 10^{-5} .

Tab. 7 Alternativní verze přepočtových faktorů podle rozdělení konfliktů dle závažnosti⁶⁵

N.B. Only serious conflicts are included in the further analysis!



The conversion factors from the table below can be used to get a rough relative estimate of the injury accident risk. Each serious conflict should be multiplied with the corresponding conversion factor. The sum of the converted conflicts is then computed to produce the total relative injury risk, per any category that is of interest.

Conflict type	Conflict severity ¹	
	Low severity (zone A)	High severity (zone B)
Car ² – Car "parallel" ³	1	6
Car – Car "right-angle" ⁴	4	20
Car – Unprotected road user	20	70

1 All figures per 100,000

2 Car stands for all motor vehicles.

3 Situations where the collision would occur at an angle of less than 90 degrees.

4 Situations where the collision would occur at an angle of 90 degrees or more.

Na **predikční schopnost TCT** má kromě reliability a validity vliv i **reprezentativita** výsledků vyplývajících z doby sledování. Ta se v různých TCT výrazně liší:

- na základě analýzy přesnosti výsledků bylo zjištěno, že dostatečnou délkou sledování je 1 den⁶⁶ (max. 3 dny⁶⁷)

⁶² Migletz et al. 1985, str. 54

⁶³ Older & Shippey 1980, str. 176

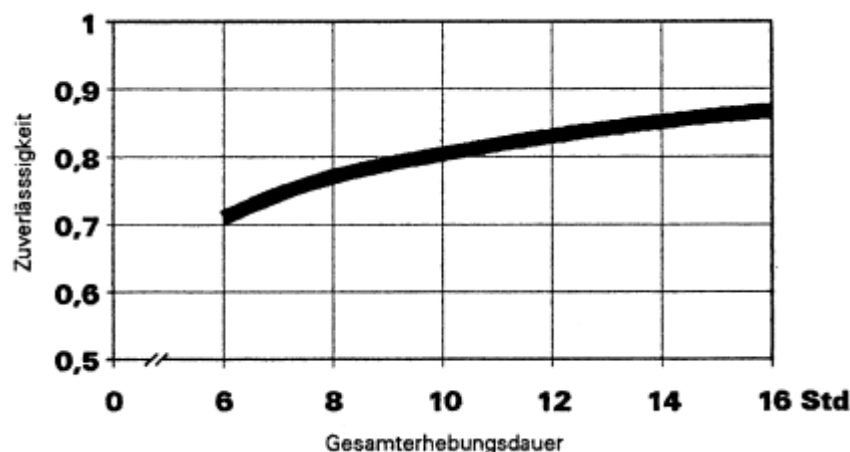
⁶⁴ Linderholm 1981 (podle Hydén 1987, str. 112)

⁶⁵ Almqvist & Hydén 1994

⁶⁶ Hauer 1975 (podle Glennon & Thorson 1975, str. 26)

⁶⁷ Hauer 1978, str. 19

- v Kanadě se většinou sleduje 16 hod., tj 2 dny⁶⁸
- podle francouzského manuálu⁶⁹ se sleduje po dobu 17 hodin (7 – 24) rozložených do 3 dnů
- podle švédských zvyklostí se v intravilánu sleduje 6 hod. po dobu 3 dnů, v extravilánu se doporučuje prodloužit sledování na 8 hod.⁷⁰, tedy celkem 18 (resp. 24) hodin
- podle anglického manuálu⁷¹ se sleduje 10 hodin (8 – 18) po dobu 3 dnů, tj. celkem 30 hod.
- Německý manuál⁷² uvádí, že věrohodnost (*Zuverlässigkeit*) je rovna po 60 hod. sledování rovna hodnotě 0.95, dále 0.91 po 24 hod. a 0.83 po 12 hod. sledování (viz také Obr. 10). Jako standard se proto volí 12 hod. (7 – 19).
- U prvních aplikací americké TCT se sledovalo 12 hod. 3 dny po sobě.⁷³ Podle později vytvořeného manuálu se počítá délka pozorování na základě intenzity a požadované přesnosti⁷⁴; počet hodin se tak podle typu konfliktu pohybuje v rozmezí 3 – 39 hod.



Obr. 10 Vztah věrohodnosti a doby trvání sledování⁷⁵

Na základě doby sledování a počtu konfliktů lze mj. odvodit ukazatele konfliktnosti křižovaty. V kanadské TCT se nazývají AHC (*average hourly conflict*), příp. AHC/TEV (*average hourly conflicts per thousand entering vehicles*) nebo AHC/PEV (*average hourly conflicts per product of the hourly entering volumes in thousands*) – viz Obr. 11.

$$AHC = \frac{\text{počet konfliktů}}{\text{doba sledování}}$$

$$\frac{AHC}{TEV} = \frac{AHC \cdot 1000 \cdot \text{počet konfliktů}}{\text{průměrná hodinová intenzita}}$$

⁶⁸ ICBC 1996 (podle Tarko 2001), dále Sayed & Zein 1999

⁶⁹ Muhlrád 1988 (podle Muhlrád 2004)

⁷⁰ Svensson & Barker 2007, str. 4

⁷¹ Swain 1987, str. 6

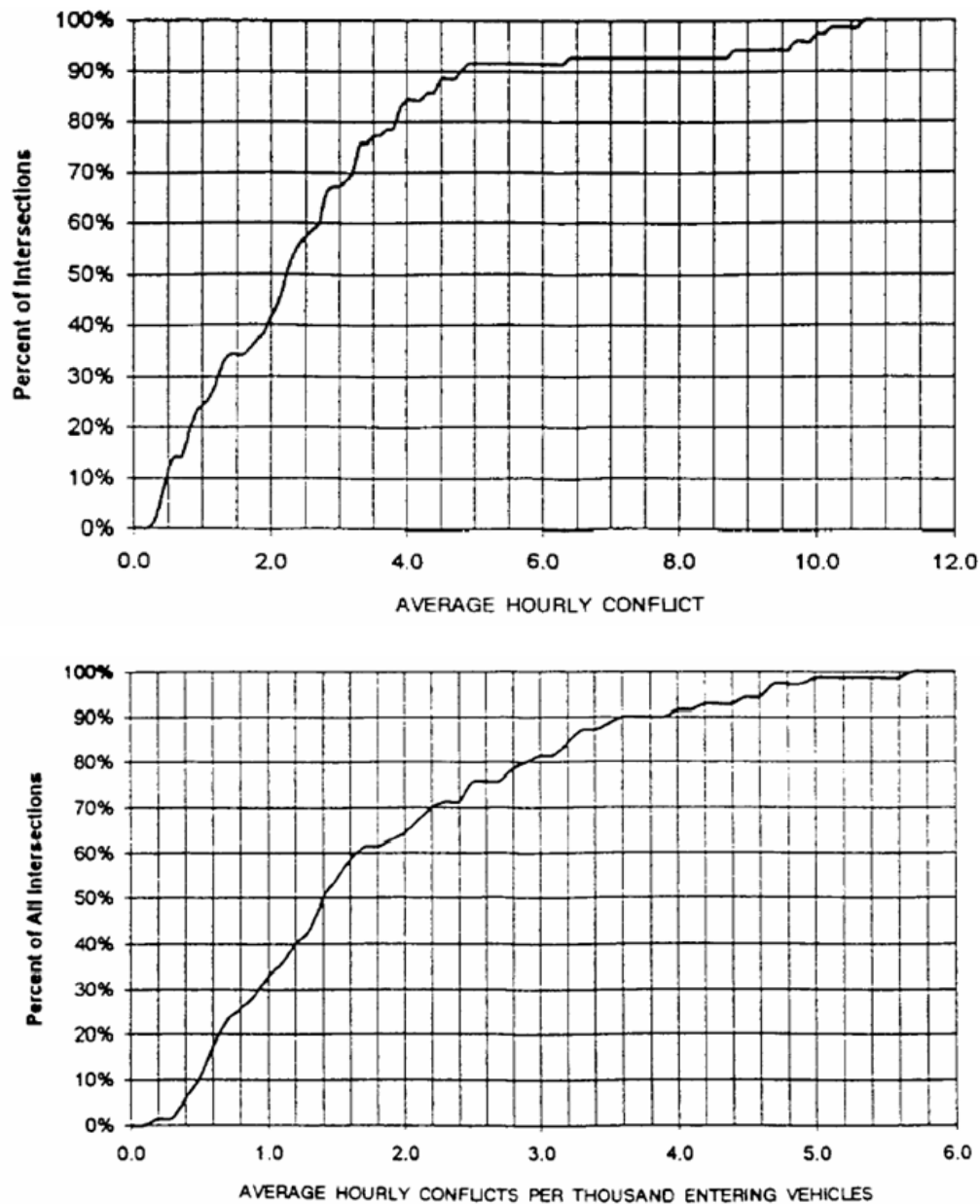
⁷² Erke u. Gstalter 1985, str. 23

⁷³ Perkins & Harris 1967 (podle v/d Horst & Riemersma 1981, str. 15)

⁷⁴ podrobný postup výpočtu viz Parker & Zegeer 1988, str. 39-42

⁷⁵ RVS 1.22

$$\frac{AHC}{PEV} = \frac{AHC \cdot 1000 \cdot \text{počet konfliktů}}{\sqrt{\text{součin průměrných hodinových intenzit}}}$$

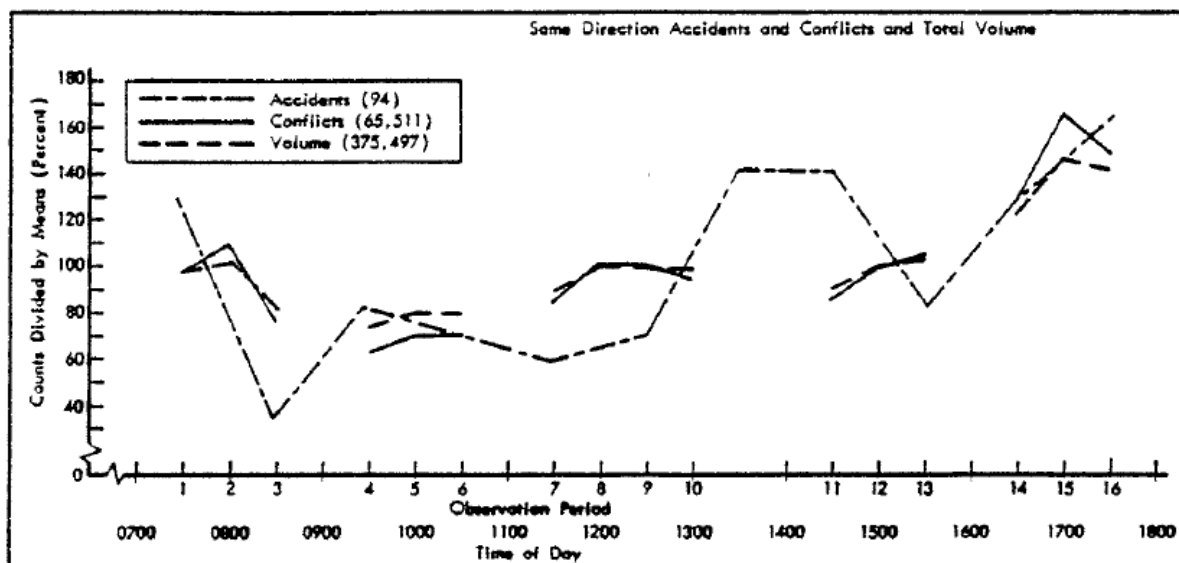


Obr. 11 Distribuční křivka ukazatelů AHC a AHC/TEV⁷⁶

Americký manuál⁷⁷ doporučuje používat obdobný ukazatel k účelům srovnání a prezentací, spolu s diagramem a fotografiemi. K dispozici je také studie výskytu konfliktů během dne – viz Obr. 12. Průběh je blízký průběhu intenzity (s ranní a podvečerní špičkou), zároveň přibližně sleduje vývoj výskytu nehod.

⁷⁶ ICBC 1996 (podle Tarko 2001)

⁷⁷ Parker & Zegeer 1988, str. 55



Obr. 12 Průběh počtu nehod, konfliktů a intenzity během dne⁷⁸

1.4 Aplikace TCT v extravilánu

Již ze začátku rozvoje TCT byla prováděna sledování i v extravilánu, především na křižovatkách: takto byla testována již v roce 1970 **americká TCT**⁷⁹. Další aplikace se uskutečnily ve **Velké Británii a ve Švédsku**. Jak již bylo zmíněno u kalibračních studií, v roce 1986 proběhla kalibrační studie⁸⁰ cíleně v extravilánu. Jednalo se o křižovátku dvou mezinárodních silnic u rakouského **Trautenfels**. Účastnily se týmy ze 6 zemí, sledování probíhalo 26 hodin v průběhu 4 dnů, spolu se záznamem dvou videokamer.

Dále lze zmínit aplikaci švédské TCT v extravilánu v **Portugalsku**⁸¹. Jednalo se o hodnocení účinku zavedení opatření (*incident warning system*) na rychlostní silnici; byl pořízen videozáznam z nadjezdů, jednalo se tedy jen o část komunikace. Mezi nejčtenější závažný konflikt zde patřilo předjíždění v nevhodném okamžiku s vynuceným úhybným manévrem protijedoucího vozidla. Ze sledování vyplynuly následující zkušenosti:

- Sledování na mezikřižovatkových úsecích je problematické s ohledem na „roztroušenost“ sledovaných jevů a s ní související nedostatečné rozlišení videozáznamu na potřebné vzdálenosti.
- Je proto vhodnější soustředit se na vybraná místa jako např. ta kde dochází ke změně počtu jízdních pruhů.

V roce 2007 proběhla rozsáhlá aplikace švédské TCT ve Velké Británii (**Skotsku**)⁸². Protože většina tamějších nehod byly tzv. individuální nehody, byla sledována zejména potenciální sjetí z komunikace (indikátor *time-to-lane-departure*). Jednalo se o kombinaci manuálního sledování a videa. Získané zkušenosti byly následující:

⁷⁸ Migletz et al. 1985, str. 12

⁷⁹ Campbell & King 1970 (podle Kraay (ed.) 1982, str. 27)

⁸⁰ Kraay & v/d Horst 1985

⁸¹ Svensson & Várhelyi 1995 (podle Svensson & Carsten 2007)

⁸² Svensson & Carsten 2007, Svensson & Barker 2007

- Obdobně jako u portugalské studie bylo doporučeno soustředit „roztroušené“ sledování na kritická místa jako např. směrové oblouky, místa změny počtu pruhů nebo připojení, dále např. okružní křižovatky.
- Lépe než kolizní rychlost by mohla závažnost konfliktu reflektovat relativní rychlost účastníků. To platí obecně (nejen v extravilánu) pro všechny případy, kde jsou velké rozdíly rychlostí účastníků, jako např. u konfliktů s (pomalejšími) chodci nebo na křižovatkách, kde vjíždí (pomalejší) vozidlo z vedlejší silnice.
- Pozorovatelé mají potíže se sledováním častých konfliktů „zezadu“ (*rear-end conflicts*); zde lze informace vhodně doplnit z videozáznamu. Pozorovatel je schopen sledovat úsek o délce max. 150 m.

Závěrem skotské studie je, že pro extravilán není potřeba vyvíjet speciální (nevalidovanou) metodiku; lze využít principy (validované) švédské TCT. Doporučen je následující postup:

- Manuální záznam na místě se zaměřením na údaje, které nelze poznat z videozáznamu. Záznam obsahuje subjektivní odhad pravděpodobnosti nehody a dále pravděpodobnost zranění při případné nehodě.⁸³
- Videozáznam slouží pro ověření reliability manuálního záznamu a pro doplnění informací o rychlostech a trajektoriích.
- Na křižovatkách hodnotit závažnost podle závažnější hodnoty (tj. způsobené rychlejším účastníkem) ze dvou vyhodnocených TA.⁸⁴
- Na mezikřižovatkových úsecích hodnotit závažnost na základě relativní rychlosti účastníků.
- Ve srovnání s intravilánem by se měla prodloužit doba sledování; období by se mělo volit podle výskytu nehod.

Švédská TCT (stejně jako ostatní TCT) vznikla v intravilánu, tudíž v podmínkách rychlostí kolem 50 km/h. S tím souvisí i volba prahové hodnoty TA = 1,5 s. V extravilánu lze s ohledem na vyšší rychlosti použít hodnoty závislé na rychlosti. Např. ve finské TCT se na komunikacích s rychlostním limitem 100 km/h používá hodnota TA = 3 s.⁸⁵

⁸³ převzato z nizozemské metody DOCTOR

⁸⁴ Shbeeb 2000, Svensson 1998 (podle Lauresbyn 2010, str. 49)

⁸⁵ Asmussen (ed.) 1984, str. 97

2 Aktuální stav TCT ve světě

Informace v následující části byly získány zejména od členů ICTCT; jedná se o následující experty se zkušenostmi s TCT: prof. Hydén⁸⁶ a dr. Laureshyn⁸⁷ (U Lund, Švédsko), dr. van der Horst (TNO, Nizozemí)⁸⁸, prof. Carsten (U Leeds, Velká Británie)⁸⁹, dr. Muhlrade (INRETS, Francie)⁹⁰, dr. Gstalter (TU Braunschweig, Německo)⁹¹, dr. Hupfer (TU Kaiserslautern, Německo)⁹², dr. de Leur (ICBC, Kanada)⁹³, prof. Kulmala (VTT, Finsko)⁹⁴.

2.1 Manuální TCT

Dobou „boomu TCT“ byla 80. léta. TCT byla v té době prakticky používána např. německou policií, silniční správou ve Švédsku nebo úřady ve Francii.⁹⁵ Tato přízeň však netrvala dlouho; jak již bylo zmíněno, bylo to díky některým nepříznivým vlastnostem manuálního přístupu a také slabou nebo nulovou validací, která bránila vědeckému uznání metody.

Manuální TCT se dnes ve světě používají pouze v rozvojových zemích. V těchto zemích, kde je nízká úroveň bezpečnosti a chybí databáze potřebných dat, slouží TCT jako jednoduchý nástroj hodnocení bezpečnosti. Často se jedná o aplikaci **švédské TCT**, která je považována za „standard“ mezi TCT.⁹⁶

Ve **Francii** se TCT použilo naposledy v letech 1992-96 při hodnocení účinku uklidňovacích opatření. Kromě toho byla metoda využita v rozvojových zemích (např. Filipíny); metoda nebyla nikdy automatizována.

K podobnému „ustrnutí“ došlo i v **Německu**. Důvodem, proč se zde manuální TCT více neujala, je nedostatečná informovanost dopravních inženýrů na úřadech a opozice odborníků, kteří prosazují analýzu nehod a ovlivňují tak příslušné orgány. Na univerzitě v Kaiserslautern⁹⁷ byl dále vyvinut poloautomatický systém ViVAtraffic⁹⁸, jehož výstupem jsou hodnoty TTC a PET; provoz systému je však nákladný. TCT se tak stále používá pouze ve výzkumu, aktuálně např. ve vztahu k bezpečnosti cyklistů v přístavní oblasti Hamburku.

Ani ve **Spojených státech a Kanadě** nedošlo k širšímu uplatnění TCT. Důvodem opuštění manuálního konceptu byly především náklady na sledování, zejména při přesunech na vzdálené lokality. Dalším důvodem mohla být absence závažnosti v americké TCT⁹⁹. V současné době se objevují aplikace

⁸⁶ e-mail 27.3.2011 a 28.6.2011

⁸⁷ e-mail 5.10.2011

⁸⁸ e-mail 16.5.2011

⁸⁹ e-mail 20.9.2011

⁹⁰ e-mail 19.9.2011 a 22.9.2011

⁹¹ e-mail 21.9.2011

⁹² e-mail 15.10.2011

⁹³ e-mail 22.9.2011

⁹⁴ e-mail 22.9.2011

⁹⁵ http://www.ictct.org/about_us.php

⁹⁶ Archer 2005, str. 43 nebo Tarko et al. 2009, str. 5

⁹⁷ Hupfer 1996 a 1997

⁹⁸ http://www.uni-kl.de/wcms/imove_links.html

⁹⁹ Hydén 1996, str. 3

videodetekce (prof. Tarko¹⁰⁰, prof. Sayed¹⁰¹, dr. Saunier¹⁰²): technologie je však nákladná a vyžaduje použití více videokamer.

2.2 Automatizace

V **Nizozemí** se manuální sledování (metoda DOCTOR) již řadu let nepoužívá. Aktuálním trendem je sledování v širším kontextu¹⁰³: kombinace videa, TCT a analýzy místa (*road scene analyse*). Jsou zde studovány nejen kritické, ale i normální manévry, tj. celé spektrum (ne)bezpečných situací (*unsafety*). Aby bylo zajištěno množství zaznamenaných konfliktů, vybírají se místa se zvýšeným počtem nehod. Videozáznam se pořizuje „z ptačí perspektivy“. Délka záznamu záleží na účelu studie: pro běžné analýzy se provádí záznam po dobu jednoho nebo více dní; pro účely hodnocení účinnosti opatření (v poslední době např. hodnocení bezpečnosti turbo-okružních křižovatek se SSZ¹⁰⁴) je potřeba delší záznam. Např. v projektu IAAV byly pořizeny záznamy o délce 1 – 2 roku. Záznam ukládal obrazy ve frekvenci 12,5 polí za sekundu, které byly následně osobně analyzovány podle metody DOCTOR. Byli využiti zkušení pozorovatelé, kteří sledovali video při osminásobném zrychlení a identifikovali kritické okamžiky. V takto filtrovaných záznamech byly vektorizovány trajektorie vozidel a ty následně transformovány z obrazu videa do skutečného prostoru s následným určením polohy, vzdálenosti, rychlosti atd. (technologie VIDARTS, *Video Analysis of Road Traffic Scenes*). Z výstupních hodnot rychlosti, zrychlení a odstupů se odvozuje TTC a PET.¹⁰⁵

Jako „mezikrok“ mezi manuální TCT a videodetekcí lze považovat použití různých stávajících technologií za účelem získání dat (většinou indikátoru TTC). Jedná se např. o sledování TTC prostřednictvím sběru dat o rychlosti/zrychlení a odstupů mezi vozidly. Jako příklad lze uvést využití indikátoru zpomalení DST (*deceleration-to-safety*). Podle jeho hodnot lze hodnotit závažnost konfliktu – viz Tab. 8.

Tab. 8 Úrovně indikátoru zpomalení a jejich vztah k závažnosti konfliktu¹⁰⁶

Conflict Level	Deceleration-to-Safety	Description
No Conflict	Braking rate $\leq 0 \text{ m/s}^2$	Evasive action not necessary
No Conflict	Braking rate 0 to -1 m/s^2	Adaptation necessary
1	Braking rate -1 to -2 m/s^2	Reaction necessary
2	Braking rate -2 to -4 m/s^2	Considerable reaction necessary
3	Braking rate -4 to -6 m/s^2	Heavy reaction necessary
4	Braking rate $< -6.00 \text{ m/s}^2$	Emergency reaction necessary

¹⁰⁰ <http://cobweb.ecn.purdue.edu/~tarko/>

¹⁰¹ <http://www.civil.ubc.ca/people/faculty/faculty-sayed.php>

¹⁰² <http://n.saunier.free.fr/saunier/>

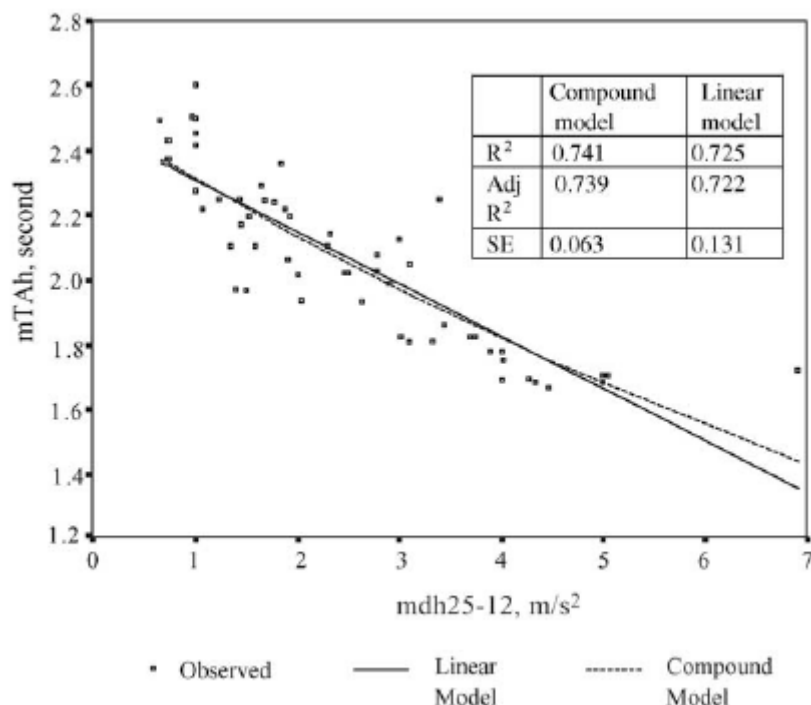
¹⁰³ Martens & Rook 2005

¹⁰⁴ v/d Horst et al. 2008

¹⁰⁵ v/d Horst 2007

¹⁰⁶ Hydén 1996 (podle Archer 2005, str. 54)

Dalším příkladem může být např. využití indukčních smyček u přechodů pro chodce. Ve studii z **Velké Británie** byla z takto získaných dat odvozena závislost mezi TTC (označeným jako *mTAh*) a zpomalením vozidel (*mdh*). Jedná se o rychlé vyhodnocení bezpečnosti chodců na přechodech. Výsledky lze vidět na Obr. 13 a v Tab. 9.



Obr. 13 Ukázka vztahu mezi TTC (*mTAh*) a zpomalením vozidel (*mdh*)¹⁰⁷

Tab. 9 Ukázka vztahu mezi zpomalením vozidel (*mdh*) a konflikty

Examples of results of safety monitoring at the Pelican crossing			
Mean deceleration (<i>mdh</i> 25-12 (m/s ²)) in each minute period	Severity category of pedestrian– vehicle conflicts	Number of minutes in 1 h with conflicts	
		Morning	Afternoon
≥6	Serious	0	2
≥4.5–6	Slight	4	3
≥3–4.5	Potential	11	9

2.3 Videodetekce

S vývojem technologií se zvyšuje uplatnění videozáznamu při TCT a zejména následné extrakce dat. TCT se tak stává součástí studia chování řidičů, dopravního proudu atd. *State-of-the-art*¹⁰⁸ v této oblasti představuje výzkum lundské univerzity¹⁰⁹.

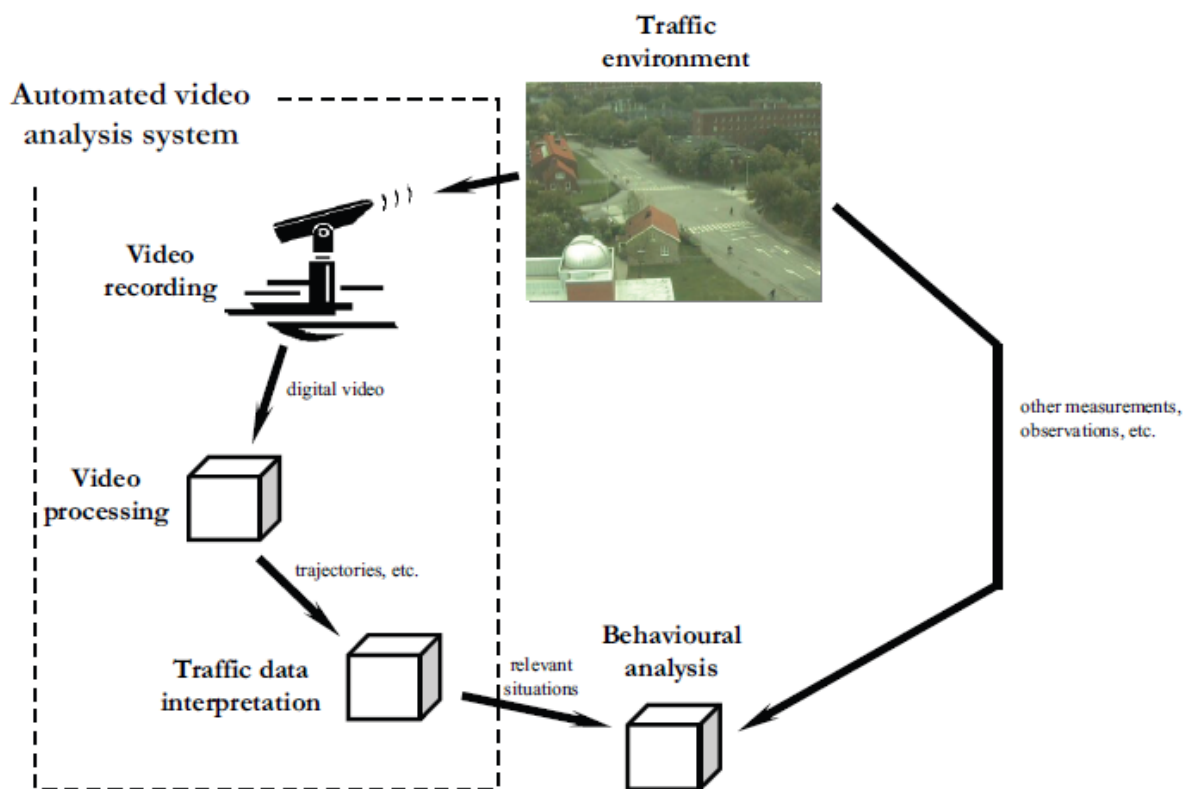
Hlavní předností videodetekce je možnost zkrácení doposud nutného sledování videozáznamu a výběr událostí. Systém události sám identifikuje na základě rozpoznávacích algoritmů nebo na

¹⁰⁷ Malkhamah 2005

¹⁰⁸ Elvik 2010, str. 38

¹⁰⁹ Laureshyn 2010

základě blízkosti trajektorií vozidel. To otvírá možnosti prodloužení doby záznamů, rozsáhlejšímu sběru dat (vhodné i kvůli validaci) málo častých událostí, navíc i v situacích kdy doposud nebylo efektivní využívat manuální pozorovatele. Přínos videodetekce je tedy, ve srovnání s manuálním sledováním (včetně školení a vyhodnocení), v úspoře nákladů.



Obr. 14 Schéma videodetekčního systému¹¹⁰

Videodetekční systém pracuje na následujících principech:

- Digitální videokamera je na vyvýšeném místě. Je-li kamer více, jsou časově synchronizovány.
- Prostorová kalibrace kamery umožňuje transformaci mezi povrchem a obrazem za účelem měření polohy, vzdáleností, rychlostí apod.
- Detekce a sledování pohybujících se objektů pomocí rozlišení popředí a pozadí.
- Výstupem je soubor trajektorií pohybů všech objektů, které mohou být i kategorizované.
- Další zpracování se liší podle jednotlivých systémů.

Videodetekčních systémů je na trhu velké množství a ceny postupně klesají. Nevýhodou je, že aktuálně neexistuje jednotný automatický systém. Metoda navíc ještě není plně validována pro praxi.

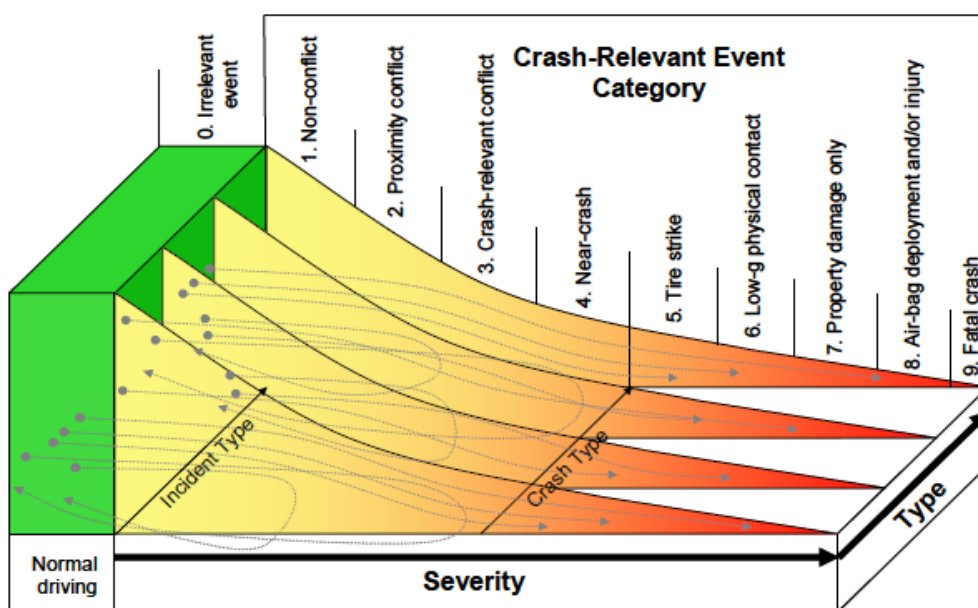
2.4 Další směry využití TCT

Kromě videodetekce existují i další obory, kde dochází k „oživení“ myšlenek TCT: lze zmínit např. využití dat (TTC, PET) v simulačních modelech¹¹¹. Zde je cílem odvození tzv. náhradních veličin

¹¹⁰ Laureshyn 2010, str. 31

(*surrogate safety measures*) ze simulačních modelů křižovatek. Náhradní veličinou může být TTC, PET, míra zpomalení nebo max. rychlost. Tyto veličiny pak mohou sloužit k hodnocení bezpečnosti.

Dalším doslova revolučním oborem jsou tzv. *field operational tests* (FOT – sledování používání bezpečnostních technologií za jízdy) a *naturalistic driving studies* (NDS – sledování chování řidičů a interakcí za jízdy). Druhé téma, resp. kombinace obou jeho přístupů (*naturalistic field operational test*, N-FOT), bude dále stručně popsáno. Švédský vývoj v této oblasti provádí Dr. Trent¹¹² (Volvo/Chalmers) – mj. v rámci švédsko-amerického projektu *Sweden-Michigan Naturalistic Field Operational Test* (SeMiFOT). Kritické situace (zde nazývané *crash-relevant events*, CRE) jsou extrahovány z dat na základě zrychlení a TTC. Hierarchii kritických situací ukazuje Obr. 15.



Obr. 15 Hierarchie kritických situací sledovaných v projektu SeMiFOT¹¹³

Dalším aktuálním projektem v této oblasti je práce doktoranda Bagdadiho (VTI/Lund)¹¹⁴, která hledá způsoby identifikace kritických situací za účelem hodnocení účinku používání nových bezpečnostních ITS technologií (ISA ad.). Vychází z předpokladu, že pravděpodobnost účasti na nehodě roste s výskytem prudkého brzdění, nedostatečných odstupů mezi vozidly a nepřizpůsobení rychlosti dopravním situacím. Sledování těchto jevů je ale obtížné, protože se odehrává různě v prostoru a čase. Bagdadi proto využil data z předchozího FOT testu vozidel s ISA (omezovačem rychlosti)¹¹⁵ a našel souvislost mezi nebezpečným chováním řidičů a tzv. *jerks* (změnami zpomalení)¹¹⁶.

Obdobné studie se provádí i ve Spojených státech; jedná se především o rozsáhlou roční *100-Car Naturalistic Driving Study*¹¹⁷. Tato studie je zatím nejrozsáhlejší svého druhu: jedná se o více než 3

¹¹¹ Gettman & Head 2003

¹¹² e-mail 6.4.2011

¹¹³ SAFER 2010:02, str. 12

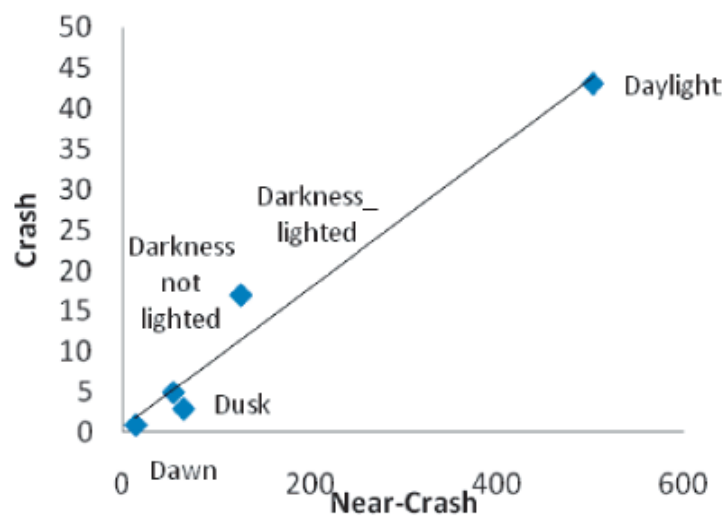
¹¹⁴ http://www.its-sweden.se/doktoranderph-d-students/omar-bagdadi__156

¹¹⁵ Várhelyi et al. 2004

¹¹⁶ Bagdadi & Várhelyi 2011

¹¹⁷ Dingus et al. 2006

miliony km a 40 tisíc hodin záznamu. Závěry mj. potvrzují pozitivní vztah mezi četností faktorů přispívajících k nehodám i konfliktům – viz Obr. 16.



Obr. 16 Příklad prokázaného pozitivního vztahu mezi četností faktorů (zde viditelnost) přispívajících k nehodám i konfliktům¹¹⁸

Zároveň se připravuje dvouletá studie 2500 vozidel v rámci výzkumného programu SHRP2.¹¹⁹ Spolu s tímto trendem se však objevil další problém: doposud nebyla vyvinuta metodika zpracování a využití tohoto nesmírného množství dat.

¹¹⁸ výběr z Guo et al. 2010

¹¹⁹ Dingus 2008

3 Vývoj a stav TCT v ČR

V ČR existují dvě základní „školy“ TCT:

- škola VŠB (autor Doc. Folprecht působící na Fakultě strojní VŠB-TU v Ostravě)
- škola ČVUT (autor Doc. Slabý působící na Fakultě stavební ČVUT v Praze)

3.1 Škola VŠB

První aplikace TCT v ČR se objevily roku 1973 na pražském ÚSMD, patřily tedy mezi první v Evropě (hned po Velké Británii). Inspirací byla americká TCT. Konflikty jsou definovány jako „takové okamžiky a situace v silničním provozu, kdy vzniká pro některé jeho účastníky větší než obvyklá míra nebezpečí.“ Uvádí se, že statisticky významný soubor konfliktů lze získat již po hodinovém sledování.¹²⁰

Za účelem diagnózy se vyhodnocené konflikty zakreslují do schématu pomocí kódů podle účastníků, druhu konfliktu a jeho závažnosti. Registrují se 4 stupně závažnosti: bez reakce, bez násilné reakce, ostrá reakce neboli „skoronehoda“, nehoda.¹²¹

Klasifikace podle závažnosti

konfliktní situace bez reakce	1
konfliktní situace bez násilné reakce	2
konfliktní situace s ostrou reakcí	3
dopravní nehoda	4

Postup vyhodnocení je následující:¹²²

- Vyhodnocení obrazového záznamu se provádí v zatemněné místnosti ve větším počtu osob. Doba sledování záznamu by neměla přesáhnout 3 hodiny; záznam lze pozastavit, zpomalit a opakovat.
- Výsledné počty jednotlivých druhů konfliktů lze sčítat v rámci jejich kategorií a jejich četnost vztahovat k intenzitám dotyčných (nebo veškerých) dopravních proudů.
- Výpočet **relativní konfliktnosti** (uvažují se jen konflikty mezi účastníky) se provádí podle vzorce:

$$k_R = \frac{P}{I} 100$$

Přínos popsané videoanalýzy je v možnosti přenesení reálné dopravní situace z ruchu ulice do klidu kanceláře s následnou kolektivní analýzou včetně možnosti zpomalení a opakování. Videozáznam zároveň slouží jako zdroj dopravních dat a průkazný materiál.

Postup doc. Folprechta byl následně upraven dr. Křivdou:¹²³

¹²⁰ Folprecht 2000

¹²¹ Folprecht 2000

¹²² Křivda 2006

- zavedení ukazatele **vážené relativní konfliktnosti**

$$k_R = \frac{P \cdot K_Z}{I} 100$$

$$K_Z = \begin{cases} 1 \dots \text{pro stupeň 1} \\ 3 \dots \text{pro stupeň 2} \\ 6 \dots \text{pro stupeň 3} \end{cases}, k_{RV} = \frac{\sum P \cdot K_Z}{I} 100 \text{ pro všechny konflikty}$$

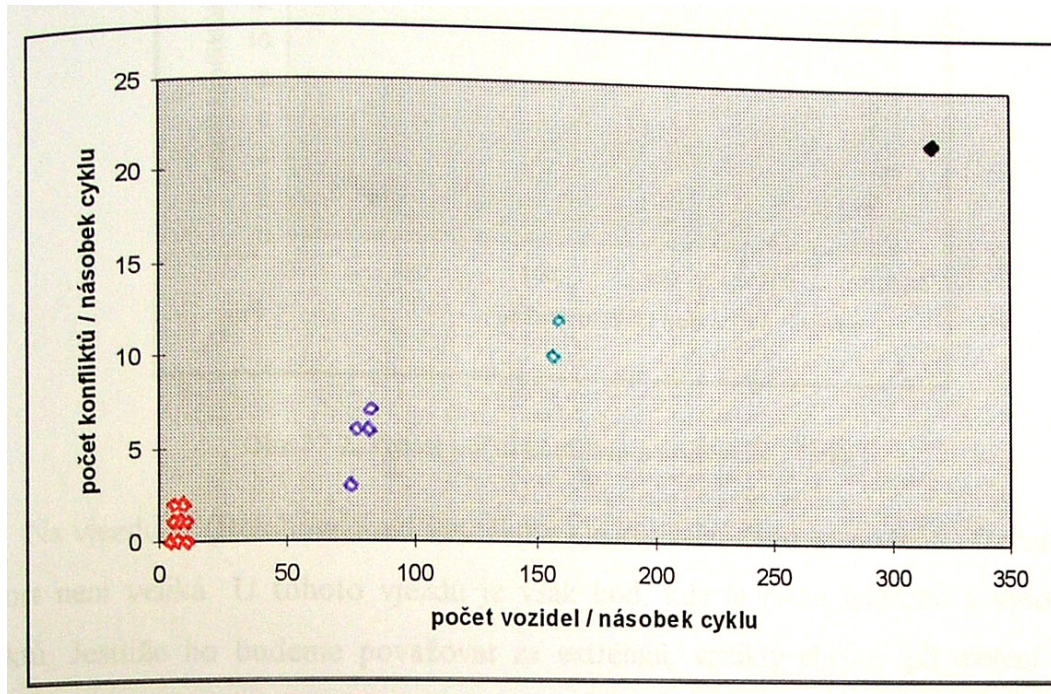
a koeficientu závažnosti

- rozlišení **vlastních** (souvisí přímo s provozem na místě, s její stavebním uspořádáním apod.) a **nevlastních** konfliktů (ovlivněny jinými situacemi vzniklými mimo sledované místo a nesouvisejícími přímo se samotným místem, např. vlive, jiné blízké křižovatky)
- rozlišení **prvotních** a **následných** (vyvolány jinou situací, zpravidla prvotní nebo jinou následnou) konfliktů
- rozlišení **statické** (výše popsané) a **dynamické**¹²⁴ metody (plovoucí vozidlo)

Metoda byla aplikována zejména na okružních křižovatkách, dále na přechodech pro chodce (zejména přes tramvajovou trať) a na tramvajových zastávkách¹²⁵.

3.2 Škola ČVUT

Další TCT, inspirovaná rakouskou, byla vyvíjena od roku 1985. Zkušenosti byly sepsány v rámci projektu GAČR¹²⁶ a dále diplomových pracech na FSv ČVUT¹²⁷. Posléze se tato problematika přesunula na FD ČVUT („upravená“ metodika dr. Kocourka).



¹²³ Křivda 2011

¹²⁴ Křivda 2007b

¹²⁵ Křivda 2007a

¹²⁶ Slabý 1999

¹²⁷ např. Frnková 1998

Obr. 17 Ukázka závislosti počtu konfliktů na intenzitě¹²⁸

Bylo zjištěno, že manuální sledování na místě je více vypovídající¹²⁹. Metoda tedy principiálně nevyužívá videozáznam (video by „mělo sloužit pouze jako doplněk přímého pozorování v terénu“¹³⁰); jinak jsou principy obdobné výše uvedeným. Je kladen velký důraz na instruktáž pozorovatelů: rozlišení mezi stupni 1 a 2 (omezení nebo ohrožení) bývá problematické, jinak ale byla zjištěna reliabilita > 80 %. Doporučuje se sledovat jen v místech s intenzitou > 300 vozidel v jednom směru za hodinu¹³¹; sledování probíhá 1 – 2 hod.¹³² Při výpočtu relativní konfliktnosti se uvažují konflikty závažnosti 1 – 3. Dále bylo prováděno úsekové sledování z tzv. plovoucího vozidla. Do budoucna bylo doporučeno provádět měřicím vozidlem se záznamem kontinuální rychlosti jízdy.¹³³

Tab. 10 Přehled stupňů závažnosti a příklad zápisu¹³⁴

¹²⁸ Frnková 1998, str. 68

¹²⁹ Slabý 1999, nestr. (kap. 4.1)

¹³⁰ Frnková 1998, str. 81

¹³¹ americká metoda doporučuje z důvodů nákladnosti limit 1000 voz/den (Parker & Zegeer 1988, str. 36)

¹³² Slabý 1999, nestr. (kap. 4.1.1)

¹³³ Slabý 1999, nestr. (kap. 4.1.2)

¹³⁴ Slabý a Kocourek 2006

Tabulka použité stupnice vyhodnocování s charakteristikou jednotlivých stupňů			
Stupeň závažnosti konfliktu		Interpretace stupně	
0		Porušení pravidel bez následků	
1		Kontrolovaný manévr bez omezení (např. změna rychlosti)	
2		Výrazný manévr, s omezením (např. změna směru)	
3		Kritický manévr, s ohrožením	
4		Fyzický konflikt, nehoda	
Způsob zápisu skoronehody:		O / B - 1	
		zavinil / reagoval – stupeň závažnosti	
Použité zkratky:			
O	osobní vozidlo	B	autobus
N	lehké nákl. vozidlo	T	tramvaj
NT	těžké nákl. vozidlo	Ch / C	chodec / cyklista
Dělení konfliktních situací			
Připojení: jedná se o manévr, kdy řidič najíždí na okružní křižovatku a musí dát přednost vozidlům pohybujících se již na vlastní okružní křižovatce			
Odbočení: vozidlo pohybující se po okružním pásu je ovlivněno jiným vozidlem na okružním pásu, které volí manévr odbočení			
Křížení: vozidlo pohybující se po okružním pásu je ohroženo jiným vozidlem, které vjíždí do okružní křižovatky			
Ze zadu: jedná se o nedodržení bezpečného odstupu mezi vozidly			

Kromě sledování na křižovatkách v intravilánu zmiňuje metodika i možnosti sledování konfliktů na mezikřižovatkových úsecích, zejména v extravilánu. Nabízí se 3 způsoby:¹³⁵

- sledovat obdobně jako křižovatky
- sledovat z plovoucího vozidla
- sledovat pomocí dat ze statistického radaru (rychlosti, intenzita, odstupy)

Metodika ČVUT zmiňuje (na rozdíl od VŠB) i reliabilitu, reprezentativitu a validitu:

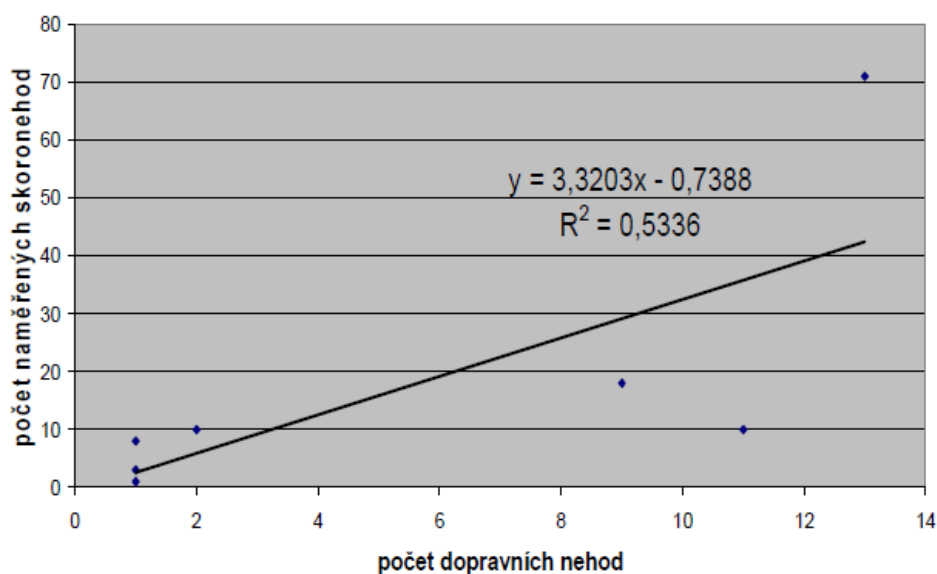
Reliabilita: „Musí být splněn základní požadavek a to že různí pozorovatelé musí zaznamenávat tytéž konflikty jednotně. Délka školení by měla vycházet z doby, potřebné k dosažení jednotnosti pozorování. Ta se může vyšetřit porovnáním počtů dopravních konfliktů, zaznamenaných zkušenými a nezkušenými pozorovateli v téže lokalitě nebo porovnáním odpovídajícího videozáznamu a

¹³⁵ Kocourek 2011, str. 36

konfliktů zapsaných ručně. Měla by být dosažena vysoká úroveň jednotnosti. Studenti, kteří měřili dané lokality byli školeni šesti vyučovacími hodinami (přednáška a cvičení).¹³⁶

Reprezentativita: „Období pozorování se může lišit od několika hodin po několik dní, v závislosti na době potřebné ke shromáždění dostačujících údajů. Typický rozsah období pozorování je mezi dvěma a pěti dny.“¹³⁷ Měření je nutné provádět vždy ve špičkové hodině, která je nejčastěji dosahována na většině komunikací mezi 14. a 18. hod. S ohledem na soustředění pozorovatelů by mělo sledování zahrnovat přestávky. Pokud intenzita vozidel ve špičkové hodině v lokalitě klesne pod 100 pvoz/h, je nutné provádět měření déle než 1 hod.

Validita: Na vybraném místě byly „homogenizovány“ údaje o konfliktech a nehodách (tj. redukce na srovnatelné typy a období) a byla zjišťována vzájemná závislost – viz Obr. 18.



Obr. 18 Příklad závislosti mezi počty nehod a konfliktů po „homogenizaci“ dat¹³⁸

3.3 Shrnutí

Obě metody mají společné následující body:

- Použití metod je izolované, neexistuje komunikace mezi uživateli obou metod¹³⁹, tudíž ani jejich srovnání nebo kalibrace.
- Reliabilita a reprezentativita byly řešeny v empirické rovině; validita byla řešena okrajově.
- Obě jsou používány k výuce (Dr. Křivda¹⁴⁰ na FAST VŠB-TUO, Dr. Frič¹⁴¹ na FS VŠB-TUO, Dr. Kocourek¹⁴² na FD ČVUT) a výzkumu, zejména při hodnocení bezpečnosti opatření, především přestaveb průsečných křižovatek na okružní. Jiné využití v praxi je nízké¹⁴³.

¹³⁶ Kocourek 2008, str. 52

¹³⁷ Kocourek 2008, str. 54

¹³⁸ Kocourek 2008, str. 74

¹³⁹ Slabý 2000 (lektorský posudek k článku Folprecht 2000)

¹⁴⁰ <http://kds.vsb.cz/krivda/>

¹⁴¹ <http://www.id.vsb.cz/fric/>

CDV v historii aplikovalo obě metody a to při následujících studiích:

- 1) sledování konfliktů na 11 přechodech pro chodce neřízených světelnou signalizací (2002 – 2003, metoda VŠB)¹⁴⁴
- 2) sledování konfliktů na 20 velkých okružních křižovatkách (2005, metoda VŠB)¹⁴⁵
- 3) sledování konfliktů na 30 přechodech pro chodce, místech pro přecházení a místech častého pohybu chodců (2009 – 2010, metoda VŠB)¹⁴⁶
- 4) sledování chování cyklistů na okružních křižovatkách a víceúčelových pruzích (2010, metoda ČVUT)¹⁴⁷

Metody byly ovšem vůči původním zvyklostem mírně upraveny. Sledování (1 – 3) trvala vždy 1 hod., záznam vyhodnocovala tatáž 1 osoba. Při sledování (4) byl využita videokamera pro záznam intenzit; sledování trvalo 2 hod.

¹⁴² <http://www.fd.cvut.cz/projects/k612x1rc/>

¹⁴³ Folprecht 2000

¹⁴⁴ Kafoňková 2004

¹⁴⁵ Andres a kol. 2005

¹⁴⁶ Andres a kol. 2010

¹⁴⁷ <http://rocy.cdvinfo.cz/seminar/>

4 Závěry pro projekt KONFLIKT

Z předložené rešerše je patrné, že TCT má pestrou historii; většina sporných bodů navíc přetrvává i do současnosti:

- Jaký je význam TCT? Je náhradou nehodových analýz nebo jejich doplňkem?
- Je metoda dostatečně reliabilní a validní?
- Který přístup k TCT je vhodnější?

Odpovědi na tyto otázky se prolínají a nemají jednoznačné odpovědi. Dále je uvedeno možné řešení pro řešení dalších etap projektu KONFLIKT.

4.1 Validita a postavení TCT

Diskuze ohledně validity, která zásadně ovlivňuje postavení TCT, trvá od počátků TCT a doposud nebyla uzavřena (viz kap. 1.3). Validace má, konkrétně v českém prostředí, následující překážky:

- ztížený přístup k datům¹⁴⁸
- způsob registrace a následná podregistrace (zejména nehod pouze s hmotnou škodou)
- není reliabilita
- neexistence metodiky

Z těchto důvodů se názory na (ne)potřebnost validace různí; pravdou však zůstává, že **validitu lze chápat i jako „tržní hodnotu“¹⁴⁹**, která může zvýšit přijetí nejen u odborné veřejnosti, ale zejména u potenciální aplikační sféry TCT. V tomto duchu je chápána i funkce nepřímých ukazatelů bezpečnosti (NUB), propagovaných EU prostřednictvím projektů SafetyNet¹⁵⁰ a DaCoTa¹⁵¹, v ČR pak SENZOR¹⁵². Konflikty lze považovat za „nejpřímější“ z NUB.¹⁵³ **Nutnou podmínkou validity NUB je, aby měl jasný logický a silný statistický vztah k nehodám.**¹⁵⁴ Teorie NUB uvádí: „k tomu, aby se politikům, zodpovědným osobám i veřejnosti poskytla informace o úrovni bezpečnosti, je nutno zajistit reliabilitu a validitu NUB a dále vyjasnit co je vlastně měřeno.“¹⁵⁵

Analogickým konceptem jsou tzv. náhradní ukazatele bezpečnosti (*surrogate safety measures*) propagované americkým TRB¹⁵⁶. Pro ně jsou definovány dvě podmínky¹⁵⁷:

- Náhradní ukazatel by měl být založen na pozorovatelné beznehodové události, která fyzicky má předpověditelný a věrohodný vztah k nehodám.

¹⁴⁸ Ambros 2011

¹⁴⁹ Brown & Cooper 1990

¹⁵⁰ <http://erso.swov.nl/safetynet/content/safetynet.htm>

¹⁵¹ <http://www.dacota-project.eu/>

¹⁵² <http://www.czrso.cz/index.php?id=o-projektu>

¹⁵³ Laureshyn 2010, str. 21

¹⁵⁴ Laureshyn 2010, str. 20

¹⁵⁵ Hakkert et al. (ed.) 2007, str. 27

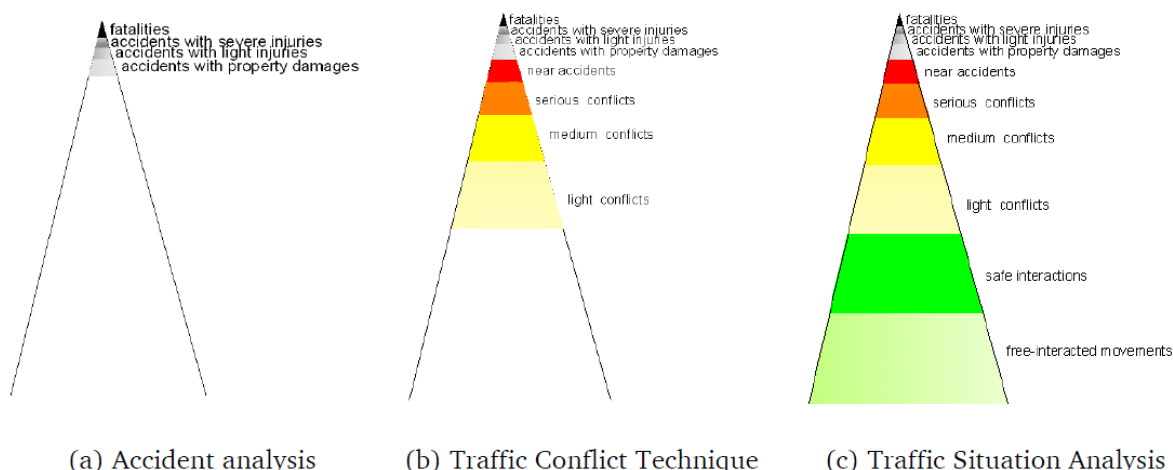
¹⁵⁶ https://wiki.umn.edu/view/TRB_ANB203/

¹⁵⁷ Tarko et al. 2009, str. 4

- Existuje praktická metoda převodu beznehodových událostí na odpovídající četnost nehod a/nebo závažností.

Konflikty tyto podmínky splňují, lze je tedy považovat za náhradní ukazatel.¹⁵⁸

Drtivá většina přístupů¹⁵⁹ se shoduje v tom, že **TCT jsou doplňkem k nehodovým analýzám**. Oba přístupy (konflikty i nehody) mají svá omezení a žádná tudíž nemůže být soběstačná; **ideální je jejich spojení**.¹⁶⁰ Jedním z přístupů k tomuto spojení je využití konfliktních i nehodových dat pro širší analýzu vybrané lokality, např. viz Obr. 19: spojení je nazváno jako *analýza dopravní situace* a pokrývá celé spektrum událostí bezpečnostního kontinua.



Obr. 19 Schéma společného využití nehodových a konfliktních dat¹⁶¹

V českém prostředí může být analogií tohoto přístupu bezpečnostní inspekce prováděná v souladu s evropskou směrnicí¹⁶² a českou metodikou¹⁶³. Tímto směrem propaguje potenciál budoucího využití TCT např. Dr. Kocourek.¹⁶⁴

4.2 Reliabilita

U manuálního záznamu lze reliabilitu zvýšit důkladným školením pozorovatelů. Je tedy nutné vytvořit školící postupy a manuál pro školitele a pozorovatele. U videozáznamu lze reliabilitu zvýšit skupinovou diskuzí nad záznamem.¹⁶⁵

Jiným řešením, ke kterému směřují zahraniční TCT, je pokrok směrem k poloautomatickým videoanalytickým systémům (jako např. nizozemský VIDARTS nebo německý ViVAtraffic) nebo automatické videodetekci. Princip VIDARTS, spočívající na manuálním výběr ze zrychleného záznamu a následné poloautomatické analýze, je starý již 30 let a sami jeho tvůrci hledají lepší variantu¹⁶⁶;

¹⁵⁸ Tarko et al. 2009, str. 5

¹⁵⁹ Kromě již zmíněných zahraničních např. Slabý 1997.

¹⁶⁰ Muhlrad 2004

¹⁶¹ Ni 2009, str. 36

¹⁶² Směrnice 2008/96/ES, čl. 6

¹⁶³ CDV 2009

¹⁶⁴ Kocourek 2011, str. 57-58

¹⁶⁵ podrobný popis ověřování konzistence viz např. Parker & Zegeer 1988, str. 30-34

¹⁶⁶ v/d Horst 2010

tvůrci ViVAtraffic také vidí východisko v další automatizaci.¹⁶⁷ **Dlouhodobě je tedy východiskem pouze automatická videodetekce.** Tento vývoj byl očekáván již od začátku TCT (je zmíněn v závěrech obou stěžejních disertací Hydén 1987¹⁶⁸ a v/d Horst 1990¹⁶⁹, dále např. Oppe 1993, u nás zmíněn např. v článku Folprecht 2000).

Popsaný systém lundské univerzity je aktuálně považován za špičku (*state-of-the-art*) v této oblasti. Autor však sám uvádí, že systém je ve vývoji a zajištění reliability a validity je dalším krokem vývoje systému.¹⁷⁰ Aktuálně se používá více kamer.¹⁷¹ Zároveň uvádí, že některá data, která mají vliv na závažnost nehod (např. používání cyklistických přileb, věk účastníků nebo oční kontakt) nelze vyhodnotit automaticky. **Dočasným řešením je poloautomatický výběr z filtrovaného záznamu;** finální rozhodnutí je stále prováděno člověkem.¹⁷²

Aktuální stav víceméně reflektuje rozložení naznačené na Tab. 4. Z následující Tab. 11 vyplývá, že žádná z existujících metod videozáznamu není prakticky používána (*operational*); jsou používány pouze pro školení nebo za účelem výzkumu.

*Tab. 11 Přehled používaných metod ve světě se zaměřením na stav využití metod videozáznamu*¹⁷³

¹⁶⁷ e-mail 15.10.2011

¹⁶⁸ str. 227

¹⁶⁹ str. 155

¹⁷⁰ Laureshyn et al. 2010, str. 136

¹⁷¹ Laureshyn et al. 2011

¹⁷² e-mail 5.10.2011

¹⁷³ Older & Shippey 1980, str. 168

Country \ Observation technique	Observers on site	Automatic detection	Cine or video film		
			Operational	Training	Research
Austria	✓				✓
Canada	✓			✓	✓
Finland	No up to date information available				
France	✓				
Germany	✓				
Germany (pedestrian work)	✓				✓
Great Britain (subjective analysis)	✓			✓	✓
Great Britain (automatic detection)		✓			
Israel	✓				✓
Netherlands (child pedestrian)	✓			✓	✓
Netherlands (semi-automatic)		✓			✓
Norway	✓				
Sweden (LTH)	✓			✓	✓
Sweden (VTI)		✓			✓
USA	✓				

4.3 Srovnání metod¹⁷⁴

Výhody a nevýhody manuální TCT a videozáznamu lze shrnout např. následovně (Tab. 12):

TCT	výhody	nevýhody
manuální	Jednoduché, přehledné Přítomnost na místě, flexibilita vůči změnám	Sporná reliabilita Problémy vlivem počasí, únavy... Délka sledování ↔ náklady

¹⁷⁴ volně podle Hydén 1987, str. 47-49 a předchozího textu

	„Reálný“ pohled na situaci	(neefektivní při nízké intenzitě) Personálně a časově náročné (délka školení)
videozáznam	Maximalizace reliability Možnost opakovaného prohlížení, zpomalení atd. (i jako verifikace výsledků manuálního sledování) Zároveň zdroj dopravních dat a průkazný materiál Méně náročné na personál a čas	Vyžaduje vyvýšené místo na kameru, tudíž nutno předem vyjednat vstup, napájení videa a asistenci Vyžaduje místo s dobrým přehledem, jinak více kamer Záznam je „dvourozměrný“ Dvojnásobná doba (záznam a sledování), navíc může být náročné na zpracování záznamu

Výčet však jistě není vyčerpávající; navíc ke každé výhodě jedné metody lze najít nevýhodu u druhé a naopak, což neumožňuje rozhodnout o jednoznačné (ne)výhodě. Hodnocení lze proto provést alternativně v podobě stupnice – viz Tab. 13. Zde je hodnocena praktická dostupnost, objektivita, kompletnost a náročnost zpracování. Dále by jistě bylo možno hodnotit např. náročnost na vybavení otázkou však je, jaká je váha jednotlivých vlastností.

Tab. 13 Příklad kvalitativního srovnání metod¹⁷⁵

method		availability	objectivity	completeness	data processing workload
Traffic Conflict Technique (TCT)	subjective	+++	++	++	++
	objective	+++	+++	++	+++

Note: +++: high; ++: moderate ; +: low

Třetí možností proto je hodnotit metody podle vlastností.

Tab. 14 Hodnocení metod pomocí jejich vlastností

	manuální TCT	videozáznam	poloautomatická videoanalýza	automatická videodetekce
--	---------------------	--------------------	-------------------------------------	---------------------------------

¹⁷⁵ výběr z Ni 2009, str. 37

bezpečnost	subjektivní	kombinace	kombinace	objektivní
vyhodnocení	osobní	osobní	kombinace	automatické
data	kvalitativní	kvalitativní	kombinace	kvantitativní

Cílem tohoto přehledu není z(ne)výhodnění některé metody. Jde o demonstraci skutečnosti, že ačkoli jsou TCT různé, sledují stejný cíl, avšak různými prostředky. Proto by se při hodnocení kvality a vhodnosti TCT neměla hodnotit metoda samotná, ale její výstup. Kvalitu výstupu lze měřit prostřednictvím již mnohokrát zmíněné reliability a validity. **Souhrnně lze říci, že kvalitnější je ta metoda, která poskytuje reliabilnější a validnější výsledky.** Bez konzistentních pozorovatelů každá metoda degeneruje jen na prosté sledování dopravy.¹⁷⁶

Jak již bylo uvedeno, **reliabilitu lze zvýšit důkladným školením pozorovatelů nebo přechodem na (polo)automatické metody.**

Závěrem lze shrnout existující metody za účelem zhodnocení jejich použitelnost v ČR:

- *state-of-the-practice* ... způsob používaný v praxi
- *state-of-the-art* ... nejvyspělejší metoda, která však není zatím připravena pro použití v praxi

Tab. 15 Shrnutí stavu popisovaných metod

		manuální TCT	videozáznam	poloautomatická videoanalýza	automatická videodetekce
svět	<i>state-of-the-practice</i>	švédská TCT	pouze doplňkově	–	–
	<i>state-of-the-art</i>	–	–	VIDARTS (Niz.) nebo ViVAtraffic (Něm.), dále Kanada a USA	Laureshyn (Šv.)
ČR		metoda ČVUT	metoda VŠB	–	–

Přehled vyjadřuje následující skutečnosti:

- široce se v praxi aktuálně nepoužívá žádná TCT; pokud ano, jedná se o aplikaci švédské TCT, s případným doplňkovým videozáznamem (viz např. aplikace ve Skotsku)
- (polo)automatické systémy se zatím používají pouze ve sféře výzkumu; v ČR žádné neexistují

¹⁷⁶ Schroeder et al. 2010, str. 395

Platí, že kalibrace každé nové metody je náročná, proto se doporučuje spíše přejímat již funkční validní metody.¹⁷⁷ Pokud se tedy má tedy TCT v ČR prakticky aplikovat, měla by buď

- a) následovat existující validní TCT ze světa nebo
- b) používat metodu ČVUT nebo VŠB, kterou je však potřeba validovat.

Protože nutným předpokladem validity je reliabilita¹⁷⁸, lze říct, že **pokud se má praktikovat metoda ČVUT nebo VŠB, je nutno prokázat jejich reliabilitu i validitu.**

¹⁷⁷ Grayson (ed.) 1984, str. 91

¹⁷⁸ <http://cs.wikipedia.org/wiki/Reliabilita>

Reference¹⁷⁹

Články, příspěvky, prezentace

Almqvist, S., Hydén, C. (1994). *Methods for Assessing Traffic Safety in Developing Countries* (<http://www2.hdm.lth.se/bi/report/94no1/W%201-94.pdf>).

Ambros, J. (2011). *Dopravně inženýrská data v českém prostředí: analýza dostupnosti, rozsahu a použitelnosti*. Silniční obzor 72: 204-209.

Bagdadi, O., Várhelyi, A. (2011). *Jerky driving – an indicator of accident proneness?* Accident Analysis and Prevention 43: 1359-1363.

Brown, G.R. (1994). *Traffic conflicts for road user safety studies*. Canadian Journal of Civil Engineering 21: 1-15.

Brown, G.R., Cooper, P.J. (1990). *Role of conflicts in traffic analysis*. Proceedings of 3rd ICTCT Workshop, Cracow: 116-123 (http://www.ictct.org/dlObject.php?document_nr=402&/Brown.pdf).

Campbell, R.E., King, L.E. (1970). *The traffic conflicts technique applied to rural intersections*. Accident Analysis and Prevention 2: 202-221.

Dingus, T. (2008). *SHRP 2 S05: Status update and current design plans*. SHRP 2 Safety Research Symposium, July 17-18, 2008. Washington, DC (<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/shrp2/TomDingusSymposiumPresentation.pdf>).

Folprecht, J. (2000). *Dosavadní vývoj a perspektivy metody sledování a hodnocení konfliktních situací v silničním provozu*. Silniční obzor 61: 39-44.

Guo, F., Klauer, S.G., Hankey, J.M., Dingus, T.A. (2010). *Near Crashes as Crash Surrogate for Naturalistic Driving Studies*. Transportation Research Record 2147: 66-74.

Hauer, E. (1979). *Methodological assessment of the techniques*. Proceedings of 2nd International Traffic Conflict Technique Workshop, Paris: 169-176.

Hauer, E., Gärder, P. (1986). *Research into the validity of the traffic conflicts technique*. Accident Analysis and Prevention 18: 471-481.

Ho, G. (2004). *Traffic Conflict Technique for Intersection Safety Analysis*. Paper prepared for the Road Safety Seminar, Kuala Lumpur, 29-30 March 2004. G. Ho Engineering Consultants, Richmond, BC (http://rakan1.jkr.gov.my/csfj/editor/files/File/Dokumentasi/Nota%20Kursus%20dan%20Seminar/Road%20Safety%20Seminar/traffic_conflict.pdf).

¹⁷⁹ Všechny reference uvedené v textu (jako poznámky pod čarou) jsou přejaty přímo ze studovaných zdrojů (primární citace); kde je citace sekundární, jsou vždy uvedeny oba zdroje („A podle B“). Číslo citovaných stran jsou uvedeny u všech zdrojů kromě článků. Webové odkazy jsou uvedeny pouze u veřejně dostupných zdrojů, ne u databází a repozitářů s chráněným přístupem.

Horst, A.R.A. van der (2007). *Video-recorded accidents, conflicts and road user behaviour: a step forward in traffic safety research*. Proceedings of 20th ICTCT workshop, Valencia (http://www.ictct.org/dlObject.php?document_nr=460&/vdHorst.pdf).

Horst, A.R.A. van der, Martens, M., Kik, J. (2008). *Evaluation of signalised high-volume multi-lane turbo roundabouts: road scene analysis, road user survey, and video-based analysis of road user behaviour*. Proceedings of 21th ICTCT workshop, Riga ([http://www.ictct.org/dlObject.php?document_nr=620&/Horst formatiert.pdf](http://www.ictct.org/dlObject.php?document_nr=620&/Horst%20formatiert.pdf)).

Horst, A.R.A. van der (2010). *New technologies for collecting surrogate safety measure data on the road*. Expert Meeting on Automated Video Analysis of Road Traffic Scenes, 15-16 November 2010, TNO, Soesterberg (http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/video_in_traffic/Seminars/2010/8_TNO_VanderHorst.pdf).

Hupfer, C. (1996). *Origins of the traffic conflicts technique*. In: Topp, H.H. (ed.). *Verkehrssicherheitsarbeit mit Videobildverarbeitung*. Technische Universität Kaiserslautern, Grüne Reihe, Heft Nr. 37: 67-96.

Hydén, C. (1996). *Traffic conflicts technique – state of the art*. In: Topp, H.H. (ed.). *Verkehrssicherheitsarbeit mit Videobildverarbeitung*. Technische Universität Kaiserslautern, Grüne Reihe, Heft Nr. 37: 2-14.

Chin, H.-C., Quek, S.-T. (1997). *Measurement of traffic conflicts*. Safety Science 26: 169-185.

Křivda, V. (2006). *Videoanalýza konfliktních situací a její využití v praxi*. Silniční obzor 67: 342-347.

Křivda, V. (2007a). *Tramvajové zastávky a jak na nich omezit vznik konfliktních situací*. Silniční obzor 68: 21-24.

Křivda, V. (2007b). *Dynamická metoda sledování konfliktních situací*. Silniční obzor 68: 300-302.

Laureshyn, A., Svensson, Å., 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 (http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/video_in_traffic/Publications/Laureshyn_Svensson_Hyden_2010.pdf).

Laureshyn, A., Svensson, Å., Ardö, H., Persson, A. (2011). *Collection of micro-level behaviour indicators with automated video analysis*. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, Indianapolis, 14th – 16th September 2011 (http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/dok/Nyheter_etc/2011_09_14_Indianapolis.pdf).

Lord, D. (1996). *Analysis of pedestrian conflicts with left-turning traffic*. Transportation Research Record 1538: 61-67.

LTH (1992). *The Swedish Traffic Conflict Technique* (http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/video_in_traffic/Swedish_conflict_technique.pdf).

Malkhamah, S., Tight, M., Montgomery, F. (2005). *The development of an automatic method of safety monitoring at Pelican crossings*. Accident Analysis and Prevention 37: 938–946.

Martens, M.H., Rook, A.M. *Improving safety of black spots: video observations, conflicts and road scene analyses*. Proceedings of Road Safety on Four Continents, Warsaw: session 15, 1-11.

Muhlrad, N. (1993). *Traffic conflict techniques and other forms of behavioural analysis: application to safety diagnoses*. Proceedings of 6th ICTCT workshop, Salzburg: 48-64 (http://www.ictct.org/dlObject.php?document_nr=361&/Muhlrad.pdf).

Older, S.J., Spicer, B.R. (1976). *Traffic conflicts – a development in accident research*. Human Factors 18: 335-350.

Oppe, S. (1986). *The International Calibration of Conflicts: A Summary of the results*. Proceedings of the Workshop on Traffic Conflicts and Other Intermediate Measures in Safety Evaluation, September 8-10, KTI, Budapest.

Oppe, S. (1993). *Possibilities and limitations of accident analysis*. Proceedings of 6th ICTCT workshop, Salzburg: 32-47 (http://www.ictct.org/dlObject.php?document_nr=360&/Oppe.pdf).

Perkins, S.R., Harris, J.I. (1967). *Traffic Conflict Characteristics: Accident Potential at Intersections*. General Motors Corporation, Warren, MI.

Řehák, J. (1998). *Kvalita dat I. - Klasický model měření reliability a jeho praktický aplikační význam*. Sociologický časopis 34: 51-60 (http://sreview.soc.cas.cz/uploads/bb7535f9eabc9ba0d15b984a5e16a11dd2ebcc0f_244_051REHAK.pdf).

Sayed, T., Zein, S. (1999). *Traffic Conflict Standards for Intersections*. Transportation Planning and Technology 22: 309-323.

Slabý, P. (1997). *Aktivace výzkumu dopravní nehodovosti v letech 1996 – 1999*. Silniční obzor 58: 53-56.

Slabý, P., Kocourek, J. (2006). *Metoda sledování dopravních konfliktů*. Silniční obzor 67: 275-278.

Tarko, A. (2001). *Highway Traffic and Safety Analyses, Lecture 22: Traffic Conflicts Technique*. Purdue University, West Lafayette, IN (<http://web.ics.purdue.edu/~tarko/Ce597T/Lectures/lecture22.ppt>).

Tarko, A. (2006). *Extreme Value Theory for Measuring Safety*. SHRP II Safety Research Symposium, Washington, DC, August 16-17, 2006 (http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/shrp2/SafetySym_Tarko.pdf).

Várhelyi, A., Hjalmdahl, M., Hydén, C., Draskóczy, M. (2004). *Effects of an active accelerator pedal on driver behaviour and traffic safety after long-term use in urban areas*. Accident Analysis and Prevention 36: 729-737.

Disertační a diplomové práce

Archer, J. (2005). *Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections*. Royal Institute of Technology, Stockholm, ISBN 91-7323-119-3 (<http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:7295/FULLTEXT01>).

Frnková, J. (1998). *Sledování a hodnocení dopravní situace pomocí konfliktních situací*. FSv ČVUT, Praha.

Horst, A.R.A. van der (1990). *A time-based analysis of road user behaviour in normal and critical encounters*. Delft University of Technology, ISBN 90-9003340-8
(http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:8fb40be7-fae1-4481-bc37-12a7411b85c7/emc_horst_19900424.PDF).

Hupfer, C. (1997). *Computergestützte Videobildverarbeitung zur Verkehrssicherheitsarbeit – am Beispiel von Fußgängerquerungen an städtischen Hauptverkehrsstraßen*. Technische Universität Kaiserslautern (http://www.hupferingenieure.de/html/diss_ch.htm).

Hydén, C. (1987). *The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflict Technique*. Lund University, Bulletin 70.

Kocourek, J. (2008). *Bezpečnost provozu ve vztahu na dopravní a stavební podmínky komunikace*. FD ČVUT, Praha.

Laureshyn, A. (2010). *Application of automated video analysis to road user behaviour*. Lund University, Bulletin 253, ISBN 978-91-628-8003-3
(http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/video_in_traffic/Publications/Laureshyn_2010.pdf).

Ni, Y. (2009). *Pedestrian Safety at Urban Signalised Intersections*. Technische Universität Darmstadt, Heft V 26 (http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/2025/1/dissertation_Ying_Ni.pdf).

Shbeeb, L. (2000). *Development of a traffic conflicts technique for different environments – a comparative study of pedestrian conflicts in Sweden and Jordan*. Lund University, Bulletin 188.

Songchitruksa, P. (2004). *Innovative Non-Crash-Based Safety Estimation: An Extreme Value Theory Approach*. Purdue University, West Lafayette, IN.

Svensson, Å. (1998). *A method for analysing the traffic process in a safety perspective*. Lund University, Bulletin 166
(<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=18638&fileId=1653512>).

Publikace, zprávy

Andres, J., Kafoňková, J., Koňárek, Z., Skládáný, P. (2005). *Metodický pokyn „Velké okružní křižovatky“*. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno. ISBN 80-86502-15-5.

Andres, J., Smělý, M., Kafoňková, J., Pokorný, P. (2010). *Přecházení chodců přes pozemní komunikace – metodika*. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno. ISBN 978-80-86502-06-9.

CDV (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.) (2009). *Metodika bezpečnostní inspekce pozemních komunikací*. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno. ISBN 978-80-86502-87-8.

Davis, S.E., Robertson, H.D., King, L.E., Mingo, R., Washington, J.R. (1987). *Measuring Pedestrian Volumes and Conflicts, Volume 2: Accident Prediction Model*. FHWA-RD-88-037
(<http://ntl.bts.gov/lib/33000/33400/33449/FHWA-RD-88-037.pdf>).

Dingus, T.A., Klauer, S.G., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J.D., Perez, M.A., Hankey, J., Ramsey, D.J., Gupta, S., Bucher, C., Doerzaph, Z.R., Jermeland, J., Knippling, R.R. (2006). *The 100-Car Naturalistic Driving Study, Phase II: Results of the 100-Car Field Experiment* (<http://trid.trb.org/view.aspx?type=MO&id=783477>).

Elvik, R. (2010). *Assessment and applicability of road safety management evaluation tools: Current practice and state-of-the-art in Europe*. TØI, Oslo, rapport 1113/2010. ISBN 978-82-480-1171-2 (<http://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%D8I%20rapporter/2010/1113-2010/1113-2010-elektronisk.pdf>).

Erke, H., Gstalter, H. (1985). *Handbuch der Verkehrskonflikttechnik (VKT)*. Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 52. Bundesanstalt für Straßenwesen, Köln (<http://epub.ub.uni-muenchen.de/2556/1/2556.pdf>).

Gettman, D., Head, L. (2003). *Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models: Final Report*. FHWA-RD-03-050 (<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/03050/03050.pdf>).

Glennon, J.C., Thorson, B.A. (1975). *Evaluation of the Traffic Conflicts Technique*. MRI Project No. 3825-E, Contract No. DOT-FH-11-8121. Midwest Research Institute, Kansas City, MO (<http://ntl.bts.gov/lib/25000/25400/25407/DOT-HS-EPX-010.pdf>).

Hakkert, A.S., Gitelman, V., Vis, M.A. (ed.) (2007). *Road Safety Performance Indicators: Theory*. Deliverable D3.6 of the EU FP6 project SafetyNet (http://www.dacota-project.eu/Links/erso/safetynet/fixed/WP3/sn_wp3_d3p6_spi_theory.pdf).

Hauer, E. (1975). *The Traffic Conflicts Technique: Fundamental Issues*. University of Toronto.

Hauer, E. (1978). *Traffic Conflict Surveys: Some Study Design Considerations*. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Supplementary Report SR 352.

Horst, A.R.A van der, Riemersma, J.B.J. (1981). *Registration of traffic conflicts: Methodology and practical implications*. Institute for perception TNO, Soesterberg, report nr. IZF 1981 C-22.

ICBC (Insurance Corporation of British Columbia) (1996). *Traffic Conflict Procedure Manual*. 2nd Edition.

Kafoňková, J. (2004). *Analýza kolizí a konfliktů chodců na přechodech pro chodce neřízených světelnou signalizací*. Zpráva výzkumného záměru 2, etapa 9, příloha 7. Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Brno (http://old.cdv.cz/text/vz/vz2/pvz2_7.pdf).

Kocourek, J. (2010). *Stručná metodika sledování dopravních konfliktů*. Učební text. FD ČVUT, Praha.

Kocourek, J. (2011). *Metodika sledování dopravních konfliktů*. ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-04752-1.

Kraay, J.H., Horst, A.R.A. van der (1985). *The Trautenberg study: a diagnosis of road safety using the Dutch conflict observation technique DOCTOR*. Institute for Road Safety Research SWOV, Leidschendam, R-85-53.

Křivda, V. (2011). *Videoanalýza konfliktních situací jako nástroj pro snižování dopravní nehodovosti*. Učební text vytvořený v rámci projektu Rozvoj v oboru dopravního inženýrství (CZ.1.07/2.3.00/09.0144), klíčové aktivity KA1 Analýza dopravních nehod a konfliktů, str. 21-35.

Migletz, D.J., Glauz, W.D., Bauer, K.M. (1985). *Relationships between traffic conflicts and accidents, volume 2, final technical report*. FHWA-RD-84-042 (<http://ntl.bts.gov/lib/33000/33400/33450/FHWA-RD-84-042.pdf>).

Muhlrad, N. (2004). *Traffic conflict techniques: some data to supplement accident analysis*. In: Tiwari, G., Mohan, D., Muhlrad, N. *The Way Forward: Transportation Planning and Road Safety*. Macmillan Publishers India, ISBN 978-14-039-2502-2.

Parker, M.R., Zegeer, C.V. (1988). *Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations: Engineer's Guide*. FHWA-IP-88-026.

RVS 1.22: *Verkehrskonfliktuntersuchung* (1995). Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen (FVS), Rakousko.

SAFER (2010). *SeMiFOT Phase 1: Final Report* (SAFER 2010:02), WP 5 *Evaluation of Methodology* (SAFER 2010:06). SAFER – Vehicle and Traffic Safety Centre, Chalmers University of Technology, Göteborg (<http://www.chalmers.se/safer/EN/publications/project-reports>).

Schroeder, B.J., Cunningham, C.M., Findley, D.J., Hummer, J.E., Foyle, R.S. (2010). *Manual of Transportation Engineering Studies, 2nd Edition*. The Institute of Transportation Engineers, Washington, DC. ISBN 978-1-933452-53-1.

Slabý, P. (1999). *Dopravně inženýrská analýza a možnosti eliminace nehodových míst*. Závěrečná zpráva projektu GAČR 103/96/0215. FSv ČVUT, Praha.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/96/ES ze dne 19. listopadu 2008 o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:319:0059:0067:CS:PDF>) částečně transponovaná do *Zákona č. 152/2011 Sb., kterým se mění zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony* (<http://www.psp.cz/sqw/text/text2.sqw?idd=64304>).

Svensson, Å., Várhelyi, A. (1995). *Conflict Studies for Safety Evaluation of an Incident Warning System*. DRIVE II Project V2002, Deliverable 23. Lund University.

Svensson, Å., Barker, E. (2007). *Conflict Study – Application in Highways Agency Road Safety Management. Deliverable No. 3: Scoping Report summarising the work undertaken, relating back to the study objectives*. Highways Research Group, HA National Framework 3/387 (<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1165884&fileId=1165890>).

Svensson, Å., Carsten, O. (2007). *Conflict Study – Application in Highways Agency Road Safety Management. Deliverable No. 2: Review of Literature and Experience on the Application of Conflict Studies to Rural Roads*. Highways Research Group, HA National Framework 3/387 (<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1165873&fileId=1165882>).

Swain, J.S. (1987). *Guidelines for the Traffic Conflict Technique*. The Institution of Highways and Transportation (<http://www.ciht.org.uk/download.cfm/docid/FD47D712-E60F-48BB-B83FEA8B5F91D0F0>).

Tarko, A., Davis, G., Saunier, N., Sayed, T., Washington, S. (2009). *White Paper Surrogate Measures of Safety*. Transportation Research Board, ANB20(3) Subcommittee on Surrogate Measures of Safety (https://wiki.umn.edu/pub/TRB_ANB203/WebHome/Surrogate_Measures_of_Safety_-_A_White_Paper_2009.pdf).

Sborníky

Amundsen, F.H., Hydén, C. (ed.) (1977). *Proceedings: First workshop on traffic conflicts*. TØI Oslo/LTH Lund, ISBN 82-7133-195-7.

Asmussen, E. (ed.) (1984). *International calibration study of traffic conflict techniques*. Springer-Verlag, Berlin. NATO ASI, series F, vol. 5, ISBN 3-540-12716-X.

Grayson, G.B. (ed.) (1984). *The Malmö study: a calibration of traffic conflict techniques*. Institute for Road Safety Research SWOV, Leidschendam, R-84-12.

Kraay, J.H. (ed.) (1982). *Proceedings of the 3rd International Workshop on Traffic Conflicts Techniques*. Institute for Road Safety Research SWOV, Leidschendam, R-82-27.

Older, S.J., Shippey, J. (ed.) (1980). *Proceedings of the Second International Traffic Conflicts Technique Workshop*. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Supplementary Report SR 557.

Road Research Programme of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (1982). *Seminar on Short-term and Area-wide Evaluation of Safety Measures*. April 19-21, Institute for Road Safety Research SWOV, Amsterdam.