



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

Statistické šetření
časového a ekonomického vývoje
vybraného typu mimořádné události

Vypracoval: Bc. Martin Smolík
Vedoucí práce: doc. RNDr. Přemysl Záškodný, Csc.
Konzultant práce: Ing. Libor Líbal

České Budějovice 2015

Abstrakt

Diplomová práce Statistické šetření časového a ekonomického vývoje vybraného typu mimořádné události pojednává o dopravních nehodách na pozemních komunikacích v rámci celé České republiky. Cílem diplomové práce je zkoumání časové a ekonomické souvislosti u dopravních nehod. Dopravní nehody jsou analyzovány v teoretické a praktické části za časové období 2009 – 2013.

V teoretické části jsou vymezeny základní pojmy, které se týkají silniční dopravy v České republice a které vycházejí zejména z platných legislativních předpisů v oblasti silniční dopravy. V teoretické části je dále podrobněji rozebrán pojem dopravní nehoda. Je zde uvedeno, jaké znaky musí dopravní nehoda nabýt, aby mohla být pod tímto pojmem klasifikována. Následně jsou zde také uvedeny a rozebrány nejčastější příčiny nehod. Prostřednictvím certifikované metodiky výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích byly popsány dopady ekonomických škod na státní rozpočet. V rámci možnosti výskytu většího typu mimořádné události, při které by byl vyhlášen krizový stav, je zde popsán systém krizového řízení v dopravě a činnost odboru krizového řízení ministerstva dopravy. V posledním oddíle teoretické části jsou shrnuty základní metody deskriptivní a matematické statistiky, které byly využity při zpracovávání praktické části diplomové práce.

Na základě získaných dat, která byla čerpána ze statistických ročenek dopravní nehodovosti uveřejněných na serveru Policie ČR, byly v praktické části této diplomové práci ověřovány tři hypotézy. V metodice jsou uvedeny základní metody deskriptivní a matematické statistiky, kterým byla tato získaná data podrobena. Pro ověření hypotézy H2 - výše škod vztažené na časovou jednotku mají rozdělení blízké normálnímu rozdělení, bylo využito v rámci matematické statistiky testování neparametrických hypotéz. Prostřednictvím neparametrického testování bylo umožněno prokázání normality výše škod při dopravních nehodách v časovém období 2009 – 2013. K ověření hypotézy H1 - počet dopravních nehod a výše škod jsou pozitivně korelovány a hypotézy H3 - časový vývoj dopravních nehod vztažených na časovou jednotku lze vyjádřit lineární regresí s negativní korelací byla využita v rámci

matematické statistiky jednoduchá lineární a korelační závislost. Cílem u výše formulovaných hypotéz H1 a H3 bylo zjistit typ regresní závislosti u stanovených statistických znaků, nalézt vhodnou regresní funkci a stanovit těsnost korelace s využitím vhodného koeficientu. U hypotézy H1 byl vypočten záporný korelační koeficient a hypotéza H1 byla zamítnuta. Tento výsledek je možné komentovat tím, že ve vymezeném časovém období jsou sice menší hmotné škody, ale počet nehod v jednotlivých časových jednotkách tento fakt neodrážejí. U hypotézy H3 můžeme konstatovat, že dopravní nehody v delším časovém rozmezí skutečně klesají a dochází tak k naplnění cíle národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020, ale ve vymezeném krátkém časovém rozmezí 2009 – 2013 nelze učinit stejný závěr a hypotézu H3 je nutno zamítnout.

Využití práce spočívá zejména v ověření algoritmu statistiky pro šetření dopravní nehodovosti a v soustavě doporučení z hlediska prevence dopravní nehodovosti. Dalším přínosem by mohlo být navržení navazujících prací, které by se např. zabývaly odhadem hmotné škody a počtem dopravních nehod ve vybraném kraji, jelikož vztažení vzorku na celou Českou republiku je dosti obsáhlé. V této diplomové práci je pracováno s odhadem hmotné škody, kterou dopravní police ČR stanovuje na místě dopravní nehody. V rámci hlubšího zkoumání dopadu ekonomických škod na náš stát by bylo dobré pracovat např. s částkou, kterou musí zaplatit pojišťovny účastníkům dopravní nehody, nebo s výší nákladů, kterou je zapotřebí vynaložit pro činnost složek IZS při zvládnutí veškerých následků mimořádných událostí spojených s dopravní nehodou.

Stanovení celkové výše ekonomických škod z dopravní nehodovosti a počtu dopravních nehod nám pomáhá uvědomit si závažnost této problematiky a stejně jako další ukazatelé bezpečnosti dopravy jsou ekonomické škody a počty nehod důležitými ukazateli systému prevence a efektivnosti dopravně-bezpečnostních opatření.

Klíčová slova: dopravní nehody, státní rozpočet, mimořádná událost, deskriptivní statistika, matematická statistika, regresní analýza, korelační analýza.

Abstract

This dissertation called *The Statistical Investigation of Time and Economical Development of the Extraordinary Incident Kind Selected* deals with traffic accidents on roads within the Czech Republic. The goal of this work is to investigate a time and economical connection of traffic accidents. The traffic accidents are analysed in the theoretical and the practical part for the time period 2009 – 2013.

The theoretical part specifies basic terms which are related to road transport in the Czech Republic and which are mainly based on valid laws in the field of road transportation. There is also deeply analysed the term “traffic accident” which has to gain specific features in order to be classified as a traffic accident. Subsequently, there are also presented and discussed the most common causes of accidents. Impacts of economic damage to the state budget were described by a certified methodology for calculating losses from a traffic accident rate on roads. Within possibilities of a bigger kind of an extraordinary incident during which emergency could be announced, there is described a system of crisis management in transport and an operation of Crisis Management Department of the Ministry of Transport. In the last section of the theoretical part there are summarized the basic methods of descriptive and mathematical statistics which were used for processing of the practical part of the dissertation.

In the practical part three hypotheses were being tested based on the collected data, which was drawn from statistical yearbooks of a traffic accident rate published on the website of the Police of the Czech Republic. The methodology provides basic methods of descriptive and mathematical statistics to whom the gained data has been subjected. To verify the hypothesis H2 – the amounts of damage per a time unit have a distribution close to the normal distribution. It was used within the mathematical statistics of nonparametric testing of hypothesis. Through the non-parametric testing was allowed to prove normality of damage amount in traffic accidents in the period 2009 - 2013.

For verification of the hypothesis H1 – number of traffic accidents and the amount of damage are positively correlated and hypotheses H3 – time development of traffic accidents per one time unit can be expressed by linear regression with negative

correlation. Simple linear and correlation dependence was used in the context of mathematical statistics. The aim of the hypotheses H1 and H3 mentioned above was to find out a kind of regression, depending on given statistical features, to find suitable regression function and to determine tightness of correlation using an appropriate coefficient. A negative correlation coefficient was calculated for the hypothesis H1 so it was rejected. This result is possible to comment on the fact that, although there is less material damage, the number of incidents in particular time units does not reflect this fact. For the hypotheses H3 we can conclude that traffic accidents have been declining in a longer time interval and this leads to fulfilment of the goal of the national road safety strategy 2011 – 2020. For the short time period 2009 – 2013 it is not possible to come to the same conclusion and the hypotheses H3 has to be rejected.

Using of the work consists in the verification of statistics algorithm for an investigation of traffic accident rate and in the system of recommendations for the prevention of traffic accident rate. Another benefit could be a suggestion of following works which could deal with an estimation of material damage and a number of traffic accidents in a chosen region. Applying to the whole Czech Republic is actually too extensive. In this thesis, an estimation of material damage is used it is laid down by the Police of the Czech Republic on a site of a traffic accident. In the context of a deeper research of the impact of economic damage to our state, it would be good to work e.g. with the amount of money which insurance companies have to pay to persons involved in an accident. We could also work with the amount of costs which the state has to spend on activities of organs of emergency service for dealing with all consequences of any emergencies associated with an accident. Determination of the total amount of economic damage from a traffic accident rate and from a number of traffic accidents helps us to realize the seriousness of this issue. Just as other indicators of traffic safety, economic damage and a number of traffic accidents are important indicators of prevention and effectiveness of traffic-safety measures.

Key words: traffic accidents, state budget, extraordinary incident, descriptive statistics, mathematical statistics, regression analysis, correlation analysis.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 11. května 2015

.....

Bc. Martin Smolík

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. RNDr. Přemyslu Záškodnému, Csc. za cenné rady a odborné vedení. Mé poděkování patří též Ing. Liboru Líbalovi za odborný dohled a trpělivost při zpracování teoretické části diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	10
1 Teoretická část	11
1.1 Základní pojmy	11
1.2 Dopravní nehoda.....	14
1.2.1 Příčiny vzniku dopravní nehody na pozemních komunikacích.....	17
1.3 Ekonomický dopad dopravních nehod.....	21
1.3.1 Přímé náklady.....	22
1.3.2 Nepřímé náklady	23
1.3.3 Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020.....	25
1.4 Stání rozpočet.....	26
1.5 Krizové řízení v dopravě.....	28
1.6 Statistika a vybrané statistické metody	31
1.6.1 Základní metody deskriptivní statistiky	31
1.6.2 Základní metody matematické statistiky	35
2 Hypotézy a metodika výzkumu.....	40
2.1 Ověřování hypotéz metodami deskriptivní statistiky	40
2.2 Ověřování hypotéz metodami matematické statistiky	43
3 Výsledky	45
3.1 Zpracovaná data pro ze statistických ročenek PČR	45
3.2 Analyzovaná data pomocí metod deskriptivní statistiky.....	47
3.3 Analyzovaná data pomocí metod matematické statistiky	57
4 Diskuze.....	68
5 Závěr	70
6 Seznam informačních zdrojů.....	72
7 Seznam obrázků, tabulek, grafů.....	79
8 Přílohy.....	81

Seznam použitých zkratk

STK – stanice technické kontroly

MHD – městská hromadná doprava

PČR – policie České republiky

HZS ČR – hasičský záchranný sbor České republiky

IZS – integrovaný záchranný systém

JPO – jednotky požární ochrany

HDP – hrubý domácí produkt

ČR – česká republika

ORP – obec s rozšířenou působností

MU – mimořádná událost

NSBSP – národní strategie bezpečnosti silničního provozu

CNP – civilní nouzová připravenost

HOPKS – hospodářská opatření pro krizové stavy

HNJ – hromadný náhodný jev

ZSS – základní statistický soubor

VSS – výběrový statistický soubor

SZ – statistický znak

SJ – statistická jednotka

NV – náhodný výběr

Úvod

Doprava v dnešní moderní společnosti hraje velmi významnou roli, stejně jako další odvětví – energetika, vodní hospodářství, potravinářství, zemědělství. Jelikož doprava splňuje definici kritické infrastruktury je uvedena v odvětvových kriteriích dle nařízení vlády č. 432/2010 Sb. Tato diplomová práce je zaměřena na dopravu silniční, která se vedle dopravy, železniční, letecké a vodní týká každého z nás. V každodenním hektickém životě potřebujeme překonávat co nejrychleji určité vzdálenosti do školy nebo do zaměstnání a doprava je jedním ze způsobů jak toho dosáhnout. Většina z nás má k dispozici osobní automobil nebo využívá služeb městské hromadné dopravy. Tyto dopravní prostředky bezesporu přináší nespočet výhod, jak si dnešní život ulehčit, ale nesou s sebou i rizika. Rizika ve formě možného výskytu mimořádné události – dopravní nehody. S tímto pojmem se setkáváme denně v hromadných sdělovacích prostředcích, většina z nás slyšela o někom, jehož život skončil při dopravní nehodě. Následky dopravní nehody si však ve většině případů plně uvědomujeme až poté, co jsme se sami stali účastníky. Ačkoliv statistiky z dopravních nehod pojednávají o neustálém snižování počtu dopravních nehod, je počet smrtelných úrazů stále alarmující. Je proto nutné stanovit opatření, která by ještě tento počet úrazů snížila. Snižování dopravní nehodovosti je i cíl národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020, podle které se má snížit počet dopravních nehod s usmrcením na průměr zemí EU a oproti roku 2009 o 40%. Ve výše uvedené národní strategii jsou zahrnuty i ekonomické aspekty dopravní nehodovosti. Zájem o tyto dva pojmy – počet dopravních nehod na území ČR a z něho vyplývající odhad hmotné škody – vedl k výběru tématu této diplomové práce s cílem zkoumání jejich časové a ekonomické souvislosti. V teoretické části bude cílem objasnit nejčastější příčiny vzniku dopravních nehod na pozemních komunikacích a uvedení způsobu, jaký ekonomický dopad mají dopravní nehody na náš stát. Následně v praktické části budou pomocí statistických metod a prostřednictvím formulovaných hypotéz zkoumány časové a ekonomické souvislosti dopravních nehod na pozemních komunikacích.

1 Teoretická část

V rámci teoretické části budou vymezeny základní pojmy v oblasti dopravy na pozemních komunikacích. V jednotlivých kapitolách je vymezen pojem dopravní nehoda s uvedením nejčastějších příčin a ekonomických ztrát z dopravní nehodovosti a v případě vzniku krizové situace v dopravě je proveden popis krizového řízení. Následně jsou popsány základní metody deskriptivní a matematické statistiky.

1.1 Základní pojmy

Doprava

Doprava doprovází lidstvo už od dávné historie. Nejprve byli lidé sami sobě dopravním prostředkem, posléze k dopravě začali využívat zvířata až po významný mezník v dopravě - vynález kola, který způsobil několik pokusů k sestrojení prvního vozidla. S pokrokem v dopravě souvisela i výstavba prvních silnic. Římané dokázali vystavět silnice, jejichž síť čítala 15 000 – 20 000 km, některé pozůstatky z této doby můžeme vidět dodnes. Renesance ve výstavbě silnic začíná v 18. stol., a to i na našem území, zejména pak z hlediska zájmů strategických a hospodářských. Výstavba silnic vrcholí v 19 stol., kdy je věnována pozornost i výstavbě vedlejších silnic. Konec 19 stol. (kdy byl vynalezen spalovací motor, rok 1886 kdy Karl Benz představil první automobil a rok 1908 kdy Henry Ford zavedl pásovou výrobu jeho modelu „Ford model T“) lze označit za dobu, která zásadně změnila rozvoj silniční dopravy a silniční sítě. Doprava má zásadní význam pro rozvoj společnosti, uspokojuje potřebu lidí, umožňuje výrobu hmotných a nehmotných hodnot a přepravovat hotové výrobky z výroby do spotřeby. Můžeme ji charakterizovat jako „*soubor činností, kterými se uskutečňuje pohyb (jízda, plavba, let apod.) dopravních prostředků po dopravních cestách a přemísťování osob a materiálu dopravními prostředky nebo dopravními zařízeními.*“ (1, s. 5)

Pojem silniční doprava je ukotven v zákoně č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, kde v § 2 odst. 2 je silniční doprava charakterizována jako „*souhrn činností, jimiž se zajišťuje přeprava osob (linková osobní doprava, kyvadlová doprava, příležitostná*

osobní doprava, taxislužba), zvířat a věcí (nákladní doprava) vozidly, jakož i přemísťování vozidel samých po dálnicích, silnicích, místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikacích a volném terénu.“ (2, §2)

Doprava je dále uvedena v nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury, kde je zařazena do odvětvových kritérií a dělí se na dopravu: silniční, železniční, leteckou a vodní. V rámci kritické infrastruktury do silniční dopravy spadá pozemní komunikace, která je zařazena do kategorie dálnice a silnice I. třídy. Dopravu je dále možné členit v závislosti na vzdálenosti a místa uskutečňování dopravy na dopravu: dálkovou, místní, městskou a závodní. (3)

Pozemní komunikace

„Pozemní komunikace je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.“ (4, §2) Pozemní komunikace je dělena do následujících kategorií: dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace. (4)

„Dálnice je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bez úroňových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy.“ (4, §4) Dálnice, v České republice označována písmenem D, musí mít označený začátek a konec svíslou dopravní značkou. Na dálnici je maximální povolená rychlost 130 km/hod a zároveň nesmí být nižší než 80 km/hod. Vstup chodců na dálnici je zakázán. (4, 5)

„Silnice je veřejně přístupná pozemní komunikace určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci. Silnice tvoří silniční síť.“ (4, §5) Silnice podle svého významu lze dělit do tří tříd: silnice I. třídy (pro dopravu dálkovou a mezistátní), silnice II. třídy (pro dopravu mezi jednotlivými okresy) a silnice III. třídy, která slouží k propojení jednotlivých obcí, nebo napojení na další pozemní komunikace (4)

„Místní komunikace je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce.“ (4, §6) Místní komunikace jsou rozděleny

do čtyř tříd: do I. třídy spadají rychlostní místní komunikace, II. třídy, kterou jsou sběrné komunikace, III. třídy označeny jako obslužný komunikace a místní komunikace IV. třídy, která je uzpůsobená pro smíšený provoz, nebo je zde nepřístupný provoz silničních vozidel. Účelová komunikace slouží k obdělávání zemědělských pozemků, případně ke spojení nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi. (4)

Účastníci provozu na pozemních komunikacích

Dle § 2 písm. a) zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, je „*Účastník provozu na pozemních komunikacích každý, kdo se přímým způsobem účastní provozu na pozemních komunikacích.*“ (5, §2)

Za základní podmínku provozu na pozemních komunikacích platí, že se jej nesmí účastnit ten, kdo by svým věkem nebo sníženými tělesnými a duševními schopnostmi mohl ohrozit bezpečnost silničního provozu. Při provozu na pozemních komunikacích nesmí účastník silničního provozu svým jednáním ohrozit život, zdraví, majetek a životní prostředí. Dále je povinen přizpůsobit jízdu technickému stavu pozemní komunikace, povětrnostním podmínkám, situaci v provozu a svým schopnostem a zdravotnímu stavu své osoby. Další povinností je řídit se pravidly silničního provozu, pokyny policisty, světelnými signály, dopravními značkami, dopravními zařízeními a zařízeními pro provozní informace. Ve výše uvedeném zákoně je vymezen pojem řidič, podle kterého to „*je účastník provozu na pozemních komunikacích, který řídí motorové nebo nemotorové vozidlo anebo tramvaj; řidičem je i jezdec na zvířeti.*“ (5, §2) Dále je zde uveden pojem chodec, který, kromě osoby pohybující se pěšky bez jakýchkoliv předmětů, zahrnuje i osobu, jež táhne kočárek, invalidní vozík, sánky, ruční vozík o šířce, která nepřevyšuje 600 mm, dále se chodcem rozumí osoba, která se pohybuje na kolečkových bruslích, lyžích, pomocích ručního nebo motorového invalidního vozíku, vede vedle sebe jízdní kolo, psa anebo motocykl o objemu válců do 50 cm³ apod. (5)

1.2 Dopravní nehoda

V době, kdy se začal motorismus rozvíjet, nebyly ještě zřejmé jeho pozitivní nebo negativní projevy. Po proniknutí dopravy do společenského dění (hospodářství, armáda, složky IZS, doprava nákladní a osobní), nebylo pochyb o jejích pozitivních stránkách. Doprava s sebou ovšem přináší i negativní aspekty, které přímo i nepřímo ohrožují naše zdraví. Mezi nepřímé následky řadíme např. hluchost, znečišťování ovzduší nebo znečišťování vod. Za přímé následky, které ohrožují naše životy a zdraví, lze na prvním místě označit mimořádnou událost – dopravní nehodu. Z historického hlediska se první dopravní nehoda udála v Londýně 17. srpna 1896, kdy byla před hotelem Crystal Palace sražena chodkyně, která svým zraněním podlehl. Silniční dopravní nehodu můžeme definovat jako nepředvídatelnou, nezamýšlenou událost, která se stala v provozu na veřejných komunikacích a měla škodlivý účinek na životech a zdraví osob nebo na majetku. Pokud bychom dopravní nehodu charakterizovali tímto způsobem, lze do výše uvedené definice zahrnout i události, které dopravními nehodami nejsou. (1, 6) Při posuzování toho, zda se jedná o dopravní nehodu nebo ne, je potřeba vycházet z pojmu, který je ukotven v § 47 zákona č. 361/2010 Sb., o provozu na pozemních komunikacích *„dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.“* (5, §47)

Mimořádnou událostí rozumíme dle § 2 písm. b) zákona č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému *„škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.“* (7, §2)

Dopravní nehodu charakterizuje nepředvídatelnost (neočekávanost), ale vzhledem k nepřiměřenému chování účastníků v silničním provozu, ji v určité míře můžeme předvídat. Např. pokud řidič v hustém provozu nebo jiné nepřehledné situaci nepřizpůsobí jízdu, lze očekávat, že k dopravní nehodě dojde. Pokud se tak skutečně

stane, jedná se o dílo náhody. Za dopravní nehodu lze označit pouze mimořádnou událost, kde platí pravidla silničního provozu – tj. dálnice, silnice, místní a účelové komunikace. Pokud k dopravní nehodě dojde na polní cestě, v lese, na zahradě, je řešena podle jiných právních předpisů a nelze ji řadit do kategorie dopravních nehod. Třetí znak každé dopravní nehody je spojen se vznikem škody na životě, zdraví osoby nebo na majetku. Pokud ke škodě nedojde, nemůžeme dopravní nehodu označit jako poruchový trestný čin. O dopravní nehodě nelze hovořit ani v případě, že je škoda nebo zranění spojeno s požárem vozidla, opravou vozidla, manipulací s nákladem, pádem větví, sněhu, krytin apod. (1) Každá dopravní nehoda je charakteristická nehodovým jednáním a nehodovou událostí. Nehodové jednání zahrnuje konkrétní projev účastníka silničního provozu, který vedl k mimořádné události. Nehodová událost označuje následky, které se staly přímo na místě mimořádné události (např. srážka, havárie). (8)

Silniční dopravní nehody mají oproti jiným kriminálním deliktům jiná specifika. Liší se v tom, že osoba, která je za dopravní nehodu zodpovědná, je ve většině případů trestně bezúhonná, má větší či menší zkušenosti s řízením motorového vozidla a je ochotna spolupracovat při vyšetřování nehody. V daleko větší míře však lze očekávat, že se pachatel snaží obvinít jiného účastníka silničního provozu. Dalším faktorem je pak útek z místa dopravní nehody na základě stresu a zkratového jednání, nebo z důvodu požití alkoholu, aby bylo zabráněno zjištění, že tento účastník řídil motorové vozidlo pod vlivem této látky. Útek může být také posuzován jako kompenzace stresu (1)

Klasifikace dopravních nehod

Účel klasifikace spočívá v tom, že umožňuje předpovídat a poznávat nepoznané. Pojetí klasifikace jevů označuje dělení jevů na jednotlivé skupiny. Děje se tak na základě stejných vlastností jevů určité skupiny a na základě rozdílných vlastností od jevů ostatních skupin. (1) Dopravní nehody lze dělit podle více kritérií. Je to např. charakter nehody nebo průběh nehodového jednání. Podle charakteru dopravní nehody se jedná o srážky, havárie nebo jiné nehody. Srážkou rozumíme střet minimálně dvou a více účastníků provozu na pozemních komunikacích, naopak při havárii se jedná

pouze o jedno motorové vozidlo, může jít např. o převrácení vozidla. O jiné nehody se jedná tehdy, pokud nejdou zařadit ani do jedné z výše uvedených skupin.

Nehodové jednání lze dělit z hlediska subjektivního a objektivního. Za subjektivní jednání, lze označit chybovost řidiče vozidla, může jít o nedodržení předepsané rychlosti, nedání přednosti v jízdě, jízdě pod vlivem alkoholu a jiných omamných látek atd. Objektivní jednání nemůže účastník silničního provozu ovlivnit, jedná se zejména o špatný technický stav pozemní komunikace nebo nepředvídatelnost mimořádné události.

Pokud byla příčina dopravní nehody zaviněna fyzickou osobou, je z právního hlediska klasifikována jako trestný čin, který je možný dělit podle trestního zákoníku na ublížení na zdraví, nebo obecné ohrožení a podle přestupkového zákona na přestupek v silniční dopravě. K tomu lze uvést neposkytnutí první pomoci, ohrožení pod vlivem návykové látky a opilství rovněž podle trestního zákoníku č. 40/2009 Sb. (9)

Pro statistické zpracování je možné data z dopravních nehod členit do následujících skupin: následky dopravní nehody, zavinění dopravní nehody, hlavní příčiny dopravní nehody, vozidla zúčastněná na dopravní nehodě, situační údaje a škody na zdraví a na majetku. (1)

Postup při dopravních nehodách v silniční dopravě

Povinností řidiče při dopravní nehodě je zastavit motorové vozidlo a podílet se na zjišťování skutečného stavu. Řidič motorového vozidla je dále povinen zdržet se požití alkoholických nápojů a jiných omamných látek do doby příjezdu police.

Účastníci dopravní nehody jsou povinni učinit taková opatření, aby nebyl ohrožen provoz na pozemních komunikacích. V případě, že to vyžaduje situace, mohou zastavovat vozidla k zabezpečení provozu. Povinnost ohlásit dopravní nehodu policii vzniká tehdy, jestliže hmotná škoda přesahuje částku 100 000 Kč, nebo dojde-li k usmrcení či zranění osoby. Účastník je zavázán zůstat na místě nehody do příjezdu příslušníka policie. Zraněným osobám jsou ostatní účastníci provozu povinni poskytnout v rámci svých možností první pomoc a zavolat zdravotnickou záchrannou službu. Dále jsou povinni označit místo, kde se dopravní nehoda stala a pokusit

se obnovit provoz, zejména pokud se jedná o provoz MHD. Jestliže k dopravní nehodě není přivolána policie, jsou účastníci dopravní nehody povinni sepsat záznam o dopravní nehodě, který podepíší a odevzdají pojišťovně. Záznam o dopravní nehodě ukazuje obr. 1 v přílohách této práce. Mezi další povinnosti patří označení místa dopravní nehody, ohlášení policii poškození komunikace, obecně prospěšného zařízení nebo životního prostředí. (5, 10)

1.2.1 Příčiny vzniku dopravní nehody na pozemních komunikacích

Příčiny dopravních nehod jsou výsledkem kombinace tří činitelů a to člověka, motorového vozidla a dopravního provozu. Účastník provozu na pozemních komunikacích je povinen dodržovat pravidla silničního provozu. V případě, že pravidla v silniční dopravě dodržena nejsou, je splněna základní příčina dopravní nehody. Toto selhání člověka můžeme označit jako hlavní subjektivní příčinu dopravních nehod. Řidič motorového vozidla je tak nejvíce selhávajícím článkem, který svým jednáním přímo ohrožuje ostatní účastníky silničního provozu - chodce, cyklisty, spolujezdce, řidiče. (8) Podle statistiky nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice bylo za rok 2013 zaviněno řidičem motorového vozidla 72 383 dopravních nehod, tj. 85,8 % z celkového počtu, přičemž nejčastější příčinou je nesprávný způsob jízdy, konkrétně v 60,8% (zejména nedostatečná pozornost při řízení, nedodržení bezpečné vzdálenosti a špatné otáčení nebo couvání), dále je to nedání přednosti v jízdě, tj. 17,1%, nepřiměřená rychlost ve 20,2 % a nesprávné předjíždění, konkrétně 1,9%. (jedná se především o riskování, které spočívá v předjíždění, v úsecích, ve kterých je předjíždění zakázáno dopravní značkou, předjížděním bez dostatečného výhledu nebo kde není dostatečný boční odstup. V návaznosti na výše uvedenou statistiku je možné sestavit 15 nejčastějších příčin nehod řidičů motorových vozidel v roce 2013, přičemž na prvním místě je uvedeno, že se řidič plně nevěnoval řízení vozidla. Podrobný přehled uvádí tab. 1 v příloze. (11)

Mezi významné příčiny dopravních nehod patří také požití alkoholu a jiných omamných a psychotropních látek, ty ovšem z hlediska statistického zpracování tvoří samostatnou kapitolu.

Do ostatních subjektivních příčin také spadají psychologické a fyziologické faktory. Jako typickou fyziologickou indispozici lze označit únavu. Únava je u každého řidiče motorového vozidla individuální a podléhá jí každý řidič, příznaky (ospalost, bolesti zad, zívání) jsou ovšem takřka stejné. Současně významnou rolí, která ovlivňuje příčinu vzniku dopravní nehody, je současný zdravotní stav nebo vliv požitých léků. U řidičů se srdečními obtížemi může např. vyšší rychlost vyvolat zvýšení tepové frekvence, což může být následně příčinou infarktu myokardu a případným vznikem mimořádné události se všemi jejími následky. Pozornost je také věnována problematice mikrospánku. Mikrospánek je snížení pozornosti, které je způsobené krátkým trváním první fáze synchronního spánku. (12) Mikrospánek je následek reakce na nějaké onemocnění, třeba i skrytého a zdravý člověk je příznaky blížícího mikrospánku včas rozeznat. Za subjektivní příčinu lze označit také okamžité stavy nálad, jako stavy radosti, vzteku jakož i telefonování mobilním telefonem, které ovlivňují chování a reakce řidiče motorového vozidla. Pro řidiče, kteří právě absolvovali autoškolu a nemají dostatek praxe, může být problém např. v jízdě v cizím prostředí nebo hustém provozu, na který nejsou zvyklí. Z tohoto nedostatku zručnosti či znalosti pak vyplývají technicky podmíněné subjektivní příčiny dopravních nehod.

Mezi objektivní příčiny dopravních nehod patří dopravní prostředí a technický charakter vozidla. Pokud se jedná o dopravní prostředí, lze označit jako jednu z více možných příčin špatný stav pozemní komunikace, který zahrnuje např. neoznačení překážky v silničním provozu, špatná údržba pozemních komunikací v zimních měsících nebo hustota provozu, povětrnostní situace, či špatná viditelnost. (8) Závada komunikace ovšem tvoří ze statistického hlediska zanedbatelnou část. Za rok 2013 bylo závadou komunikace způsobeno 515 nehod, což představuje 0,6 % z celkového počtu nehod. Do dopravního prostředí spadá i výskyt lesního a domácího zvířectva, které z pohledu statistiky zaujímá ne zcela zanedbatelný počet. V roce 2013 bylo způsobeno lesním a domácím zvířectvem 6 782 nehod, tj. 8,0 % z celkového počtu nehod. (11) Protože řidič musí udržovat pozornost vůči všemu, co se kolem něj v dopravním prostředí děje, může se stát příčinou dopravních nehod také instalace velkých reklamních ploch podél pozemních komunikací, které nutí účastníky silničního provozu

k nějakému jednání a odvádí tak mnohdy – třebaže jen na chvíli pozornost řidiče od sledování provozu. (8) Štikar (2003) uvádí: „*je potvrzeno, že 90% všech informací důležitých pro účastníky provozu je vnímáno opticky a jen 10% připadá na vnímání jinými smysly.*“ (13, s. 37) Bdělost řidič udržuje tím, že systematicky pozoruje prostory, které obklopují jeho vozidlo. To je označeno jako vnímání. Prostor, který řidič pozoruje, se mění s tím, jak se seznamuje s dopravním prostředím. Následně musí své vjemy vyhodnotit a rozhodnout se, což je proces, který označujeme pojmem rozhodování. Špatné vyhodnocení dopravní situace a následně špatné rozhodnutí tak může vést k dopravní nehodě. (14)

Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích ukládá povinnost podle § 5 odst. 1, písm. a) užit takové motorové vozidlo, které splňuje technické podmínky, písm. c) jízdu přizpůsobit technickým vlastnostem motorového vozidla nebo fyzickým vlastnostem zvířete, písm. e) odstranit závadu ihned na místě, pokud řidič motorového vozidla tak nemůže učinit, smí pokračovat přiměřenou rychlostí do nejbližšího místa, kde lze závadu odstranit, přitom musí dbát na to, aby neohrozil bezpečnost silničního provozu, nepoškodil pozemní komunikaci, či životní prostředí. (5) Ačkoliv výše uvedená legislativa vymezuje jasně povinnosti řidiče motorového vozidla, bylo v roce 2013 způsobeno zanedbáním technického stavu vozidla 464 nehod, tj. 0,5 % z celkového počtu nehod. (11) Většinou se jedná o podceňování malých závad a oddalování opravy. Většina řidičů veze automobil ke kontrole teprve tehdy, když automobil jeví známky poruchy. Pokud se jedná o kontroly v STK, ty probíhají mnohdy jen formálně. Konkrétní příčiny dopravních nehod jsou ve většině případů způsobeny závadou brzdného systému, poškozením pneumatik, či závada v řízení. Výše uvedené příčiny se týkají zejména starších automobilů. (8)

Ukazatele bezpečnosti v silniční dopravě

Nejběžnější ukazatele bezpečnosti jsou relativní nehodovost a relativní závažnost nehod. Relativní nehodovost udává pravděpodobnost vzniku dopravní nehody na příslušné komunikaci. Značí se písmenem „R“ a nejčastěji se vyjadřuje počtem dopravních nehod na 1 mil. km. Relativní bezpečnost ovšem neukazuje celý obraz

bezpečnosti v dopravě. Např. místo, kde se stane 70 dopravních nehod za rok, navíc s 10 smrtelnými úrazy, je mnohem nebezpečnější než místo, kde se stal stejný počet dopravních nehod, ovšem bez ztrát na lidských životech. Proto je potřeba k relativní nehodovosti stanovit počet smrtelných úrazů na 1 mil. km.

Relativní závažnost nehod je definovaná tzv. indexem závažnosti. Jeho škála je od 0 – 10, kdy index nula znamená, že nedošlo k žádné hmotné škodě. Index 0,5 ukazuje, že při dopravní nehodě budou jen minimální hmotné škody, ovšem bez ztráty na životech či zranění. S indexem 10 je pak stanovena 100% pravděpodobnost, že zranění budou smrtelná. Index v rozmezí 2 – 9 jsou nahodilě závislé na výskytu hmotné škody, zranění a úmrtí. U každého indexu s údaji o hmotné škodě, monetární hodnotě lidského života atd., lze určit finanční hodnotu. (15)

Tab. 2 Index závažnosti silničních dopravních nehod

Index závažnosti	Pouze majetková škoda I [%]	Pouze majetková škoda II [%]	Lehké zranění [%]	Střední zranění [%]	Těžké zranění [%]	Smrtelné zranění [%]
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,0	66,7	23,7	7,3	2,3	0,0	0,0
2,0	0,0	71,0	22,0	7,0	0,0	0,0
3,0	0,0	43,0	34,0	21,0	1,0	1,0
4,0	0,0	30,0	30,0	32,0	5,0	3,0
5,0	0,0	15,0	22,0	45,0	10,0	8,0
6,0	0,0	7,0	16,0	39,0	20,0	18,0
7,0	0,0	2,0	10,0	28,0	30,0	30,0
8,0	0,0	0,0	4,0	19,0	27,0	50,0
9,0	0,0	0,0	0,0	7,0	18,0	75,0
10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0

Zdroj (15), vlastní zpracování

1.3 Ekonomický dopad dopravních nehod

Dopravní nehody a jejich následky lze hodnotit dle různých kritérií. Může to být kritérium bezpečnosti komunikace, vozidla nebo člověka, ovšem mimo tato kritéria, je důležité se podívat na dopravní nehody z pohledu finančních ztrát, které za jeden rok dosáhnou v průměru výše několika desítek mld. Kč. Za rok 2013 bylo šetřeno PČR 84 398 dopravních nehod, přičemž odhad hmotné škody na místě nehody byl 4 938, 17 mil. Kč. Odhad hmotné škody, který stanovuje dopravní policie za kalendářní rok, nelze brát jako definitivní, jelikož je to pouze částka, která je vyčíslena na místě dopravní nehody. Do této částky totiž nejsou započítané dopravní nehody, které účastník nemusí hlásit PČR a samozřejmě náklady, které hradí pojišťovny na základě povinného ručení a havarijního pojištění. Jsou-li všechna tato kritéria zohledněna, dostaneme částku 52,8 mld. Kč., která činí přibližně 1,3 % HDP za rok 2013. Vývoj ztrát za delší časové období znázorňuje obr. 2 v příloze. (16, 17, 18)

Stát a společnost tak přichází ročně o velké množství finančních zdrojů, což nepříznivě zatěžuje státní rozpočet. V roce 2013 byl dopad nehod na státní rozpočet ve výši 21,2 mld. Kč, což představuje celkem 40 % všech ztrát, schodek rozpočtu byl tak překročen o 26 %. Výše uvedenou částku hradí následující ministerstva: náklady na zdravotní péči hradí ministerstvo zdravotnictví ve výši 0,4 % z celkových ztrát, veškerou činnost, kterou provádí PČR a HZS ČR na místě, hradí ministerstvo vnitra v celkové výši 2,7%, dále to jsou ministerstvo spravedlnosti, ústavní soud, jejichž náklady tvoří 1% ze všech ztrát, ministerstvo práce a sociálních věcí hradí veškeré sociální výdaje, které představují 2,9 % z celkových ztrát a ministerstvo dopravy hradí škody vzniklé na pozemních komunikacích, což představuje 0,1 % z všech nákladů.

Jelikož jsou veřejné prostředky do značné míry omezené, je zapotřebí, aby byly vynakládány efektivně. Z tohoto důvodu je nutné věnovat ekonomickému dopadu dopravních nehod větší pozornost. K vyčíslení ztrát dopravní nehodovosti lze použít více metod, které se dělí podle cíle a důvodu ocenění. Na základě národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011-2020 je použita forma propočtového ocenění ekonomických dopadů dopravní nehodovosti. Tato metoda člení náklady do dvou

kategorií. Jsou to náklady, které je zapotřebí vynaložit k nápravě následků dopravních nehod a náklady, které jsou spojené se ztrátou produkce následkem usmrcení nebo zranění. Tyto dvě kategorie lze rozdělit z hlediska časového a z hlediska dopadu na náklady, na přímé a nepřímé jak uvádí obr. 3 v příloze. (16, 17, 18)

1.3.1 Přímé náklady

Za přímé náklady lze označit náklady, které souvisejí přímo s dopravní nehodou, odehrávají se tak v krátkém časovém rozmezí a lze je přesně definovat. Patří mezi ně náklady spojené s výjezdem složek IZS k místu dopravní nehody, včetně nákladů na zdravotní péči, pojišťovny, soudy a správní orgány.

Pokud dojde následkem dopravní nehody ke zranění nebo usmrcení osoby, lze náklady na zdravotní péči rozdělit do tří okruhů. Jsou to náklady, které musí vynaložit zdravotnická záchranná služba při dopravě na místo nehody a náklady vynaložené následným převozem do nemocnice. Nemocniční péči, která čítá hospitalizaci, pohospitalizační péči a případně náklady spojené s ambulantní péčí a rehabilitací. Pokud dojde následkem dopravní nehody k usmrcení osoby, pak jsou to i náklady na provedení pitvy.

Náklady spojené s HZS ČR, závisí na více možných faktorech, zejména závisí na tom, o jakou kategorii JPO se jedná. Samotný zásah u dopravní nehody se pak skládá ze dvou částí, a to provedení záchranných a likvidačních prací. Záchranné práce zahrnují vyproštění účastníků dopravní nehody, před-lékařskou zdravotní pomoc, zatímco likvidační práce označují odstranění následků dopravní nehody, zabránění úniku nebezpečných látek a manipulace s vozidly. Ve výše uvedených pojmech, není rozdíl jen v tom, co konkrétní práce zahrnují, ale také, a to zejména v hledisku financování. Zatímco záchranné práce jsou hrazeny z rozpočtu jednotek, likvidační práce hradí pojišťovna.

Závažnější dopravní nehody, při nichž došlo k těžkým zraněním, nebo usmrcení osoby projednávají soudy, kde jsou zahrnuty náklady na soudce, administrativní pracovníky soudu, úředníky správního orgánu a náklady na svědectví. Jestliže se jedná o lehčí dopravní nehody, jsou činy s nimi spojené klasifikovány jako přestupky, které

podléhají řízení správního orgánu. Správním orgánem se zde rozumí příslušný obecní úřad s rozšířenou působností, kde se dopravní nehoda stala. Náklady správních orgánů zahrnuje pokrytí mzdových nákladů na referenty právních a přestupkových odborů.

Do nákladů PČR jsou započítané výdaje na vyšetření a zpracování nehody a dále jsou to náklady, které jsou spojené s vozidlem a příslušnou administrativou. (16)

1.3.2 Nepřímé náklady

Za nepřímé náklady způsobené při dopravních nehodách lze označit náklady, které nepřímo souvisí s vyšetřováním dopravní nehody. Jsou to zejména náklady na sociální výdaje, ztráty na produkci a na náhradu škody, která je stanovena soudy. (16)

Pokud dojde při dopravní nehodě k usmrcení nebo zranění osoby, projeví se to zejména na ztrátách na produkci, které představují v roce 2013 35 % z celkových ztrát. Z hlediska vyčíslení ekonomických ztrát při dopravních nehodách se jedná o nejvyšší položky, protože usmrcená nebo těžce zraněná osoba nemůže vyprodukovat HDP a tak se snižuje jeho celková výše. Následkem toho je snížení příjmů státního rozpočtu. Při stanovení výpočtu se vychází z HDP běžných cen na ekonomicky aktivního obyvatele, dále je to počet lehce zraněných osob, těžce zraněných osob a počet usmrcených osob. Třetí ukazatel tvoří stanovení průměrného počtu let, předpokládané produktivní činnosti osob. Podle závažnosti dopravní nehody jsou náklady za rok 2013 jedné usmrcené osoby 19 440 000,- Kč (ve srovnání s Německem je to 1 100 000,- €), jedné těžce zraněné osoby 4 867 700,- Kč, jedné lehce zraněné osoby 433 000,- Kč, a dopravní nehody, kde je pouze hmotná škoda 267 300,- Kč. Tyto jednotkové náklady je nutno vynásobit celkovým počtem dopravních nehod, které činí 84 398 dopravních nehod, při nichž zemřelo 654 osob, 2711 bylo těžce zraněno a 22 577 osob bylo lehce zraněno. Počet dopravních nehod pouze s hmotnou škodou byl 64 056. Celkové ztráty uvádí následující tabulka. (16, 17)

Tab. 3 Celkové ekonomické ztráty při DN v roce 2013 v Kč

	Počet osob (nehod)	Ztráta na osobu (nehodu)	Celkové ztráty
Výše ztrát na lidských životech (zemřeli do 30 po DN)	654	19 440 000	12 713 760 000
Výše ztrát v důsledku těžkých zranění	2711	4 867 700	13 196 334 700
Výše ztrát v důsledku lehkých zranění	22 577	433 000	9 775 841 000
Výše ztrát z nehod jen s hmotnou škodou	64 056	267 300	17 122 168 800
Celkové ztráty za rok 2013 v Kč			52 808 104 500

Zdroj (17), vlastní zpracování

Pro určení výše sociálních výdajů, je nutno vycházet z legislativních předpisů o důchodovém a nemocenském pojištění. Jedná se o výdaje na invalidní důchody, sirotčí důchody, vdovské a vdovecké důchody a dávky na nemocenské pojištění. (16)

Náhrada škody, kterou stanoví soudy, se dotýká nejen účastníků, kteří měli přímou účast na dopravní nehodě, ale také dalších, osob žijících ve společné domácnosti. Přiznání odškodného je pouze u dopravních nehod, při kterých došlo k těžkým a lehkým zraněním případně k usmrcení osoby. Dnem 1. 1. 2014 nabyl účinnosti nový občanský zákoník č. 89/2012 Sb., jež vymezuje oblast odpovědnosti za škodu pro dopravní nehodu se ztrátou na životě, lehkém a těžkém zraněním v užším měřítku oproti předešlému občanskému zákoníku č. 40/1964 Sb. (19) Nový občanský zákoník uvádí pojem ublížení na zdraví, na jehož základě si poškozený může nárokovat bolestné a odškodnění za ztížení společenského uplatnění. Současně nový zákoník ruší vyhlášku č. 440/2001 Sb., o odškodňování bolesti a ztížení společenského uplatnění, podle které byla poškozenému připisována výše finančního plnění podle příslušných bodů, přičemž jeden bod představoval 120 Kč. Současná právní úprava žádné maximální limity neuvádí a u každého poškozeného se postupuje individuálně. Pokud částka,

kteřou poškozený nárokuje, není uhrazena, je nutno se obrátit na soud, který o její výši rozhodne. S novým občanským zákoníkem a zrušením vyhlášky č. 440/2001Sb., tak lze tak předpokládat s nárůstem soudních sporů. Poškozený si dále může nárokovat škodu na věcech, kterou nový zákoník uvádí jako náhrada při poškození věci, na jejímž základě se bude při stanovení výše škody zohledňovat současná cena v době poškození a částka, kterou poškozený musel vynaložit při obnovení nebo nahrazení funkce. (20)

1.3.3 Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020

Významným dokumentem v oblasti bezpečnosti dopravy je národní strategie bezpečnosti silničního provozu na období 2011 – 2020. Stanovení celkových finančních ztrát v oblasti dopravy tak významně přispívá k plnění cílů výše uvedené strategie, jejíž postupnou realizací má docházet ke snížení počtu dopravních nehod, zvýšení bezpečnosti v provozu na pozemích komunikacích a v neposlední řadě i k nižším finančním ztrátám. Strategii schválilo usnesení vlády ČR 10. srpna 2011 č. 599 ve věstníku vlády pro orgány krajů a orgány obcí. Toto usnesení ukládá povinnost ministrům dopravy, mládeže a tělovýchovy, zdravotnictví, financí a obrany zabezpečit plnění opatření uvedených ve strategii. Tuto povinnost mají mimo ministerstva i představitelé krajských úřadů a úřadů ORP. Samotnému ministerstvu dopravy pak přísluší povinnost, opatření uvedená ve strategii koordinovat a informovat vládu o výsledcích plnění opatření, v termínu do 31. května každého roku. (21, 22)

Struktura NSBSP má pyramidní charakter v jehož základně jsou uvedeny aktivity a nápravná opatření, kterými budou řešeny základní problémy v oblasti bezpečnosti silničního provozu. Toto řešení bude směřovat k plnění dílčích cílů a strategických cílů a následně tak bude usilovat o dosažení dlouhodobé vize. Konceptní schéma strategie ukazuje obr. 4 v příloze. Základním strategickým cílem je dosáhnout ve srovnání s rokem 2009, snížení počtu smrtelných úrazů při dopravních nehodách na průměr zemí EU, tj. 60 % a těžce raněných o 40%. Rok 2013 byl již druhý rok realizace NSBSP a obraz o výsledcích a plnění základního strategického cíle ukazuje obr. 5 v příloze. (23)

1.4 Státní rozpočet

Státní rozpočet představuje nejdůležitější veřejný rozpočet. Tvoří rozhodující prvek rozpočtové soustavy. Pojem veřejný rozpočet je možné rovněž charakterizovat jako soustavu rozpočtů za všechny vládní úrovně, která slouží k financování veřejného sektoru. Základní normou v oblasti veřejných rozpočtů je zákon č. 218/2000 Sb., o rozpočtových pravidlech. Tento zákon upravuje střednědobý výhled státního rozpočtu, jeho příjmy a výdaje, finanční aktiva a pasiva, dále je to finanční hospodaření příspěvkových organizací a organizačních složek státu, finanční kontrola, zřizování státních fondů a řízení státního dluhu a pokladny. (24, 25, 26)

Pomocí státního rozpočtu naplňují veřejné finance tři základní funkce, a sice funkci alokační, stabilizační a funkci distribuční. Ministerstvo financí je v rámci státní správy ústředním orgánem pro státní rozpočet. Státní rozpočet je pro každý kalendářní rok schvalován Poslaneckou sněmovnou Parlamentu České republiky, přičemž předkladatelem je Vláda ČR a právě z toho důvodu má podobu zákona. Státní rozpočet je dělen na dvě části a to část příjmovou a výdajovou. Každá z těchto uvedených částí je členěna na kapitoly. Kapitola 327 představuje ministerstvo dopravy. Hlavní části státního rozpočtu ukazuje obr. 6. (27, 28, 29)

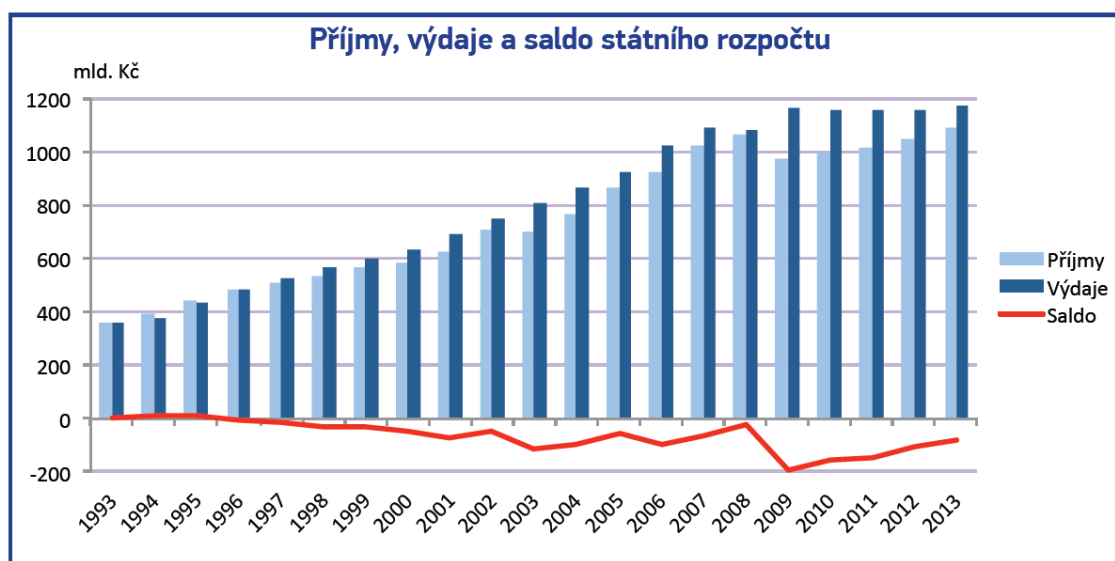
Příjmy	Výdaje
I. Běžné příjmy – daňové – nedaňové	III. Běžné výdaje
II. Kapitálové příjmy	IV. Kapitálové výdaje
	V. Čisté půjčky
I + II (Celkem)	= III + IV + V (Celkem)

Obr. 6 Schéma státního rozpočtu, zdroj (28)

Nejdůležitější skupinu příjmů státního rozpočtu tvoří běžné příjmy. Tyto příjmy představují přibližně 99% z celkových příjmů a jsou trvalého charakteru, patří mezi ně daně, sociální pojištění, cla, příjmy a odvody organizací ve veřejném sektoru. Kapitálové příjmy představují kolem 0,1% z celkových příjmů, např. státní půjčky. Za běžné výdaje je možné označit různé dávky domácnostem, veřejnou spotřebu obyvatelstva jako školství nebo zdravotnictví. Kapitálové příjmy jsou stanoveny pro velké investiční výdaje, které není možné obvykle financovat v jednom roce. (30)

Na státní rozpočet je možno nahlížet z více pohledů je to jako na peněžní fond, kdy pod tímto rozumíme centrální peněžní fond, který je současně bilancí příjmů a výdajů a finančního plánu. (31)

Celkové příjmy a výdaje státního rozpočtu za kalendářní rok 2014 stanovuje zákon č. 475/2013 Sb. Obr. 7 ukazuje přehled příjmů a výdajů v mld. Kč od roku 1993. (32)



Obr. 7 Příjmy a výdaje státního rozpočtu, zdroj (33)

V těchto velkých částkách tvoří nemalé procento i dopravní nehody, v roce 2013 byl dopad nehod na státní rozpočet ve výši 21,2 mld. Kč. Příjmy kapitoly 327 - ministerstva dopravy v roce 2014, které je ústředním orgánem státní správy ve věcech dopravy a je zodpovědné za tvorbu státní politiky, v poli dopravy činily 13,727 mld. Kč, oproti tomu výdaje dosáhly na částku 43,875 mld. Kč. (33,34)

1.5 Krizové řízení v dopravě

V případě vzniku krizové situace plní doprava významnou funkci, ovšem pokud je dopravní infrastruktura kvalitnější, tím je i citlivější k narušení její funkčnosti MU. Z tohoto důvodu je nutné vytvořit systém, který by zabezpečil její funkčnost a vedl k rychlému odstranění narušení funkčnosti. Narušení kritické infrastruktury v dopravě se může projevit dvěma způsoby, a to nahodile, nebo záměrně v důsledku mimořádných událostí vně dopravního systému, nebo uvnitř dopravního systému. Příčinou MU uvnitř systému je člověk, motorové vozidlo, pozemní komunikace, dopravní technologie a informace. Situace, která si žádá vyhlášení krizových stavů má původ vně dopravního systému. Podle požadovaných sil a prostředků a rozsahu škod je možno dělit MU na nehodové události, kterým odpovídá kvantifikační stupeň I., II., havarijní události - kvantifikační stupeň III., a krizové události - kvantifikační stupeň IV. Dělení MU podle následků hmotných škod a ztrát na lidských životech ilustruje následující tabulka. (15)

Tab. 4 Dělení MU podle rozsahu následků

Kvantifikační stupeň	Číslo a typ MU	Ztráty na lidských životech, újmy na zdraví	Materiální ztráty v mil. Kč
<i>I.</i>	1. ZÁVADA	žádné	10^{-4}
<i>I.</i>	2. VADA	0, dílčí ohrožení zdraví	$10^{-4} - 10^{-3}$
<i>II.</i>	3. PORUCHA	0, dílčí ohrožení zdraví	$10^{-3} - 10^{-2}$
<i>II.</i>	4. NEHODA	jedinec, hromadné ohrožení zdraví	10^{-1}
<i>III.</i>	5. HAVÁRIE	několik jedinců	1 a více
<i>III.</i>	6. ZÁVAŽNÁ HAVÁRIE	až desítky osob	1 – 10
<i>III.</i>	7. POHROMA	desítky až stovky	$10 - 10^2$
<i>IV.</i>	8. KATASTROFA	stovky až tisíce	$10^2 - 10^3$
<i>IV.</i>	9. KATAKLYZMA	desetitisíce až statisíce	$10^3 - 10^4$
<i>IV.</i>	10. APOKALYPSA	milióny a více	10^6 a více

Zdroj (15), vlastní zpracování

Nastane-li krizová situace, při níž je vyhlášen krizový stav, může ministerstvo dopravy, jako orgán krizového řízení, nařídit provozovateli silniční dopravy jakož i vlastníkovi, či provozovateli dopravních cest povinnost k zabezpečování dopravních potřeb. Pokud by hrozilo nebezpečí z prodlení, může být tato povinnost nařízena jiným správním úřadem. (35) Krizový stav v dopravě odpovídá dle výše uvedené tabulky kvantifikačnímu stupni III. a IV., lze jej charakterizovat jako stav, při kterém nestačí složky IZS, speciální služby a prostředky resortu dopravy k navození normální funkce a je zapotřebí využít prostředků a opatření v krizových plánech subjektů hospodářské mobilizace ministerstva dopravy. Jestliže je možno mimořádnou událost zvládnout prostřednictvím složek IZS v součinnosti se speciálními službami ministerstva dopravy, lze ji definovat jako havarijní stav v dopravě, kterému odpovídá kvantifikační stupeň III. K navození normálního stavu využívají složky IZS a speciální služby zpracované havarijní plány. Za nehodový stav, lze označit dopravní nehodu, která svým rozsahem ohrozí plynulost provozu a vyžaduje provozní opatření. Nehodovému stavu v dopravě odpovídá kvantifikační stupeň I. a II. (36)

Odbor krizového řízení ministerstva dopravy

Ministerstvo dopravy za účelem zvládnání krizových situací zřizuje odbor krizového řízení (030), který je podřízen přímo ministerstvu dopravy. Organizačně se odbor člení na oddělení koncepcí a mezinárodní spolupráce, oddělení plánování a řízení a oddělení bezpečnostní. Tento odbor zajišťuje připravenost v případě vzniku krizové situace, vede registr oznámení a zabezpečuje úkoly resortu v oblasti: CNP, HOPKS, obranného plánování, kritické infrastruktury v silniční dopravě a zavedení regulačních opatření. Jeho úkolem je mimo to i ochrana chráněných zájmů jako je zabezpečení ochrany utajovaných informací a bezpečnosti na ministerstvu dopravy. (37)

Ministerstvo dopravy provozuje dopravní informační systém podle zákona č. 239/2000 Sb., o IZS, který je celostátním informačním systémem pro záchranné a likvidační práce. Správní úřady a dopravci mají povinnost do tohoto systému vnést údaje, při každé přepravě nebezpečných věcí jak v silniční dopravě, tak

i v ostatních druzích dopravy. Provozovatel systému je povinen zajistit ochranu údajů, aby nedošlo ke zneužití a tím ohrožení zdraví, majetku a životního prostředí. (7)

Ministerstvo dopravy nyní zpracovává materiál dopravní politika ČR, pro období 2014 – 2020 s výhledem do roku 2015, tato dopravní politika navazuje na dopravní politiku v letech 2005 – 2013, ve které je mimo jiné stanovena strategie systému krizového řízení v dopravě. Tato strategie stanovuje cíle resortu dopravy v oblasti krizového řízení, zajištění obrany státu a mezinárodní spolupráce a vychází z již zmíněné dopravní politiky, bezpečnostní strategie ČR, koncepci ochrany obyvatelstva do roku 2020 s výhledem do roku 2030 a z dalších dokumentů. Základním cílem krizového řízení, v oblasti dopravy je, aby byla doprava zajištěna ve všech funkcích, ve kterých se projevuje. (37)

1.6 Statistika a vybrané statistické metody

Pojem statistika zahrnuje více významů. Statistika je věda, jež se zabývá získáváním dat, která jsou následně zpracována a analyzována. V současné společnosti je nespočet informací, které mají určitou důležitost a statistika je jedním z prostředků, který může z analyzovaných dat poskytnout užitečnou informaci. Získané informace je potřeba analyzovat, aby byly přehledné a daly se snadněji interpretovat a pomáhaly tak při důležitých rozhodnutích. V dnešní moderní době je možné získaná data efektivně vyhodnotit pomocí několika kliknutí prostřednictvím statistického software, avšak při prezentaci těchto výsledků často dochází k tomu, že lidé sami nevědí, co program vypočetl. (38, 39)

1.6.1 Základní metody deskriptivní statistiky

Metody deskriptivní statistiky slouží k účelnému zpracování dat pomocí tabulek, grafů a základních výpočtů. Na základě deskriptivní statistiky lze jen obtížně ověřovat stanovené hypotézy. Mezi metody v popisné statistice patří: formulace statistického šetření, škálování, měření v deskriptivní statistice a elementární statistické zpracování. (39)

Formulace statistické šetření

V každé uvedené definici statistiky je uvedeno, že se zabývá hromadnými náhodnými jevy. Hromadný náhodný jev (HNJ) je úkaz, který se může vícekrát za sebou opakovat. Rozlišují se dva druhy HNJ. Jeden je výsledkem opakovaného měření dané vlastnosti pouze jednoho předmětu a jeho cílem je stanovit skutečný stav dané vlastnosti daného předmětu. Častější druh HNJ je realizace činností nebo postupů, které se odehrávají ve velké množině prvků a jejich výsledek nelze předem určit. Prvky mají určitou skupinu vlastností totožných a druhou skupinu vlastností rozdílných. Protikladem HNJ je jev individuální, kde se pozorování soustřeďuje pouze na vlastnost jednoho prvku. Účel hromadného náhodného jevu je charakterizovat jejich pravidelnost a eventuálně posoudit i jejich vazby následným srovnáním v prostoru a čase. (40, 41)

V případě, že jsou totožné vlastnosti prvků dané množiny přesně definovány, hovoří se o dané množině jako o statistickém souboru. Statistický soubor může charakterizovat množina osob, událostí, zvířat, věcí atd. Může být chápán jako základní statistický soubor (ZSS), nebo výběrový statistický soubor (VSS). Prvkem statistického souboru je statistická jednotka (SJ), jež je určena shodnými vlastnostmi prvků zkoumané množiny, naopak statistický znak (SZ) je stanoven jinou vlastností prvků ve zkoumané množině. ZSS je určen všemi statistickými jednotkami, má velký rozsah a většinou není uskutečnitelné zkoumat SZ u všech SJ, případně je to nesmírně pracné a nákladné. Z tohoto důvodu je žádoucí provést dané šetření jen u vybraných SJ ze základního souboru. Tyto prvky tvoří výběrový statistický soubor (VSS) a byly vybrány metodou náhodného výběru (NV). NV redukuje SJ takovým způsobem, aby bylo možné výsledky aplikovat na celý ZSS. Rozlišují se různé metody NV - losování, generování tabulkou, ovšem z hlediska statistického šetření je nutné ověřit, zda lze získaný reprezentativní vzorek považovat za náhodný. (42, 43)

Škálování

Proměnné je možné kategorizovat z vícera hledisek, např. pomocí slov nebo čísel. Slovní proměnné je možné rovněž označit jako alfabetské, ovšem mnohem častěji kategoriální, protože po uspořádání SJ vzniknou kategorie. Číselné proměnné lze pojmenovat proměnnými numerickými, nebo také kvantitativními. Je-li zohledněn vztah mezi obměnami a hodnotami proměnných, lze proměnné třídit na nominální, ordinální a metrické. Nominální ve smyslu jmenné označuje ty proměnné, u nichž nelze určit pořadí. Nominální škálou je tudíž třídění do kategorií u každých dvou SJ, a tak lze vypovědět, zda jsou stejné nebo rozdílné, jako např. pohlaví. Ordinální proměnná označuje pojem pořadová. Vyplývá z ní, že tyto proměnné je možné seřadit od nejmenší varianty po největší. Ordinální škála proto umí určit totožnost případně rozdílnost statistických jednotek a zároveň stanovit jejich pořadí, na druhou stranu nedokáže určit vzdálenost mezi dvěma sousedními statistickými jednotkami. Třetím druhem škály je metrická. Pomocí této škály lze říci, že proměnné jsou nejen různé, že jedna je větší než druhá, ale lze je navíc měřit ve smyslu „o kolik“ je obměna větší než druhá.

Pro metrické měření je možno použít kvantitativní metrickou škálu nebo absolutní metrickou škálu. Prvkem kvantitativní metrické škály jsou body určené pomocí velikostí čísel. U této škály není možné stanovit nulový bod, z toho důvodu je volba začátku škály libovolná. Absolutní metrická odstraňuje problém, kdy nelze určit počátek škály a tak umožňuje počítat podíly. Škálování lze tudíž definovat jako vhodné vyjádření SZ skrz prvky škály. (42, 40)

Elementární statistické zpracování

Data, která byla získána prostřednictvím statistického šetření je zapotřebí přehledně uspořádat do tabulek, grafů - polygonu a následně je vyhodnotit. Statistická tabulka je tvořena osmi sloupci, v prvních čtyřech sloupcích jsou uvedeny prvky škály (x_i), absolutní četnosti prvků škály (n_i), relativní četnosti prvků škály (n_i/n) a kumulativní četnosti ($\sum n_i/n$). Zbylé sloupce jsou potřebné pro jednoduchý výpočet empirických parametrů. Následující tabulka ukazuje elementární statistické zpracování pomocí výše uvedených pojmů. (42, 40)

Tab. 5 Statistická tabulka elementárního statistického zpracování

x_i	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
1	9	0,18	0,18	9	9	9	9
2	15	0,3	0,48	30	60	120	240
3	20	0,4	0,88	60	180	540	1620
4	4	0,08	0,96	16	64	256	1024
5	2	0,04	1,00	10	50	250	1250
	$\Sigma 50$	$\Sigma 1,00$		$\Sigma 125$	$\Sigma 363$	$\Sigma 1175$	$\Sigma 4143$

Zdroj (43)

Statistická tabulka není jedinou možností vyjádření elementárních hodnot. Další možností je prvkům škály přiřadit absolutní četnosti, relativní četnosti nebo v druhé řadě kumulativní četnosti, jejichž výsledkem je polygon, mnohoúhelník četnosti. V pravoúhlé soustavě souřadnic jsou na vodorovné ose zobrazeny prvky škály

x_i a následně na svislé ose výše uvedené četnosti. Účel grafického vyjádření je velký na první pohled lze totiž posoudit parametry polohy, špičatosti, šikmosti, variability. (43)

Závěrem elementárního statistického zpracování a koncem deskriptivní statistiky je výpočet empirických parametrů, které je možné členit na základě charakteristiky zkoumaného statistického znaku na parametry polohy, proměnlivosti, špičatosti, šikmosti. Druhým způsobem dělení je dělení podle postupu výpočtu na parametry kvantilové a parametry momentové. Momentové parametry je možno rozdělit na momenty obecné, centrální a momenty normované. Platí, že pro určení centrálních momentů je zapotřebí momentů obecných a k vyjádření momentů normovaných jsou nutné momenty centrální. Aritmetický průměr (parametr polohy) je obecným momentem prvního řádu. Neměl by se používat u ordinálních znaků kvůli tomu, že ordinální stupnice je libovolná. Aritmetický průměr je rovněž citlivý při odlehklých hodnotách, z toho důvodu se používá u kvantitativních znaků, kdy můžeme čísla sčítat. Centrální moment druhého řádu je parametrem variability, který určuje empirický rozptyl. Je-li centrální moment druhého řádu soustředěn blíže k aritmetickému průměru, jeho proměnlivost bude malá. V opačném případě pak značí proměnlivost velkou. Proměnlivost je určována pomocí odchylek. Směrodatná odchylka, jež je odmocninou empirického rozptylu, ukazuje výpovědní hodnotu průměru. Normovaným momentem 3. řádu je parametr šikmosti. V případě, že je kladný, poskytuje informaci, že prvky škály, které se nachází vlevo od průměru, jsou vyšších četností a naopak. Parametr špičatosti lze vypočítat pomocí normovaného momentu 4. řádu. Pokud je jeho výsledek vysoký, poukazuje na srovnatelnost s normálním rozdělením. (44)

1.6.2 Základní metody matematické statistiky

Matematická statistika je vědní disciplína, která se nachází na rozhraní deskriptivní statistiky a aplikované matematiky. Pomocí aparátu teorie pravděpodobnosti posuzuje vlastnosti rozdělení dat. Matematická statistika hledá dané charakteristiky náhodné veličiny. Mezi základní metody patří neparametrické a parametrické testování, teorie odhadů a měření statistických závislostí. (40, 41)

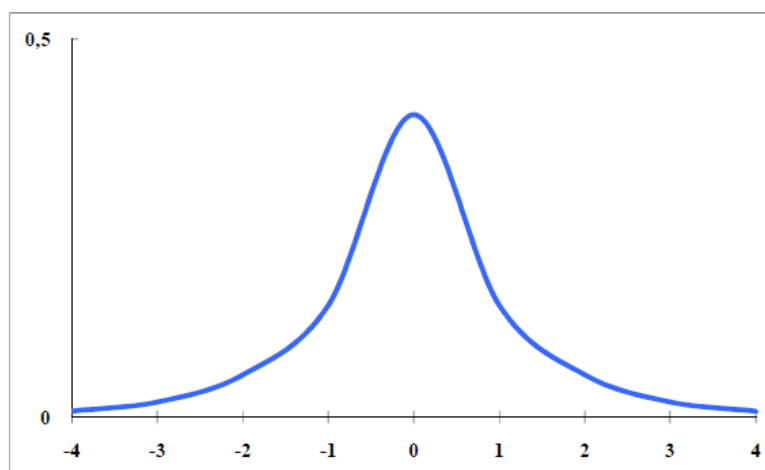
Neparametrické testování

Neparametrické testování slouží k přiřazení teoretického rozdělení empirickému. Teoretické rozdělení je tak významným pojmem v teorii pravděpodobnosti. Na základě frekvenční funkce, distribuční funkce nebo pravděpodobnostní funkce existuje několik pravděpodobnostních rozdělení. Mezi nejvýznamnější patří normální rozdělení, Poissonovo rozdělení, binomické rozdělení a další. Normální rozdělení má neobyčejný význam jak v celé teorii pravděpodobnosti, tak i v matematické statistice. Slovo normální, nelze chápat ve jeho běžném smyslu, jeho význam v tomto případě vyjadřuje „řídící se zákonem nebo modelem.“ Ve spojitém případě je teoretické rozdělení vyjádřeno prostřednictvím hustoty pravděpodobnosti. Rovnice hustoty pravděpodobnosti má následující tvar:

$$\rho(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{x-\mu}{2\sigma^2}\right)^2}$$

V rovnici toho tvaru představují $\pi = 3,141$ a e matematické konstanty, teoretické rozdělení závisí ovšem na parametrech μ a σ , které určují polohu křivky na ose x (μ) a průměrnou hodnotu a míru proměnlivosti podél osy x (σ). Tyto parametry jsou označeny pojmem teoretické parametry. Teoretický parametr μ je obdobou aritmetického průměru vyjádřeného pomocí obecného momentu 1. řádu. Teoretický parametr σ představuje směrodatnou odchylku druhé odmocniny centrálního momentu 2. řádu. Odvozená distribuční funkce pro normované normální rozdělení bývá často označována Laplaceovou funkcí, zapisována bývá ve tvaru $F(u)$. Pro výpočet této funkce jsou určeny statistické tabulky. (43, 45, 46)

Grafické vyjádření rovnice hustoty pravděpodobnosti (Gaussova křivka), má tvar zvonovitého tvaru a v žádném bodě neprotíná vodorovnou osu. Plocha, která je pod křivkou, je rovna jedné. (45)



Obr. 8 Grafické vyjádření rovnice hustoty pravděpodobnosti, zdroj (43)

Jestli-že potřebujeme otestovat hypotézu, zda se vyskytuje shoda mezi teoretickým a empirickým rozdělení, použijeme testy dobré shody. Testy dobré shody patří do skupiny neparametrických testů, jež je nespočet. Mezi nejznámější testy patří Pearsonovo χ^2 rozdělení (χ^2 - test dobré shody), Fisherovo-Snedecorovo rozdělení (F test), Studentovo rozdělení (t-test) a další. Použijeme-li neparametrické hypotézy, nulová hypotéza stanovuje, že empirickému rozdělení lze přiřadit teoretické rozdělení, naopak alternativní hypotéza říká, že zde tato možnost není. Význam testování hypotéz spočívá v porovnání teoretických a empirických četností. Zatímco empirické četnosti jsou vypočítávány v rámci deskriptivní statistiky, teoretické četnosti jsou vypočítávány pomocí pravděpodobnostní funkce a rovnice hustoty pravděpodobnosti. Pro ověření hypotéz je nutné vždy vybrat správné testové kritérium. Na ověření neparametrické hypotézy je nejčastěji použito Pearsonovo χ^2 rozdělení. (45, 47, 38)

U χ^2 - testu dobré shody je nutno stanovit jeho experimentální hodnotu a kritickou teoretickou hodnotu. Následně je prostřednictvím teoretické hodnoty definován kritický obor W. V případě, že se v tomto kritickém oboru W bude nacházet experimentální hodnota, není možné nahradit empirické rozdělení teoretickým rozdělením a je v tomto

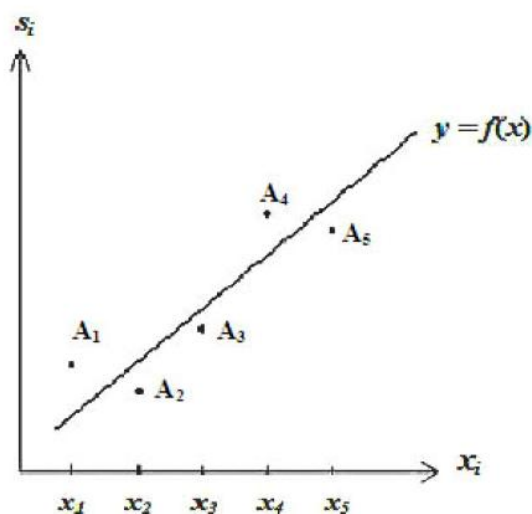
případě nutno přijmout hypotézu alternativní H_a , v opačném případě je přijata hypotéza nulová H_0 . Důležitým krokem při testování hypotéz, je určení hladiny statistické významnosti α . Nejvíce používanými hladinami jsou $\alpha = 0,05$ nebo $\alpha = 0,01$. Pokud je např. zvolena hladina $\alpha = 0,05$ a je přijata nulová hypotéza H_0 , lze vypovědět, že výběrový statistický soubor, je-li určen 100 krát, je možné teoretické rozdělení přiřadit 95 případům. (43, 48)

Měření statistických závislostí

U statistických souborů dvourozměrných nebo vícerozměrných nemůže hodnocení jednotlivých proměnných vypovídat o veškerých informacích, proto je žádoucí toto hodnocení doplnit o údaje, které stanovují závislost mezi jednotlivými statistickými znaky. Rozlišujeme dvě formy závislosti, první možnou je závislost náhodná, tou může být stejný průběh jevů a jeho pravidelnost ve výskytu. Dalším druhem je závislost kauzální, příčinná, jejímž příkladem může být změna skupenství vody, která závisí na více faktorech, jako je teplota vody, hustota kapaliny apod. Pro kauzální závislost je nezbytný předpoklad časová následnost příčiny a účinku. V mnoha případech není tato podmínka postačující, protože časová následnost příčiny a účinku může vyjadřovat pouze koexistenci jevů. Stejně chování jevů není tudíž v důsledku příčinné závislosti ale je odkazem obecnějšího původu. V závislosti příčiny a účinku lze rozlišit závislost jednostrannou a závislost oboustrannou. V případě závislosti jednostranné má příčina vliv na účinek, ale zpětně účinek už na příčinu nepůsobí. Jedná-li se o oboustrannou závislost, oba jevy se vzájemně ovlivňují. (46)

Síla závislosti, korelace, je stanovena pomocí měr statistické závislosti, ke kterým lze přiřadit i korelační koeficienty. Je žádoucí, aby se hodnota míry statistické závislosti nacházela v uzavřeném intervalu od nuly do jedné. Sílu a druh závislosti dvou statistických znaků lze také posoudit pomocí bodového grafu, kde jsou oba dva statistické znaky znázorněny jedním bodem v rovině. Následně lze podle druhu křivky určit, o jaký druh závislosti se jedná – rozlišujeme závislost lineární, exponenciální, logaritmickou a další. (44, 49)

Jednoduchou lineární regresní analýzu popisuje následující obr. 9.

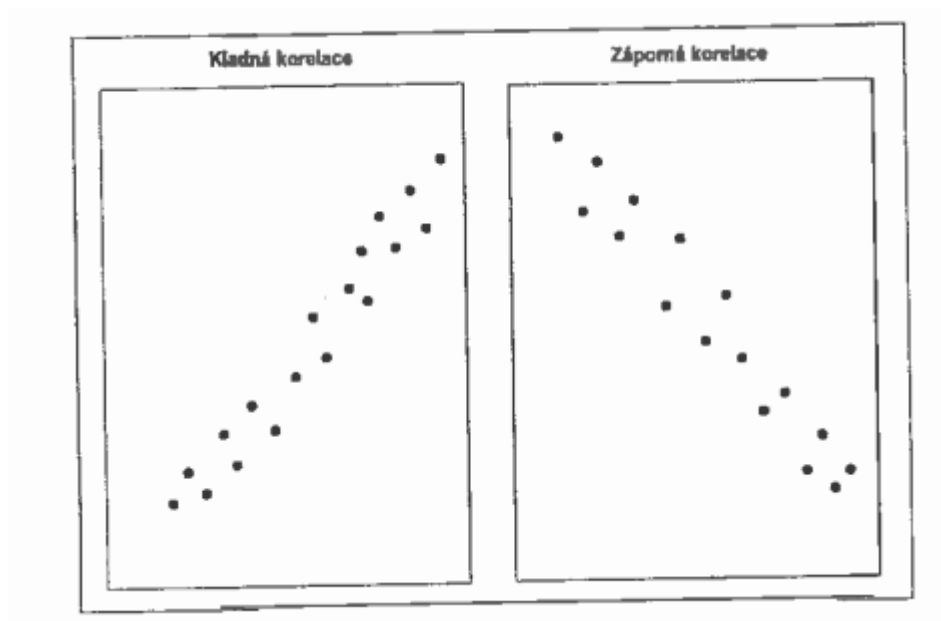


Obr. 9 Jednoduchá lineární regresní analýza, zdroj (43)

V tomto případě jsou na obr. 9 uvedeny dvojice x_i a s_i , které vypovídají o závislosti mezi znaky SZ-x a SZ-s. Prvky škály, které jsou spojené se SZ-x, jsou zobrazené na ose x, na osu y jsou nanášeny výsledky měření SZ-s. V poli pěti bodů je nutno proložit přímkou. Rovnice přímky lineární regresní analýzy má tvar $y = b_0 + b_1x$. Pomocí metody nejmenších čtverců je možné nalézt minimální hodnotu výrazu, která je podmíněna prostřednictvím parciální derivace parametrů b_0 a b_1 a jejich položením nule. Metoda náhodných čtverců je odvozena z toho, že regresní parametry minimalizují součet druhých mocnin. Získaná soustava rovnic se označuje jako soustava normálních rovnic, pomocí které je možno určit hodnoty regresních parametrů a zapsat je do rovnice přímky. (43, 45, 50)

Úkolem jednoduché lineární korelační analýzy je posouzení proměnlivosti vyjádřených hodnot kolem regresní přímky. K měření závislosti mezi dvěma statistickými znaky je použit tzv. Pearsonův korelační koeficient, jehož hodnota se pohybuje v intervalu $\langle -1; 1 \rangle$. V případě kladných výsledků Pearsonova korelačního koeficientu se jedná o pozitivní korelaci a hodnoty obou statistických znaků vzájemně rostou nebo klesají. V druhém případě, kdy se jedná o korelaci negativní, se hodnota jednoho statistického znaku zvětšuje a druhá klesá. Případ, kdy jsou statistické znaky

nezávislé nastane tehdy, pokud se hodnoty Pearsonova korelačního koeficientu pohybují kolem nuly. Jsou-li SZ závislé i v případě nuly, nejedná se o závislost lineární. Z toho důvodu je důležité posoudit, zda je aplikace Pearsonova korelačního koeficientu vhodná. Jedná-li se o lineární závislost mezi dvěma spojitými veličinami, je jeho použití zřejmé. Obr. 10 znázorňuje typické příklady pozitivní a negativní korelace.



Obr. 10 Příklady dat s kladným a záporným korelačním koeficientem, zdroj (44)

2 Hypotézy a metodika výzkumu

Tato diplomová práce byla postavena na základě získaných dat, která byla čerpána ze statistických ročenek dopravní nehodovosti uveřejněných na serveru Policie ČR. Statistická data byla následně analyzována v programu Microsoft Office Excel 2007 a samotné psaní práce probíhalo v programu Microsoft Office Word 2007. K ověření níže uvedených hypotéz pomocí metod deskriptivní a matematické statistiky byly vybrány dva statistické znaky: SZ1 - odhad hmotné škody a SZ2 - počet dopravních na pozemních komunikacích.

Hypotéza H1 - počet dopravních nehod a výše škod jsou pozitivně korelovány.

Hypotéza H2 - výše škod vztažené na časovou jednotku mají rozdělení blízké normálnímu rozdělení.

Hypotéza H3 - časový vývoj dopravních nehod vztažených na časovou jednotku lze vyjádřit lineární regresí s negativní korelací.

2.1 Ověřování hypotéz metodami deskriptivní statistiky

Formulace statistického šetření

Formulace statistického šetření je založena na níže uvedených pojmech:

- HNJ – hromadný náhodný jev
- SJ – statistická jednotka
- SZ – statistický znak
- HSZ – hodnoty statistického znaku
- ZSS – základní statistický soubor a jeho rozsah
- VSS – výběrový statistický soubor a jeho rozsah

Škálování

Ke škálování byla zvolena absolutní metrická škála.

Tabulka elementárního statistického zpracování

Analyzovaná data byla zpracována do přehledné tabulky. Tabulka obsahuje níže uvedené pojmy, které jsou obsaženy v osmi sloupcích.

- x_i – prvky škály
- n_i – absolutní četnosti
- n_i/n – relativní četnosti
- $\sum n_i/n$ – kumulativní četnosti

Další čtyři pojmy $x_i n_i$; $x_i^2 n_i$; $x_i^3 n_i$; $x_i^4 n_i$ mají pouze pomocný charakter, pro výpočet empirických parametrů.

Empirické rozdělení

V podobě grafického vyjádření polygonu kumulativních četností a polygonu absolutních četností jsou prvkům škály x_i přiřazovány odpovídající kumulativní četnosti $\sum n_i/n$ a absolutní četnosti n_i .

Empirické parametry

Pro výpočet empirických parametrů byly použity následující vztahy:

Obecný moment r-tého řádu:

$$O_r(\bar{x}) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^r$$

Obecný moment 1. řádu:

$$O_1(\bar{x}) = \frac{1}{n} \sum n_i x_1$$

Obecný moment 1. řádu je aritmetický průměr a určuje nám polohu středu, parametr polohy.

Centrální moment r-tého řádu:

$$C_{r(x)} = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^r$$

Centrální moment 2. řádu:

$$C_{2(x)} = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2$$

Centrální moment 2. řádu je parametr proměnlivosti (empirický rozptyl, střední kvadratická chyba) a určuje nám šířku.

Směrodatná odchylka:

$$S_x = \sqrt{C_2}$$

Směrodatná odchylka je odmocnina empirického rozptylu C_2 . Ukazuje jakou výpovědní hodnotu má aritmetický průměr, je-li malá výpovědní hodnota aritmetického průměru je velká.

Variační koeficient:

$$\frac{S_x}{O_1}$$

Variační koeficient nám udává, kolik % z aritmetického průměru tvoří směrodatná odchylka.

Exces:

$$\text{exces} = N_4 - 3$$

Normovaný moment 3. řádu:

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2\sqrt{C_2}}$$

Normovaný moment 3. řádu je parametr šikmosti, je-li koeficient šikmosti kladný, pak prvky škály ležící vlevo od aritmetického průměru (nižší prvky škály) mají vyšší četnosti.

Normovaný moment 4. řádu:

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2}$$

Normovaný moment 4. řádu je parametrem špičatosti.

2.2 Ověřování hypotéz metodami matematické statistiky

Jednoduchá lineární regresní analýza

Charakter vazby je dán typem matematické křivky, kterou proložíme pravděpodobnostním oblakem bodů. Přímku nalezneme pomocí:

Metoda nejmenších čtverců:

$$S = \sum_{i=1}^k (s_i - y_i)^2$$

Parciální derivace funkce S:

$$\frac{\partial S}{\partial b_0} = 0, \frac{\partial S}{\partial b_1} = 0$$

Soustava normálních rovnic:

$$\begin{aligned} \sum s_i &= kb_0 + b_1 \sum x_i \\ \sum s_i x_i &= b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 \end{aligned}$$

Rovnice přímky:

$$y = b_0 + b_1x$$

Jednoduchá lineární korelační analýza

K měření těsnosti jednoduché lineární korelace je použit Pearsonův korelační koeficient.

Pearsonův korelační koeficient:

$$k_{xs} = \frac{S_{xs}}{S_x S_s}, k_{xs} \in \langle -1; 1 \rangle$$

S_x a S_s – směrodatné odchylky jednotlivých statistických znaků:

$$C_{2x} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})^2; C_{2s} = \sum \frac{n_i}{n} (s_i - O_{1s})^2$$

S_{xs} – kovariační koeficient:

$$S_{xs} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})(s_i - O_{1s})$$

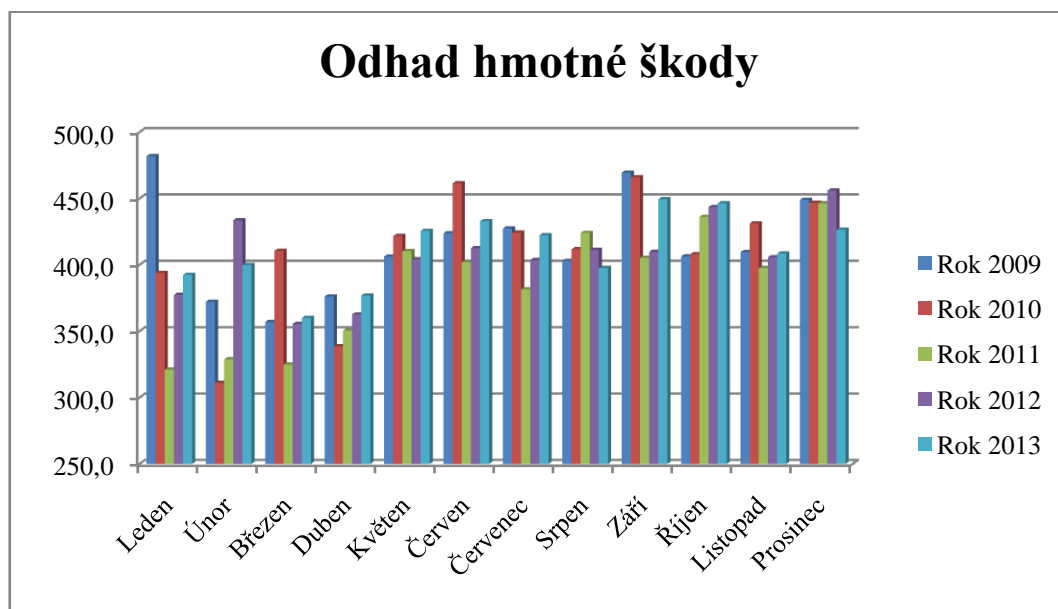
3 Výsledky

3.1 Zpracovaná data pro ze statistických ročenek PČR

Tab. 6 Odhad hmotné 2009 - 2013

Odhad hmotné škody v mil.	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011	Rok 2012	Rok 2013
Leden	481,8	393,87	320,97	377,32	392,344
Únor	372,14	311,05	328,78	433,58	399,836
Březen	356,96	410,48	324,8	355,49	359,96
Duben	376,1	338,6	350,45	362,61	376,86
Květen	406,2	421,7	410,3	404,13	425,61
Červen	423,79	461,41	401,91	412,52	432,87
Červenec	427,31	424,29	381,59	403,65	422,34
Srpen	403	411,7	424	411,2	397,65
Září	469,4	465,9	405,2	409,749	449,4
Říjen	406,3	408	436	443,551	446,4
Listopad	409,6	431,23	397,7	405,7	408,48

Zdroj (11), vlastní zpracování

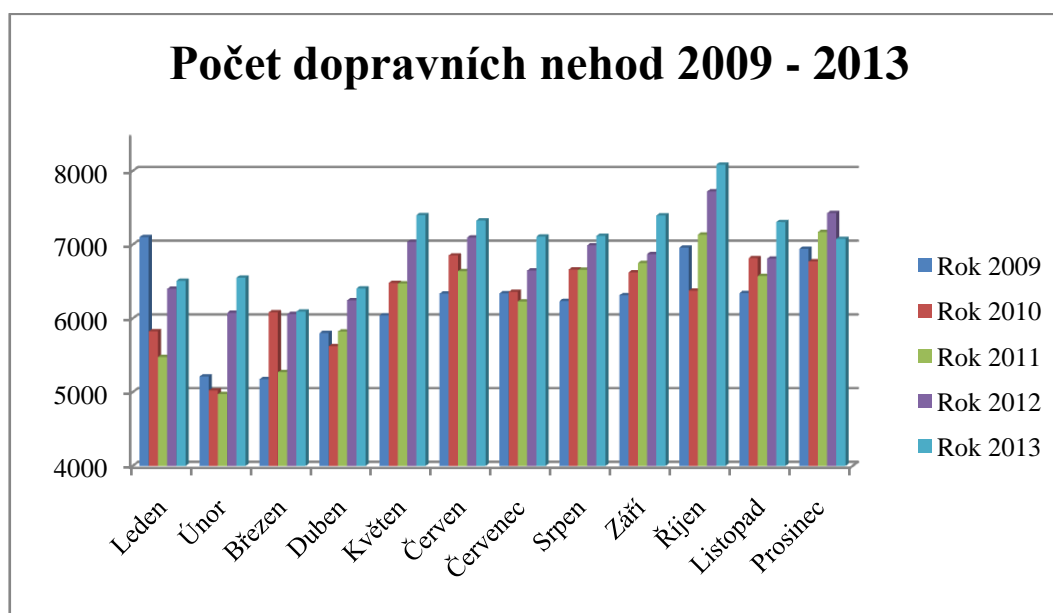


Graf 1 Odhad hmotné škody 2009 – 2013, zdroj (11), vlastní zpracování

Tab. 7 Data počtu dopravních nehod 2009 – 2013

Počet nehod	Rok 2009	Rok 2010	Rok 2011	Rok 2012	Rok 2013
Leden	7103	5827	5477	6402	6512
Únor	5213	5025	4976	6077	6552
Březen	5177	6084	5272	6060	6094
Duben	5802	5624	5823	6247	6408
Květen	6041	6483	6476	7038	7401
Červen	6337	6855	6642	7099	7329
Červenec	6341	6362	6231	6651	7110
Srpen	6236	6665	6660	6992	7120
Září	6314	6625	6752	6874	7398
Říjen	6962	6378	7138	7723	8086
Listopad	6344	6819	6577	6812	7308
Prosinec	6945	6775	7173	7429	7080

Zdroj (11), vlastní zpracování



Graf 2 Počet dopravních nehod 2009 – 2013, zdroj (11), vlastní zpracování

3.2 Analyzovaná data pomocí metod deskriptivní statistiky

Formulace statistického šetření

Hromadný náhodný jev: zkoumání časové a ekonomické souvislosti dopravních nehod na pozemních komunikacích

Statistická jednotka: měsíc

Statistický znak:

SZ1- hmotné škody

SZ2- počet dopravních nehod na pozemních komunikacích

Hodnoty statistického znaku: nejnižší a nejvyšší počet hmotných škod za rok

Náhodný výběr: nebyl proveden

Základní statistický soubor a jeho rozsah: 60 měsíců (2009 – 2013)

Výběrový statistický soubor a jeho rozsah: VSS = ZSS

Škálování

Tab. 8 Absolutní metrická škála – hmotné škody v mil. Kč

Počet prvků	Hmotná škoda
1	>382
2	383 - 407
3	408 - 432
4	433 - 457
5	458 – 482

Zdroj, vlastní zpracování

Tab. 9 Absolutní metrická škála – počet nehod

Počet prvků	Počet nehod
1	4900 - 5400
2	5401 - 5900
3	5901 - 6400
4	6401 - 7000
5	> 7000

Zdroj, vlastní zpracování

Elementární statistické zpracování

Tabulka

Z analyzovaných dat ze statistických ročenek PČR 2009 – 2013, byly zpracovány výsledky měření do dvou tabulek.

Tab. 10 Hmotné škody 2009 - 2013

n	x_i	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
60	1	15	0,25	0,25	15	15	15	15
	2	13	0,22	0,47	26	52	104	208
	3	18	0,3	0,77	54	162	486	1458
	4	10	0,16	0,93	40	160	640	2560
	5	4	0,07	1	20	100	500	2500
Σ		60	1		155	489	1745	6741

Zdroj, vlastní zpracování

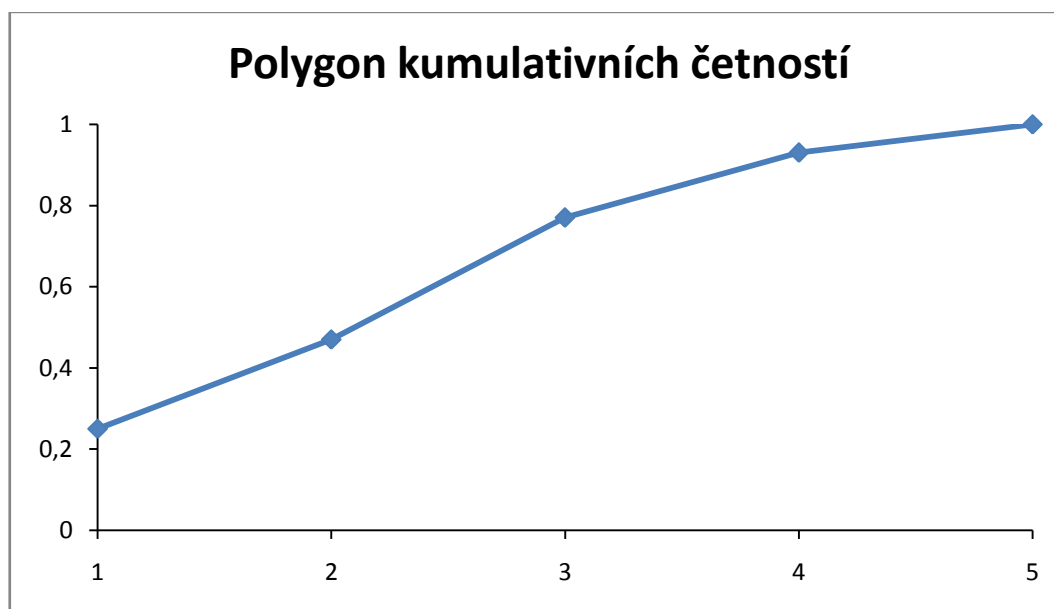
Tab. 11 Počet dopravních nehod 2009 - 2013

n	x_i	n_i	n_i/n	∑ n_i/n	x_in_i	x_i²n_i	x_i³n_i	x_i⁴n_i
60	1	5	0,08	0,08	5	5	5	5
	2	5	0,08	0,16	10	20	40	80
	3	14	0,24	0,4	42	126	378	1134
	4	21	0,35	0,75	84	336	1344	5376
	5	15	0,25	1	75	375	1875	9375
∑		60	1		216	862	3642	15970

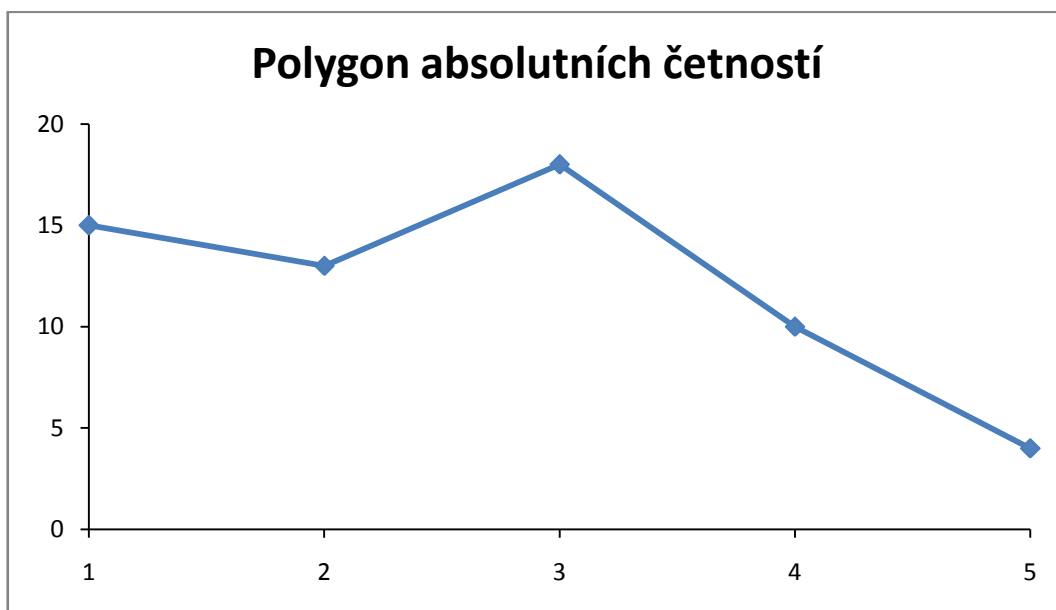
Zdroj, vlastní zpracování

Grafické vyjádření empirických rozdělení četnosti

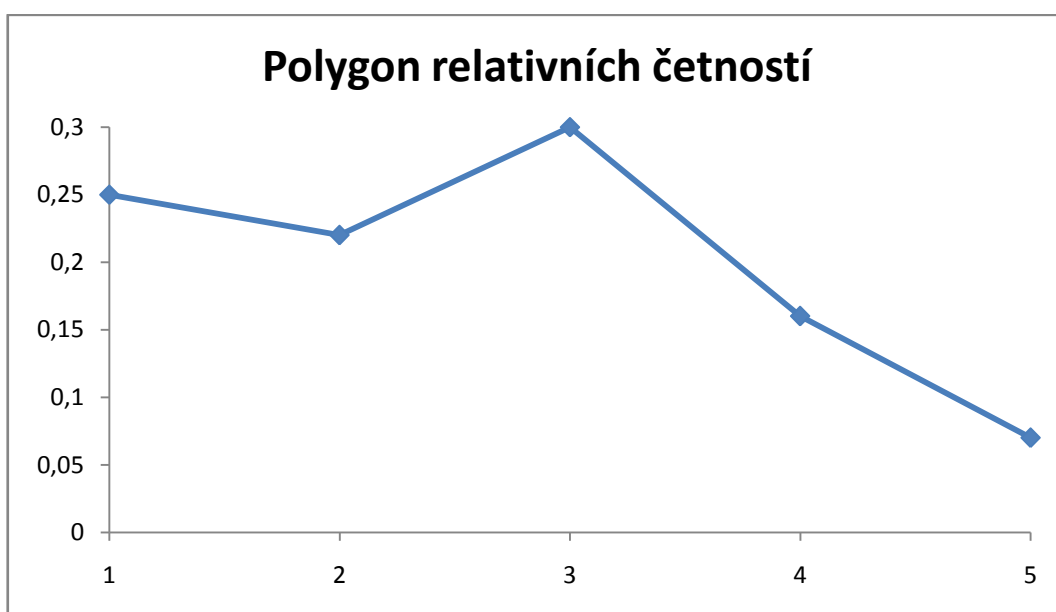
Na základě elementárního statického zpracování dat do tab. 10 byl sestaven polygon kumulativních četností, polygon absolutních četností a polygon relativních četností, kde na ose x jsou označeny prvky škály x_i , kterým odpovídají kumulativní četnosti $\sum n_i/n$, absolutní četnosti n_i a relativní četnosti n_i/n .



Graf 3 Polygon kumulativních četnosti hmotných škod, zdroj, vlastní zpracování

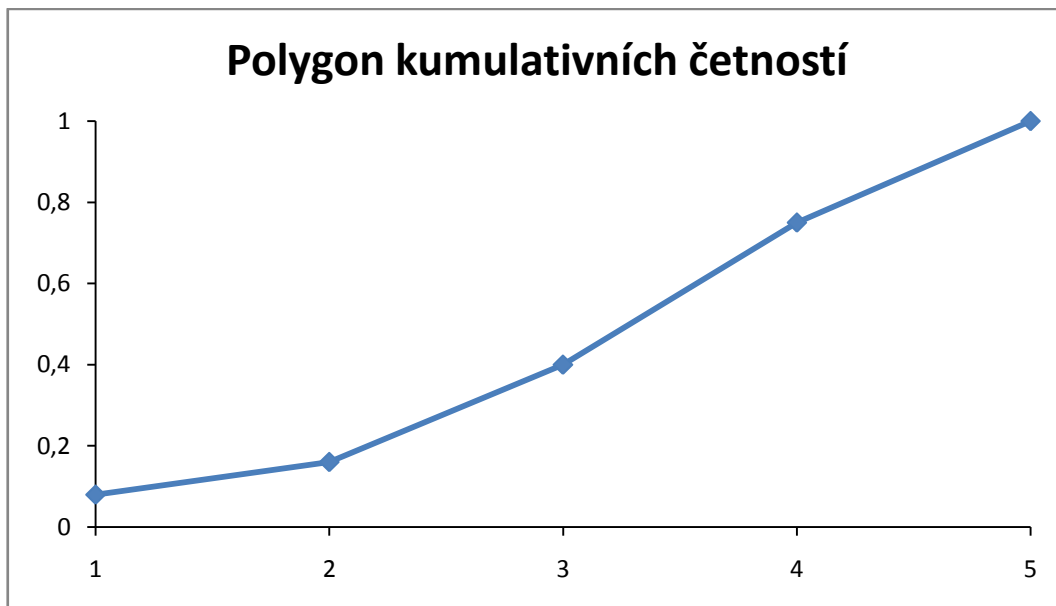


Graf 4 Polygon absolutních četností hmotných škod, zdroj, vlastní zpracování

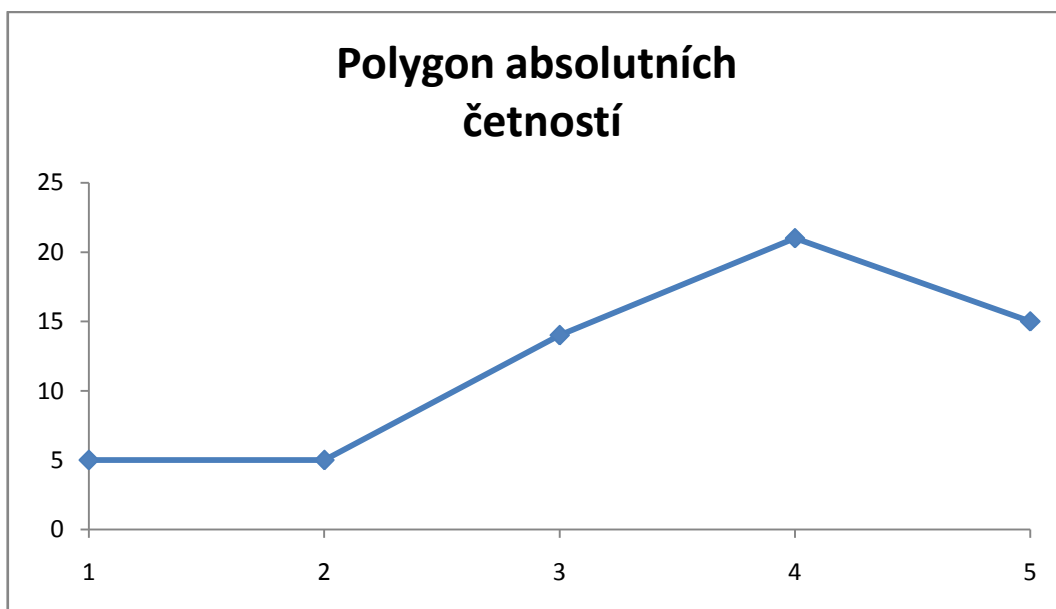


Graf 5 Polygon relativních četností hmotných škod, zdroj, vlastní zpracování

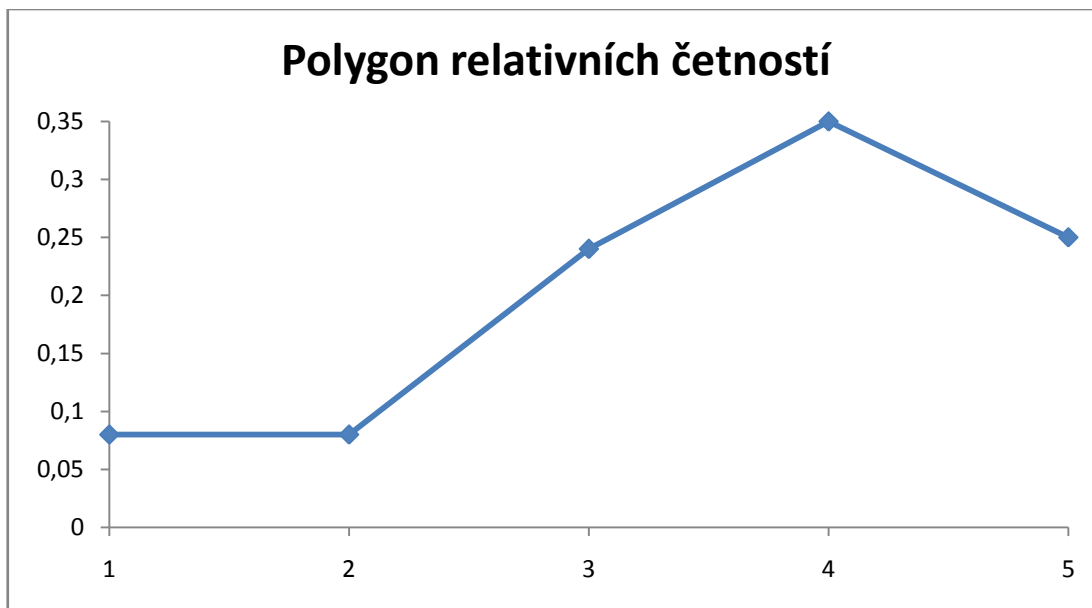
Z analyzovaných dat tab. 11 byl sestaven polygon kumulativních četností, polygon absolutních četností a polygon relativních četností pro počty dopravních nehod.



Graf 6 Polygon kumulativních četností počtu dopravních nehod, zdroj, vlastní zpracování



Graf 7 Polygon absolutních četností počtu dopravních nehod, zdroj, vlastní zpracování



Graf 8 Polygon relativních četností počtu dopravních nehod, zdroj, vlastní zpracování

Empirické parametry hmotných škod

Následně jsou vypočteny empirické parametry, které jsou potřebné pro další zpracování základních metod matematické statistiky.

O₁- obecný moment 1. řádu - aritmetický průměr

$$O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$$

$$O_1(x) = \frac{1}{60} \cdot 155$$

$$O_1(x) = \mathbf{2,58}$$

Vyjádření potřebných obecných momentů: O₂, O₃, O₄

$$O_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i^2 x_i$$

$$O_2(x) = \frac{1}{60} \cdot 489$$

$$O_2(x) = \mathbf{8,15}$$

$$O_3(x) = \frac{1}{n} \sum n_i^3 x_i$$

$$O_3(x) = \frac{1}{60} \cdot 1745$$

$$O_3(x) = \mathbf{29,08}$$

$$O_4(x) = \frac{1}{n} \sum n_i^4 x_i$$

$$O_4(x) = \frac{1}{60} \cdot 6741$$

$$O_4(x) = \mathbf{112,35}$$

C₂-centrální moment 2. řádu - parametr proměnlivosti

$$C_{2(x)} = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2$$

Vyjádření potřebných centrálních momentů pomocí momentů obecných (odvození s použitím binomické věty)

$$C_2 = O_2 - O_1^2$$

$$C_2 = 8,15 - 2,58^2$$

$$C_2 = \mathbf{1,49}$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3$$

$$C_3 = 29,8 - 3 \cdot 8,15 \cdot 2,58 + 2 \cdot 17,17$$

$$C_3 = \mathbf{1,07}$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4$$

$$C_4 = 112,35 - 307,54 + 325,50 - 132,92$$

$$C_4 = \mathbf{-2,61}$$

S_x- směrodatná odchylka

$$S_x = \sqrt{C_2}$$

$$S_x = \sqrt{1,49}$$

$$S_x = \mathbf{1,22}$$

Variační koeficient

$$\frac{S_x}{O_1}$$

$$\frac{1,22}{2,58} = \mathbf{0,47 (47\%)}$$

N₃ - normovaný moment 3. řádu - parametr šikmosti

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}}$$

$$N_3 = \frac{1,07}{1,82}$$

$$N_3 = \mathbf{0,59}$$

Normovaný moment 4. řádu - parametr špičatosti

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2}$$

$$N_4 = \frac{-2,61}{2,22}$$

$$N_4 = \mathbf{-1,18}$$

Exces

$$\text{exces} = N_4 - 3$$

$$\text{exces} = \mathbf{-4,18}$$

Empirické parametry počtu dopravních nehod

Rovněž byly vypočteny empirické parametry počtu dopravních nehod potřebných pro další zpracovávání metodami matematické statistiky.

O₁- obecný moment 1. řádu – aritmetický průměr

$$O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_1$$

$$O_1(x) = \frac{1}{60} \cdot 216$$

$$O_1(x) = \mathbf{3,6}$$

Vyjádření potřebných obecných momentů: O₂, O₃, O₄

$$O_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i^2 x_1$$

$$O_2(x) = \frac{1}{60} \cdot 862$$

$$O_2(x) = \mathbf{14,37}$$

$$O_3(x) = \frac{1}{n} \sum n_i^3 x_1$$

$$O_3(x) = \frac{1}{60} \cdot 3642$$

$$O_3(x) = \mathbf{60,7}$$

$$O_4(x) = \frac{1}{n} \sum n_i^4 x_1$$

$$O_4(x) = \frac{1}{60} \cdot 15970$$

$$O_4(x) = \mathbf{266,17}$$

C₂-centrální moment 2. řádu - parametr proměnlivosti

$$C_{2(x)} = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2$$

Vyjádření potřebných centrálních momentů pomocí momentů obecných (odvození s použitím binomické věty)

$$C_2 = O_2 - O_1^2$$

$$C_2 = 14,37 - 3,6^2$$

$$C_2 = \mathbf{1,41}$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3$$

$$C_3 = 60,7 - 3 \cdot 14,37 \cdot 3,6 + 2 \cdot 46,66$$

$$C_3 = \mathbf{-1,18}$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4$$

$$C_4 = 266,17 - 874,08 + 1117,41 - 503,88$$

$$C_4 = \mathbf{5,62}$$

S_x- směrodatná odchylka

$$S_x = \sqrt{C_2}$$

$$S_x = \sqrt{1,41}$$

$$S_x = \mathbf{1,19}$$

Variační koeficient

$$\frac{S_x}{O_1}$$

$$\frac{1,19}{3,6} = \mathbf{0,33 (33\%)}$$

N3 - normovaný moment 3. řádu – parametr šikmosti

$$N_3 = \frac{C_3}{C_2\sqrt{C_2}}$$

$$N_3 = \frac{-1,18}{1,68}$$

$$N_3 = -0,70$$

N4 - normovaný moment 4. řádu - parametr špičatosti

$$N_4 = \frac{C_4}{C_2^2}$$

$$N_4 = \frac{5,62}{1,99}$$

$$N_4 = 2,83$$

$$\text{exces} = N_4 - 3$$

$$\text{exces} = -0,17$$

3.3 Analyzovaná data pomocí metod matematické statistiky

Intervalové rozdělení četností – hmotné škody dopravních nehod

Tab. 12 Intervalové rozdělení četností hmotné škody dopravních nehod

x_i	interval	n_i	n_i/n	$\sum n_i/n$	$x_i n_i$	$X_i^2 n_i$	$X_i^3 n_i$	$X_i^4 n_i$
1	$(-\infty; 1,5>$	15	0,25	0,25	15	15	15	15
2	$(1,5; 2,5>$	13	0,22	0,47	26	52	104	208
3	$(2,5; 3,5>$	18	0,3	0,77	54	162	486	1458
4	$(3,5; 4,5>$	10	0,16	0,93	40	160	640	2560
5	$(4,5; \infty)$	4	0,07	1	20	100	500	2500
\sum			1		155	489	1745	6741

Zdroj, vlastní zpracování

Testové kritérium (u-test)

$$u_i = \frac{u_i - O_1}{S_x}$$

$$u_1 = \frac{1,5 - 2,58}{1,22} = -\mathbf{0,89}$$

$$u_2 = \frac{2,5 - 2,58}{1,22} = -\mathbf{0,07}$$

$$u_3 = \frac{3,5 - 2,58}{1,22} = \mathbf{0,75}$$

$$u_4 = \frac{4,5 - 2,58}{1,22} = \mathbf{1,57}$$

$$u_5 = \frac{\infty - 2,58}{1,22} = \infty$$

Laplacelova funkce

$$p_1 = \int_{-\infty}^{-0,89} \rho(u) du = F(-0,89) = \mathbf{0,18}$$

$$p_2 = \int_{-0,89}^{-0,07} \rho(u) du = F(-0,07) - F(-0,89) = \mathbf{0,29}$$

$$p_3 = \int_{-0,07}^{0,75} \rho(u) du = F(0,75) - F(-0,07) = \mathbf{0,3}$$

$$p_4 = \int_{0,75}^{1,57} \rho(u) du = F(1,57) - F(0,75) = \mathbf{0,17}$$

$$p_5 = \int_{1,57}^{\infty} \rho(u) du = F(\infty) - F(1,57) = \mathbf{0,06}$$

Aplikace χ^2 testu

Výpočet experimentálního χ^2

$$\chi_{\text{EXP}}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$$

$$\chi_{\text{EXP}}^2 \sum \frac{(n_1 - np_1)^2}{np_1} = \frac{(15 - 60 \cdot 0,18)^2}{60 \cdot 0,18} = \mathbf{1,6}$$

$$\chi_{\text{EXP}}^2 \sum \frac{(n_2 - np_2)^2}{np_2} = \frac{(13 - 60 \cdot 0,29)^2}{60 \cdot 0,29} = \mathbf{1,11}$$

$$\chi_{\text{EXP}}^2 \sum \frac{(n_3 - np_3)^2}{np_3} = \frac{(18 - 60 \cdot 0,3)^2}{60 \cdot 0,3} = \mathbf{0}$$

$$\chi_{\text{EXP}}^2 \sum \frac{(n_4 - np_4)^2}{np_4} = \frac{(10 - 60 \cdot 0,17)^2}{60 \cdot 0,17} = \mathbf{0,004}$$

$$\chi_{\text{EXP}}^2 \sum \frac{(n_5 - np_5)^2}{np_5} = \frac{(4 - 60 \cdot 0,06)^2}{60 \cdot 0,06} = \mathbf{0,04}$$

$$\chi_{\text{EXP}}^2 = \mathbf{2,75}$$

Výpočet teoretického χ^2

Hladina významnosti je volena $\alpha = 0,05$.

$$\chi_{\text{TEOR}}^2 = \chi_{k-r-1}^{(\alpha=0,05)}$$

$$v = k - r - 1$$

$$v = 5 - 2 - 1$$

$$v = 2$$

$$\chi_1^2(0,05) = \mathbf{5,99}$$

$$\chi_{\text{TEOR}}^2 > \chi_{\text{EXP}}^2 - \text{přijímáme nulovou hypotézu}$$

Na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$ je možné potvrdit hypotézu **H2**, zkoumané rozdělení lze nahradit normálním rozdělením, empirický graf lze nahradit Gaussovou křivkou.

Měření statistických závislostí

U statistické jednotky (měsíc) bude souběžně zkoumáno více statistických znaků (počet dopravních nehod + hmotná škoda) Charakter vazby se řídí typem regresní křivky, v této práci je regresní křivkou přímka, jedná se tedy o lineární regresní analýzu.

Lineární regresní analýza pro hypotézu H1

Přímku nalezneme pomocí metody nejmenších čtverců:

$$S = \sum_{i=1}^k (s_i - y_i)^2 \Rightarrow S = f(b_0, b_1)$$

Parciální derivace funkce S:

$$\frac{\partial S}{\partial b_0} = 0, \frac{\partial S}{\partial b_1} = 0$$

Soustava normálních rovnic:

$$\sum s_i = kb_0 + b_1 \sum x_i$$
$$\sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

Dosazení do rovnic můžeme pomocí metody „B“:

Tab. 13 Výpočty pro lineární regresi

x_i	$n_{i,x}$ - škody	s_i	$n_{i,s}$ - nehody
1	15	1	5
2	13	2	5
3	18	3	14
4	10	4	21
5	4	5	15
Σ	60	Σ	60

Zdroj, vlastní zpracování

Tab. 14 Přeformulování statistického šetření

$n_{i,x}$	x_i - škody	$n_{i,s}$	s_i - nehody
1	15	1	5
1	13	1	5
1	18	1	14
1	10	1	21
1	4	1	15
$\Sigma=5$	60	$\Sigma=5$	60

Zdroj, vlastní zpracování

Dosazení do rovnice lineární regrese metodou B:

$$60 = 5b_0 + 60b_1 \quad / \cdot (-12)$$

$$\underline{662 = 60b_0 + 834b_1}$$

$$-720 = -60b_0 - 720b_1$$

$$\underline{662 = 60b_0 + 834b_1}$$

$$-58 = 114b_1$$

$$-114b_1 = 58$$

$$\mathbf{b_1 = -0,5}$$

$$60 = 5b_0 + 60 \cdot (-0,5)$$

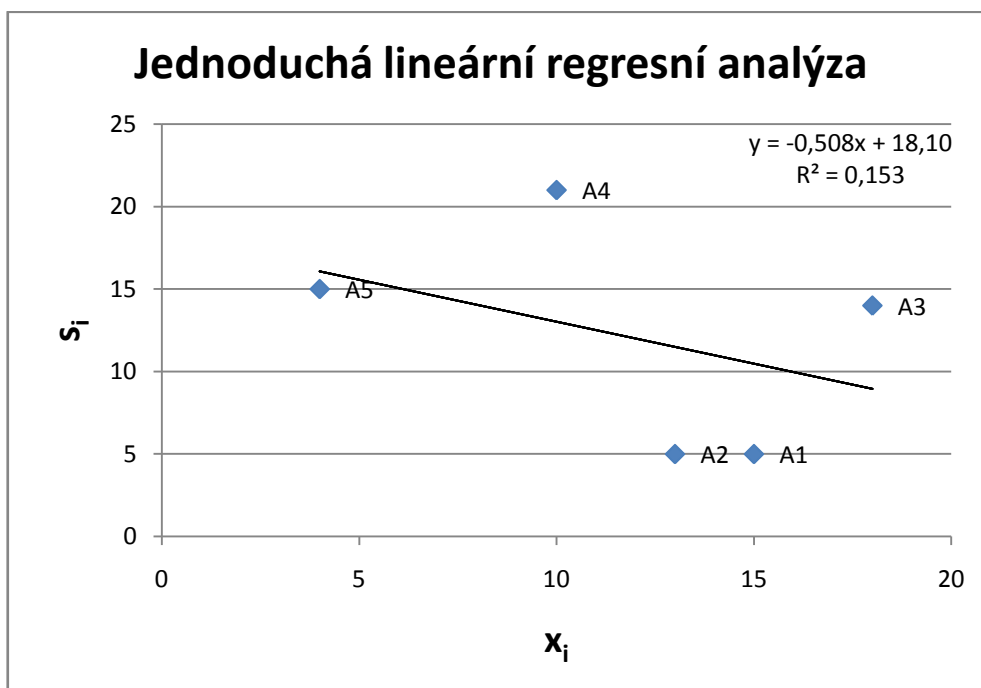
$$60 = 5b_0 - 30$$

$$-5b_0 = -90$$

$$\mathbf{b_0 = 18}$$

Vyřešením soustavy normálních rovnic lze získat hodnoty parametru b_0 , b_1 a zapsat rovnici přímky:

$$\mathbf{y = -0,5x + 18}$$



Graf 9 Jednoduchá lineární regresní analýza, zdroj, vlastní zpracování

Lineární korelační analýza pro hypotézu H1

Zjišťujeme těsnost vazby 2 statistických znaků, těsnost vazby je dána vzdáleností pravděpodobnostního oblaku bodů od regresní přímky.

Pearsonův korelační koeficient:

$$k_{XS} = \frac{S_{XS}}{S_X S_S}, k_{XS} \in \langle -1; 1 \rangle$$

S_x a S_s – směrodatné odchyly jednotlivých statistických znaků:

$$C_{2x} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})^2$$

$$C_{2x} = \frac{1}{5} [(15 - 12)^2 + (13 - 12)^2 + (18 - 12)^2 + (10 - 12)^2 + (4 - 12)^2]$$

$$C_{2x} = \frac{1}{5} \cdot (9 + 1 + 36 + 4 + 64)$$

$$C_{2x} = 22,8$$

$$S_x = \sqrt{C_{2x}} = \sqrt{22,8} = \mathbf{4,77}$$

$$C_{2s} = \sum \frac{n_i}{n} (s_i - O_{1s})^2$$

$$C_{2s} = \frac{1}{5} [(5 - 12)^2 + (5 - 12)^2 + (14 - 12)^2 + (21 - 12)^2 + (15 - 12)^2]$$

$$C_{2s} = \frac{1}{5} \cdot (49 + 49 + 4 + 81 + 9)$$

$$C_{2s} = 38,4$$

$$S_s = \sqrt{C_{2s}} = \sqrt{38,4} = \mathbf{6,20}$$

S_{xs} – kovariační koeficient:

$$S_{xs} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})(s_i - O_{1s})$$

$$S_{xs} = \frac{1}{5} [(15 - 12)(5 - 12) + (13 - 12)(5 - 12) + (18 - 12)(14 - 12) + (10 - 12)(21 - 12) + (4 - 12)(15 - 12)]$$

$$S_{xs} = \frac{1}{5} \cdot (-58)$$

$$S_{xs} = \mathbf{-11,6}$$

Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu:

$$k_{xs} = \frac{S_{xs}}{S_x \cdot S_s}$$

$$k_{xs} = \frac{-11,6}{4,77 \cdot 6,20}$$

$$k_{xs} = \mathbf{-0,4}$$

$(k_{xs})^2 = 0,16$ - koeficient determinace (blízký soulad s R^2 0,153)

Na základě Pearsonova korelačního koeficientu **nelze potvrdit hypotézu H1**: Počet dopravních nehod a výše škod jsou negativně korelovány.

Lineární regresní analýza pro hypotézu H3

SZ 1 – roky 2009 – 2013 vyjádřené pololetně, formou prvků škály x_i

SZ 2 – počty dopravních nehod s_i

Soustava normálních rovnic:

$$\sum s_i = kb_0 + b_1 \sum x_i$$

$$\sum s_i x_i = b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2$$

Dosazení do rovnic můžeme pomocí metody „A“:

Tab. 15 Výpočty pro lineární regresi

SZ 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SZ 2	35673	39142	35898	39624	34666	40531	38923	42481	40296	44102

Zdroj, vlastní zpracování

Dosazení do rovnice lineární regresní analýzy metodou B:

$$391336 = 10b_0 + 55b_1 / \cdot (-5,5)$$

$$\underline{2212656 = 55b_0 + 385b_1}$$

$$-2152348 = -55b_0 - 302,5b_1$$

$$\underline{2212656 = 55b_0 + 385b_1}$$

$$60308 = 82,5b_1$$

$$-82,5b_1 = -60308$$

$$\mathbf{b_1 = 731,0}$$

$$391336 = 10b_0 + 55 \cdot b_1$$

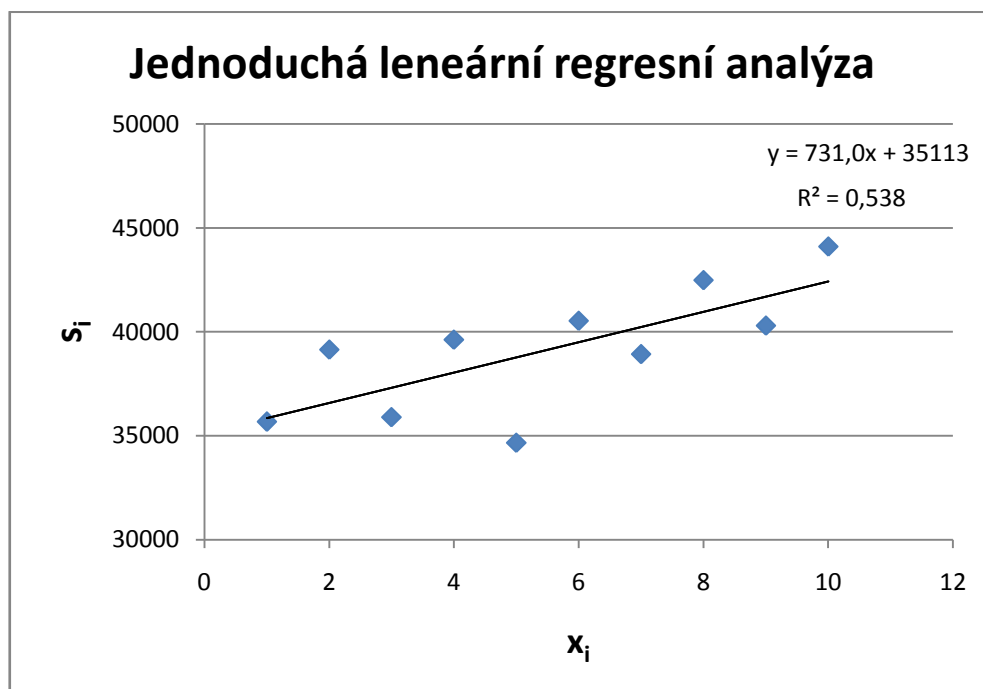
$$391336 = 10b_0 + 40205$$

$$-10b_0 = -387311$$

$$\mathbf{b_0 = 35113}$$

Vyřešením soustavy normálních rovnic lze získat hodnoty parametru b_0 , b_1 a zapsat rovnici přímky:

$$y = 731x + 35113$$



Graf 10 Jednoduchá lineární regresní analýza, zdroj, vlastní zpracování

Lineární korelační analýza pro hypotézu H3

Obecný moment 1. řádu pro SZ – 1:

$$O_{1x} = \frac{\sum x_i}{k} = \frac{55}{10} = 5,5$$

Obecný moment 1. řádu pro SZ – 2:

$$O_{1s} = \frac{\sum s_i}{k} = \frac{391336}{10} = 39133,6$$

S_x a S_s – směrodatné odchytky jednotlivých statistických znaků:

$$C_{2x} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})^2$$

$$C_{2x} = \frac{1}{10} [(1 - 5,5)^2 + (2 - 5,5)^2 + (3 - 5,5)^2 + (4 - 5,5)^2 + (5 - 5,5)^2 \\ + (6 - 5,5)^2 + (7 - 5,5)^2 + (8 - 5,5)^2 + (9 - 5,5)^2 + (10 - 5,5)^2]$$

$$C_{2x} = \frac{1}{10} \cdot (20,25 + 12,25 + 6,25 + 2,25 + 0,25 + 0,25 + 2,25 + 6,25 + 12,25 \\ + 20,25)$$

$$C_{2x} = 0,1 \cdot 82,5$$

$$C_{2x} = 8,25$$

$$S_x = \sqrt{C_{2x}} = \sqrt{8,25} = \mathbf{2,87}$$

$$C_{2s} = \sum \frac{n_i}{n} (s_i - O_{1s})^2$$

$$C_{2s} = \frac{1}{10} [(35673 - 39133,6)^2 + (39142 - 39133,6)^2 + (35898 - 39133,6)^2 \\ + (39624 - 39133,6)^2 + (34666 - 39133,6)^2 \\ + (40531 - 39133,6)^2 + (38923 - 39133,6)^2 \\ + (42481 - 39133,6)^2 + (40296 - 39133,6)^2 \\ + (44102 - 39133,6)^2]$$

$$C_{2s} = 81883210,4$$

$$S_s = \sqrt{C_{2s}} = \sqrt{81883210,4} = \mathbf{2861,5}$$

S_{XS} – kovariační koeficient:

$$S_{XS} = \sum \frac{n_i}{n} (x_i - O_{1x})(s_i - O_{1s})$$

$$S_{XS} = \frac{1}{10} [(1 - 5,5) \cdot (35673 - 39133,6) + (2 - 5,5) \cdot (39142 - 39133,6) \\ + (3 - 5,5) \cdot (35898 - 39133,6) + (4 - 5,5) \cdot (39624 - 39133,6) \\ + (5 - 5,5) \cdot (34666 - 39133,6) + (6 - 5,5) \cdot (40531 - 39133,6) \\ + (7 - 5,5) \cdot (38923 - 39133,6) + (8 - 5,5) \cdot (42481 - 39133,6) \\ + (9 - 5,5) \cdot (40296 - 39133,6) + (10 - 5,5) \cdot (44102 - 39133,6)]$$

$$S_{XS} = \mathbf{52731}$$

Výpočet Pearsonova korelačního koeficientu:

$$k_{XS} = \frac{S_{XS}}{S_x S_s}, k_{XS} \in \langle -1; 1 \rangle$$

$$k_{XS} = \frac{52731}{2861,5 \cdot 2,87}$$

$$k_{XS} = \frac{5302,79}{8212,5}$$

$$k_{XS} = \mathbf{0,65}$$

Jedná se o silnou pozitivní korelaci. Hypotézu **H3 nelze přijmout** - Časový vývoj dopravních nehod vztažených na časovou jednotku **nelze** vyjádřit lineární regresí s negativní korelací.

4 Diskuze

Prostřednictvím diskuze budou potvrzeny nebo vyvráceny hypotézy H1, H2, H3, které byly stanoveny na začátku diplomové práce. Data pro výše uvedené hypotézy byla získána ze statistických ročenek uveřejněných na internetové stránce PČR.

Podstatou **hypotézy H1** bylo ověřit, zda jsou v letech 2009 – 2013 počty dopravních nehod a odhad hmotné škody pozitivně korelovány. Na základě výsledku Pearsonova korelačního koeficientu, jehož hodnota činí $k_{xs} = -0,4$, **nelze hypotézu H1 přijmout**. V intervalu $\langle -1; 1 \rangle$ se tak jedná o slabou negativní korelaci. Tento výsledek lze komentovat jako skutečnost, kdy jeden ze statistických znaků roste a druhý klesá. Negativní korelace je způsobena tím, že ačkoliv jsou častější menší škody, počty nehod v jednotlivých časových jednotkách tento fakt neodrážejí. Vyřešením soustavy normálních rovnic, lze zapsat rovnici regresní přímky pro hypotézu H1, která má tvar: $y = -0,5x + 18$. V rámci výpočtu empirických parametrů pro počet dopravních nehod vyšel obecný moment 1. řádu (aritmetický průměr) $O_1 = 3,6$. Po převedení na hodnotu statistického znaku, je průměrný měsíční počet dopravních nehod 6560. Směrodatná odchylka, která ukazuje, jakou výpovědní hodnotu má aritmetický průměr, vyšla $S_x = 1,19$. Kolik % z aritmetického průměru tvoří směrodatná odchylka, nám udává variační koeficient, jehož hodnota je 33%. Hodnota parametru šikmosti pro počet dopravních nehod je $N_3 = -0,70$ a parametr špičatosti $N_4 = 2,83$.

Hypotéza H2 předpokládá, že výše škod při dopravních nehodách na území České republiky, vztažených na časovou jednotku (2009 – 2013), mají rozdělení blízké normálnímu rozdělení. K ověřování hypotézy H2 byl v rámci testování neparametrických hypotéz aplikován χ^2 -test dobré shody, pomocí něhož byla vypočtena hodnota experimentálního $\chi_{EXP}^2 = 2,75$ a dále hodnota teoretického $\chi_{TEOR}^2 = 5,99$. Při testování neparametrických hypotéz byla volena hladina statistické významnosti $\alpha = 0,05$. Následně byly porovnány hodnoty χ_{EXP}^2 a χ_{TOER}^2 , odkud lze učinit závěr, že na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$ je možné zkoumané rozdělení nahradit normálním rozdělením, empirický graf lze nahradit Gaussovou křivkou. Závěrem lze tedy **přijmout nulovou hypotézu H₀**, prostřednictvím které je **přijata hypotéza H2** -

výše škod vztažené na časovou jednotku má rozdělení blízké normálnímu rozdělení. V rámci výpočtu empirických parametrů vyšel parametr polohy (aritmetický průměr) O_1 u výše škod $O_1 = 2,58$, po převedení na hodnotu statistického znaku odpovídá hodnota 2,58 průměrnému měsíčnímu dopadu škod 412 mil. Kč. Směrodatná odchylka, která vypovídá o hodnotě aritmetického průměru, vyšla v tomto případě $S_x = 1,22$. Je-li její hodnota malá, výpovědní hodnota aritmetického průměru je vysoká. Kolik % z aritmetického průměru tvoří směrodatná odchylka, nám udává variační koeficient, jehož hodnota je 47%. Normovaný moment 3. řádu N_3 (parametr šikmosti) vypovídá o koncentraci prvků škály, kladná hodnota $N_3 = 0,59$ vypovídá o větší koncentraci nižších prvků škály. Tomuto tvrzení odpovídá graf 4 v rámci kapitoly výsledky. Normovaný moment 4. řádu u hmotných škod vyšel $N_4 = -1,18$.

Hypotéza H3 předpokládá, že časový vývoj dopravních nehod vztažených na časovou jednotku lze vyjádřit lineární regresí s negativní korelací. Vyřešením soustavy normálních rovnic lze zapsat rovnici regresní přímky pro hypotézu H3 ve tvaru: $y = 731x + 35113$. Tvar regresní funkce vykazuje v lineární podobě obrovskou směrnici (731). Parametr b_1 je dán velkými počty nehod a nepatrnými pořadovými čísly časových jednotek. Při vzetí počtu nehod např. v desetitisících by směrnice jako tangens úhlu vyšla např. 0,7. Počty nehod ve sledovaném časovém rozmezí 2009 – 2013 výrazně stoupají, čemuž odpovídá i počet dopravních nehod na pozemních komunikacích šetřených PČR. Zatímco v roce 2009 PČR šetřila 74815 dopravních nehod, v roce 2013 počet dopravních nehod stoupl na 84398 nehod. Je nutno podotknout, že výše škod tento trend nemají. Pokud by bylo zkoumáno delší časové období, např. od roku 1999, kdy byl počet dopravních nehod 225 690, bylo by možné lineární regresí s negativní korelací zřejmě potvrdit. Při sledování korelační závislosti počtu dopravních nehod vztažených na vymezenou časovou jednotku v období 2009 -2013 je výstupním údajem výsledek Pearsonova korelačního koeficientu, jehož hodnota činí $k_{xs}=0,65$. V intervalu $\langle -1;1 \rangle$ se tak jedná o pozitivní korelací. Na základě Pearsonova korelačního koeficientu lze konstatovat závěr, že hypotézu **H3 nelze přijmout**. Časový vývoj dopravních nehod vztažených na časovou jednotku nelze vyjádřit lineární regresí s negativní korelací.

5 Závěr

V současné době se neustále zvyšuje počet motorových vozidel na pozemních komunikacích a počet řidičů, jež vlastní řidičské oprávnění. V České republice vlastní řidičský průkaz bezmála 6,5 milionů řidičů. Tento vzrůstající trend přímo ovlivňuje počet dopravních nehod a s nimi vzrůstající i ekonomické škody. U dopravních nehod lze hodnotit desítky ukazatelů, např. počet usmrcených, počet lehce, těžce raněných, nebo počty nehod podle příčiny vzniku dopravní nehody. Výstupními daty pro tuto diplomovou práci byly počty dopravních nehod a jejich odhad hmotné škody, jelikož vyčíslením celkové částky ekonomických ztrát dostaneme celkový obraz, kolik dopravní nehody náš stát stojí, respektive naše občany. Dále nám tato informace umožňuje lépe pochopit závažnost této problematiky a poskytuje údaje do dopravně-inženýrských analýz, prostřednictvím kterých lze určit účinek dopravně-bezpečnostních opatření. Jsou-li tato opatření skutečně účinná, nám ukáže celková částka ekonomických škod, která by se v tomto případě měla snižovat

Cílem práce bylo zkoumání časové a ekonomické souvislosti dopravních nehod na pozemních komunikacích prostřednictvím tří formulovaných hypotéz v časovém rozmezí 2009 – 2013.

Při ověřování hypotézy H1 je dán záporný korelační koeficient tím, že jsou ve vymezeném časovém období menší hmotné škody, ale počet nehod v jednotlivých časových jednotkách tento fakt neodrážejí. Hypotéza H1 nebyla potvrzena. Při ověřování hypotézy H2 byla prokázána normalita, tzn., že empirické rozdělení lze nahradit teoretickým normálním rozdělením. Při ověřování hypotézy H3 nebylo možné časový vývoj dopravních nehod vztažených na roky 2009 – 2013 prokázat lineární regresí s negativní korelací a proto nebyla hypotéza H3 potvrzena. Tento závěr je dán tím, že dopravní nehody ve vybraném období měly tendenci stoupat (v roce 2009 byl počet dopravních nehod 74815 a v roce 2003 stoupl na 84398). Vezmeme-li delší časové období, např. od roku 1999 kdy byl počet dopravních nehod 225 690 do roku 2013, byla by lineární regrese s negativní korelací zřejmě potvrzena. V rámci hlubšího

zkoumání dopadu ekonomických škod z dopravní nehodovosti by bylo dobré pracovat s částkou, kterou musí vynaložit jednotlivé instituce jako např. IZS, pojišťovny, soudy.

Většina dopravních nehod je způsobená nepatřičným chováním řidičů motorových vozidel na pozemních komunikacích, tato práce umožňuje krátký náhled do této závažné a obsáhlé problematiky. Zejména změnou chování řidičů v dopravním prostředí a patřičnou legislativní podporou může dojít ke snížení počtu dopravních nehod a jejich ekonomických škod. Díky tomuto patřičnému chování nejnáze docílíme snížení počtu dopravních nehod, úsporám nákladů, zvýšení bezpečnosti, zvýšení kvality života obyvatel ČR a zejména naplnění cílů národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020.

6 Seznam informačních zdrojů

1. PORADA, Viktor et al. *Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi*. Praha: Linde, 2000. ISBN 80-7201-212-6.
2. ČESKO. Zákon č. 111 ze dne 26. dubna 1994 o silniční dopravě. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1994, částka 37, s. 1154. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-111>
3. ČESKO. Nařízení vlády č. 432 ze dne 22. prosince 2010 o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2010, částka 149, s. 5623. Dostupný také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-432>
4. ČESKO. Zákon č. 13 ze dne 23. ledna 1997 o pozemních komunikacích. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, částka 3, s. 47. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>
5. ČESKO. Zákon č. 361 ze dne 14. září 2000 o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 98, s. 4570. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
6. KONEČNÝ, Jaroslav. *Dopravní nehodovost a rizikové chování řidičů motorových vozidel: sborník příspěvků z mezinárodní konference*. Praha: Vyšší policejní škola Ministerstva vnitra v Praze, 2013. ISBN 978-80-260-5466-5.
7. ČESKO. Zákon č. 239 ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 73, s. 3461. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>

8. CHMELÍK, Jan et al. *Dopravní nehody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-211-0.
9. ČESKO. Zákon č. 40 ze dne 8. ledna 2009 trestní zákoník. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2009, částka 11, s. 354. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-40>
10. STODOLA, Jiří et al. *Analýza dopravní nehodovosti: vysokoškolská učebnice*. Brno: Univerzita obrany, 2014. ISBN 978-80-7231-938-1.
11. POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY. Statistiky. Statistiky dopravní nehodovosti. *Policie.cz* [online]. [cit. 2014-05-13].
Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>
12. TICHÝ, Tomáš. *Systém pro detekci a vyhodnocování mikrospánku řidičů = The system for detection and evaluation of driver's micro-sleep*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04188-8.
13. ŠTIKAR, J., J. ŠMOLÍKOVÁ a J. HOSKOVEC. *Psychologie v dopravě*. Praha: Karolinum, 2003. ISBN 80-246-0606-2.
14. ŠTIKAR, J., J. HOSKOVEC a J. ŠMOLÍKOVÁ. *Psychologická prevence nehod: (teorie a praxe)*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1096-5.
15. PAVLÍČEK, František et al. *Řízení dopravy v krizových stavech I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2000. ISBN 80-7194-276-6.
16. VYSKOČILOVÁ, Alena et al. *Metodika výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích: aktualizovaná verze 2013*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2013. ISBN 978-80-86502-55-7.

17. OBSERVATOŘ BEZPEČNOSTI SILNIČNÍHO PROVOZU. Články. Výše ztrát z dopravní nehodovosti za rok 2013. *Czsrso.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.czsrso.cz/clanky/vyse-ztrat-z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-za-rok-2013/>
18. OBSERVATOŘ BEZPEČNOSTI SILNIČNÍHO PROVOZU. Články. Ekonomické následky nehod, financování opatření NSBSP. *Czsrso.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.czsrso.cz/clanky/ekonomicke-nasledky-nehod-financovani-opatreni-nsbsp/>
19. ČESKO. Zákon č. 89 ze dne 3. února 2012 občanský zákoník. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012, částka 33, s. 1026. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89>
20. BESIP. Legislativa. Dopravní nehody a nový občanský zákoník. *Ibesip.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/legislativa/dopravni-nehody-a-novy-obcansky-zakonik-dopravni-nehody-a-novy-obcansky-zakonik-od-1-1-2014>
21. MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. Legislativa. Věstník vlády pro orgány krajů a orgány obcí – rok 2011. *Mvcr.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/vestnik-vlady-pro-organy-kraju-a-organy-obci-rok-2011.aspx>
22. CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU. Odborné články. Ztráty z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích za rok 2010. *Cdv.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://cdv.cz/ztraty-z-dopravni-nehodovosti-na-pozemnich-komunikacich-za-rok-2010/>

23. BESIP. Strategické dokumenty. Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020. *Ibesip.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/besip/strategicke-dokumenty/narodni-strategie-bezpecnosti-silnicniho-provozu/nsbsp-2011-2020>
24. DVOŘÁK, Pavel. *Veřejné finance, fiskální nerovnováha a finanční krize*. Praha: C.H. Beck, 2008. ISBN 978-80-7400-075-1.
25. AUERBACH, Alan J. *Fiscal policy: lessons from economic research*. Cambridge, MA: MIT Press, 1997. ISBN 0-262-01160-3.
26. ČESKO. Zákon č. 218 ze dne 27. června 2000 o rozpočtových pravidlech a o změně některých souvisejících zákonů (rozpočtová pravidla). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 65, s. 3104. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-218>
27. STRECKOVÁ, Yvonne et al. *Veřejná ekonomie pro školu i praxi*. Praha: Computer Press, 1998. ISBN 80-7226-112-6.
28. HAMERNÍKOVÁ - BRATANOVÁ, Bojka et al. *Veřejné finance*. Praha: Victoria Publ., 1995. ISBN 80-7187-050-1.
29. ČERVENKA, Miroslav. *Soustava veřejných rozpočtů*. Praha: Leges, 2009. ISBN 978-80-87212-11-0.
30. PEKOVÁ, J., J. PILNÝ a M. JETMAR. *Veřejná správa a finance veřejného sektoru*. Praha: ASPI, 2008. ISBN 978-80-7357-351-5.

31. OCHRANA, František et al. *Veřejný sektor a veřejné finance: financování nepodnikatelských a podnikatelských aktivit*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3228-2.
32. ČESKO. Zákon č. 475 ze dne 19. prosince 2013 o státním rozpočtu České republiky na rok 2014 a o změně zákona č. 504/2012 Sb., o státním rozpočtu České republiky na rok 2013, ve znění zákona č. 258/2013 Sb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2013, částka 184. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-475>
33. MINISTERSTVO FINANCÍ ČESKÉ REPUBLIKY. Vzdělávání. Státní rozpočet v kostce – 2014. *Mfcr.cz* [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.mfcr.cz/cs/o-ministerstvu/vzdelavani/rozpocet-v-kostce/statni-rozpocet-v-kostce-2014-17501>
34. ČESKO. Zákon č. 2 ze dne 8. ledna 1969 o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy České socialistické republiky. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1969, částka 1, s. 0016. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1969-2>
35. ČESKO. Zákon č. 240 ze dne 28. června 2000 o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 73, s. 3475. Dostupný také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>
36. SOUŠEK, Radovan et al. *Krizové řízení v dopravě*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2002. ISBN 80-86530-06-X.
37. MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY. Odbor bezpečnostní. *Mdcr.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://cep.mdcr.cz/old/default.htm>
38. ANDĚL, Jiří. *Statistické metody*. Praha: Matfyzpress, 1998. ISBN 80-85863-27-8.

39. LEPŠ, Jan a Petr ŠMILAUER. *Biostatistika*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2014.
40. ZÁŠKODNÝ, Přemysl. *The Principles of Probability and Statistics*. Praha: Curriculum, 2012. ISBN 978-80-904948-6-2.
41. KÁBA, Bohumil a Libuše SVATOŠOVÁ. *Statistika 3*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2008. ISBN 978-80-213-0746-9.
42. CYHELSKÝ, L., R. HINDLS a J. KAHOUNOVÁ. *Elementární statistická analýza*. Praha: Management Press, 1999. ISBN 80-7261-003-1.
43. ZÁŠKODNÝ, Přemysl et al. *Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví)*. Praha: Curriculum, 2011. ISBN 978-80-904948-2-4.
44. ZVÁROVÁ, Jana. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80-7184-786-0.
45. BUDINSKÝ, Petr et al. *Základy ekonomické statistiky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2003. ISBN 80-86754-00-6.
46. ČERMÁKOVÁ, Anna. *Statistika 1*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1995. ISBN 80-7040-126-5.
47. BÍLKOVÁ, D., P. BUDINSKÝ a V. VOHÁNKA. *Pravděpodobnost a statistika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-224-0.
48. HENDL, Jan. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-123-9.

49. REIF, Jiří. *Metody matematické statistiky*. Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd, 2000. ISBN 80-7082-593-6.

50. HAVRÁNEK, Tomáš. *Statistika pro biologické a lékařské vědy*. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-200-0080-1.

51. MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY. Silniční doprava. Formulář záznamu o dopravní nehodě. *Mdcr.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/09FF5AEE-E24F-40DB-943B-2BF5908C714D/0/euroformular.pdf>

7 Seznam obrázků, tabulek, grafů

- Tab. 1 Nejčtenější příčiny dopravních nehod v roce
- Tab. 2 Index závažnosti silničních dopravních nehod
- Tab. 3 Celkové ekonomické ztráty při DN v roce 2013 v Kč
- Tab. 4 Dělení MU podle rozsahu následků
- Tab. 5 Statistická tabulka elementárního statistického zpracování
- Tab. 6 Odhad hmotné 2009 – 2013
- Tab. 7 Data počtu dopravních nehod 2009 – 2013
- Tab. 8 Absolutní metrická škála – hmotné škody v mil. Kč
- Tab. 9 Absolutní metrická škála – počet nehod
- Tab. 10 Hmotné škody 2009 – 2013
- Tab. 11 Počet dopravních nehod 2009 – 2013
- Tab. 12 Intervalové rozdělení četností hmotné škody dopravních nehod
- Tab. 13 Výpočty pro lineární regresi
- Tab. 14 Přeformulování statistického šetření
- Tab. 15 Výpočty pro lineární regresi
-
- Obr. 1 Záznam o dopravní nehodě
- Obr. 2 Vývoj ztrát z dopravních nehod v mld. Kč
- Obr. 3 Rozčlenění nákladů
- Obr. 4 Schéma národní strategie bezpečnosti silničního provozu
- Obr. 5 Vývoj počtu smrtelných úrazů a těžce zraněných v období 2002 – 2020
- Obr. 6 Schéma státního rozpočtu
- Obr. 7 Příjmy a výdaje státního rozpočtu
- Obr. 8 Grafické vyjádření rovnice hustoty pravděpodobnosti
- Obr. 9 Jednoduchá lineární regresní analýza
- Obr. 10 Příklady dat s kladným a záporným korelačním koeficientem

- Graf 1 Odhad hmotné škody 2009 – 2013
- Graf 2 Počet dopravních nehod 2009 – 2013
- Graf 3 Polygon kumulativních četností hmotných škod
- Graf 4 Polygon absolutních četností hmotných škod
- Graf 5 Polygon relativních četností hmotných škod
- Graf 6 Polygon kumulativních četností počtu dopravních nehod
- Graf 7 Polygon absolutních četností počtu dopravních nehod
- Graf 8 Polygon relativních četností počtu dopravních nehod
- Graf 9 Jednoduchá lineární regresní analýza
- Graf 10 Jednoduchá lineární regresní analýza

8 Přílohy

Tab. 1 Nejčtenější příčiny dopravních nehod v roce 2013

pořadí	Nejčtenější příčiny nehod řidičů motorových vozidel; rok 2013	počet nehod
1.	řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	14 151
2.	nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	7 701
3.	jiný druh nesprávného způsobu jízdy	6 318
4.	nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	6 253
5.	nesprávné otáčení nebo couvání	6 048
6.	nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky	4 042
7.	nezvládnutí řízení vozidla	4 023
8.	nedání přednosti proti příkazu DZ DEJ PŘEDNOST	3 554
9.	jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru	2 501
10.	vyhýbání bez dostatečné boční vůle	2 396

Zdroj (11)

Záznam o dopravní nehodě

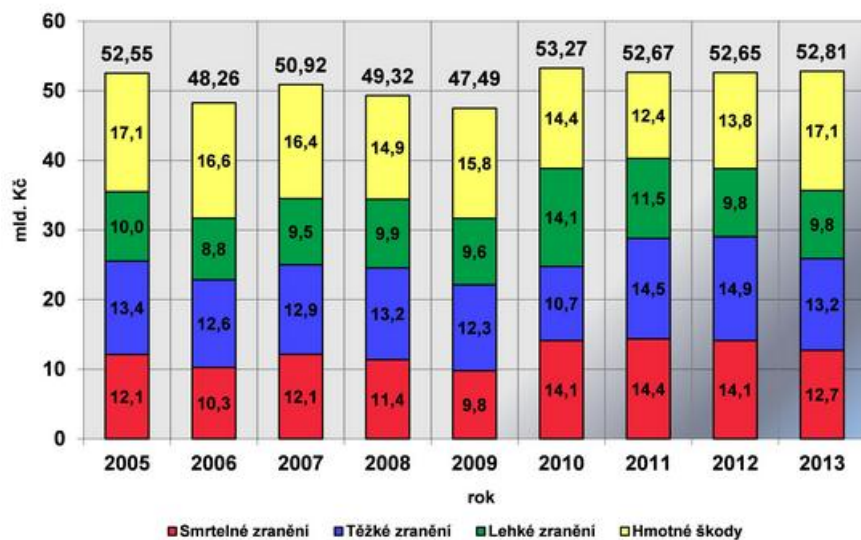
Slouží k dokumentaci průběhu nehody za účelem rychlejšího vyřízení náhrady škody.

Vyplní řidiči obou vozidel.

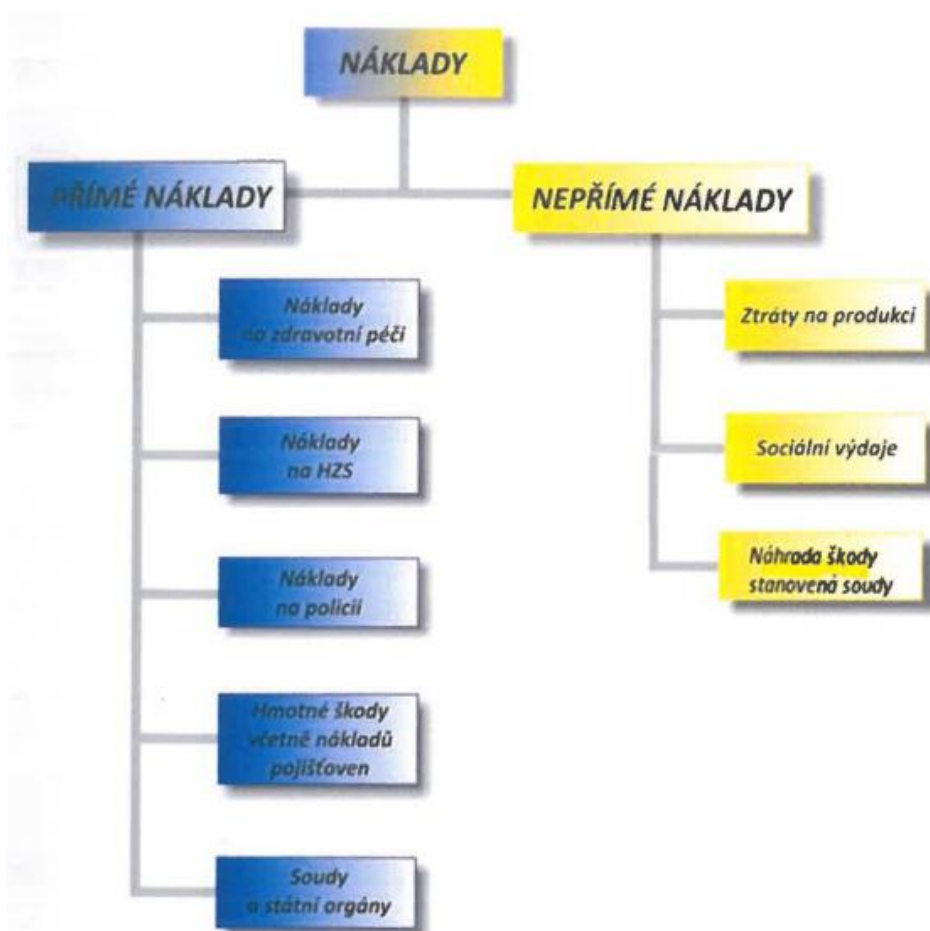
1. Datum nehody		Hodina		2. Místo (ulice, č. domu resp. kilometrovník)		3. Zranění? ne <input type="checkbox"/> ano <input type="checkbox"/>	
4. Jiná škoda než na vozidlech A a B ne <input type="checkbox"/> ano <input type="checkbox"/>				5. Svědci (jméno, adresa, telefon - spolujezdce podtrhnout)		5a. Policejně šetřeno? ne <input type="checkbox"/> ano <input type="checkbox"/> Kým:	
Vozidlo A				Vozidlo B			
6. Pojištěný (jméno a adresa)				12. Zaškrtněte odpovídající body vozidlo:			
Telefon (od 9.00 do 16.00)				1			
Plátce DPH? ne <input type="checkbox"/> ano <input type="checkbox"/>				2			
7. Vozidlo Tov. značka, typ				3			
Rok výroby				4			
Státní poznávací značka				5			
8. Pojišťitel				6			
Adresa pobočky				7			
Číslo poj. odpovědnosti				8			
Číslo zelené karty				9			
Hraniční pojištění platné do				10			
Je vozidlo pojištěno havarijně? ne <input type="checkbox"/> ano <input type="checkbox"/>				11			
Pojišťitel				12			
9. Řidič Příjmení				13			
Jméno				14			
Adresa				15			
Číslo řidičského průkazu				16			
Skupina Vydal				17			
10. Označte šipkou body vzájemného střetu				13. Náskres Označte: 1. silnice, 2. směr jízdy vozidel A a B, 3. postavení vozidel v okamžiku střetu, 4. dopravní značky, 5. jména ulic			
11. Viditelná poškození				14. Poznámky			
14. Poznámky				15. Podpisy řidičů			
A				B			

Po podpisu a oddělení listů nelze již údaje měnit.

Obr. 1 Záznam o dopravní nehodě, zdroj (51)



Obr. 2 Vývoj ztrát z dopravních nehod v mld. Kč., zdroj (17)



Obr. 3 Rozčlenění nákladů, zdroj (16)



Obr. 4 Schéma národní strategie bezpečnosti silničního provozu, zdroj (20)

rok	2002	2005	2009 ⁶	2010	2011	2012	2013	2013 předpoklad	2020 ⁷ předpoklad
usmrceno do 30 dnů ⁸	1 431	1 286	901	802	773	742	654	646	360
usmrceno do 24 h	1 314	1 127	832	753	707	681	583	596	333
těžce zraněno	5 492	4 396	3 536	2 823	3 092	2 986	2 782	2 937	2 122
ukazatel závažnosti nehod	10 748	8 904	6 864	5 835	5 920	5 710	5 114	5 321	3 454

Obr. 5 Vývoj počtu smrtelných úrazů a těžce zraněných v období 2002 – 2020, zdroj (20)