# Predikční modelování a jeho výhody oproti stávající metodě identifikace nehodových lokalit

Publikováno: 17. 12. 2013


## Anotace
*V současné době se v České republice využívá k identifikaci nehodových lokalit metodika vytvořená Centrem dopravního výzkumu, v. v. i., v roce 2001, založená na stanovení hranice počtu nehod, při jejímž překročení je lokalita identifikována jako nehodová. Tato metoda nezahrnuje vliv náhodné složky dopravních nehod. Z toho důvodu je velká část lokalit identifikovaná jako nehodová v jednom časovém období a v dalším není, přestože nedošlo k žádným úpravám těchto lokalit. Za účelem zkvalitnění identifikace byla proto v roce 2012 Centrem dopravního výzkumu, v. v. i., vytvořena nová metodika, založená na predikčních modelech nehodovosti. Tento článek porovnává časovou stabilitu nehodových lokalit identifikovaných oběma zmíněnými metodami.*

## Annotation
*Nowadays methodology of identification of hazardous road locations developed in 2001 by Transport Research Centre is based on the numerical definition. This methodology does not take into account the influence of the random variation. Identified locations are therefore not stable in time, although there were no changes in the infrastructure. In order to improve the identification procedures a new methodology based on prediction modelling was developed by Transport Research Centre in 2012. This paper compares the temporal stability of locations identified by both mentioned methods.*


## Úvod
Identifikace nehodových lokalit v silniční síti je důležitou informací při plánování rekonstrukcí silniční sítě a ke zvyšování efektivity plánovaných investic. Ztráty z dopravní nehodovosti představují téměř 1,5 % HDP České republiky a investování do zlepšení infrastruktury sanací nehodových míst přispívá ke snižování těchto ztrát a je z dlouhodobého hlediska přínosem v mnoha aspektech. Nutné je ovšem nehodové lokality identifikovat spolehlivě podle nejnovějších přístupů.
Správně identifikovaná nehodová lokalita by měla být stabilní v čase, to znamená, že v různých časových obdobích by měla být identifikována vždy, pokud nedojde k výrazné změně pozemní komunikace z pohledu uspořádání, dopravního značení, dopravního zatížení apod. Je potřeba vyšetřovat vznik, průběh i následky dopravních nehod. Z těchto dat je možné vyhodnotit, které faktory spolupůsobí při dopravní nehodě. Základní složky jsou tři – člověk, vozovka a pozemní komunikace. Vliv komunikace činí dle zkušeností s prováděním hloubkové analýzy v zahraničí i ČR okolo 30 % [3]. Stavební uspořádání má velmi výrazný vliv na následky nehod, ale podílí se rovněž i na jejich vzniku. Proto v některých místech dochází k většímu počtu dopravních nehod, než jinde. Významnou složkou je ovšem i náhoda, za kterou je možné hledat vlivy, které se nedaří běžnými postupy odhalit. Právě práce s náhodnou složkou určuje, na kolik budou nehodové lokality identifikovány shodně v různých časových obdobích.

## Doposud využívaný přístup v ČR
Metodika Identifikace a řešení míst častých dopravních nehod z roku 2001 [2] stanovuje tři numerická kritéria, na jejichž základě je lokalita stanovena jako nehodová. Je používána např. v informačním systému na webových stránkách http://dopravniinfo.cz/nehodova-mista.
Křižovatky nebo úseky o délkách až 250 m se posuzují jako místa častých dopravních nehod, jestliže se na nich staly:
• nejméně 3 nehody s osobními následky za 1 rok nebo
• nejméně 3 nehody s osobními následky stejného typu za 3 roky nebo
• nejméně 5 nehod stejného typu za 1 rok [2]

© Observatoř bezpečnosti silničního provozu, www.czrso.cz

Význam třetího kritéria od roku 2009, kdy došlo ke zvýšení cenové hladiny hmotné škody při dopravní nehodě, kterou je potřeba hlásit Policii ČR, na 100 000 Kč, je zanedbatelný. Např. v Jihomoravském kraji v období 2007-2009 bylo podle tohoto kritéria identifikováno třináct lokalit a v roce 2009 - 2011 pouze jedna.

## Metodika vyvinutá v roce 2012

V loňském roce byla Centrem dopravního výzkumu, v. v. i., vyvinuta metoda, vycházející ze statistického modelování nehodovosti, tzv. predikčního modelování [1]. Jedná se o přístup založený na charakteristikách silniční sítě, přepravním výkonu a také na záznamech nehodovosti. Na základě těchto dat je vytvořen zobecněný lineární model. Obecný tvar používané formy modelu [4, 6, 8] je uveden v rovnici 1.

$$\hat{N} = \beta_0 \cdot I^{\beta_1} \cdot \exp(\sum_{i=2}^{n} \beta_i x_i) \quad (1)$$

Kde:

| | |
|---|---|
| $\hat{N}$ | očekávaný počet nehod v daném úseku |
| $\beta_i$ | parametry modelu |
| $I$ | intenzita dopravy |
| $x_i$ | vysvětlující proměnná |

Predikční model sám o sobě nevysvětluje všechnu variabilitu dat. Proto jsou ve výpočtu využity i údaje o zaznamenané nehodovosti – empirický bayesovský odhad je tedy kombinací údajů ze dvou zdrojů [5, 7]. Tento postup umožňuje snížit vliv regrese k průměru, čili náhodné složky dopravních nehod, viz vzorec 2.

$$EB = w \cdot \hat{N} + (1 - w) \cdot N \quad (2)$$

Kde:

| | |
|---|---|
| EB | empirický bayesovský odhad |
| w | váha |
| $\hat{N}$ | očekávaný počet nehod v daném úseku |
| N | zaznamenaný počet nehod v daném úseku |

Váha se stanoví podle rovnice 3 následovně:

$$w = \frac{k}{k + \hat{N}_i} \quad (3)$$

Kde:

| | |
|---|---|
| w | váha |
| k | disperzní parametr predikčního modelu |
| $\hat{N}$ | očekávaný počet nehod v daném úseku |

## Porovnání metod na silnicích II. třídy v Jihomoravském kraji

Pro porovnání stability metod v čase byla využita silniční síť silnic II. tříd v Jihomoravském kraji, která je předmětem řešení projektu IDEKO „Identifikace a řešení kritických míst a úseků v síti pozemních komunikací, které svým uspořádáním stimulují nezákonné a nepřiměřené chování účastníků silničního provozu“ (VG20112015013)), který CDV řeší pro Ministerstvo vnitra v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010 - 2015 (BVII/2 – VS).

K vytvoření predikčního modelu byly využity informace o silniční síti z databáze ŘSD, intenzity dopravy z Celostátního sčítání dopravy z roku 2010 upravené růstovými koeficienty, data doplněná vlastním sběrem a policejní záznamy dopravní nehodovosti včetně jejich přesné lokalizace. Vytvořeny byly úseky dlouhé 250 m, aby byla zajištěna co nejvyšší srovnatelnost metod.

Pro porovnání metod byla využita tři časová období 2007 – 2009, 2008 – 2010 a 2009 – 2011. Z důvodu změny finanční hodnoty škody při dopravní nehodě pouze s hmotnou škodou v roce 2009 byly použity pouze nehody s osobními následky.

Výsledné hodnoty parametrů ßi predikčních modelů jsou uvedeny v tabulce 1. Výsledný model pro období 2009 – 2011 je uveden v rovnici 4. Kladné koeficienty znamenají, že daný parametr zvyšuje riziko vzniku dopravní nehody, záporné riziko snižují. Zajímavý je parametr snížení rychlosti, který je možné vysvětlit tím, že rychlost je snížena v místech, kde jsou jiná bezpečnostní rizika, která se

nepodařila do modelu jinak zahrnout.

$$\hat{N} = e^{-9.615} \cdot RPDI^{1.077} \cdot e^{-0.00007057 \cdot RPDI} \cdot Křivolakost^{0.006} \cdot e^{0.002 \cdot délka} \cdot \begin{Bmatrix} e^{-0.490} & když\ Les = ne \\ 1 & když\ Les = ano \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} e^{0.351} & když\ Zpev.krajnice = ne \\ 1 & když\ Zpev.krajnice = ano \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} e^{-0.543} & když\ Sníž\_rychlost = ne \\ 1 & když\ Sníž\_rychlost = ano \end{Bmatrix} \cdot e^{-0.017 \cdot Vybavení} \quad (4)$$

Tabulka 1 Výsledné hodnoty parametrů predikčních modelů pro jednotlivá období

| *Proměnná* | | *β₁ 2007 – 2009* | *β₁ 2008 – 2010* | *β₁ 2009 – 2011* |
|---|---|---|---|---|
| Konstanta | | -9.556 | -10.230 | -9.615 |
| Logaritmus RPDI | | 1.041 | 1.181 | 1.077 |
| RPDI | | $8.770 \cdot 10^{-5}$ | $-1.125 \cdot 10^{-4}$ | $-7.057 \cdot 10^{-5}$ |
| Podíl těžkých nákladních vozidel | | -1.912 | - | - |
| Logaritmus křivolakosti | | 0.008 | 0.014 | 0.006 |
| Délka | | 0.003 | 0.003 | 0.002 |
| Přítomnost lesa v okolí komunikace | Ano | 0 | 0 | 0 |
| | Ne | -0.490 | -0.516 | -0.486 |
| Přítomnost zpevněné krajnice | Ano | 0 | 0 | 0 |
| | Ne | 0.233 | 0.221 | 0.351 |
| Snížený rychlostní limit | Ano | - | 0 | 0 |
| | Ne | - | -0.645 | -0.543 |
| Hustota vybavení komunikace | | -0.013 | -0.020 | -0.017 |
| Hustota křižovatek | | -0.030 | - | - |

Použitím doposud používané metody jsou identifikované různé počty lokalit v jednotlivých obdobích, jak ukazuje tabulka 2.

Tabulka 2 Počet lokalit identifikovaný stávajícím přístupem

| *Časové období* | *Všechna tři kritéria* | *První dvě kritéria (použité nehody s osobními následky)* |
|---|---|---|
| 2007 – 2009 | 55 | 42 |
| 2008 – 2010 | 50 | 42 |
| 2009 – 2011 | 42 | 41 |

Vzhledem ke stabilnímu počtu lokalit při použití prvních dvou kritérií, bylo pro srovnání využito nejhorších 42 lokalit identifikovaných predikčním modelem.

Počet identifikovaných lokalit, které se shodují v jednotlivých časových obdobích, ukazují tabulky 3 a 4.

Tabulka 3 Počet shodně identifikovaných lokalit v jednotlivých obdobích - stávající přístup

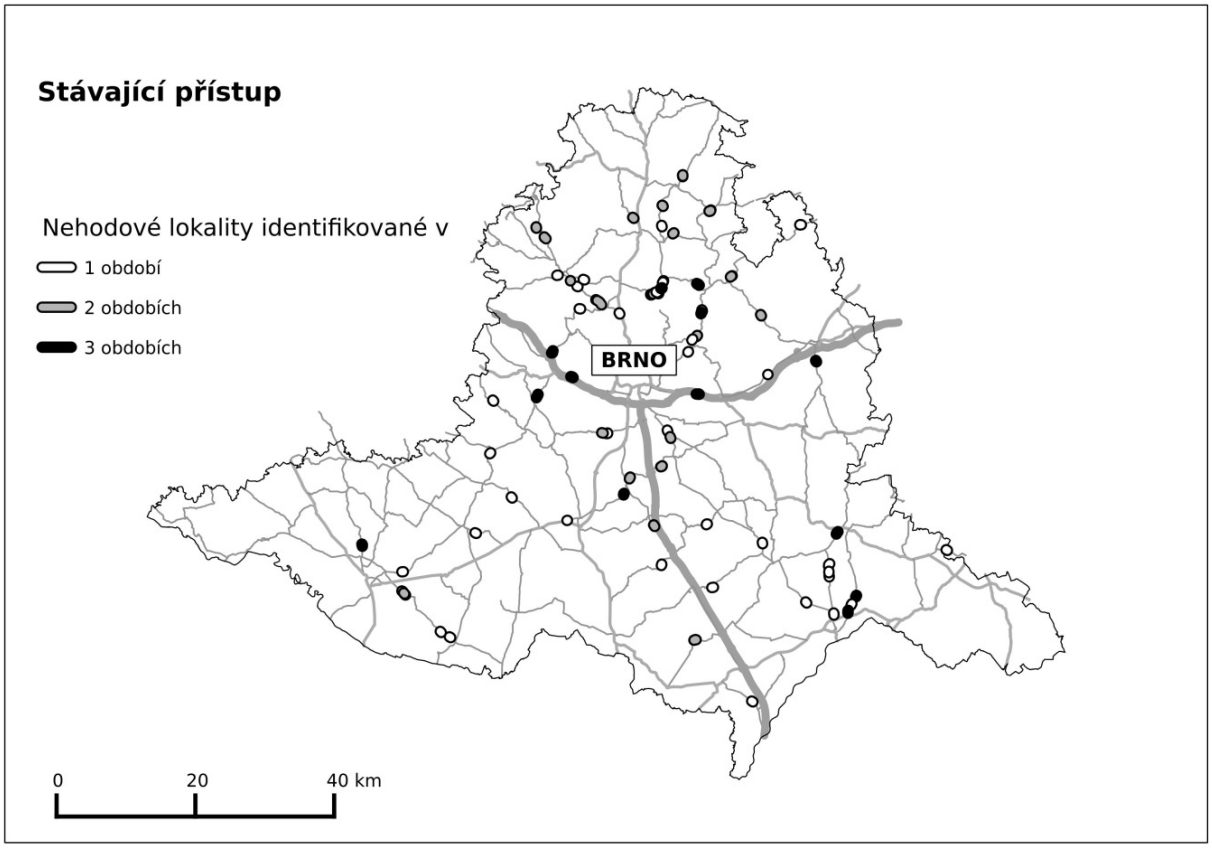
| Časové období | 2007 – 2009 | 2008 - 2010 | 2009 – 2011 | Celková shoda | Celkem identifikováno lokalit |
|---|---|---|---|---|---|
| 2007 - 2009 | 16 | 10 | 1 | 15 | 42 |
| 2008 - 2010 | 10 | 5 | 12 | 15 | 42 |
| 2009 - 2011 | 1 | 12 | 13 | 15 | 41 |

Tabulka 4 Počet shodně identifikovaných lokalit v jednotlivých obdobích - predikční modelování

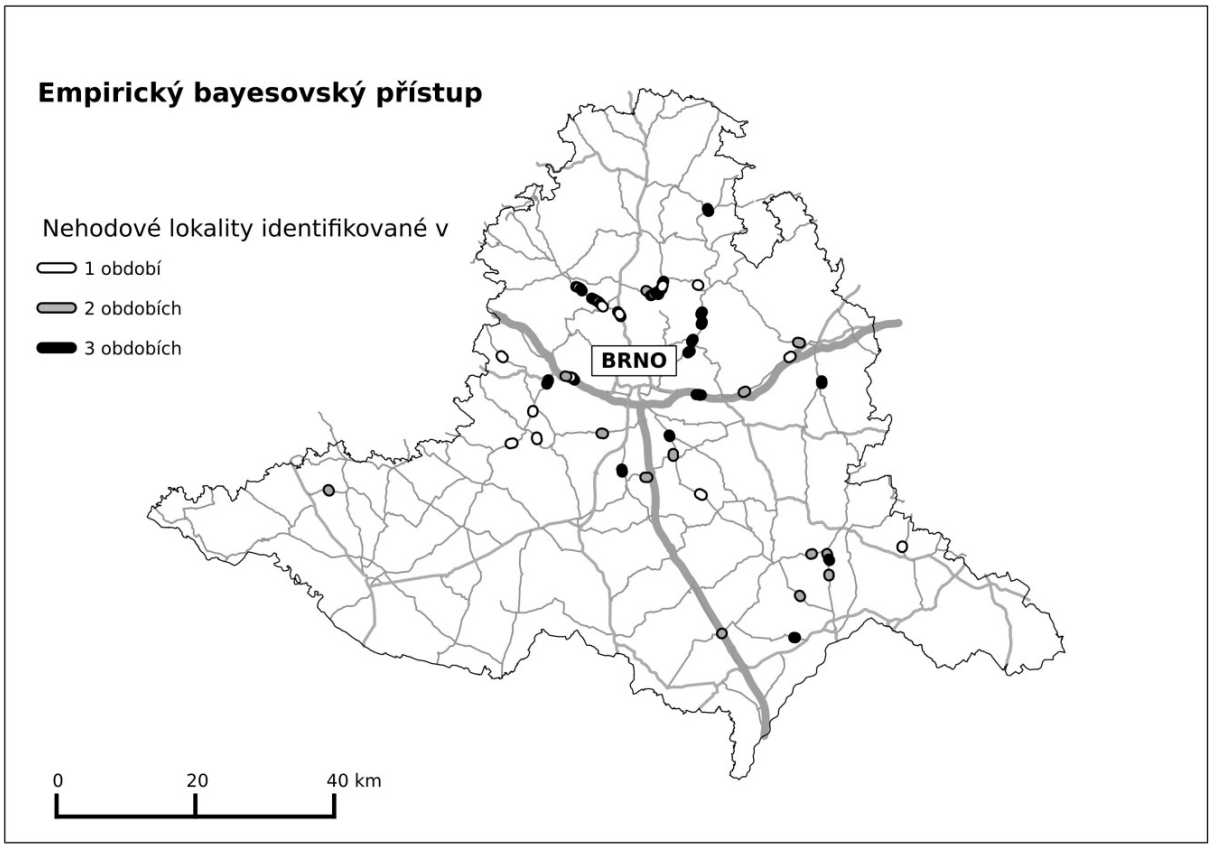
| Časové období | 2007 – 2009 | 2008 – 2010 | 2009 – 2011 | Celková shoda | Celkem identifikováno lokalit |
|---|---|---|---|---|---|
| 2007 - 2009 | 11 | 8 | 2 | 21 | 42 |
| 2008 - 2010 | 8 | 3 | 10 | 21 | 42 |
| 2009 - 2011 | 2 | 10 | 9 | 21 | 42 |

Jak je vidět z tabulek 3 a 4, obě metody mají určité nedostatky. Přesto je rozdíl mezi nimi výrazný. Celkově bylo během období 2007 – 2011 stávajícím přístupem identifikováno 72 různých lokalit. 34 (47 %) z nich bylo identifikováno pouze v jednom časovém období a pouze 15 (21 %) ve všech třech obdobích. Predikčním modelem bylo v letech 2007 – 2011 nalezeno 64 různých lokalit. Ovšem pouze 23 (35 %) lokalit bylo identifikováno pouze jednou a 21 (33%) ve všech obdobích.
Z hlediska stability v čase k počtu hledaných lokalit je doposud využívaná metodika stabilní pouze v 15 případech ze 42 (36 %), kdežto predikční modelování ve 21 (50 %).

Identifikované lokality jsou rovněž zobrazeny v obrázcích 1 a 2.




Obrázek 1 Lokality identifikované stávajícím přístupem




Obrázek 2 Lokality identifikované pomocí predikčních modelů a empirickým bayesovským přístupem

## Závěr

V článku jsou porovnány dva přístupy identifikace nehodových lokalit. První je metoda, která je v ČR využívána již dvanáct let, druhá metoda je založena na statistickém modelování. Spolehlivost v identifikaci nehodových lokalit v čase je u obou metod značně rozdílná. U stávajícího přístupu je stabilní jen přibližně třetina lokalit, u predikčního modelování je to celá polovina.

Zjištěný nedostatek tradičního přístupu může mít v praxi zřejmé následky: mohou být identifikovány lokality, které překročí dané kritérium jen díky náhodné variaci, v následujícím období pak naopak identifikovány nebudou. Taková zavádějící identifikace však může způsobit nesprávné rozdělení finančních prostředků, konkrétně např. při aplikaci bezpečnostních opatření na místech, která nejsou „systematicky“ nehodová.

Predikční modely jsou postupně vytvářeny a uváděny do systémů řízení bezpečnosti silniční sítě i v zahraničí. Výrazným příkladem nám mohou být severské země. Tento postup je uplatnitelný jak pro hodnocení silnic, tak i pro hodnocení křižovatek. Dále umožňuje jednotlivé úseky silniční sítě, či křižovatky řadit podle míry rizika vzniklé jejich uspořádáním.

Lze proto doporučit postupnou aplikaci prezentované metodiky v praxi. Identifikace je spolehlivější, což povede k efektivnějšímu čerpání omezených finančních zdrojů.

## Poděkování

Článek vznikl v rámci projektu IDEKO - „Identifikace a řešení kritických míst a úseků v síti pozemních komunikací, které svým uspořádáním stimulují nezákonné a nepřiměřené chování účastníků silničního provozu“ (VG20112015013) Programu bezpečnostního výzkumu ČR v letech 2010-2015 (BVII/2-VS) Ministerstva vnitra. Článek byl publikován v Silničním obzoru 12/2013.

## Reference

[1] Ambros, J. Jak měřit bezpečnost? – 2. část. Silniční obzor, 2012, roč. 73, č. 4, s. 103-105.

[2] Andres, J., Mikulík, J., Rokytová, J., Hrubý, Z., Skládaný, P.. Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2001.

[3] Andres, J. Hloubková analýza dopravních nehod po roční bilanci. Silniční obzor, 2011, roč. 72, č. 11, s. 320-322.

[4] Striegler, R., Valentová, V., Pokorný, P., Ambros J., Šenk, P., Janoška, Z. (2012). Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu: metodika provádění. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2012.

[5] Hauer, E., Harwood, D. W., Council, F. M., and Griffith, M. S. (2002). Estimating Safety by the Empirical Bayes Method - A Tutorial, Transportation Research Record, no. 1784, pp. 126-131.

[6] Hauer, E. (2004). Statistical Road Safety Modeling, Transportation Research Record, no. 1897, pp. 81-87.

[7] Persaud, B. N., Lyon, C., Nguyen, T. (1999). Empirical Bayes procedure for ranking sites for safety investigation by potential for safety improvement, Transportation Research Record, no. 1665, pp. 7-12.

[8] Reurings, M., Janssen, T., Eenink, R., Elvik, R., Cardoso, J., Stefan, C. (2005). Accident prediction models and road safety impact assessment: a state-of-the-art. RIPCORD-ISEREST project deliverable D2.1, http://ripcord.bast.de/pdf/RI-SWOV-WP2-R1-State_of_the_Art.pdf.