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

Publikováno: 17. 6. 2014
CDV

*Na českých silnicích dlouhodobě platí, že na počtu usmrcení 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.*

*Zkrácená verze článku publikovaného v Silničním obzoru v dubnu 2014.*

## Úvod

Konzistentní design je termínem používaným 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 určené 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 je v této problematice analýza nehodovosti dané lokality. Tento přístup ovšem nelze 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 a identifikaci nebezpečných směrových oblouků a návrhu např. jednotného postupu pro označování nebezpečných, či potenciálně nebezpečných míst pomocí vodicích 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].

| **úroveň 1: vhodná** | **úroveň 2: uspokojivá** | **úroveň 3: nevyhovující** |
|---|---|---|
| $\|\Delta CCRs\| \leq 180$ | $180 < \|\Delta CCRs\| \leq 360$ | $\|\Delta CCRs\| > 360$ |
| $\|\Delta V85\| \leq 10$ | $10 < \|\Delta V85\| \leq 20$ | $\|\Delta V85\| > 20$ |

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

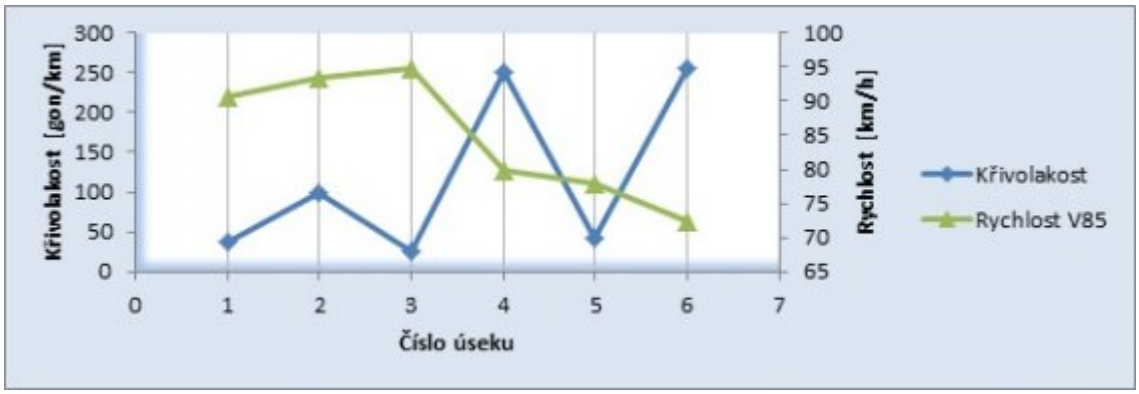
Kde:
$|\Delta CCRs|$ rozdíl křivolakosti na navazujících úsecích [gon/km]
$|\Delta V85|$ rozdíl 85% kvantilu rychlosti na navazujících úsecích [km/h]

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 a zpracování dat

V pilotní studii byl použit 66 kanálový 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. 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 prostředního vrcholu. Hodnota součtu těchto úhlů (kumulativní úhel) byla využita jako kritérium definující oblouk. Jako nejvýhodnější se ukázal být 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°).
V důsledku nepřesností při měření se nadlimitní hodnoty mohly vyskytnout i tam, kde oblouk nebyl nebo naopak v místě oblouku byla vypočtena nižší hodnota. Na základě opakovaného průjezdu a předpokladu náhodného rozložení chyb byl minimální počet po sobě jdoucích bodů s kumulativním úhlem vyšším než 8 gon stanoven 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 výpočet 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].
V rámci studie byl využit 85% kvantil naměřených rychlostí v rámci jednotlivých úseků (V85). K vyhodnocení byla vybrána přibližně 2,5 km dlouhá trasa Jinačovice – Kuřim, v tomto směru jízdy.
Z grafu na Obr. 1 je patrný výrazný pokles rychlosti v oblouku o křivolakosti přesahující 250 gon/km. Tento oblouk byl podle vypočteného rozdílu V85 vyhodnocen jako uspokojivý.



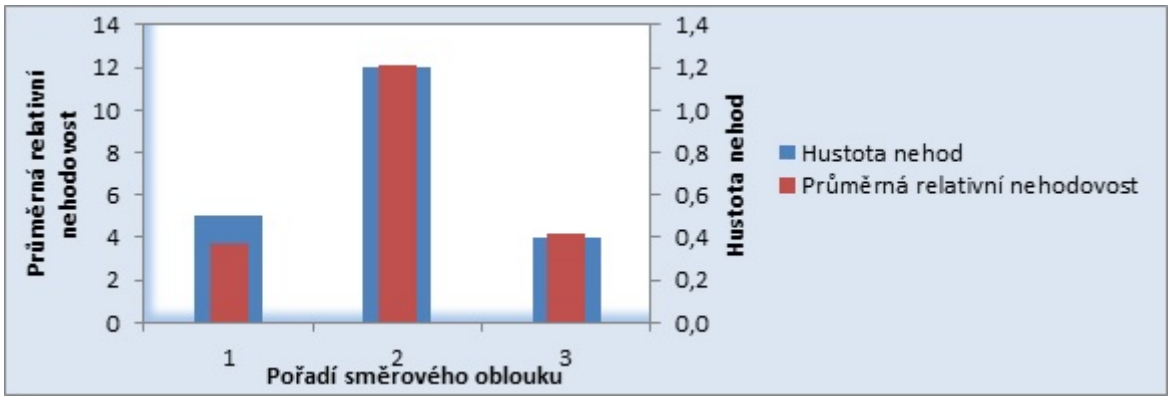

*Obr. 2: Vyhodnocení konzistence tří oblouků na sledované trase*

Na základě měření byl odvozen i vztah mezi křivolakostí a rychlostí, tzv. rychlostní model (rovnice). 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].
Klesající trend rychlosti potvrzuje očekávaný vztah ke křivolakosti projížděných úseků. To dokládá i vhodnost aplikace kritérií rychlosti a křivolakosti k hodnocení úrovně konzistence 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. 3.




*Obr. 4: 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 podobných může být včasné a srozumitelné dopravní značení, které na nevyhovující oblouk upozorní, např. vodicí 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 V85, 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 V_85 se použije rozdíl návrhové a skutečné rychlosti.

## 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 čísle 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.*

## Reference

[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.

[2] Lamm, R., Psarianos, B., Mailänder, T. *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. McGraw-Hill, 1999.
[3] Lamm, R., Beck, A., Ruscher, T., Mailänder, T., Cafiso, S., La Cava, G. *How To Make Two-Lane Rural Roads Safer: Scientific Background and Guide for Practical Application*. WIT Press, 2007.
[4] *Modeling Operating Speed: Synthesis Report.* Transportation Research Circular E-C151. Washington, DC: Transportation Research Board (TRB), 2011.
[5] Pokorný, P. Samovysvětlující pozemní komunikace. *Silniční obzor*, 2013, roč. 74, č. 5, s. 135-137.
[6] ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004.