

[5] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/96/EC, o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury, online text (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:319:0059:0067:CS:PDF>).

[6] Ministerstvo dopravy (2010): Národní strategie bezpečnosti silničního provozu na období 2011-2020, online text (<http://www.ibesip.cz>).

Lektorský komentář

Autoři článku patří mezi zkušené bezpečnostní auditory a jsou také aktivními propagátory bezpečnostního auditu. Článek přehledným způsobem pojednává o aktuálních poznatcích z realizovaných auditů.

V našem právním řádu máme propracovaný systém hodnocení vlivů záměrů na udržitelný rozvoj území a především na životní prostředí. Velice málo se však zabýváme prověřením, jaký bude dopad dopravních systémů na populaci živočišného druhu homo sapiens. Mezi architektury, živícími se územním plánováním i mezi odborníky na dopravní plánování bohužel převládá mylný názor, že kulaté razítko autorizovaného inženýra je dostatečnou zárukou kvalitního výsledku. Nějaký nezávislý auditor, který navíc nikdy nezpracoval jediný územní plán, nemá právo kritizovat moji práci, která splňuje všechny závazné předpisy. A i kdyby, tak existuje schválený koridor, ve kterém je možné se pohybovat a další stupeň projektové dokumentace opět zpracovává autorizovaná osoba, znalá této problematiky. Takové a podobné názory výrazně napomáhají skutečnosti, že Česká republika za posledních 6-8 let výrazně nepostoupila v žebříčku, který hodnotí bezpečnost provozu na pozemních komunikacích.

Bude jistě zajímavé sledovat, jakým způsobem přistoupí k řešení bezpečnosti provozu současná vláda se všemi svými orgány. Předčasné volby, které se uskutečnily před nedávnem, vynesly na výsluní nové strany a nové politiky. Odborníci by měli být nápomocni při prosazení oprávněných požadavků občanů a postavit se jednoznačně na stranu bezpečnosti všech účastníků provozu bez rozdílu. Jak můžeme ze státního rozpočtu vydat miliony na přípravu kosmických technologií na navigační systémy, když nemáme dostatečně zajištěnu bezpečnost samotných komunikací? Po silnicích České republiky jezdí stále více bezpečných automobilů. Záchranná služba a lékaři napravují vysoký podíl následků dopravních nehod. A co bezpečné uspořádání pozemních komunikací? Ve vyspělé Evropě se na prevenci a bezpečné uspořádání komunikací vydává (při porovnání k podílu výdajů) násobně víc prostředků než u nás. Podle mne je třeba přijmout vizi nula, abychom alespoň za deset let reálně dosáhli na vizi 50 %.

Ing. Zdeněk Hrubý, bezpečnostní auditor

Konzistentní design – využití GPS ke zjištění nesouladu ve směrovém řešení trasy



Ing. Veronika Valentová

Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
výzkumná pracovnice



Ing. Jiří Ambros

Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.
výzkumný pracovník

Na českých silnicích dlouhodobě platí, že na počtu usmrćení při dopravních nehodách má nejvyšší podíl nepřiměřená rychlost. Vysoký podíl připadá na nedělené silnice nižších tříd v extravilánu ve směrových obloucích a jejich blízkosti. Jedním z možných řešení tohoto problému je tzv. konzistentní návrh pozemní komunikace, který by měl řidičům umožnit jízdu relativně stálou rychlostí, odpovídající jejich očekávání. Článek popisuje teorii k tématu a pilotní studii provedenou Centrem dopravního výzkumu, v.v.i., hodnotí její výsledky a uvádí i možná řešení.

[Klíčová slova: konzistentní design, očekávání řidiče, volba rychlosti, dopravní nehoda]

In the Czech Republic the highest portion of fatal traffic accidents occur long-termly as a result of undue speed. High portion of these accidents are caused at undivided rural roads and at curves and their vicinity. The so-called consistency road design seems to be one of possible solutions of this problem; such a design should enable driving at a relatively constant speed corresponding with the driver's expectations. In this paper the theory and a pilot study including its results interpretation as prepared by the CDV (Transport Research Centre) as well as possible solutions are shown.

[Keywords: consistent design, driver's expectations, speed choice, road accident]

ÚVOD

Konzistentní design je termín používaný v oblasti výzkumu bezpečnosti silničního provozu již řadu let. Je chápán jako obecné pojetí srozumitelnosti trasy, ovšem konkrétní postupy k hodnocení konzistence, jednotnosti návrhu komunikace jsou stále zkoumány. Jedním ze způsobů hodnocení v delších úsecích je hodnocení změn rychlosti, kterými řidič reaguje na změny ve směrovém a výškovém řešení trasy. K vysokému počtu dopravních nehod dochází na extravilánových komunikacích ve směrových obloucích a jejich těsné blízkosti. Nevystačíme si tedy pouze s návrhovými parametry jednotlivých

směrových prvků, ale rovněž potřebujeme znát i okolní prvky. Při návrhu nových komunikací jsou tyto požadavky určeny ČSN 73 6101 [6], ovšem při úpravách stávající silniční sítě není možné přistoupit ke kompletním přestavbám. Je tedy nutné nalézt ty směrové oblouky, které skutečně mohou představovat bezpečnostní riziko.

Tradičním přístupem v této problematice je analýza nehodovosti dané lokality, ovšem nelze jej generalizovat. Proto byla Centrem dopravního výzkumu, v.v.i. provedena pilotní studie k prověření možnosti využití GPS loggeru trasy k vytvoření rychlostního modelu silniční sítě, identifikaci nebez-

pečných směrových oblouků a návrhu jednotného postupu pro označování nebezpečných, či potenciálně nebezpečných míst pomocí vodících tabulí či označení doporučené rychlosti.

Použitá metoda byla teoreticky popsána prof. Lammem [3]. Sestává z hodnocení změn rychlosti po délce trasy a hodnocení křivolakosti úseku. Byla rovněž stanovena kritéria pro hodnocení směrového řešení trasy, jak ukazuje tab. 1. Detailnější popis této metody je možné nalézt v článku [1].

Tab 1. Klasifikace úrovně konzistence podle vlivu na bezpečnost provozu (podle [2, 3])

úroveň 1: vhodná	úroveň 2: uspokojivá	úroveň 3: nevyhovující
$ \Delta CCR_s \leq 180$	$180 < \Delta CCR_s \leq 360$	$ \Delta CCR_s > 360$
$ \Delta V_{85} \leq 10$	$10 < \Delta V_{85} \leq 20$	$ \Delta V_{85} > 20$

kde:

$|\Delta CCR_s|$ rozdíl křivolakosti na navazujících úsecích [gon/km]

$|\Delta V_{85}|$ rozdíl 85% kvantilu rychlosti na navazujících úsecích [km/h]

Cíle pilotní studie byly následující:

- prověření proveditelnosti sběru polohových dat v dostatečné kvalitě,
- využití dat k ohodnocení míry konzistence směrového vedení,
- určení vztahu mezi křivolakostí a rychlostí.

SBĚR DAT

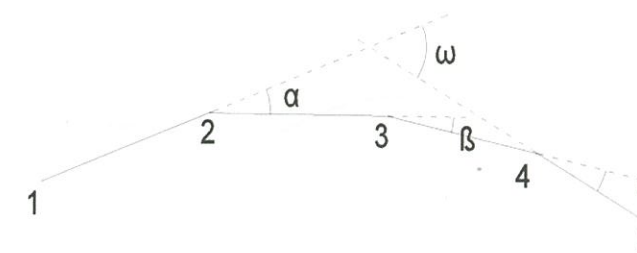
V pilotní studii byl použit 66kanálový modul s interní anténou na chipsetu MediaTek MT3329 s modulací FHSS/GFSK a 79 RF kanály. Jeho citlivost je až -162 dBm a přenosová rychlost 38 400 bps. Přesnost stanovení horizontální polohy bez korekce DGPS je 3 m.

Ke sběru dat byla vybrána trasa na úseku Jinačovice-Kuřim silnice III/3846 v blízkosti Brna. Trasa vedla z Brna-Kníniček do Tišnova. Polohová data byla zaznamenána v intervalu jedné sekundy.

ZPRACOVÁNÍ DAT

Získané GPS souřadnice v systému WGS 84 byly převedeny do rovinného systému JTSK. Vypočtené úhly byly využity pro stanovení směrových oblouků. Mezi každými třemi naměřenými body byl určen úhel u vrcholu prostředního z nich (viz úhly α , β , γ v obr. 1). Hodnota součtu těchto úhlů (kumulativní úhel) byla využita jako kritérium definující oblouk. Jako nejvýhodnější se ukázal kumulativní úhel pětice po sobě jdoucích bodů (úhel ω). Na základě grafického posouzení byla odhadnuta limitní hodnota, při které se již prostřední bod této pětice nacházel v oblouku. Tato hodnota byla posléze upřesněna výpočtem křivolakosti mezi sousedními body na 8 gon ($7,2^\circ$).

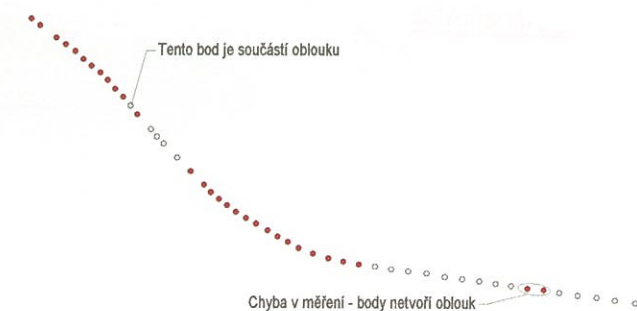
V důsledku nepřesnosti při měření se nadlimitní hodnoty mohly vyskytnout i tam, kde oblouk nebyl, nebo naopak v místě oblouku byla vypočtena nižší hodnota (viz příklad na obr. 2). Na základě opakovaného průjezdu a předpokladu náhodného rozložení chyb byl minimální počet po sobě jdoucích bodů s kumulativním úhlem vyšším než 8 gon stanoven



Obr. 1 Schéma principu výpočtu kumulativního úhlu pětice bodů

na 4 body. Pokud se mezi body oblouku vyskytoval bod s menším kumulativním úhlem, byl rovněž zahrnut do tohoto oblouku.

Poloměry oblouků nebyly stanoveny jednou hodnotou pro celý oblouk, ale vždy pouze pro trojici po sobě jdoucích bodů. Takto byly kružnicovým obloukem aproximovány i přechodnicové části oblouků. Uvedené hodnoty byly využity pro vý-



Obr. 2 Ukázka grafické identifikace oblouků

počet křivolakosti pro jednotlivé úseky (oblouky a přímé). Jako přímé byly uvažovány ty úseky, kde byla zjištěná křivolakost v rozmezí 0-50 gon/km. Vypočtená křivolakost byla určena ke klasifikaci úrovně konzistence podle hodnot navržených prof. Lammem [2, 3] – viz tab. 1.

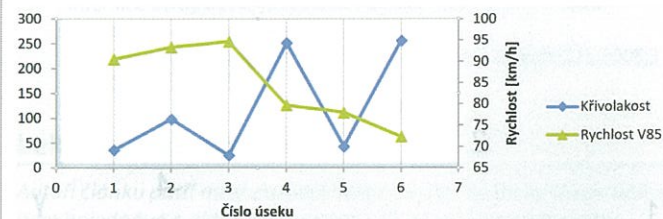
V rámci studie byl využit 85% kvantil naměřených rychlostí v rámci jednotlivých úseků (V_{85}). Následující tab. 2 a graf na obr. 3 obsahují vypočtenou křivolakost a rychlost pro jednotlivé úseky. K vyhodnocení byla vybrána přibližně 2,5 km dlouhá trasa Jinačovice-Kuřim v tomto směru jízdy.

Tab. 2 Vypočtené hodnoty křivolakosti a rychlosti v úsecích

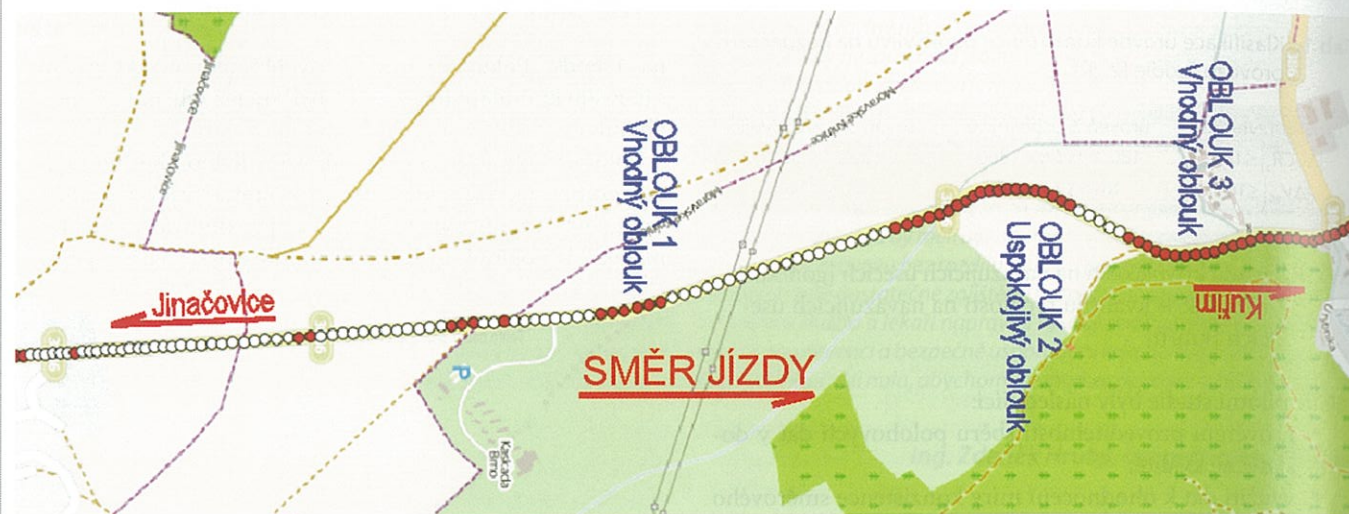
Číslo úseku	Křivolakost [gon/km]	Průměrná rychlost [km/h]	Rychlost V_{85} [km/h]
1	36	84	91
2	99	90	93
3	25	92	95
4	252	73	80
5	43	77	78
6	257	69	72

Z grafu na obr. 3 je patrný výrazný pokles rychlosti v oblouku o křivolakosti přesahující 250 gon/km. Tento oblouk byl podle tab. 1 vyhodnocen jako uspokojivý.

Obr. 4 ukazuje vyhodnocení konzistence oblouků na sledované trase. Žádný ze tří hodnocených oblouků nebyl klasifikován jako nevyhovující.



Obr. 3 Průběh křivolakosti a rychlosti na trase Jinačovice–Kuřim



Obr. 4 Vyhodnocení konzistence tří oblouků na sledované trase

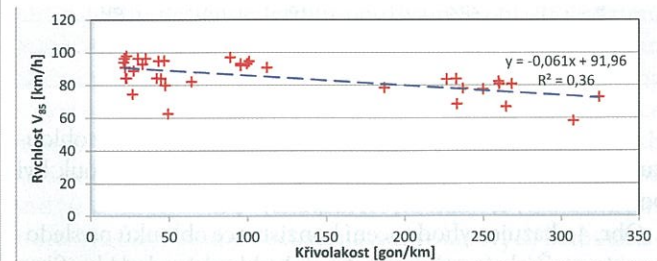
Na základě měření byl odvozen i vztah mezi křivolakostí a rychlostí, tzv. rychlostní model (viz obr. 5). Vzhledem k malému množství dat jej lze považovat pouze za ilustrativní. Přesto je model relativně podobný některým zahraničním rychlostním modelům, uváděným v literatuře [3, 4] – viz ukázka v tab. 3.

Tab. 3 Rovnice relativně podobných rychlostních modelů

Pilotní studie ČR	$V_{85}=91,96-0,061 \cdot CCR_S$
Libanon	$V_{85}=91,03-0,056 \cdot CCR_S$
Itálie	$V_{85}=118,9-0,062 \cdot CCR_S$
Austrálie	$V_{85}=101,2-0,043 \cdot CCR_S$
USA	$V_{85}=103,0-0,053 \cdot CCR_S$

Libanonský rychlostní model, uvedený v tab. 3, platí pro dvoupruhové extravilánové komunikace s nejvyšší dovolenou rychlostí jízdy 80 km/h. V ostatních uvedených zemích je rychlostní limit 90 km/h.

Klesající trend rychlosti potvrzuje očekávaný vztah ke křivolakosti projížděných úseků. To dokládá i vhodnost aplikace kritérií rychlosti a křivolakosti k hodnocení úrovně konzis-

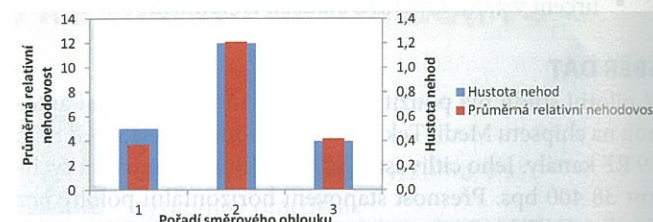


Obr. 5 Ilustrativní rychlostní model odvozený z dat na úseku Jinačovice–Kuřim

tence uvedených v tab. 1. Aby byla navíc prověřena i tato klasifikace, byla provedena souhrnná analýza nehodovosti.

ANALÝZA NEHODOVOSTI

K analýze nehodovosti ve sledovaném úseku Jinačovice–Kuřim byly využity údaje o dopravních nehodách Policie ČR z let 1998–2012. Dále byla nehodovost vyhodnocena pomocí ukazatelů hustoty nehod a relativní nehodovosti. Výsledky jsou uvedeny v grafu na obr. 6.



Obr. 6 Graf hustoty nehod a relativní nehodovosti pro jednotlivé oblouky analyzované trasy

Z uvedených hodnot ukazatelů nehodovosti je zřejmé, že druhý oblouk (klasifikovaný jako „uspokojivý“) je výrazně méně bezpečný než ostatní dva, které byly klasifikovány jako „vhodné.“ Na obr. 7 je fotografie dotyčného druhého úseku: jedná se o dvojici oblouků, kde řidiči nemají jakoukoli informaci ohledně omezené viditelnosti.



Obr. 7 Fotografie oblouku 2

MOŽNOSTI APLIKACE V PRAXI

Poměr relativní nehodovosti u „vhodné“ a „uspokojivé“ konzistence vychází přibližně třetinový, což odpovídá zjištěním u obdobných zahraničních analýz [2]. Metoda může být využita např. k ohodnocení vybraných komunikací, jejich vzájemnému srovnání a stanovení důležitosti aplikace bezpečnostních opatření. Potenciálním nízkonákladovým řešením zvýšení bezpečnosti v popsané lokalitě a jí podobných může být včasné a srozumitelné dopravní značení, které na nevyhovující oblouk upozorní, např. vodičí tabule Z3. V nevyhovujících obloucích stanovených uvedenou metodou lze dopravní značení navíc doplnit i značkou IP5 „doporučená rychlost“. Jedná se o vhodný způsob upozornění pro řidiče, kteří danou trasou neprojíždějí denně, aniž by zároveň došlo k omezení řidičů, kteří trasu znají velmi dobře.

Další aplikací může být stanovení „ideální“ rychlosti na základě vlastností příslušných úseků komunikací. Ta by měla reflektovat jak skutečnou rychlost projíždějících vozidel V_{85} , tak i bezpečnou rychlost teoreticky reprezentovanou nejvyšší dovolenou rychlostí. Tuto „ideální“ rychlost je možné použít již při návrhu komunikace; cílem je minimalizace rozdílu mezi návrhovou a skutečnou rychlostí. Kvalita se pak hodnotí stejně jako v tab. 1 s tím rozdílem, že místo ΔV_{85} se použije rozdíl návrhové a skutečné rychlosti.

Literatura

- [1] Ambros, J., Valentová, V.: Optimalizace směrových návrhových prvků pozemních komunikací: úvod do problematiky a příprava pilotní studie. Dopravní inženýrství, 2012, roč. 7, č. 1, s. 14-16. ISSN 1801-8890.
- [2] Lamm, R., Psarianos, B., Mailänder, T.: Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook. McGraw-Hill, 1999. ISBN 978-00-70382-95-4.
- [3] Lamm, R., Beck, A., Ruscher, T., Mailänder, T., Cafiso, S., La Cava, G.: How To Make Two-Lane Rural Roads Safer: Scientific Background

ZÁVĚR

Proveditelnost studie byla prakticky prověřena, byla shromážděna data a využita k ohodnocení míry konzistence směrového vedení. Toto hodnocení bylo prověřeno prostřednictvím nehodových ukazatelů. Dále byl ilustračně předveden vztah mezi křivolakostí a rychlostí. Výsledek prokázal, že tyto ukazatele lze využít ke klasifikaci konzistence směrového vedení trasy.

Popsána byla možná aplikace na nebezpečných úsecích stávajících komunikací. Z uvedeného vztahu mezi úrovní konzistence a nehodovostí vyplývá, že konzistenci lze použít také jako nepřímý ukazatel bezpečnosti. Ten lze použít i proaktivně, tj. bez čekání na nehody, např. při bezpečnostním auditu projektové dokumentace. Tímto způsobem se lze přiblížit k tzv. samovysvětlujícím komunikacím, jak bylo popsáno v Silničním obzoru číslo 5/2013 [5].

V současné době probíhá sběr většího množství dat, na jehož základě budou odvozeny rychlostní modely pro silniční síť ČR. Postup bude algoritmizován a budou ověřeny hypotézy uvedené v tomto textu.

Článek byl zpracován za podpory programu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ED2.1.00/03.0064 - Dopravní VaV centrum.

Lektorský komentář

Srozumitelnost, předvídatelnost trasy - samovysvětlující pozemní komunikace je velmi důležitým faktorem klidné a „pohodové“ jízdy řidičů, které zásadním způsobem ovlivňuje bezpečnost silničního provozu. Je rovněž známé, že bezpečnost silničního provozu nezajistí pouze používání normových návrhových parametrů, ale že je důležitá kombinace těchto prvků, a to s ohledem na jejich umístění v konkrétním prostoru. Toto však ještě více platí pro stávající síť směrově nedělených pozemních komunikací, kde mnohdy z historických důvodů nejsou ani zdaleka použity normové parametry, zvláště pak poloměry směrových oblouků pro dovolenou rychlost.

Zajištění tzv. konzistentního designu je důležitým faktorem pro klidnou jízdu relativně stálou rychlostí. Odhalení takových míst je důležité pro plánování oprav pozemních komunikací, zvláště stávajících dvoupruhových silnic. Jednou z možností je hodnocení křivolakosti trasy, resp. jejich dílčích úseků a změn rychlosti.

Závislost směrodatné rychlosti na křivolakosti byla popsána v ČSN 73 6101 z roku 2004. Vzhledem k poměrným komplikacím při návrhu tras nových komunikací byla tato část ve změně 1 předmětné normy z roku 2009 vypuštěna a nahrazena pouze tabulkou směrodatných rychlostí, podle které se stanovují návrhové prvky, mající základní vliv na bezpečnost silničního provozu.

Hodnocení stávajících pozemních komunikací metodou publikovanou v článku však může přispět ke vzájemnému srovnání a stanovení důležitosti realizace bezpečnostních opatření u jednotlivých úseků pozemních komunikací. Důležitou součástí studie popisovanou v článku bylo ověření sběru a zpracování dat, a to na skutečném úseku silnice, včetně porovnání se skutečnou nehodovostí na tomto úseku. Jak ukazují i zahraniční studie, je možné tuto metodu použít i při bezpečnostních auditech nebo inspekcích jako nepřímý ukazatel bezpečnosti vybraných úseků trasy pozemní komunikace. Při soustavném sběru dat na delších úsecích pozemních komunikací lze tyto úseky charakterizovat skutečnou rychlostí a do budoucna i sestavit model celé silniční sítě charakterizované těmito rychlostmi.

Ing. Miloslav Müller, PRAGOPROJEKT, a.s.
a pracovní aktiv dopravní stavby České komory autorizovaných inženýrů a techniků