# Identifikace rizikových míst na silnicích I. třídy v Jihomoravském kraji - praktická aplikace empirické Bayesovské metody

Publikováno: 17. 2. 2015
CDV

## Abstrakt

Text shrnuje poznatky získané při zpracování zakázky *Identifikace rizikových míst na silnicích I. třídy v Jihomoravském kraji*, která byla v roce 2014 řešena Centrem dopravního výzkumu, v.v.i, pro ŘSD ČR, závod Brno. Cílem projektu bylo zpracovat dopravně-bezpečnostní analýzu sítě silnic I. třídy v Jihomoravském kraji a identifikovat riziková místa pomocí empirické bayesovské metody. Tato místa byla porovnána s lokalitami stanovenými Policií ČR a byl sestaven žebříček dle jejich rizikovosti. V článku je podrobně popsána část projektu týkající se pouze mezikřižovatkových úseků v extravilánu (projekt řešil také křižovatky a průjezdní úseky silnic obcemi).

## CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ SÍTĚ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Celková délka silnic I. třídy na území Jihomoravského kraje je přibližně 420 km. Dle dopravního výkonu patří mezi nejvytíženější silnice I/55, I/43 a I/42. Silnice lze rozdělit do tří kategorií, odlišujících se intenzitami provozu, charakterem dopravy, rychlostmi a uspořádáním:

1. **Dvoupruhové silnice kategorie S7,5 až S11,5 v extravilánu**, které plní důležitou regionální a celostátní dopravní funkci. Jedná se o 290 km silnic.

2. **Dvoupruhové silnice procházející zastavěným územím** neboli průjezdní úseky (průtahy) obcemi. Bylo identifikováno 64 průtahových úseků s celkovou délkou 90 km.

3. **Čtyř a vícepruhové pozemní komunikace s vysokými intenzitami dopravy**. Jedná se zejména o trasy městského okruhu ve městě Brno a Znojmo (silnice I/42 a I/38), popřípadě o radiální trasy v Brně (úseky I/23, I/52, I/41, I/50 a I/43). Jejich délka je více jak 40 km a převážně vedou v intravilánu.

V první fázi zakázky byl zpracován přehled nehodovosti. Z této etapy zde uvádíme pouze několik poznatků:

- V období 1. 1. 2007 – 31. 3. 2014 bylo dle údajů Policie ČR na řešené síti zaznamenáno 2 491 osobních nehod, při nichž bylo usmrceno 148 osob, 448 bylo těžce a 3 018 lehce zraněno. Nejvíce následků nehod bylo zaznamenáno v extravilánu (79 % usmrcených, 65 % těžce zraněných a 69 % lehce zraněných).
- U většiny nehod byl účastníkem řidič motorového vozidla (v extravilánu 81%, v intravilánu 70 %). Zajímavé je, že např. nehody s chodci v extravilánu tvoří pouze 1 % nehod v extravilánu, je při nich však usmrceno 18 % ze všech obětí nehod, což činí chodce v extravilánu rizikovější skupinou než například motocyklisty. V intravilánu tvoří chodci dokonce nejrizikovější skupinu

(48 % všech usmrcených).
- Při nehodě s osobními následky, která se stane v extravilánu na směrově nedělených pozemních komunikacích, je 10% pravděpodobnost, že dojde k usmrcení (zatímco v intravilánu a na směrově dělených komunikacích je tato možnost 2,5× nižší).
- Jednotlivé silnice byly porovnány podle ukazatele socioekonomické závažnosti následků nehod a ujetého počtu vozokilometrů1. Dle tohoto ukazatele se jako nejrizikovější jeví silnice I/71. Zajímavé je, že např. silnice I/43, mediálně označována jako „silnice smrti“, se v tomto žebříčku nachází až na sedmém místě.

# IDENTIFIKACE RIZIKOVÝCH MÍST

Druhá (hlavní) fáze zakázky se zabývala identifikací rizikových míst. Rizikové místo je chápáno jako místo/úsek na pozemní komunikaci s vyšší pravděpodobností vzniku dopravních nehod1. Základem identifikace těchto míst je ohodnocení každého místa vybraným ukazatelem nehodovosti a jejich následné setřídění podle velikosti tohoto ukazatele. Po konzultaci s objednatelem a se zohledněním výsledků přehledu nehodovosti se tato fáze projektu zaměřila pouze na směrově nedělené komunikace v extravilánu (zvlášť na křižovatky a úseky) a na průjezdní úseky těchto silnic obcemi. V dalším textu se budeme zabývat jen identifikací rizikových mezikřižovatkových úseků.

Při identifikaci rizikových míst je hlavním cílem zjistit počet nehod, které je možné na daném místě očekávat a jejichž vznik by mohl mít souvislost s uspořádáním pozemní komunikace. Nehodovost na vybraném místě (tj. četnost nehod za časovou jednotku, nejčastěji 1 rok) představuje statistický jev, který má dvě složky – systematickou a náhodnou. **Systematickou složku** tvoří faktory, které mají vliv na vznik dopravních nehod. Tyto faktory dělíme na expozici (množství dopravy) a jevy, které ovlivňují pravděpodobnost vzniku nehody za dané expozice (např. rychlost, uspořádání křižovatky apod.). **Náhodná složka** v počtu nehod je obvykle znázorňována pomocí Poissonova rozdělení a vyjadřuje kolísání počtu **zaznamenaných nehod** kolem tzv. dlouhodobě **očekávaného počtu nehod**, což je průměrný počet, který by bylo možné očekávat, pokud by se v čase neměnily vlivy, které na nehodovost působí. Tento předpoklad je však pouze teoretický, protože rizikové faktory (zejména expozice, vyjádřená např. intenzitou dopravy) nejsou nikdy konstantní - očekávaný počet nehod proto nelze přímo stanovit, musí se odhadovat.

## Empirická bayesovská metoda

Jelikož počet nehod závisí na mnoha faktorech, je žádoucí, aby model systematické složky nehodovosti byl víceproměnný. Při identifikaci rizikových míst je nezbytné zohlednit také náhodnou složku, která se projevuje tzv. regresí k průměru (kolísáním četnosti kolem dlouhodobého průměru). Oba jmenované požadavky naplňuje přístup postavený na vývoji a využití víceproměnného regresního model nehodovosti (tzv. predikčního modelu). Kombinací jeho výsledků (očekávané nehodovosti) se zaznamenanou nehodovostí pomocí tzv. empirické bayesovské metody lze docílit snížení vlivu regrese k průměru. Tato metoda byla podrobně představena v metodice Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu (CDV, 2012) a byla použita také v popisovaném projektu. Postup identifikace rizikových míst na silnicích I. třídy v Jihomoravském kraji byl tedy následující:

## 1. Vytvoření seznamu požadovaných prvků

Nejprve byly stanoveny homogenní silniční úseky. Homogenita byla definována ve smyslu vybraných charakteristik představujících potenciální rizikové faktory, které mají v rámci úseků stejnou hodnotu. Tyto faktory zahrnovaly intenzitu, nejvyšší dovolenou rychlost, šířkovou kategorii komunikace, počet jízdních pruhů a přítomnost zpevněné krajnice. Při každé změně hodnoty některé z těchto veličin byl

vytvořen nový úsek.

Aby byly délky výsledných úseků vhodné pro případné prohlídky na místě, byla segmentace provedena tak, aby jejich maximální délka nepřesahovala 500 m. Delší úseky byly rozděleny na 250m části. Výsledkem této segmentace bylo 1156 úseků s homogenními hodnotami zmíněných charakteristik, z toho bylo 84 % úseků o délce  250 m a 16 % úseků o délce > 250 m.

## 2. Vývoj predikčního modelu nehodovosti

Predikční model vycházel ze tří datových sad, které měl zpracovatel k dispozici:

- Osobní nehody zaznamenané Policií ČR za období 2011-2013.
- Údaje o silniční síti ze Silniční databanky ŘSD ČR (aktualizace k 1. 1. 2013).
- Údaje o intenzitě dopravy ze Silniční databanky ŘSD ČR (Celostátní sčítání dopravy 2010).

Hodnoty vybraných proměnných, které byly dostupné pro všechny úseky, byly přiřazeny k jednotlivým úsekům, Model, vystihující vztah mezi nehodovostí a těmito proměnnými, byl vytvořen tzv. zobecněným lineárním modelováním, kdy závislá proměnná (nehodovost) je modelována prostřednictvím vysvětlujících proměnných. Ve shodě se zahraničními postupy bylo uvažováno negativně binomické pravděpodobnostní rozdělení vysvětlované proměnné s disperzním parametrem proměnným s délkou úseku. Výsledný model zahrnoval pouze ty vysvětlující proměnné, které se jevily jako statisticky významné: jednalo se o délku úseku, intenzitu dopravy, přítomnost/nepřítomnost zpevněné krajnice a přítomnost/nepřítomnost stromořadí.

## 3. Odhad očekávaného počtu nehod

Dosazením hodnot vysvětlujících proměnných pro jednotlivé úseky do modelu byly získány výsledky pro tři řešené roky (období 2011-2013). Roční hodnoty byly získány následným vydělením třemi. Následovalo zpřesnění empirickou bayesovskou metodou. Její výsledek (empirický bayesovský odhad, zkráceně EB odhad) představuje kombinací výsledku predikčního modelu a zaznamenané nehodovosti. Následně byl vypočten bezpečnostní potenciál (BP), tj. rozdíl mezi počtem nehod vypočteným pomocí EB odhadu a očekávaným počtem nehod pro daný úsek. Velikost BP vyjadřuje, o kolik lze zlepšit bezpečnost vybraného úseku ve srovnání s ostatními podobnými úseky

## 4. Identifikace prvků, které mají vyšší než očekávaný počet nehod

Podle hodnot BP byly rozlišeny následující případy:

- BP > 0 … vyšší než očekávaný počet nehod. Těchto úseků bylo 263, tj. cca 23 %.
- BP ≤ 0 … nižší než očekávaný počet nehod. Těchto úseků bylo 893, tj. cca 77 %.

Na základě modelu bylo tedy identifikováno 263 rizikových mezikřižovatkových úseků. Z těchto úseků bylo vybráno 30, které vykazují nejvyšší bezpečnostní potenciál. Na žádost objednatele byla tato riziková místa porovnána se seznamem úseků, identifikovaných několika odděleními dopravní policie v Jihomoravském kraji. Policie ČR stanovila (zřejmě podle počtu zaznamenaných dopravních nehod) celkem osm rizikových úseků. Čtyři z nich se objevily také mezi třiceti nejrizikovějšími úseky identifikovanými dle EB metody.

Rozdílnost metod identifikace podle EB metody (s využitím predikčního modelu) a pouze podle počtu zaznamenaných nehod vyplývá ze samotné podstaty obou metod. Tradiční přístup totiž nezohledňuje náhodný vliv regrese k průměru. Na úseku A, vybraném podle EB jako nejrizikovější, je dlouhodobě určitá nehodovost. Po čtyřech letech je její průměr relativně blízký EB odhadu. Podle Policie ČR byl

jako nejrizikovější vybrán úsek B, pravděpodobně kvůli výkyvu nehodovosti v roce 2008 (zeleně označený bod). Klouzavý průměr postupně klesá, ale ani po sedmi letech nedosahuje hodnoty EB odhadu.

# VÝSLEDKY PROJEKTU

Čtyři úseky identifikované shodně predikčním modelem a Policií ČR byly stanoveny jako nejrizikovější a byly doporučeny k přednostnímu řešení. Pro ilustraci jsou tyto úseky zobrazeny na obrázku 1. Je zřejmé, že se jedná o poměrně přehledné úseky vedené v táhlých směrových obloucích. K přesnému zjištění spolupůsobících faktorů vzniku nehod by bylo nutné provést detailní analýzu dopravních nehod.

Obrázek 1 – Čtyři nejrizikovější úseky (zdroj: jdvm.cz, mapy.cz)

Další úseky byly seřazeny do žebříčku závažnosti dle následujícího klíče:

1. Zbylých 26 úseků identifikovaných podle EB metody bylo seřazeno dle hodnoty bezpečnostního

potenciálu.
2. Zbylé 4 úseky identifikované Policií ČR jsou seřazeny na konci seznamu dle následků osobních nehod vztažených k počtu ujetých kilometrů.

Podobný postup byl aplikován také pro křižovatky. Průjezdní úseky silnic obcemi nebyly řešeny EB metodou, ale byly seřazeny podle hodnoty několika kritérií (hustota nehod, relativní nehodovost apod.), čímž byl vytvořen žebříček nejrizikovějších průtahů. Bylo doporučeno provést podrobnou analýzu průtahů, které stojí v čele žebříčku (a které nejsou v současné době řešeny ŘSD ČR). Při této analýze je nutné se soustředit zejména na zranitelné účastníky silničního provozu, především na chodce a cyklisty. Při výstavbě obchvatu je nezbytné věnovat pozornost četnosti křižovatek na obchvatu (minimalizovat napojení obce) a úpravě průtahu, na němž dojde vlivem přesunu dopravy na obchvat ke změně dopravních charakteristik.

# SHRNUTÍ

Článek popisuje první praktické použití empirické bayesovské metody (s využitím predikčního modelu) v ČR. Doposud byla tato metoda používána především ve výzkumných projektech CDV (např. VEOBEZ, IDEKO, EFEKTIV). Ukázalo se, že pro potřeby identifikace rizikových míst v rámci silniční sítě většího území je tato metoda velmi vhodná, neboť poskytuje přesnější výsledky než tradiční, doposud používané. Určité omezení pro tvorbu predikčního modelu představuje dostupnost a kvalita dat.

Článek popisuje první praktické použití empirické bayesovské metody (s využitím predikčního modelu) v ČR. Doposud byla tato metoda používána především ve výzkumných projektech CDV (např. VEOBEZ, IDEKO, EFEKTIV). Ukázalo se, že pro potřeby identifikace rizikových míst v rámci silniční sítě většího území je tato metoda velmi vhodná, neboť poskytuje přesnější výsledky než tradiční, doposud používané. Určité omezení pro tvorbu predikčního modelu představuje dostupnost a kvalita dat.

Tradiční přístup identifikace rizikových míst spočívá ve využití zaznamenaného počtu nehod. Systematická složka je „modelována“ pomocí počtu zaznamenaných nehod na jednotku délky, případně pomocí hustoty nehod nebo relativní nehodovosti. Tyto ukazatele tedy zohledňují délku, příp. intenzitu dopravy. Náhodnou složku nehodovosti tradiční přístup nijak nezohledňuje. Tento postup je tedy zkreslen regresí k průměru, tj. náhodným kolísáním kolem dlouhodobé střední hodnoty – to je zřejmé z kumulativního klouzavého průměru, která nemá stabilní trend. Dále je identifikace často ovlivněna ojedinělými odlehlými hodnotami, které mohly být důsledkem působení náhodných (krátkodobých) vlivů.

Identifikace pomocí EB odhadu, získaného kombinací zaznamenané a modelované nehodovosti, omezuje vliv regrese k průměru. Identifikuje místa s dlouhodobou úrovní nehodovosti (bez náhodných výkyvů), což je zřejmé z dlouhodobého průměru, který má ve srovnání s identifikací podle zaznamenaných nehod stabilnější trend a hodnota EB se s ním relativně shoduje.

**Věříme, že tyto pozitivní zkušenosti přispějí k rozšíření představené metody v ČR a zpřesnění identifikace rizikových míst. Pro usnadnění těchto kroků bude žádoucí vytvoření predikčních modelů pro všechny kategorie silnic v ČR.**

## LITERATURA

Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu- certifikovaná metodika (CDV, 2012)

Identifikace rizikových míst na silnicích I. třídy v Jihomoravském kraji – závěrečná zpráva projektu (CDV, 2014)

AMBROS, J. Jak měřit bezpečnost? - 2. část. Silniční obzor, 2012, roč. 73, č. 4, s. 103-105.

VALENTOVÁ, V., AMBROS, J., JANOŠKA, Z., STRIEGLER, R. Predikční modelování a jeho výhody oproti stávající metodě identifikace nehodových lokalit. Silniční obzor, 2013, roč. 74, č. 11, s. 290-293.

ANDRÁŠIK, Richard, BÍL, Michal, JANOŠKA, Zbyněk et al. Identification of curves and straight sections on road networks from digital vector data. Transactions of Transport Sciences, 2013, vol. 6, no. 2, p. 73-80. ISSN 1802-971X.

Jednotná dopravní vektorová mapa - www.jdvm.cz

Audit bezpečnosti pozemních komunikací - www.audit-bezpecnosti.cz

Tento článek byl publikován v Silnicnim obzoru 12/2014.