



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

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

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

Diplomová práce

Šetření vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v Jihočeském kraji

Vypracoval: Bc. Josef Petrův
Vedoucí práce: doc. RNDr. Přemysl Záškodný, CSc.
Odborný konzultant: Ing. Libor Líbal

České Budějovice 2016

Abstrakt

Šetření vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v Jihočeském kraji.

Hasičský záchranný sbor je organizován po krajích, tzn. Hasičský záchranný sbor každého kraje tvoří samostatnou účetní jednotku. Každá účetní jednotka musí vždy na příští rok sestavovat svůj rozpočet, ze kterého jsou hrazeny výkony. Vzhledem k tomu je užitečné mít představu o rozsahu výkonů očekávaných v následujícím roce. Predikce očekávaných výkonů by měla být v maximální míře opřena o realitu minulého období.

Pro Hasičský záchranný sbor patří mezi výkony hrazené státním rozpočtem i výjezdy jednotek Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám.

Tato práce se zabývá statistickým šetřením souvisejícím s výjezdy jednotek Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám.

Cíle práce formulované podrobně:

C1) Zkoumání časového vývoje počtu dopravních nehod spojených s výjezdy Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje v rámci časové jednotky měsíc za posledních 5 let jako šetření prvního z vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v jihočeském kraji.

C2) Zkoumání časového vývoje nákladů spojených s výjezdy Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje k dopravním nehodám v rámci časové jednotky měsíc za posledních 5 let jako šetření druhého z vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v jihočeském kraji.

C3) Komparace počtu výjezdů a nákladů, zkoumání rozdělení počtu výjezdů a nákladů z hlediska vhodného teoretického rozdělení jako šetření závislosti dvou vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v jihočeském kraji.

S ohledem na relativně velký rozsah primárních dat (údaje o cca 8 000 dopravních nehod za období 7/2010 – 6/2015 na území jihočeského kraje, ke kterým vyjížděla

alespoň jedna jednotka Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje), bylo třeba k šetření vybraných parametrů datového souboru použít nástrojů matematické statistiky.

Stanovení intervalů pro jednotlivé statistické znaky se standardně provádí do značné míry „citem“. Vzhledem k tomu byla v rámci práce provedena citlivostní analýza, v rámci které se zkoumal vliv drobných změn v počtu intervalů na rozložení četností sledovaných statistických znaků (intervaly byly stanoveny „citem“ a na základě doporučení z odborné literatury).

Pro zkoumání statistických znaků byly použity metody popisné statistiky i metody statistické indukce. V kapitole Diskuse jsou k jednotlivým částem práce a získaným výsledkům uvedeny informace z odborné literatury a interpretace dílčích výsledků a závěrů.

Práce potvrdila, že empirické rozdělení počtu dopravních nehod a nákladů na zásahy jednotek Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje u dopravních nehod lze považovat za normální. Pro zacházení s těmito daty lze tedy oprávněně využít teoretické poznatky související s normálním rozdělením.

Dále práce ukázala, že počet dopravních nehod a nákladů spojených s výjezdy Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje k dopravním nehodám nejen že neklesá, ale naopak roste. Prokázalo se, že mezi počty dopravních nehod a náklady na výjezdy jednotek Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje v jednotlivých měsících sledovaného období existuje velmi silná pozitivní korelace. Z toho lze usuzovat na to, že nárůst nákladů na výjezdy je způsoben především nárůstem počtu dopravních nehod, u kterých jednotky Hasičského záchranného sboru zasahují.

Dalším závěrem práce je, že odchylky empirických pozorování od vypočtených rovnic regresních přímek jsou natolik velké, že je nelze přičíst na vrub náhody. Vypočtené regresní přímky by tedy bylo možné využít pouze k predikci celoročních výkonů na zásahy jednotek Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje u dopravních nehod a nákladů s nimi spojených – pro predikci počtu zásahů v jednotlivých měsících jsou vypočtené regresní přímky naprosto nevhodné.

Zdá se, že počty dopravních nehod vykazují v průběhu roku velmi výrazné výkyvy od průměrné hodnoty. Dále se zdá, že lokální extrémy (minima i maxima) se vyskytují

v každém roce a že v rámci sledovaného období se opakují cca po 12 měsících. Bylo by užitečné pokusit se vystihnout a identifikovat opakující se období s podobnými hodnotami a trendy a regresní analýzu provést pro tato „podobná“ období v jednotlivých letech. Pokud by se prokázalo, že odchylky empirických dat od takto stanovených regresních přímek jsou dostatečně malé, mohla by se sada takovýchto regresních přímek (s délkou ohraničenou stanoveným obdobím) použít úspěšně i k predikci počtu dopravních nehod, u kterých zasahuje některá jednotka Hasičského záchranného sboru, v jednotlivých měsících.

Klíčová slova:

matematická statistika, testování statistických hypotéz, regresní analýza, korelace, citlivostní analýza, dopravní nehoda, Hasičský záchranný sbor Jihočeského kraje, integrovaný záchranný systém

Abstract

Statistic Review of Parameters of Fire Rescue Service's Interventions in Traffic Accidents in South Bohemia

Fire Rescue Service is territorialized in each region, which means that Fire Rescue Service is present in each region of the Czech Republic as an individual accounting entity. Each accounting entity is obliged to prepare own budget estimate for next year which serves for covering costs related to interventions. Therefore it is beneficial to have an overview about the number of interventions expected in following year. The prediction of the expected interventions should be based utmost on real data from the the last period.

Fire Rescue Service units' interventions in traffic accidents are covered from the state budget as well as other performances.

The thesis is concerning the statistic survey related to Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents.

Specified goals of the thesis:

G1) The survey of the development in time of the number of traffic accidents associated with South Bohemia Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents within one month as the unit of time during the last 5 years. It is considered as the survey of the first of selected parameters concerning Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents in the South Bohemia region.

G2) The survey of the development in time of costs associated with South Bohemia Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents within one month as the unit of time during the last 5 years. It is considered as the survey of the second of selected parameters related to Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents in the South Bohemia region.

G3) The comparison of the number of interventions and costs, the investigation of the apportionment of the number of interventions and costs in terms of a proper theoretical apportionment. It is considered as the survey concerning the dependence of

selected parameters of Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents in the South Bohemia region.

With regard to a relatively high number of primary data (entries from about 8 000 traffic accidents in the time period between 7/2010 and 6/2015 in the South Bohemia region, where was always present at least one unit of the South Bohemia Fire Rescue Service), mathematical statistic tools were needed to create a survey of selected parameters of the data file.

Determining intervals for individual statistic features is to some extent carried out "by feeling". With regard to it, there was done the sensitivity analysis within which was investigated the influence of minor changes in the number of intervals on apportionment of percent occurrences of monitored statistical features (intervals were determined "by feeling" and based on recommendation from technical literature).

For investigation of statistical features were used description statistics and also methods of statistical induction. The information used from technical literature and the interpretation of partial results and conclusions concerning individual sections of the thesis are provided in the section Discussion.

The thesis demonstrated that the empirical apportionment of the number of traffic accidents and costs on South Bohemia Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents can be considered as standard. Therefore it is correct to use theoretical findings associated with standard apportionment to work with those data.

Also the thesis demonstrated that the number of traffic accidents and costs associated with South Bohemia Fire Rescue Service's interventions not only does not decrease but on the contrary increases. It was demonstrated that there is present very high positive correlation between numbers of the traffic accidents and the costs related to South Bohemia Fire Rescue Service's interventions in single months of the monitored time period. This brings us to a conclusion that the increase of costs related to interventions is caused mainly by the increase of the number of traffic accidents where the units of Fire Rescue Service intervene.

Another conclusion of the thesis is that deviations of empirical observations from calculated formulas of regression lines are so great that it is not possible to ascribe it to

a coincidence. Calculated regression lines could be used only for whole year performance on South Bohemia Fire Rescue Service's interventions in traffic accidents and costs associated with them – it is totally improper to predict the number of interventions in single months using calculated regression lines.

The number of traffic accidents seems to demonstrate very strong variations from mean value within the year. Also local extreme values (minimal and maximal) seem to occur each year and recur approximately after each 12 months within the monitored time period. It would be beneficial to try to describe and identify repetitive periods consisting similar values and trends and to carry out regression analysis for such “similar” periods in single years. If there are deviations of empirical data calculated from determined regression lines demonstrated as small enough, this set of such regression lines could be (with the length limited by the determined time period) successfully used for prediction of the number of traffic accidents, where some of Fire Rescue Service unit intervenes in single months.

Key words:

mathematical statistics, testing of statistical hypotheses, regression analysis, correlation, sensitivity analysis, traffic accident, South Bohemia Fire Rescue Service, integrated rescue system

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 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 15. 8. 2016

.....

Bc. Josef Petrův

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své rodině, kamarádům a kolegům v práci za velkou podporu. Velký dík patří mému vedoucímu diplomové práce panu doc. RNDr. Přemyslu Záškodnému, CSc. a odbornému konzultantovi panu Ing. Liboru Líbalovi, kteří moje počínání trpělivě usměřňovali.

Seznam použitých zkratek

CSV	Comma Separated Values (formát textových souborů)
DN	Dopravní nehoda
ECUD	Evidenční číslo události
HZS	Hasičský záchranný sbor
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
HZS JčK	Hasičský záchranný sbor Jihočeského kraje
HZS SŽDC	Hasičská záchranná služba Správa železniční a dopravní cesty
IZS	Integrovaný záchranný systém
IZS a OŘ	Integrovaný systém a organizační řízení
JPO	Jednotka požární ochrany
LP	Likvidační práce
LZP	Letecká záchranná služba
MU	Mimořádná událost
MV	Ministerstvo vnitra
MS SQL	Microsoft Structure Query Language
OPIS	Operační a informační středisko
OPIS IZS	Operační a informační středisko integrovaného záchranného systému
Policie	Policie České republiky
RSS	Rozsah statistického souboru
SDH	Sbor dobrovolných hasičů
SSU	Statistické sledování událostí
SZ	Statistický znak
TCTV	Telefonní centrum tísňového volání
VZ	Velitel zásahu
ZZS	Zdravotnická záchranná služba

Obsah

Úvod	14
1. Teoretická část	16
1.1. Integrovaný záchranný systém.....	16
1.1.1. Operační a informační střediska IZS	18
1.1.2. Jednotné evropské číslo tísňového volání 112	19
1.2. Složky IZS	21
1.2.1. Hasičský záchranný sbor České republiky (HZS ČR)	23
1.2.2. Druhy jednotek požární ochrany	25
1.2.3. Zdravotnická záchranná služba	27
1.2.4. Policie ČR.....	29
1.2.5. Ostatní složky IZS	31
1.2.6. Taktická, operační a strategická úroveň řízení u zásahu	31
1.3. Dopravní nehoda.....	32
1.3.1. Likvidační práce, za které jsou požadovány náhrady.....	33
1.4. Statistické metody.....	34
1.4.1. Základní pojmy.....	35
1.4.2. Charakteristiky rozložení náhodné veličiny	36
1.4.3. Základní pojmy statistické indukce	39
1.4.4. Bodové odhady parametrů.....	40
1.4.5. Intervalové odhady	41
1.4.6. Testování statistických hypotéz.....	42
1.4.7. Regresní analýza.....	45
1.4.8. Korelační analýza	48

2.	Hypotézy a metodika.....	49
2.1.	Hypotézy	49
2.2.	Metodika zkoumání	49
2.2.1.	Převedení převzatých podkladů do vhodné struktury	49
2.2.2.	Statistický znak.....	50
2.2.3.	Škálování – stanovení škál	50
2.2.4.	Škálování - citlivostní analýza.....	51
3.	Výsledky	55
3.1.	Definice základních pojmů	55
3.2.	Příprava dat	55
3.3.	Stanovení škál	62
3.3.1.	Výpočet vybraných charakteristik pravděpodobnostního rozložení .	62
3.3.2.	Statistický znak I. – počet dopravních nehod	63
3.3.3.	Statistický znak II. – počet hodin u zásahů	64
3.3.4.	χ^2 - test dobré shody	66
3.4.	Odhady parametrů normálního rozdělení	67
3.4.1.	Bodový odhad.....	68
3.4.2.	Intervalový odhad	69
3.5.	Měření statistických závislostí.....	70
3.5.1.	Regresní analýza.....	71
3.5.2.	Korelační analýza	76
4.	Diskuse.....	81
4.1.	Příprava prvotních dat.....	81
4.2.	Analýza normality rozložení statistických znaků	82

4.2.1.	Základní pojmy.....	82
4.2.2.	Citlivostní analýza.....	83
4.2.3.	Vybrané charakteristiky pravděpodobnostních rozložení	84
4.2.4.	Bodové odhady parametrů.....	86
4.2.5.	Intervalové odhady parametrů.....	86
4.2.6.	Testování hypotéz.....	88
4.3.	Analýza trendů vývoje specifikovaných statistických znaků	91
Závěr		93
Seznam literatury		96
Seznam obrázků.....		102
Seznam tabulek.....		103

Úvod

V současné době jsou velmi důležitým aspektem, který se prolíná snad všemi oblastmi našeho života, náklady - prakticky na všechno, co nás obklopuje, je třeba vynakládat peněžní prostředky.

Nejinak je tomu i v oblasti státních, krajských a municipálních rozpočtů. Hasičské záchranné sbory spadají do gesce Ministerstva vnitra a mají na jedné straně snahu poskytovat občanům České republiky co nejlepší služby, na druhou stranu se přirozeně snaží, aby se finančními (ani žádnými jinými) prostředky zbytečně neplýtvalo.

Jednou z možností, jak získat objektivní ukazatele pro hodnocení vývoje nákladů na Hasičský záchranný sbor, je zpracování údajů o skutečnostech souvisejících s činností jednotek Hasičského záchranného sboru.

Činnost jednotek Hasičského záchranného sboru se dotýká řady momentů v životě občanů České republiky. Jednou z nich jsou zásahy u dopravních nehod.

Vzhledem k relativně velkému počtu dopravních nehod, u kterých jednotky Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje zasahovaly, je třeba ke zpracování dat použít metody matematické statistiky.

Z hlediska vědecké metodologie jde v této diplomové práci o kvantitativní výzkum, jehož úkolem je potvrzení (nebo vyvrácení) formulovaných hypotéz. Použité metody jsou konstruovány s ohledem na potvrzení nebo vyvrácení ověřovaných hypotéz. Je žádoucí, aby bylo o pravdivosti hypotéz rozhodováno především prostřednictvím pozorovaných dat, tedy co nejobektivněji. Ověřované hypotézy považujeme obecně za podmíněně pravdivý výrok o vztahu mezi proměnnými. Pokud má být výrok považovaný za hypotézu, musí být vyjádřen formou jednoznačné věty oznamovací. Vzhledem k tomu, že se pravdivost hypotézy teprve zkoumá, nelze ji považovat ani za definici, ani za axiom nebo za tvrzení podobné závažnosti. V souladu s vědeckou metodologií, kterou formuloval Záškodný (1), budou formulované hypotézy prověřovány prostřednictvím následujících stupňů vědeckého výzkumu.

- *Reporting* – rozsáhlý sběr dat a jejich verifikace. Tak vznikne věrohodná představa o aktuálním stavu.

- *Deskripce* – základním cílem tohoto stupně vědeckého výzkumu je zmapování možností a nástrojů pro ověření pravdivosti/nepravdivosti hypotéz.
- *Explanace* – tento stupeň vědeckého výzkumu se snaží hledat odpověď na otázku „Proč se sledované jevy staly?“. Hledají se případné kauzální vztahy mezi proměnnými výzkumu.
- *Predikce* – po zjištění „co se stalo“ a identifikaci případných kauzálních relací je potřeba se ještě pokusit o predikci toho, co se stane v budoucnosti.

Cíle práce

C1) Zkoumání časového vývoje počtu dopravních nehod spojených s výjezdy Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje v rámci časové jednotky měsíc za posledních 5 let jako šetření prvního z vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v Jihočeském kraji.

C2) Zkoumání časového vývoje nákladů spojených s výjezdy Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje k dopravním nehodám v rámci časové jednotky měsíc za posledních 5 let jako šetření druhého z vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v Jihočeském kraji.

C3) Komparace počtu výjezdů a nákladů, zkoumání rozdělení počtu výjezdů a nákladů z hlediska vhodného teoretického rozdělení jako šetření závislosti dvou vybraných parametrů výjezdů Hasičského záchranného sboru k dopravním nehodám v Jihočeském kraji.

V rámci diplomové práce je nejdřív zpracován cíl C3, tedy ověření hypotézy, že četnosti sledovaných statistických znaků jsou blízké normálnímu rozdělení.

Při zpracování cílů C1 a C2 byly pak využity dílčí závěry získané při zpracování cíle C3. Bez dílčích závěrů získaných při zpracování cíle C3 by se jen obtížně přistupovalo k aplikaci metod matematické statistiky použitých při hodnocení hypotéz H1 a H2.

1. Teoretická část

1.1. Integrovaný záchranný systém

Integrovaný záchranný systém (dále jen „IZS“) je zákonem definován jako koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a také při provádění záchranných a likvidačních prací. (2, 3)

Vznik integrovaného záchranného systému

IZS vznikl jako každodenní potřeba spolupráce hasičů, policie, zdravotníků a dalších složek při řešení mimořádných událostí. Není organizací v podobě instituce, ale je systémem pro koordinaci záchranných a likvidačních prací, a jejím úkolem je především vyjádření pravidel spolupráce dotčených složek. K dosažení cílů využívá pro záchranné a likvidační práce každého, jehož povinností je provádět záchranné a likvidační práce, a dále každého, kdo pomáhat může a kdo pomáhat chce. Sjednocení spočívá v tom, že jednotlivé zdroje – materiální, lidské, ale i právní, se spojují k provedení záchrany osob, zvířat, majetku nebo životního prostředí s cílem jejich nejučinnějšího a nejhospodárnějšího využití. (4)

Základní poslání IZS

IZS v současné době prezentuje právně otevřený, vymezený systém spolupráce a koordinace jeho zákonem stanovených složek určených k přípravě na vznik mimořádné události (dále jen „MU“) a k provádění preventivních, záchranných, likvidačních a obnovovacích prací. Je jedním z nejdůležitějších prvků krizového řízení České republiky. Záměrem vytvoření IZS je jednak snaha po dosažení propojení řídicích, koordinačních a výkonných funkcí při řešení MU a také stanovení systému do postavení, které odpovídá jeho úkolům stanoveným zákonem. Je hlavním prováděcím nástrojem pro řešení MU. (5)

IZS je určen pro koordinaci záchranných a likvidačních prací při vzniku mimořádných událostí včetně živelních pohrom a havárií. Je jím realizováno ústavní právo občana na pomoc při ohrožení zdraví, života nebo majetku. Je to systém koordinace a spolupráce složek, orgánů státní správy a samosprávy, právnických a

fyzických osob při společném provádění záchranných a likvidačních prací, tak, aby stručně řečeno, “nikdo nebyl opomenut, kdo pomoci může a vzájemně si nikdo z nich nepřekážel“. To je zejména ve vypjatém období mimořádných událostí velice obtížný úkol, který musí mít svá pravidla a hranice. (6)

Za podstatné lze považovat, že IZS představuje pouze koordinaci postupu jeho složek, takže nezasahuje do jejich působnosti nebo postavení. Jde pouze o stanovení pravidel pro společný zásah těchto složek, které po ukončení záchranných a likvidačních prací nadále vykonávají svoji charakteristickou činnost. (7)

Finanční zabezpečení IZS

Základním aspektem IZS je skutečnost, že žádná složka či součást IZS neztrácí svojí účastí v IZS svoji právní subjektivitu ani princip dosavadního samostatného financování. Nároky jednotlivých složek na vybavení proto nelze zařadit do výdajů na vybudování IZS. Finanční prostředky potřebné ke krytí provozování společně užívaných zařízení pro potřeby IZS především v oblasti informačních systémů, telekomunikací apod. uplatňuje kraj a Ministerstvo vnitra v návrhu svého rozpočtu. Za náhradu lze také uplatnit poskytnutí osobní a věcné pomoci, stejně bude uplatňována náhrada za omezení vlastnického nebo užívacího práva. Za škodu způsobenou právníčkým a fyzickým osobám, vzniklou v přímé souvislosti se záchrannými a likvidačními pracemi a cvičeními odpovídá stát, dále odpovídá za odškodnění úrazu toho, kdo se na záchranných a likvidačních pracích podílel. Zprostit se této povinnosti může stát tehdy, pokud prokáže, že poškozený si způsobil škodu sám nebo zapříčinil havárii. (3,8)

Zásadním prvkem v systému krizového řízení jsou podnikající fyzické a právnické osoby. Tyto osoby jsou schopny v době, kdy zdroje IZS jsou nedostačující, poskytnout při odstraňování následků MU další prostředky. Při poskytování pomoci, mimo možnost poskytování finanční pomoci bude tvořit pomoc poskytnutí věcných prostředků. Věcnými prostředky rozumíme mimo jiné věci movité a nemovité, které jsou výhradně ve vlastnictví právnických osob, nebo jimi poskytované služby, které lze použít při řešení MU a krizové situace. (9,10)

1.1.1. Operační a informační střediska IZS

Stálými orgány pro koordinaci složek IZS jsou operační a informační střediska integrovaného záchranného systému (dále jen „OPIS IZS“), kterými jsou operační a informační středisko generálního ředitelství hasičského záchranného sboru a operační střediska hasičského záchranného sboru kraje. Informace o nebezpečí vzniku MU jsou základním složkám poskytovány prostřednictvím OPIS Hasičského záchranného sboru. Pokud je to nezbytné pro provádění záchranných a likvidačních prací, je OPIS pověřeno informovat o nebezpečí vzniku MU pověřené osoby dotčených správních úřadů s krajskou působností nebo s působností ve správním obvodu obcí s rozšířenou působností, osoby z určených obcí, právnické a podnikající osoby a fyzické osoby určené havarijním plánem kraje. (11)

Povinnosti OPIS IZS:

- *přijímat a vyhodnocovat informace o mimořádných událostech,*
- *zprostředkovávat organizaci plnění úkolů uložených velitelem zásahu podle § 19, zákona 239/2000 Sb. o IZS,*
- *plnit úkoly uložené orgány oprávněnými koordinovat záchranné a likvidační práce,*
- *v případě potřeby zabezpečovat vyrozumění základních a ostatních složek IZS, státních orgánů a orgánů územních samosprávných celků podle dokumentace IZS. (12)*

OPIS IZS jsou oprávněna:

- *povolávat a nasazovat síly a prostředky Hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“) a jednotek požární ochrany, dalších složek IZS podle poplachového plánu IZS nebo podle požadavků velitele zásahu (dále jen „VZ“). Při tom dbají, aby uvedené požadavky nebyly v rozporu s rozhodnutím příslušného funkcionáře HZS, hejtmana nebo Ministerstva vnitra při jejich koordinaci záchranných a likvidačních pracích,*
- *vyžadovat a organizovat pomoc, osobní a věcnou pomoc podle požadavků VZ,*

- *při nebezpečí z prodlení provést varování obyvatelstva na ohroženém území, pokud zvláštní právní předpis nestanoví jinak. (3)*

1.1.2. Jednotné evropské číslo tísňového volání 112

Jedním ze základních požadavků souvisejících se vstupem do Evropské unie bylo vytvoření a provozování jednotného evropského čísla tísňového volání na bezplatnou linku 112 – telefonní centrum tísňového volání (dále jen „TCTV“). V Česku je provozována varianta zavedení linky 112 se současným zachováním tradičních linek tísňového volání (Hasiči 150, Záchránná služba 155, Policie 158). (6,13)

Podnikatel, který provozuje veřejně dostupnou službu elektronických komunikací je povinen zprostředkovat všem uživatelům bezplatné volání na čísla tísňového volání. Čísla tísňového volání jsou určena k oznámení MU nebo situace, kdy je ohrožen život, zdraví, majetek, životní prostředí nebo veřejný pořádek. (14)

TCTV

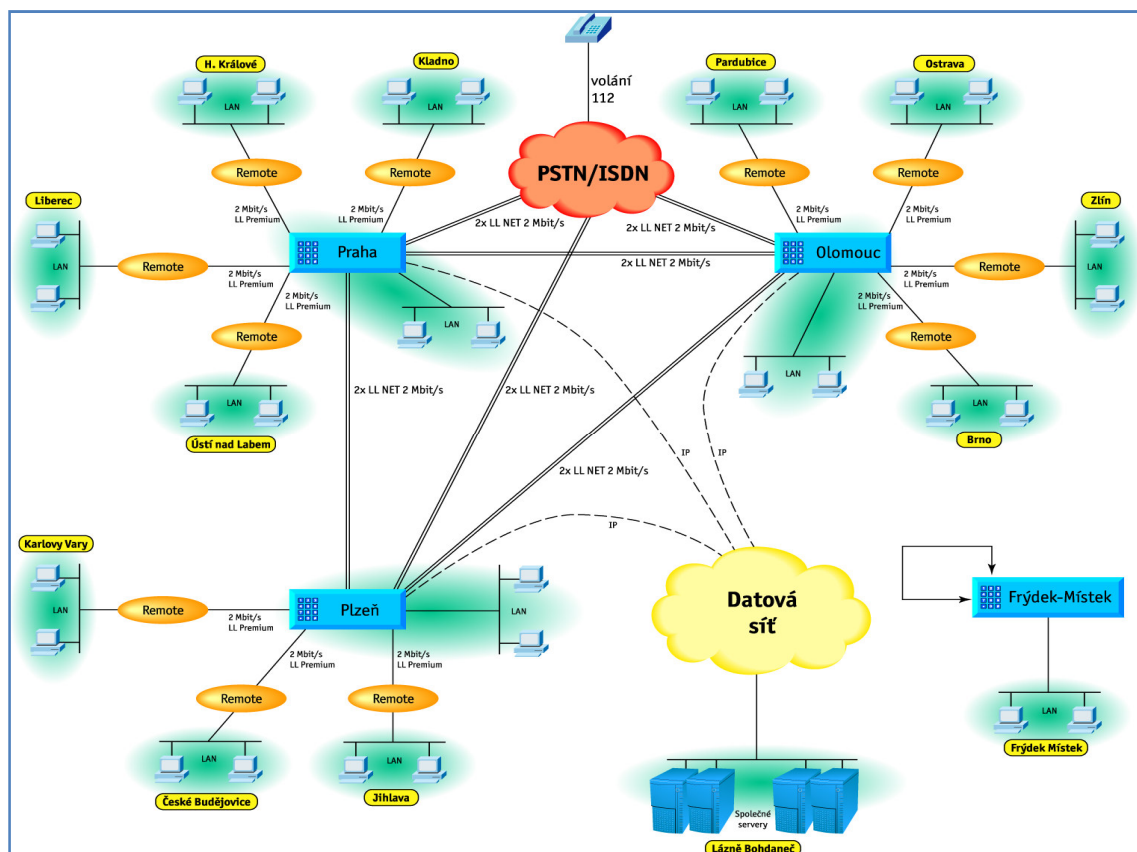
Ve prospěch především zahraničních návštěvníků naší republiky byla vybudována při všech OPIS IZS krajů TCTV 112 předurčený pro příjem a odbavování jednotného čísla tísňového volání 112. Tyto nové technologie zprostředkovávají příjem a odbavení tísňových hovorů 112 a také příjem tísňového volání čísla 150. Odbavování tísňových hovorů je zajišťováno v češtině, angličtině a němčině, k dispozici je softwarová podpora pro další světové jazyky (hovory ve slovenském jazyce se nepovažují za cizojazyčné). Identifikační údaje volajícího jako je např. tel číslo, adresa telefonní stanice, poloha mobilního telefonu a další informace, které vytěží operátor při příjmu tísňového volání a předá pomocí „datové věty“ na dílčí operační střediska základní složky IZS podle druhu oznamované MU. Princip „datové věty“ zajišťuje zkrácení doby do vyslání sil a prostředků zejména v případech, kdy je nutný zásah více složek IZS.

Zásadní přínosy systému 112:

- identifikace čísla volajícího,
- identifikace IMEI kódu mobilního telefonu při volání bez SIM karty,
- identifikace telefonního operátora,
- identifikace adresy pevné telefonní stanice (Info35),

- lokalizace polohy mobilního telefonu,
- jednotný geografický informační systém tzv. GIS,
- nezávislé IP telefonní spojení mezi operačními středisky,
- jazyková podpora,
- záznam hlasové komunikace (15)

Systém se skládá ze 14 vzájemně propojených TCTV – 3 platformy („matky“) rozmístěny v oblastech Praha, Olomouc a Plzeň a 11 remonte (samostatná pracoviště jednotlivých platform vzájemně propojena datovými technologiemi) umístěných v lokalitách Kladno, Hradec Králové, Liberec a Ústí nad Labem pro platformu Praha, Brno, Zlín, Ostrava a Pardubice pro platformu Olomouc a Karlovy Vary, České Budějovice a Jihlava pro platformu Plzeň tak jak je znázorněno na Obrázku 1.



Obrázek 1: Systém vzájemně propojených TCTV; zdroj: [https://www. Google .cz](https://www.Google.cz) (vyhledání ‚propojení tctv‘, vybrat ‚obrázky‘)

TCTV jsou vzájemně zastupitelná, což zaručuje, že volající v tísni se vždy dovolá, i když je některé z TCTV v poruše nebo plně vytíženo.

TCTV nejsou OPIS, jako takovými se kterými je veřejnost často zaměňuje, pouze přijímá a vyhodnocuje informace z tísňového volání (není oprávněn nasazovat síly a prostředky) a tyto informace předává operačním střediskům základních složek IZS.

O zavedení jednotného evropského čísla tísňového volání 112 ve všech členských státech EU rozhodla již v roce 1991 Rada Evropských společenství. Počátky projektu tísňové linky 112 v ČR sahají až do roku 1996 a od roku 2003 je linka 112 v naší zemi dostupná ve všech telefonních sítích. (6,16)

1.2. Složky IZS

Všechny složky IZS jsou definovány zákonem o IZS a podle tohoto zákona je rozdělujeme na základní a ostatní. Základní složky integrovaného záchranného systému zabezpečují trvalou pohotovost pro přijetí oznámení o vzniku MU, její zhodnocení (tím se rozumí posouzení ohrožení, které vyplývá z MU a odhad sil a prostředků potřebný k provedení zásahu v místě události) a bezodkladný zásah v místě vzniku MU. Pro tento účel rozmisťují své síly a prostředky po celém území České republiky. (4)

V případě možného vzniku MU uskutečňují složky IZS záchranné a likvidační práce, popř. ochranu obyvatelstva. V rámci uskutečňování záchranných a likvidačních prací je potřeba disponovat:

- silami, kterými se rozumí zdroje lidských sil a prostředky, kterými se rozumí technické vybavení, pracovní nástroje apod.,
- pravomoci, kterými se rozumí právo k uskutečňování záchranných a likvidačních prací a různých činností stanovených zákony, kterými se řídí jednotlivé složky IZS nebo dané zákonem o IZS.

Při záchranných a likvidačních pracích rozeznáváme v závislosti na jejich působení v rámci IZS tyto složky:

- základní složky IZS
- ostatní složky IZS (2,17)

Základní složky

Základní složky IZS jsou nosnou částí systému, protože zajišťují trvalou pohotovost pro příjem ohlášení vzniku MU na telefonních číslech 150, 155, 158 a 112. Zabezpečují vyhodnocení MU a neodkladný zásah na místě vzniku události a za tímto účelem rozmisťují své síly a prostředky po celém území České republiky. Základními složkami IZS jsou:

- *Hasičský záchranný sbor České republiky (dále jen „HZS ČR“),*
- *jednotky požární ochrany zařazené do plošného pokrytí kraje jednotkami požární ochrany,*
- *poskytovatelé zdravotnické záchranné služby,*
- *Policie České republiky. (3)*

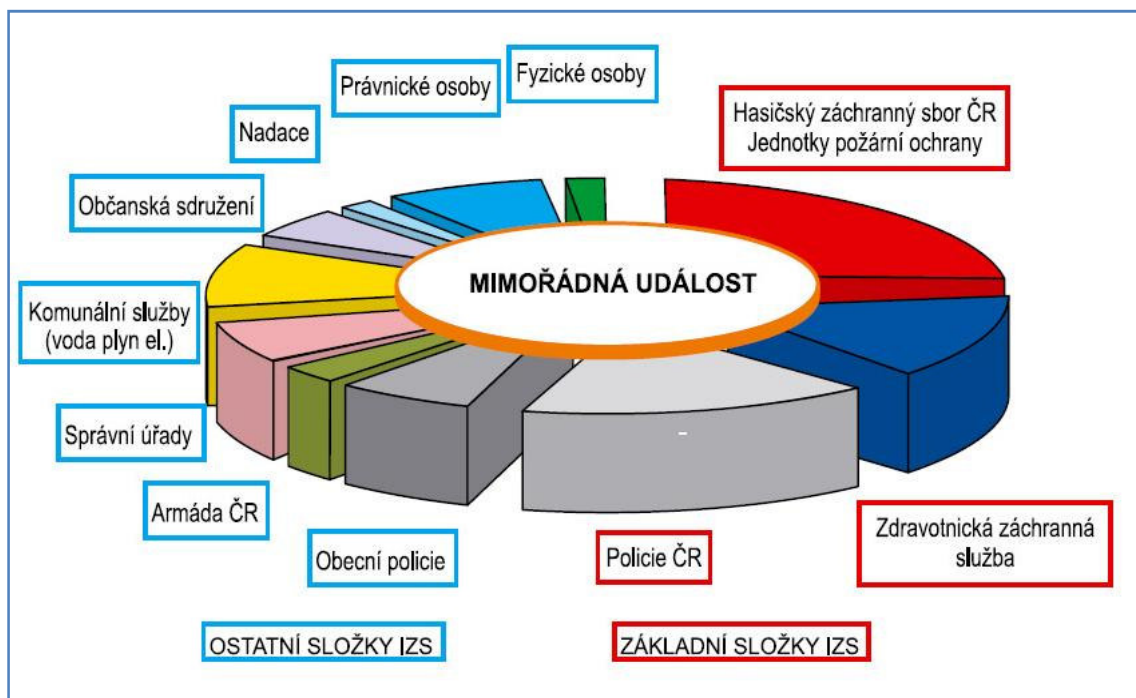
Ostatní složky

V případech, kdy si základní složky při záchranných a likvidačních pracích při vzniku MU nebo krizové situace nevystačí vlastními silami, prostředky a materiálním zabezpečením jsou na místo události prostřednictvím VZ nebo OPIS přizvány ostatní složky IZS. Ostatními složkami IZS jsou:

- *Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil,*
- *ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory,*
- *ostatní záchranné sbory,*
- *orgány ochrany veřejného zdraví,*
- *havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby,*
- *zařízení civilní ochrany,*
- *neziskové organizace a sdružení občanů. (18)*

Základní a ostatní složky jsou znázorněny graficky na Obrázku 2. Ostatní složky IZS poskytují při záchranných a likvidačních pracích plánovanou pomoc na vyžádání. Do poplachového plánu IZS kraje nebo ústředního poplachového plánu jsou zahrnuty spolu se základními složkami i ostatní složky, které uzavřou s HZS ČR dohodu o plánované pomoci na vyžádání. Plánovanou pomocí na vyžádání se pro potřebu Zákona 239/2000 Sb. o IZS rozumí předem písemně dojednaný postup poskytnutí podpory

ostatními složkami IZS Ministerstvu vnitra, krajskému úřadu, obecnímu úřadu obce s rozšířenou působností nebo základním složkám IZS při provádění záchranných a likvidačních pracích. (3)



Obrázek 2: Základní a ostatní složky IZS; zdroj: (2)

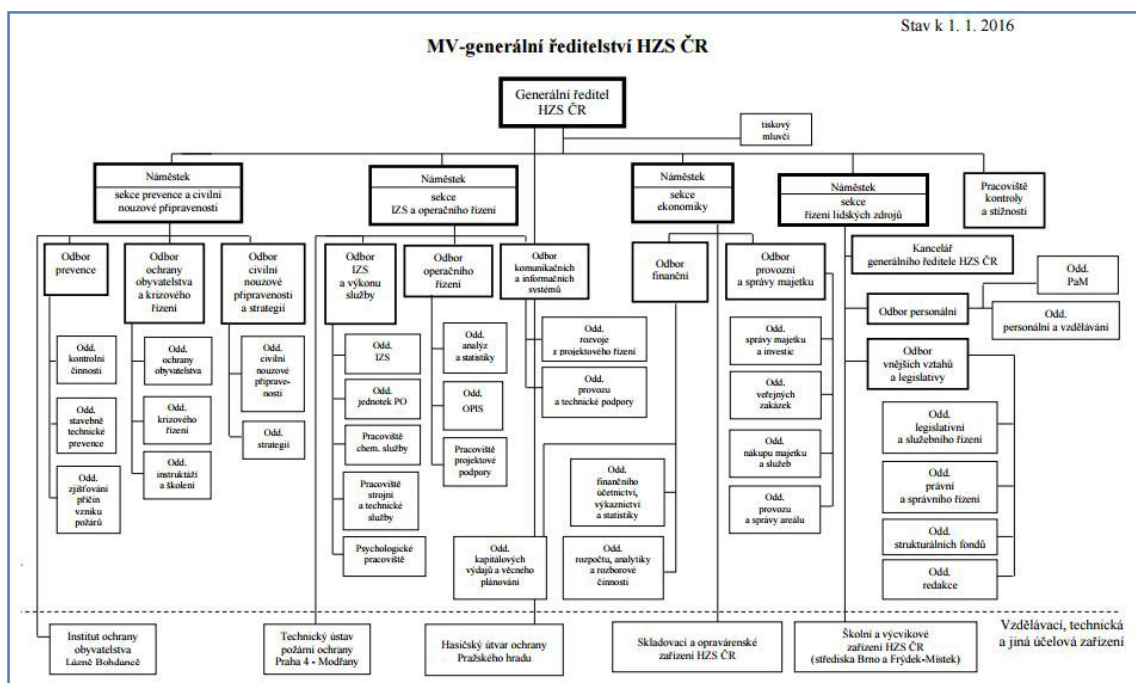
1.2.1. Hasičský záchranný sbor České republiky (HZS ČR)

HZS ČR byl zřízen na základě zákona č. 320/2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru) a jeho základním posláním je chránit životy a zdraví obyvatel, majetek, zvířata, životní prostředí před požáry a poskytovat účinnou pomoc při mimořádných událostech a krizových situacích. (9,19)

Při své činnosti se HZS ČR podílí na zabezpečování bezpečnosti České republiky (20) realizováním a organizováním úkolů požární ochrany, civilního nouzového plánování, ochrany obyvatelstva, krizového řízení, IZS stanovených zákonem o HZS ČR. HZS při plnění svých úkolů spolupracuje se správními úřady a jinými státními orgány, orgány samosprávy, právníky a fyzickými osobami, s mezinárodními organizacemi a zahraničními subjekty. (19)

Organizační struktura HZS ČR

HZS ČR je tvořen generálním ředitelstvím HZS ČR, které je součástí Ministerstva vnitra, v jehož čele stojí generální ředitel, kterého jmenuje a odvolává ministr vnitra a 14 hasičských záchranných sborů krajů (13 HZS krajů + HZS hlavního města Prahy). Generální ředitel odpovídá ministrovi vnitra za chod HZS ČR. Organizační struktura je znázorněna na Obrázku 3 a jejími součástmi jsou Střední odborná škola požární ochrany a Vyšší odborná škola požární ochrany Frýdek Místek, Odborná učiliště požární ochrany, Institut ochrany obyvatel Lázně Bohdaneč, Technický ústav požární ochrany Praha, Skladovací a opravárenské zařízení Olomouc a Záchranný útvar HZS ČR.



Obrázek 3: Organizační schéma HZS ČR; zdroj: <http://www.hzscr.cz/clanek/uvod-hasiccky-zachranny-sbor-cr-organizacni-struktura.aspx>

HZS krajů jsou účetními jednotkami a organizačními složkami státu, jejichž příjmy a výdaje jsou součástí rozpočtové kapitoly Ministerstva vnitra. Součástí HZS kraje jsou územní odbory zahrnující území jednotlivých okresů, dále operační a informační středisko, územně dislokované stanice HZS krajů a krajská vzdělávací, technická a účelová zařízení.

Stěžejní součástí HZS ČR jsou stanice HZS krajů. Na stanicích jsou rozmístěny jednotky HZS krajů, kde disponují výjezdovým, technickým a sociálním zabezpečením. Jednotka HZS kraje jsou síly a prostředky HZS ČR předurčené k zásahu u MU. Jednotky dělíme dle velikosti na čtyři (2 a více družstev), družstvo (6 hasičů), družstvo o zmenšeném početním stavu (4 hasiči) a skupina (2 až 3 hasiči). Speciální jednotkou požární ochrany pro mezinárodní pomoc a mezikrajovou výpomoc při rozsáhlých MU je tzv. odřad, který může být složen z jednotek požární ochrany, složek IZS a odborníků různých oborů. (6)

1.2.2. Druhy jednotek požární ochrany

Dle zákona o požární ochraně jednotkami požární ochrany jsou:

- ***jednotka HZS kraje*** – je složena z příslušníků HZS určených k výkonu služby na stanicích hasičského záchranného sboru kraje,
- ***jednotka HZS podniku*** – je složena ze zaměstnanců právnické osoby nebo podnikající fyzické osoby, kteří vykonávají činnost v této jednotce jako své povolání,
- ***jednotka sboru dobrovolných hasičů obce*** – je složena z fyzických osob, které nevykonávají činnost v této jednotce jako svoje zaměstnání,
- ***jednotka sboru dobrovolných hasičů podniku*** – je složena ze zaměstnanců právnické osoby či podnikající fyzické osoby, kteří nevykonávají činnost v této jednotce jako svoje zaměstnání,
- ***vojenská hasičská jednotka*** – je složena z vojáků a občanských zaměstnanců, má obdobné postavení jako jednotka sboru dobrovolných hasičů podniku, přičemž zřizování, vnitřní organizaci, výkon služby a vybavení v ní stanoví Ministerstvo obrany. (21)

Působení v jednotce sboru dobrovolných hasičů (dále jen „SDH) obce při provádění záchranných prací při živelných pohromách, při hašení požárů a jiných mimořádných událostech se pokládá za výkon občanské povinnosti. Činnost v jednotce SDH obce při plnění daných úkolů je jiným úkonem v obecném zájmu. (22)

Plošné pokrytí a kategorie jednotek požární ochrany

Podle stupně nebezpečí je na území obce zajištěno potřebné množství sil a prostředků. Jejich rozmístění je zvoleno podle vybavení a vnitřní organizace jednotek požární ochrany (dále jen „JPO“). Toto je základní požadavek „*plošného pokrytí*“ území kraje a respektive také území celé České republiky. Provedení účinné pomoci JPO je zajištěno tak, aby k ní došlo v čase od 7 minut do 20 minut od vyhlášení poplachu stanoveným jednotkám PO, jak je uvedeno v Tabulce 1, která je přílohou zákona o PO. (23)

V příloze k zákonu č. 133/1985 Sb. ve znění pozdějších zákonů se JPO z hlediska plošného pokrytí dělí na 6 kategorií označovaných římskými číslicemi I až VI. Pro účely plošného pokrytí se JPO dělí na jednotky:

1. s územní působností zasahující i mimo území svého zřizovatele
 - JPO I – *jednotka HZS s územní působností zpravidla do 20 minut jízdy z místa dislokace a dobou výjezdu do 2 minut,*
 - JPO II – *jednotka SDH obce s členy, kteří vykonávají službu jako svoje hlavní zaměstnání nebo vedlejší povolání, s územní působností zpravidla do 10 minut jízdy z místa dislokace a dobou výjezdu 10 minut,*
 - JPO III – *jednotka SDH obce s členy, kteří vykonávají službu v JPO dobrovolně, s územní působností zpravidla do 10 minut jízdy z místa dislokace a dobou výjezdu 10 minut,*
2. s místní působností zasahující na území svého zřizovatele
 - JPO IV – *jednotka HZS podniku s dobou výjezdu do 2 minut,*
 - JPO V – *jednotka SDH obce s členy, kteří vykonávají službu v JPO dobrovolně s dobou výjezdu do 10 minut,*
 - JPO VI – *jednotka SDH podniku s dobou výjezdu do 10 minut.*

Při uzavření dohody se zřizovatelem mohou být tyto jednotky použity k zásahům i mimo svůj územní obvod. (24)

Tabulka 1: Základní tabulka plošného pokrytí

Základní tabulka plošného pokrytí		
Stupeň nebezpečí území obce		Počet jednotek PO a doba jejich dojezdu na místo zásahu
I.	A	2 JPO do 7 min a další 1 JPO do 10 min
	B	1 JPO do 7 min a další 2 JPO do 10 min
II.	A	2 JPO do 10 min a další 1 JPO do 15 min
	B	1 JPO do 10 min a další 2 JPO do 15 min
III.	A	2 JPO do 15 min a další 1 JPO do 20 min
	B	1 JPO do 15 min a další 2 JPO do 20 min
IV.	A	1 JPO do 20 min a další 1 JPO do 25 min

Zdroj: (21)

1.2.3. Zdravotnická záchranná služba

Nenahraditelná úloha zdravotnictví v bezpečnostním systému státu je v podmínkách České republiky podmíněna také právně. Základním legislativním dokumentem je článek č. 31 Listiny základních práv a svobod. Tento základní ústavní právní předpis umožňuje občanům státu právo na zdravotní péči při MU a krizových situacích. (25)

Zdravotnická záchranná služba (dále jen „ZZS“) je tvořena čtrnácti územními středisky, která pokrývají území všech krajů. Řízení ZZS není centrální na rozdíl od ostatních základních složek IZS a organizační struktura není jednotná. (5)

Systém ZZS je zajišťován tak, aby jeho složky mohly poskytnout první pomoc přímo na místě události do 20 minut po oznámení s výjimkou nenadálých povětrnostních nebo nepříznivých dopravních podmínek, nebo jiných případů zvláštního zřetele, toto je ukotveno v prvním zákoně o ZZS, který definuje její dostupnost, činnost, práva a povinnosti jejího poskytovatele. ZZS vždy tvoří ředitelství, pracoviště krizové připravenosti, zdravotnické operační středisko, výjezdové základny s výjezdovými skupinami a vzdělávací a výcvikové středisko. (26)

Hlavním úkolem ZZS je poskytování přednemocniční odborné péče, což je neodkladná péče o postiženého, která se uskutečňuje přímo na místě vzniku onemocnění nebo úrazu, během jeho dopravy k odbornému vyšetření a předání do

zdravotnického zařízení. Neodkladná přednemocniční péče se poskytuje zejména při stavech:

- bezprostředně ohrožující život postiženého,
- mohou vést prohlubováním chorobných změn k náhlé smrti,
- způsobí bez rychlého poskytnutí odborné první pomoci chorobné změny,
- působí náhlé utrpení a náhlou bolest,
- působí změny chování a jednání postiženého, jež ohrožují jeho samotného nebo jeho okolí. (11)

Zřizovateli ZZS jsou kraje, které v rámci svých území zajišťují a financují provoz, dále jsou financovány z veřejného zdravotního pojištění a ze státního rozpočtu (provoz letadel pro ZZS). ZZS zajišťuje nepřetržitou pohotovost pro příjem tísňového volání, vyhodnocení a neodkladný zdravotnický zásah v místě události. Své síly a prostředky má rozmístěny plošně po celém území státu. (27)

Rozdělení výjezdových skupin:

RLP - Rychlá lékařská pomoc: je tvořena nejméně tříčlennou posádkou ve složení lékař (vedoucí skupiny), zdravotní sestra nebo zdravotnický záchranář a řidič záchranář.

RZP – Rychlá zdravotnická pomoc: je dvoučlenná posádka ve složení zdravotní sestra nebo zdravotnický záchranář a řidič záchranář.

RV – Rendez-vous: je dvoučlenná posádka ve složení lékař a řidič záchranář (na místě události se setkává s vozidlem RZP).

LZS – Letecká záchranná služba: ve které je zdravotnická část nejméně dvoučlenná ve složení lékař a zdravotnický záchranář. Pro primární zásahy se v ČR používají zásadně vrtulníky. Pilot je zaměstnancem společnosti, která Leteckou záchrannou službu (dále jen „LZS“) provozuje a i vrtulník je majetkem této společnosti.

LZS je, stejně jako všechny výjezdové skupiny, řízena a povolávána zdravotnickým operačním střediskem, které zároveň řídí součinnost LZS s pozemními posádkami ZZS a ostatními složkami IZS. Letadla pro ZZS smluvně zajišťuje ministerstvo s provozovateli letadel a informuje kraje a poskytovatele ZZS o podmínkách pro využití letadel poskytovateli ZZS. Činnosti poskytovatele LZS jsou financovány ze státního rozpočtu, ze kterého se hradí náklady na provoz letadel pro ZZS.

Na území ČR uskutečňují leteckou záchrannou službu Policie ČR, Armáda ČR a soukromé společnosti Alfa Helicopter a DSA. (28)

1.2.4. Policie ČR

Policie České republiky (dále jen „policie“) je jednotný ozbrojený sbor. Je ozbrojeným bezpečnostním sborem, který plní úkoly ve věcech vnitřního pořádku a bezpečnosti v rozsahu vymezeném ústavními zákony, zákony a ostatními obecně závaznými předpisy. Policie slouží veřejnosti a jejím úkolem je ochraňovat bezpečnost osob, majetku a veřejný pořádek, předcházet trestné činnosti, plnit úkoly podle trestního řádu a další úkoly na úseku vnitřního pořádku a bezpečnosti svěřené jí zákony. (29)

Policie je přímo podřízena Ministerstvu vnitra (dále jen „MV“) a policejní prezident přímo zodpovídá za chod policie ministrovi vnitra. Ministr vnitra jmenuje a odvolává policejního prezidenta.

V čele Policejního prezidia ČR stojí policejní prezident, který řídí provoz policie. Celostátní útvary policie ustanovuje ministr vnitra na návrh policejního prezidenta, útvary zřízené v rámci krajských ředitelství policie ustanovuje policejní prezident na návrh krajského ředitele. (30)

Struktura policie:

- Policejní prezidium ČR – jeho úkolem je zásadní koordinace a řízení policejních činností,
- útvary policie s celostátní působností (např. útvar rychlého nasazení atd.)
- krajská ředitelství policie,
- útvary zřízené v rámci krajského ředitelství,
 - územní odbory,
 - obvodní oddělení. (29)

V rámci policie působí služba kriminální policie a vyšetřování, služba dopravní policie, služba správních činností, pořádková policie, ochranná služba, služba cizinecké policie a letecká služba.

I když je policie jednou ze základních složek IZS, vzhledem ke svému hlavnímu poslání neprovádí záchranné a likvidační práce. Jejím základním úkolem je především

zajištění bezpečnosti dopravy a veřejného pořádku k podpoře provádění záchranných a likvidačních prací. K podpoře složek IZS při provádění záchranných a likvidačních prací v případě vzniku MU, velkých dopravních nehod, živelných pohrom a katastrof, průmyslových havárií je možno využít zejména zásahové jednotky služby pořádkové policie, letecká služba, kynologické a potápěčské složky. (11)

Útvar policie nebo policista se podílí na uskutečnění záchranných a likvidačních prací včetně letecké podpory IZS, jsou-li k tomu vyškoleni a vybaveni, pokud je to nutné k záchraně života, zdraví a majetku, a pokud jsou určeni policejním prezidentem. K řešení MU a krizových situací se považuje i příprava policie na ně. (29)

Policie připravuje zabezpečení plnění svých úkolů jako složky IZS z hlediska souběžného plnění dalších úkolů, vybavení ochrannými prostředky a další logistickou podporu z vlastních prostředků a z prostředků ostatních složek IZS.

Policie jako jedna ze základních složek IZS plní celé množství úkolů v závislosti na určité MU a jejím následném vývoji. Při MU se policie podílí na objasnění příčin vzniku MU a využívá plně svých práv a přitom spolupracuje s jednotlivými složkami IZS, s orgány státní správy a postupuje v souladu s trestním řádem. Mezi základní činnosti policistů patří např.:

- regulace vjezdu vozidel a vstupu osob, pohybu osob a vozidel v uzavřeném prostoru,
- provádění kontrol osob v uzavřené oblasti,
- poskytování potřebných informací o průběhu MU a o přijatých opatřeních obyvatelstvu,
- zabezpečení speciálních činností,
- vytváření velitelského stanoviště, štábu velitele, pevných a pohyblivých hlídek,
- zabezpečení veřejného pořádku a bezpečnosti při evakuaci, mimořádných veterinárních opatřeních, v místech výdeje humanitární pomoci apod.,
- monitorování situace v oblasti zajištění veřejného pořádku a v oblasti bezpečnosti a plynulosti silničního provozu. (30)

1.2.5. Ostatní složky IZS

Vyčleněné síly a prostředky ozbrojených sil: Armáda ČR lze využít k posílení základních složek IZS při likvidaci následků MU a krizových situací v případech, kdy vzniklou situaci nemohou základní složky IZS zvládnout. Pro vzájemnou spolupráci se využívá „Rámcová smlouva“, „Dohoda o plánované pomoci na vyžádání“ a „Územně plánovací podklady“.

Ostatní ozbrojené bezpečnostní sbory: Vězeňská služba, Justiční stráž, Celní správa, Vojenská policie, Obecní a městská policie, Soukromé bezpečnostní služby.

Ostatní záchranné sbory: Báňská záchranná služba, Vodní záchranná služba, Horská služba, Svaz záchranných brigád kynologů ČR.

Orgány ochrany veřejného zdraví: Ministerstvo zdravotnictví, Krajské hygienické stanice a jejich územní pracoviště.

Havarijní, pohotovostní, odborné a jiné služby: Havarijní a poruchové služby – energetika, vodárenství, plynárenství, Technické služby měst a obcí, komunální služby, kompletní služby v oblasti odpadového hospodářství.

Zařízení civilní ochrany: zařízení obcí, právnických a podnikajících fyzických osob, která jsou určena pro plnění úkolů Civilní ochrany při řešení MU a krizových situací.

Neziskové organizace a sdružení občanů, která lze využít k záchranným a likvidačním pracím: Sdružení hasičů Čech, Moravy a Slezska, Česká hasičská jednota, Moravská hasičská jednota, Český červený kříž a další.

Při záchranných a likvidačních pracích poskytují ostatní složky IZS plánovanou pomoc na vyžádání podle zákona 239/2000 Sb. o IZS. Plánovanou pomocí na vyžádání se rozumí předem písemně dohodnutý způsob poskytnutí pomoci ostatními složkami. HZS kraje je zařadí do Poplachového plánu IZS. (11)

1.2.6. Taktická, operační a strategická úroveň řízení u zásahu

Koordinace záchranných a likvidačních prací se uskutečňuje několikaúrovňově:

- Taktická úroveň – na místě zásahu složek IZS, kde MU přímo působí svými účinky a záchranné a likvidační práce koordinuje VZ,

- Operační úroveň – na úrovni OPIS IZS a operačních středisek základních složek IZS zajišťuje koordinaci územně příslušné OPIS IZS – především HZS ČR,
- Strategická úroveň – z pozice územně příslušné úrovně veřejné správy má oprávnění koordinovat záchranné a likvidační práce MV (generální ředitelství HZS ČR), hejtmán kraje (v Praze – primátor) a starosta obce s rozšířenou působností.

Mimořádná událost – MU

Činností člověka nebo přírodními vlivy může docházet ke škodlivému působení sil a jevů za vzniku havárií, které mohou ohrožovat život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. (2)

Záchranné práce

Záchranné práce je druh činnosti, která vede k omezení nebo odvrácení bezprostředního působení rizik vznikajících MU, zejména je-li ohrožen život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vede k přerušení jejich příčin. Vytvoření přiměřených bezpečnostních podmínek pro ochranu zasahujících osob a příslušníků se považuje také za záchranné práce. (31)

Likvidační práce

Činnosti k odstranění následků způsobených MU označujeme jako likvidační práce. (2)

1.3. Dopravní nehoda

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. (32)

V důsledku dopravních nehod (dále jen „DN“) nastávají situace, které ohrožují bezpečnost a plynulost silničního provozu a mohou ohrožovat i životní prostředí. Ohrožení může být způsobené:

- překážkou silničního provozu, převáženým nákladem, havarovanými vozidly, poškozeným dopravním značením a zařízením, která zasahují do komunikace,
- dopravním omezením vznikající v důsledku omezení sjízdnosti komunikace, zapříčiněné uniklými provozními kapalinami nebo přepravovaným nákladem a jinými látkami. (33)

JPO provádí likvidaci dopadů DN výlučně tehdy, pokud je ohroženo zdraví, životy lidí, zvířat nebo životní prostředí, nebo při provádění odstraňování následků DN hrozí riziko vzniku požáru, úniku nebezpečných látek, výbuchu nebo jiné ohrožení a je nezbytné provádět záchranné a likvidační práce. Jednotky mohou na základě smluvního vztahu se správcem nebo vlastníkem komunikace nebo s tím, kdo DN zapříčinil, realizovat likvidační práce spojené s odstraňováním úniků provozních kapalin nebo znečištění komunikací a přilehlých prostor. Při záchranných a likvidačních pracích je nutná spolupráce s ostatními složkami IZS, které řeší dopady MU. Záměrem konání JPO při zásahu na DN na pozemních komunikacích je především:

- zajištění místa DN a okolí,
- poskytnutí první pomoci zraněným účastníkům,
- protipožární opatření,
- vyproštění ohrožených a zraněných osob,
- zamezení úniku nebezpečných látek,
- poskytnutí nezbytné pomoci postiženým osobám. (34)

1.3.1. Likvidační práce, za které jsou požadovány náhrady

Jednotky HZS ČR provádějící zásah, případně záchranné práce v souladu se zákonem č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, nemají ve svých úkonech povinnost vykonávat likvidační práce (dále jen „LP“). LP mohou provádět, pokud souvisí s obsahem jejich činnosti a nedojde tím k oslabení akceschopnosti jednotky. V takovéto záležitosti se může jednat o službu za úplatu vynaložených výdajů podle ustanovení § 97 zákona o požární ochraně.

Pokud jednotka HZS při zásahu na DN uskuteční LP, které vedly k odstranění následků vzniklých touto DN, vykoná HZS kraje fakturaci nákladů za tyto práce podle zásad stanovených ve směrnici vydané generálním ředitelstvím HZS ČR.

Původním předpisem byl Pokyn generálního ředitele HZS ČR č. 15/2006, kterým se stanoví postup JPO při provádění likvidačních a obnovovacích prací a postup HZS ČR při vypořádání nákladů. Následuje Pokyn generálního ředitele č. 41/2010 – „Směrnice k vyúčtování náhrad za likvidační práce prováděné jednotkami HZS ČR v souvislosti s DN“. Tento pokyn částečně novelizuje „Oznámení náměstka generálního ředitele HZS ČR pro IZS a operační řízení (dále jen „OŘ“), který s účinností od 1. února 2012 novelizuje „Ceník vynaložených výdajů při výkonu příslušníků HZS ČR a použití techniky k poskytnutí LP a prací prováděných jednotkami HZS ČR“. Následným a zatím posledním legislativním prostředkem je Nařízení vlády ze dne 21. srpna 2013 o paušální výši úhrady nákladů zásahu. Zde je vládou stanovena paušální výše úhrady nákladů za každou započatou hodinu zásahu jednotky HZS kraje, jednotky záchranného útvaru nebo jednotky SDH obce a činí 5 600 Kč. Toto nařízení nabylo účinnosti 1. září 2013. (35)

Oprávnění k účtování úhrady nákladů

Oprávnění k účtování vzniklých nákladů za zásah na DN vychází ze zákona č. 160/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů.

1.4. Statistické metody

Bez ohledu na to, že základní pojmy a postupy statistické analýzy jsou obecně uznávané, různí autoři upozorňují na určité nuance, popř. doplňující návrhy a nové přístupy, které mají vliv na některé detaily prováděných výpočtů. V následujících sekcích jsou popsány postupy, které jsou použity v této diplomové práci. Nuance, které uvádějí jednotliví autoři, včetně interpretace získaných výsledků, jsou uvedeny v kapitole 4 Diskuse.

1.4.1. Základní pojmy

Základní statistický soubor (ZSS) – množina předmětů roztríděných z hlediska jejich určité společné vlastnosti, zvané „statistický znak“ (36), např. všechny dopravní nehody na území JČK, u kterých zasahovala alespoň jedna jednotka HZS JČK.

Statistická jednotka – prvek základního statistického souboru, který je nositelem vlastností základního statistického souboru, např. dopravní nehoda. (37)

Statistický znak (SZ) – vlastnost, jejíž různé hodnoty nacházíme u všech statistických jednotek (prvků) daného statistického souboru a která byla zvolena za podklad pro třídění těchto prvků (např. počet dopravních nehod na území JČK za kalendářní měsíc, vykázaná délka zásahů souvisejících s dopravními nehodami na území JČK za kalendářní měsíc).

Rozsah statistického souboru (RSS) – celkový počet všech prvků uvažovaného souboru.

Formou definice se tyto pojmy zavádí např. v (36)

Definice – 1

- (1) *Statistickým souborem Z* se nazývá množina předmětů roztríděných z hlediska jejich určité společné vlastnosti nazývané *znak*.
- (2) Předměty patřící do statistického souboru (tzv. *statistické jednotky*) se označují jako prvky souboru.
- (3) Znak, jehož různé hodnoty lze nalézt u všech prvků daného souboru, se nazývá argumentem souboru (*statistickým znakem*).
- (4) Celkový počet n všech prvků uvažovaného souboru se nazývá *rozsahem souboru*.
- (5) Součet všech hodnot argumentu (znaku) statistického souboru se nazývá *úhrnem argumentu (úhrnem znaku)*. (36)

Dále se mezi základní pojmy v (36) zavádí:

Variační obor – pokud „ a “ je minimální hodnota (popř. infimum) a „ b “ je maximální hodnota (popř. supremum), pak:

Interval $\langle a; b \rangle$ označujeme jako *variační obor* (obor variability, intervalem variability) statistického znaku.

Třída - variační obor $\langle a; b \rangle$ se rozkládá na menší části zvané třídy (*třídní intervaly*) statistického znaku. Šířkou třídy h příslušného třídního intervalu nazýváme číslo $h = b_k - a_k$. Číslo $\frac{1}{2}(a_k + b_k)$ se nazývá středem třídy k , přičemž a_k , resp. b_k nazýváme *dolní*, resp. *horní hranicí třídy* k .

Škálování – pro kompletní výčet hodnot statistického znaku je obtížné, případně úplně nemožné, stanovit pravděpodobnost jednotlivých hodnot. Vzhledem k tomu se hodnoty statistického znaku přiřazují do relevantního počtu skupin označovaných jako *prvky škály* a celý tento postup se označuje jako škálování.

Rozložení četností

Výsledkem statistického šetření o rozsahu n jednotek číselného statistického znaku (označeného jako x) je v běžných případech neuspořádaná číselná posloupnost hodnot $x_1, x_2, \dots, x_n$. Takto prezentovaný soubor by ovšem u větších souborů mohl působit značně nepřehledně. Vzhledem k tomu je výhodné napozorované hodnoty utřídít podle velikosti a současně je účelné zjistit, s jakou četností se jednotlivé varianty vyskytují.

(37)

Definice – 2

- (1) Počet prvků souboru patřících do k -té třídy se nazývá *absolutní četností* argumentu v k -té třídě nebo absolutní četností k -té třídy. Označuje se f_k .
- (2) Je-li f_k absolutní četnost k -té třídy a n je rozsah uvažovaného souboru, pak se
 - f_k/n nazývá *relativní četností* k -té třídy,
 - $100 f_k/n$ procentní relativní četností k -té třídy. (36)

1.4.2. Charakteristiky rozložení náhodné veličiny

Pro další statistické zpracování je potřeba vypočítat základní statistické charakteristiky získaných dat, mezi které patří především momenty (obecné a centrální). Kromě vlastního stanovení statistických charakteristik (poloha, variabilita, šikmost apod.) získaných (empirických) dat se tyto hodnoty využijí v následných statistických výpočtech.

Klasifikace charakteristik rozložení pravděpodobnosti náhodné veličiny

Není-li známý zákon rozložení pravděpodobností náhodné veličiny, je možno se jeho vlastnosti pokusit zjistit na základě některých jeho význačných charakteristik neboli parametrů. Těchto veličin se někdy používá i tehdy, je-li zákon rozložení pravděpodobností známý. (36)

Velmi názornou představu o charakteru rozdělení četností lze získat jeho grafickým vyjádřením. Především se tak ukáže, s jakou pravidelností jsou četnosti rozloženy, zda jde o rozdělení symetrické nebo které hodnoty v něm dominují. (37) V některých případech, např. při hodnocení vypočtené charakteristiky symetričnosti je výslovně potřeba konfrontovat získaný koeficient šikmosti $\tilde{m}_3$ s grafickým znázorněním rozložení četností. (Disk 6)

Za nejdůležitější charakteristiky rozložení pravděpodobnostní náhodné veličiny se považuje:

- (1) Charakteristika polohy
- (2) Charakteristika variability
- (3) Charakteristika šikmosti
- (4) Charakteristika špičatosti

Většinu těchto charakteristik lze odvodit pomocí obecných, centrálních nebo pravděpodobnostních momentů.

Dalšími, méně často používanými charakteristikami jsou např. charakteristiky stochastické vazby, výběrové charakteristiky a semiinvarianty. (38)

Charakteristiky polohy

Charakteristika polohy se snaží vystihnout polohu rozložení na přímce (popř. v r-rozměrném euklidovském prostoru), tj. posun rozložení vůči počátku. (38)

K charakteristikám polohy (neboli středním hodnotám) se počítají aritmetický, geometrický a harmonický průměr, medián, modus a kvantily.

Definice – 3 (36)

Je dán statistický soubor, jehož argument X nabývá hodnot $x_1, x_2, \dots, x_n$, které jsou roztrženy do r tříd, přičemž f_k , resp. x_k značí absolutní četnost, resp. třídni znak k -té třídy.

Aritmetický průměr $\bar{x}$ je definován vztahy

$$(1) \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$$

$$(2) \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r f_i x_i$$

Poznámka: vzorec (1) se týká souboru neroztržného, vzorec (2) se týká souboru roztržného.

Vlastnost aritmetického průměru

Součet všech odchylek $(x_k - \bar{x})$ hodnot argumentu X od aritmetického průměru $\bar{x}$ se rovná nule, tj.

$$\sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}) = 0$$

Definice – 4 (36)

Modus (modální hodnota) statistického souboru je ta hodnota argumentu X , které přísluší největší absolutní četnost f_k .

Medián statistického souboru je ta hodnota argumentu X , která rozděluje posloupnost hodnot tohoto argumentu, uspořádanou podle velikosti, na dvě části o stejném počtu prvků.

Charakteristiky variability

K charakteristikám variability neboli rozptýlení patří rozptyl, směrodatná (standardní) odchylka, průměrná odchylka, variační koeficient a variační rozpětí.

Definice – 5 (36)

1. *Rozptylem* statistického souboru s rozsahem n se nazývá aritmetický průměr kvadratických odchylek $(x_k - \bar{x})^2$ hodnot náhodné veličiny X od aritmetického průměru $\bar{x}$

$$s_x^2 = \sigma^2(X) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2$$

2. *Směrodatnou (standardní) odchylkou* se nazývá druhá odmocnina rozptylu

$$s_x = \sigma(X) \geq 0$$

3. *Variačním koeficientem* se nazývá hodnota

$$V_x = \frac{s_x}{\bar{x}}$$

Variační koeficient patří mezi relativní míry variability, protože nevyjadřuje variabilitu v původních měrných jednotkách, ale jako poměr směrodatné odchylky a průměru. (37)

Charakteristiky šikmosti

Charakteristiky šikmosti se snaží vystihnout nesymetričnost rozložení pravděpodobností nebo četností.

Definice – 6 (36)

Koeficientem šikmosti se nazývá číslo

$$\tilde{m}_3 = \frac{C_3}{s_x^3} \quad (\text{Disk 6})$$

Charakteristika špičatosti (neboli koeficient excesu)

Charakteristika špičatosti se snaží porovnat variabilitu rozložení na krajích a ve středu. (38)

Definice – 7 (36)

Koeficientem špičatosti se nazývá číslo

$$\varepsilon_4 = \frac{C_4}{s_x^4}$$

1.4.3. Základní pojmy statistické indukce

Pojem statistika (v užším smyslu) (36)

Zatímco teoretické charakteristiky základního souboru představují vždy určité pevné číslo, mění se empirické charakteristiky od jednoho výběru k druhému, takže

představují náhodné veličiny. Ty se nazývají statistikami (v užším smyslu) a značí se velkými písmeny latinské abecedy, např. M , S^2 apod. Každá taková statistika nabývá při určitém empirickém výběru určité pevné hodnoty, která se rovná empirické charakteristice.

Statistickou indukci se nazývá zobecnění statistických výsledků získaných zpracováním statistického podsouboru na základní soubor, z něhož uvažovaný podsoubor pochází.

Statistická indukce však nepodává zobecněné závěry s naprostou jistotou. Stupeň nejistoty, který při těchto závěrech zůstává, může být v případech, kdy je dbáno určitých zásad, změřen, a to pravděpodobností. Z tohoto hlediska pak lze příslušné závěry získané metodami statistické indukce považovat za přesné, neboť je známá povaha i stupeň zmíněné nejistoty.

Jedním z hlavních úkolů statistické indukce je určit odhady charakteristik (neboli parametrů) základního statistického souboru. Rozlišují se dva druhy odhadů:

- estimátory (neboli bodové odhady),
- intervalové odhady (neboli intervaly spolehlivosti).

1.4.4. Bodové odhady parametrů

Definice – 8 (36)

Estimátorem (bodovým odhadem) parametru β základního souboru Z se nazývá statistika B , která s předepsanou přesností aproximuje parametr β .

Definice – 9 (36)

1. *Konzistentním (neboli nesporným) estimátorem parametru β základního souboru Z se nazývá taková statistika B_n , že pro dosti velké indexy n platí vztah*

$$P(|B_n - \beta| \leq \varepsilon) > 1 - \eta,$$

kde $\varepsilon > 0$; $\eta > 0$ jsou jakákoliv předem zvolená čísla (je to tedy každá statistika B_n , která stochasticky konverguje k parametru β , tj. $\lim_{n \rightarrow \infty} B_n = \beta$).

2. *Nevychýleným (neboli nestranným) estimátorem parametru β se nazývá taková charakteristika B_n , jejíž střední hodnota*

$$E(B_n) = \beta$$

V opačném případě se statistika B_n nazývá vychýleným (neboli zkresleným) estimátorem parametru β , a to vpravo nebo vlevo vychýleným estimátorem, pokud $E(B_n) > \beta$, resp. $E(B_n) < \beta$.

Definice – 10 (36)

1. Nevychýlený estimátor B_n^* , který má nejmenší rozptyl ze všech estimátorů B_n parametru β , určených ze všech náhodných výběrů s rozsahem n , se nazývá *nejefektivnějším (nejvydatnějším) estimátorem parametru β* .
2. Nechť B_n^* je nejefektivnější estimátor parametru β a nechť B_n je libovolný jiný estimátor tohoto parametru β . Pak poměr

$$V(B_n) = \sigma^2(B_n^*) / \sigma^2(B_n)$$

se nazývá *efektivností (vydatností) estimátoru B_n* .

3. Konzistentní estimátor B_n , pro který platí vztah

$$\lim_{n \rightarrow \infty} V(B_n) = 1$$

se nazývá *asymptoticky nejefektivnějším estimátorem parametru β* .

Jsou-li četnosti výběrového souboru rozděleny podle normálního rozdělení, je *nezkresleným, konzistentním a vydatným bodovým odhadem střední hodnoty μ první obecný moment*. (39)

Pokud jsou četnosti výběrového souboru rozděleny podle normálního rozdělení, pak *nezkresleným, konzistentním a vydatným bodovým odhadem druhé odmocniny rozptylu ($=\sigma$) je směrodatná odchylka S_x* . (39)

1.4.5. Intervalové odhady

Estimátor B parametru β základního souboru je vždy spojen s určitou nepřesností (= chybou). Tuto nepřesnost je potřeba nějakým způsobem změřit. K tomu stačí, jestliže se k libovolnému číslu, tj. k pravděpodobnosti $p \in (0;1)$ určí takové číslo $\delta > 0$, pro které platí

$$P(|B - \beta| < \delta) = 1 - p \quad (36)$$

Hodnoty statistiky B , které padnou do intervalu $(B - \delta; B + \delta)$ se považují za přijatelné, zatímco ostatní hodnoty se považují za kritické, tzn. nepřijatelné.

Definice – 11 (36)

1. Jsou-li $B_1 = F_1(X_1, X_2, \dots, X_n)$, $B_2 = F_2(X_1, X_2, \dots, X_n)$ takové statistiky příslušné parametru β základního souboru, že pro číslo $p \in (0; 1)$ platí

$$P(B_1 \leq \beta \leq B_2) = 1 - p$$

pak interval $\langle B_1; B_2 \rangle$ se nazývá *konfidenčním intervalem pro parametr β* při konfidenčním koeficientu $(1 - p)$. Lze také použít názvu *interval 100(1 - p)-procentní spolehlivosti pro parametr β* , nebo *konfidenční interval pro parametr β se 100(1 - p)-procentní spolehlivostí*.

Přitom pravděpodobnost $q = 1 - p$ udává stupeň spolehlivosti a nazývá se konfidenční koeficient (koeficient spolehlivosti).

2. Jsou-li b_1, b_2 ($b_1 \leq b_2$) určité hodnoty statistik B_1, B_2 z předchozího odstavce 1., tj. hodnoty statistik B_1, B_2 určené na základě určitého empirického výběru (vzorku), pak nerovnosti

$$b_1 \leq \beta \leq b_2$$

aproximují parametr β se 100(1 - p)-procentní spolehlivostí.

1.4.6. Testování statistických hypotéz

Definice – 12 (36)

1. *Statistickou hypotézou* se nazývá každý předpoklad o neznámé vlastnosti rozložení pravděpodobnostní náhodné veličiny.
2. Prověřovaná statistická hypotéza se obvykle nazývá *nulová* a označuje se H_0 . Kritéria, která slouží k prověřování předložené hypotézy, se nazývají *statistické testy* (nebo též *testy významnosti*).

Statistické hypotézy a příslušné statistické testy lze rozdělit podle různých hledisek. Jedním z nich je rozdělení na hypotézy a testy parametrické a neparametrické.

Neparametrické hypotézy – obecně jde o hypotézy, které neobsahují žádné parametry. Mimo jiné se testování neparametrických hypotéz využívá k ověření, zda rozdělení četností získaných dat lze nebo nelze považovat za pravděpodobnosti

některého z teoreticky dobře prozkoumaných rozdělení (např. normální rozdělení, rovnoměrné rozdělení apod.)

Parametrické hypotézy (resp. testy) se týkají hodnot neznámých číselných parametrů (charakteristik) náhodné veličiny. (36)

Východiska testování hypotéz

Definice – 13 (36)

1. Jev A se nazývá *prakticky nemožný 100p-procentní hladině (případně ,úrovni‘)* významnosti, pokud platí

$$P(A) = p, \text{ kde se obvykle předpokládá } p \in (0; 0,01)$$

2. Interval $\langle a_p; b_p \rangle$ nazýváme *intervalem prakticky možných hodnot* náhodné veličiny X na 100p-procentní hladině významnosti, je-li

$$P(a_p < X < b_p) = 1 - p$$

Přitom číslo a_p , resp. b_p se nazývá dolní, resp. horní kritický bod náhodné veličiny X .

Definice – 14 (36)

Nechť b je pozorovaná (empirická) hodnota statistiky B , β je teoretická hodnota statistiky B ; $\langle a_p; b_p \rangle$ je interval prakticky možných hodnot statistiky B na hladině významnosti 100p%.

Pak rozdíl $b - \beta$ je na 100p-procentní hladině významnosti: (36)

1. *náhodně vysvětlitelný* právě když $b \in J_{0,05} = \langle a_{0,05}; b_{0,05} \rangle$
2. *statisticky významný* právě když $b \notin J_{0,01} = \langle a_{0,01}; b_{0,01} \rangle$
3. *slabě statisticky významný* právě když $b \notin J_{0,05}$, ale $b \in J_{0,01}$

Postup ověřování statistických hypotéz (36)

Nechť B je nějaká statistika a b její empirická hodnota ve vzorku vybraném ze základního souboru. Při ověřování určité nulové hypotézy H_0 se postupuje takto:

1. Vysloví se nulová hypotéza H_0 o vlastnosti A základního souboru, opírající se o daný vzorek

2. Z předpokládané vlastnosti A základního souboru se odvodí vhodný interval $\langle a_p; b_p \rangle$ prakticky možných hodnot náhodné veličiny (statistiky) B na hladině významnosti $100p\%$.
3. Leží-li pozorovaná (empirická) hodnota b statistiky B v intervalu $\langle a_p; b_p \rangle$, řekne se, že nulová hypotéza H_0 je slučitelná s pozorovanou hodnotou b a že rozdíl mezi pozorovanou a teoretickou hodnotou statistiky B je náhodně vysvětlitelný na uvedené hladině významnosti. V tom případě nulová hypotéza H_0 nebyla vyvrácena.
4. Leží-li pozorovaná hodnota b statistiky B mimo interval $\langle a_p; b_p \rangle$, přičemž $p \leq 0,01$, je hypotéza H_0 neslučitelná s pozorovatelnou hodnotou b na uvedené hladině významnosti a rozdíl mezi pozorovanou a teoretickou hodnotou statistiky B je statisticky významný. V tomto případě se hypotéza H_0 zamítne, neboť se uskutečnil jev $b \notin J_{0,01}$, který je podle hypotézy H_0 prakticky nemožný. (36)

Studentův t-test

Tímto testem posuzujeme zejména:

- rozdíl $(\bar{x} - \mu)$ mezi výběrovým průměrem $\bar{x}$ a předpokládanou střední hodnotou μ ,
- rozdíl $\bar{x} - \bar{y}$ mezi průměry dvou spárovaných výběrů $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$,
- rozdíl $\bar{x} - \bar{y}$ mezi průměry dvou nezávislých výběrů $x_1, \dots, x_n$ a $y_1, \dots, y_n$,
- rozdíl $b - \beta$ mezi výběrovým regresním koeficientem b a předpokládanou hodnotou (základního, teoretického) regresního koeficientu β (pro hypotézu $\beta = 0$ je tento test totožný s testem hypotézy, že korelační koeficient $\rho = 0$).

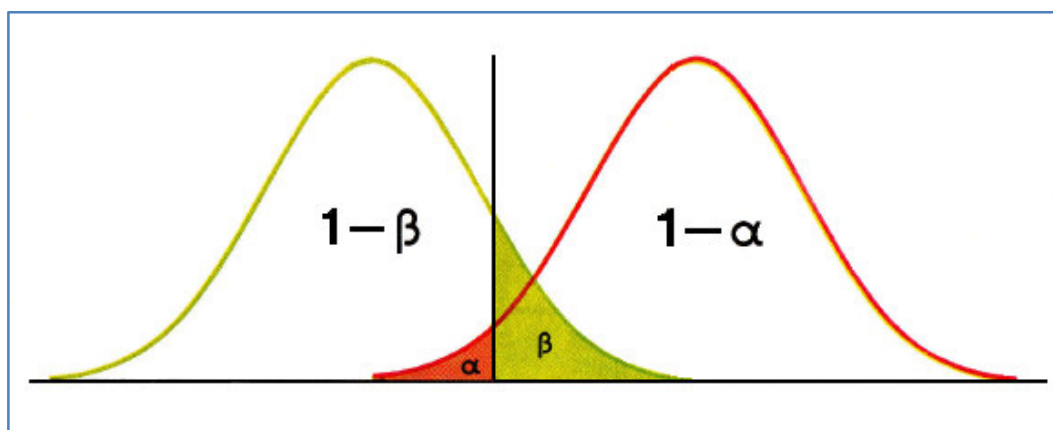
Hodnotu t považujeme za významnou na hladině α , když $|t| > t_\alpha$ kde t_α je kritický bod Studentova rozdělení s příslušným počtem stupňů volnosti pro hladinu významnosti α . Očekáváme-li, že t se bude významně odchylovat od nuly v tu nebo onu stranu, pak za významné považujeme buď jen hodnoty $t > t_{2\alpha}$, nebo jen hodnoty $t < -t_{2\alpha}$ (jednostranný t – test). t – test je použitelný na náhodné výběry z normálních rozdělení. (40)

Výsledek testování

Při rozhodování mohou nastat celkem čtyři případy:

1. Nulová hypotéza platí a hodnota b statistiky B (dále též *výběrový bod*) padne do kritického oboru.
2. Nulová hypotéza platí a výběrový bod nepadne do kritického oboru.
3. Nulová hypotéza neplatí a výběrový bod padne do kritického oboru.
4. Nulová hypotéza neplatí a výběrový bod nepadne do kritického oboru.

V druhém a třetím případě se dělá *správné rozhodnutí*, v prvním a čtvrtém nesprávné. První případ, tj. zamítnutí platné nulové hypotézy, nazýváme *chybou prvního druhu*. Čtvrtý případ, tj. nesprávné rozhodnutí, když platí alternativní hypotéza, nazýváme *chybou druhého druhu*. Je zřejmé, že kritický obor je třeba volit tak, aby pravděpodobnosti chyby prvního i druhého druhu byly co nejmenší. Nelze však minimalizovat pravděpodobnosti chyb obou druhů zároveň. (50) (Disk 13), (Disk 14)



Obrázek 4: Chyba prvního a druhého druhu; zdroj: (51)

1.4.7. Regresní analýza

Statistické zkoumání závislostí vychází ze skutečnosti, že vždy lze s ohledem na cíle analýzy označit některou z proměnných jako závisle proměnnou (neboli vysvětlovanou proměnnou), tedy jako výsledek působení jednoho nebo více zjištěných faktorů – nezávisle proměnných (neboli vysvětlujících proměnných). (37)

Vlastním cílem zkoumání je číselné charakterizování závislostí. Každá závislost kvantitativních znaků má dvě stránky, které jsou předmětem měření a analýzy:

- průběh (forma) závislosti, tj. způsob změn hodnot vysvětlované proměnné při postupných změnách nezávisle proměnné. ... Obvyklým cílem analýzy je najít nějakou matematickou funkci, která se označuje jako *regresní funkce*,
- těsnost závislosti, tj. míra vzájemného vztahu mezi proměnnými. ... Toto zkoumání se označuje jako *korelační analýza*. (37)

Při výpočtu regresních funkcí se používá metoda nejmenších čtverců, která vychází z následujícího principu (40):

V rovině je dáno n bodů $[x_1, y_1], [x_2, y_2] \dots, [x_n, y_n]$, kdy x_i jsou pevně dané hodnoty proměnné x a y_i jsou hodnoty proměnné y získané empiricky. Měření, které odpovídá hodnotě x_i je označeno y_i .

Předpokládá se, že mezi proměnnými x a y platí funkční vztah $y = f(x)$, kde $f(x)$ je funkce známého tvaru (např. lineární). Pokud by nevznikaly při měření žádné chyby, kterými jsou zatíženy hodnoty y_i , platilo by $y_i = f(x_i)$, takže všechny body by ležely na křivce s rovnicí $y = f(x)$.

Ve skutečnosti však platí

$$y_i = f(x_i) + \text{chyba}$$

a body $[x_i, y_i]$ jsou tedy vlivem chyb kolem křivky rozptýleny. Funkce $f(x)$ obsahuje obecně p ($p < n$) neznámých konstant, tzv. parametrů, které se označí jako $b_1, b_2, \dots, b_p$, takže lze psát $f(x) = f(x; b_0, b_1, \dots, b_p)$, např. lineární funkce $f(x) = b_0x + b_1$ obsahuje dva parametry. Měření y_i je potom možno vyjádřit rovnicí $y_i = f(x_i; b_0, b_1, \dots, b_p) + e_i$, kde e_i je chyba měření, kterou považujeme za náhodnou veličinu.

Má-li se body $[x_1, y_1], [x_2, y_2] \dots, [x_n, y_n]$ proložit křivku o rovnici $y = f(x; b_0, b_1, \dots, b_p)$, musíme určit, tj. statisticky odhadnout, neznámé parametry $b_0, b_1, \dots, b_p$, které se v rovnici křivky vyskytují. Přitom požadujeme, aby křivka byla

proložena tak, aby co nejlépe přiléhala k empirickým bodům $[x_i, y_i]$. Odhad parametru b_j označíme b_j^* .

Způsob určení odhadů b_j^* závisí na tom, jaké zvolíme kritérium pro „přiléhavost křivky k bodům“. V *metodě nejmenších čtverců* se jako kritérium „přiléhavosti“ uvažuje součet rozdílů čtverců $y_i - f(x_i; b_0^*, b_1^*, \dots, b_p^*)$ a odhady $b_0^*, b_1^*, \dots, b_p^*$ se určí jako hodnoty, které činní tento součet minimálním.

Pokud se označí

$$S = \sum_{i=1}^n \left[y_i - f(x_i; b_0^*, b_1^*, \dots, b_p^*) \right]^2$$

budou odhady b_j^* ($j = 0, 1, \dots, p$) určeny z podmínky

$$S = \min.$$

Uvedenou podmínkou je vyjádřen princip metody nejmenších čtverců. O křivce s rovnic $y = f(x; b_0, b_1, \dots, b_p)$, v níž jsou neznámé parametry b , říkáme, že byla body $[x_i, y_i], \dots, [x_n, y_n]$ proložena metodou nejmenších čtverců. (40)

Podmínky pro hledání minima funkce S lze tedy vyjádřit ve tvaru (39)

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

Získaná soustava rovnic se nazývá *soustava normálních rovnic* pro jednoduchou lineární regresi a po provedení derivací nabývá známého tvaru (k je počet prvků škály u statistických znaků SZ-x a SZ-s, sčítací index i nabývá obecně hodnot $i = 1, 2, \dots, k$)

$$\sum_{i=1}^k s_i = kb_0 + b_1 \sum_{i=1}^k x_i$$

$$\sum_{i=1}^k s_i x_i = b_0 \sum_{i=1}^k x_i + b_1 \sum_{i=1}^k x_i^2.$$

Vyřešením soustavy normálních rovnic lze získat hodnoty normálních parametrů b_0, b_1 , zapsat rovnici přímky $y = b_0 + b_1 x$. (39)

Lineární regrese je nejpoužívanější regresní funkcí.

1.4.8. Korelační analýza

Korelace je vzájemná závislost náhodných veličin. Korelace dvou náhodných veličin se nazývá *jednoduchou korelací* a k jejímu kvantitativnímu vyjádření se používá *korelační koeficient*.

Definice – 15 (36)

Korelační závislost náhodných veličin X, Y se měří korelačním koeficientem

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

$$\text{kde } S_{xs} = \sum_{i=1}^k n_i / n (x_i - O_{1x})(s_i - O_{1s})$$

Korelační koeficient se někdy označuje jako *Pearsonův korelační koeficient*. (39)

2. Hypotézy a metodika

V rámci statistického šetření se zkoumají statistické hypotézy, tj. nějaký předpoklad o neznámé vlastnosti rozložení pravděpodobnostní náhodné veličiny (viz *Definice – 12*)

2.1. Hypotézy

H1) Z hlediska měsíčního časového vývoje bude počet nehod za posledních 5 let v rámci výjezdů Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje klesat.

H2) Z hlediska měsíčního časového vývoje bude výše nákladů za posledních 5 let v rámci výjezdů Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje klesat.

H3) Empirické rozdělení počtu dopravních nehod a nákladů bude za posledních 5 let v rámci výjezdů Hasičského záchranného sboru Jihočeského kraje blízké normálnímu rozdělení.

Poznámka: Pro zkoumání pravdivosti hypotéz H2 a H3 jsou mj. potřeba i data o nákladech vztažená k jednotlivým dopravním nehodám. Vzhledem k tomu, že tato data nejsou k dispozici, byla provedena substituce proměnné ‚náklady‘ proměnnou ‚doba zásahu‘. Odůvodnění oprávněnosti této substituce je uvedeno v kapitole *Diskuse* jako diskusní téma (*Disk 1*)

2.2. Metodika zkoumání

Odborná literatura, která obsahuje pojednání týkající konkrétní problémové oblasti (v našem případě matematické statistiky), nabízí v některých případech i do určité míry alternativní postupy. Následující sekce obsahují postupy použité při výpočtech v této diplomové práci, pokud se odlišují od postupů uvedených v kapitole 1.

2.2.1. Převedení převzatých podkladů do vhodné struktury

Údaje o dopravních nehodách jsem získal ve formě souborů v MS Excel. Po prvotní kontrole jsem zjistil, že data v souborech nejsou kompletní. Doplnění údajů jsem získal ve formě dalších souborů v jiné struktuře (soubory obsahovaly pouze doplněná data).

Vzhledem k tomu bylo potřeba data sjednotit a převést do formy, která umožní statistické zkoumání. Tyto operace jsem provedl v databázovém systému MS SQL Server – viz sekce 3.2 *Příprava dat*.

2.2.2. *Statistický znak*

V literatuře jsou statistické znaky z hlediska jejich kardinality děleny do skupin.

Pro další úvahy jsem použil rozdělení statistických znaků, které uvádí „Základy statistiky“ (39). V tomto zdroji jsou statistické znaky, resp. jejich škály, členěny do následujících skupin:

- nominální
- ordinální
- kvantitativní metrická škála (umožňuje stanovit vzdálenost dvou statistických znaků)
- absolutní metrická škála (kromě vzdálenosti dvou statistických znaků lze věcně interpretovat počátek škály) (Disk 2)

2.2.3. *Škálování – stanovení škál*

V literatuře „Základy aplikované matematiky“ (36) se *doporučuje* následující postup stanovení hranic tříd škály:

- šířky tříd se volí *obvykle* stejné,
- *doporučuje se*, aby bylo celkem 5 – 20 tříd škály (podle rozsahu souboru a účelu),
- pro výpočet šířky třídy h se *doporučuje* použít vzorec $h \approx \frac{8}{100}(b - a)$ (Disk 3)
- podle tzv. Sturgesova pravidla *by měl být* počet třídních intervalů přibližně roven výrazu $k \approx 1 + 3,3 * \log_{10} n$, kde $n = \text{RSS}$.

Vzhledem k tomu, že poblíž mezí variačního oboru u obou statistických znaků jsou četnosti výskytu velmi malé, zvolil jsem následující počet tříd a jejich šířky:

1. Podle Sturgesova pravidla jsem určil počet tříd:

$$k \approx 1 + 3,3 * \log_{10} n = 1 + 3,3 * 1,77815 \approx 7$$

2. Celý variační obor jsem tedy rozdělil na třídy tak, že vzniklo právě 7 tříd o stejné šířce.

2.2.4. Škálování - citlivostní analýza

Postupy pro stanovení počtu tříd a třídních intervalů jsou výhradně ve formě doporučení, tzn. jejich stanovování je do velké míry subjektivní. Souček otevřeně konstatuje, že se „při řešení problémů s intervaly řídíme ,citem‘ ...“(37)

Diplomovou práci by snad bylo možné považovat do určité míry za vědeckou práci. Vzhledem k tomu je třeba se stavět kriticky nejen k hypotetickým výrokům, ale ke všem vágním tvrzením a doporučením. (1)

Vzhledem k tomu je užitečné prověřit, co by se stalo, kdyby byly třídní intervaly zvoleny trochu jinak. Doporučený postup v takové situaci uvádí Milan Brož (41): „Citlivostní analýza odpoví na otázku, jak změna jedné nebo dvou proměnných ovlivní výsledek vzorce nebo funkce“.

V případě této diplomové práce jde o to, jak změna délky třídního intervalu ovlivní výsledné rozložení četností pro jednotlivé sledované statistické znaky.

Za tímto účelem jsem provedl citlivostní analýzu, tzn. stanovil jsem intervaly v několika variantách a sledoval, jak se bude měnit rozložení stanovených statistických znaků.

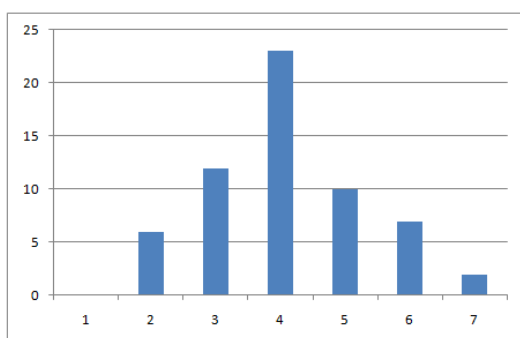
S ohledem na potřebu měnit počty tříd a třídní intervaly, určil jsem medián, který reprezentoval „střed“, kolem něhož jsou data rozmístěna.

Medián („prostřední“ hodnota statistických znaků I a II):

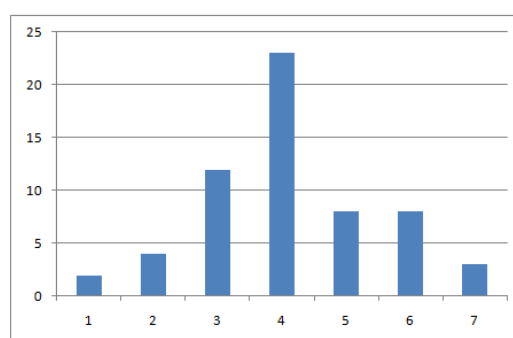
SZ „počet DN“	101
SZ „hodiny“	194

Třídní intervaly pro citlivostní analýzu jsem vždy zvolil tak, aby byly stejně dlouhé a souměrné vůči hodnotám mediánu obou statistických znaků.

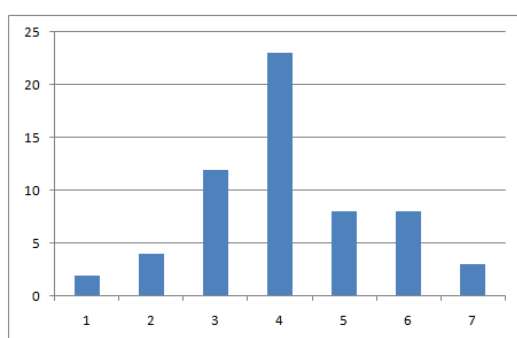
Rozložení četností pro různé třídní intervaly pro statistický znak I – počet DN



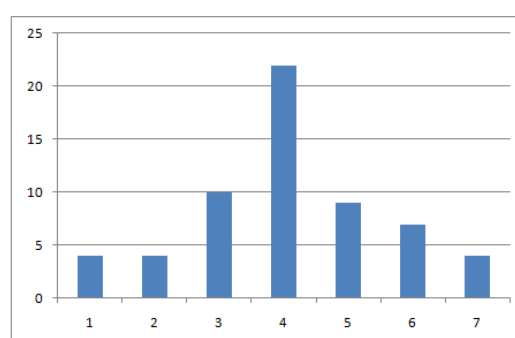
Obrázek 5: Rozložení pro třídní interval = 13



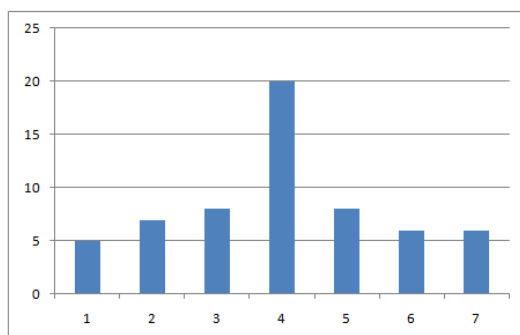
Obrázek 6: Rozložení pro třídní interval = 12



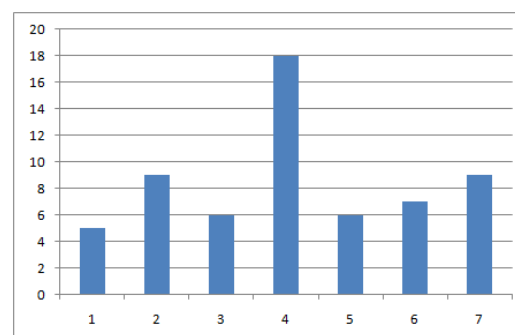
Obrázek 7: Rozložení pro třídní interval = 11



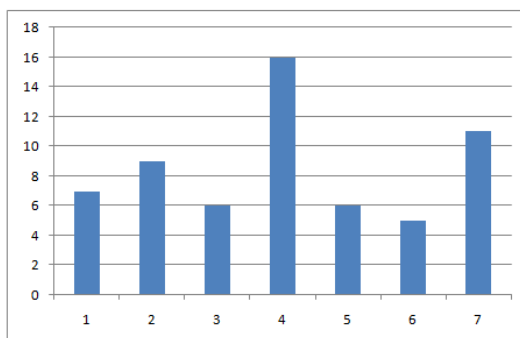
Obrázek 8: Rozložení pro třídní interval = 10



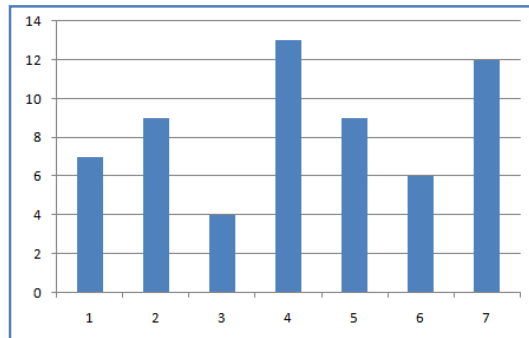
Obrázek 9: Rozložení pro třídní interval = 9



Obrázek 10: Rozložení pro třídní interval = 8

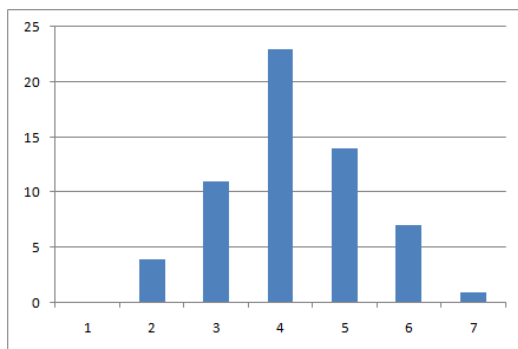


Obrázek 11: Rozložení pro třídní interval = 7

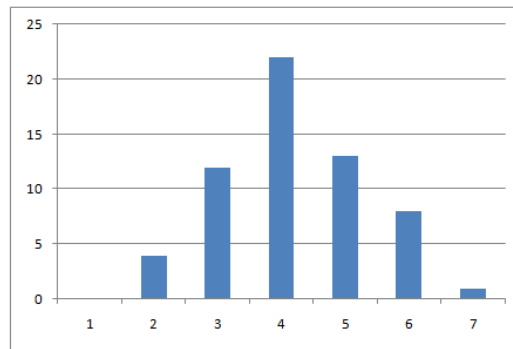


Obrázek 12: Rozložení pro třídní interval = 6

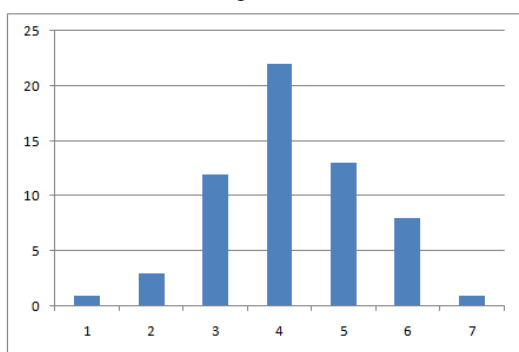
Rozložení četností pro různé třídní intervaly pro statistický znak II – počet hodin



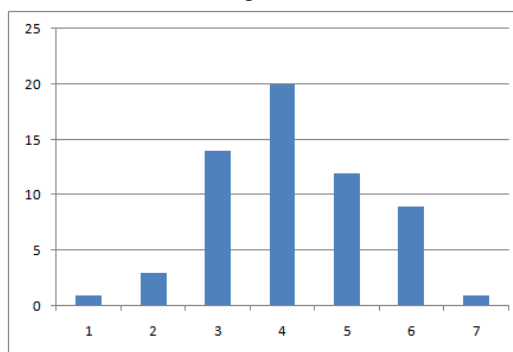
Obrázek 13: Rozložení pro třídní interval = 36



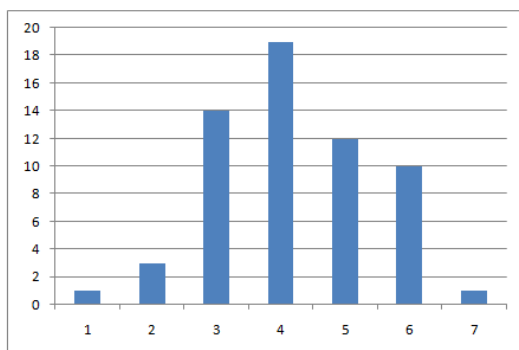
Obrázek 14: Rozložení pro třídní interval = 34



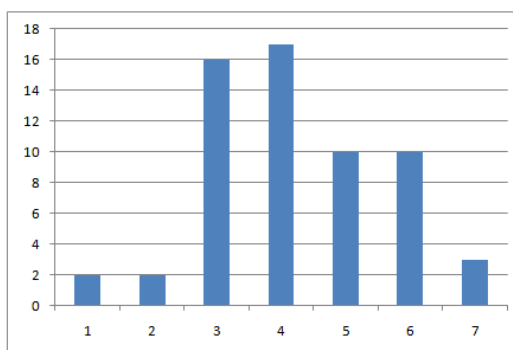
Obrázek 15: Rozložení pro třídní interval = 32



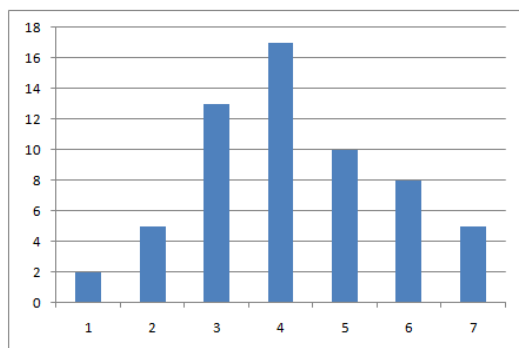
Obrázek 16: Rozložení pro třídní interval = 30



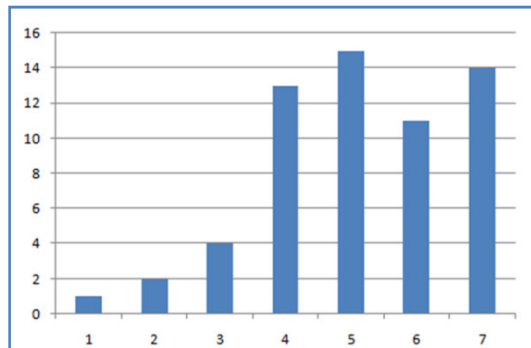
Obrázek 17: Rozložení pro třídní interval = 28



Obrázek 18: Rozložení pro třídní interval = 26



Obrázek 19: Rozložení pro třídní interval = 24



Obrázek 20: Rozložení pro třídní interval = 22

Tabulka 2: Dolní mez a šířka třídního intervalu

Statistický znak	Dolní mez třídního intervalu	Šířka třídního intervalu
Počet DN	63	12
Doba zásahu HZS JČK	94	30

Zdroj: vlastní

Diskuse k provedené citlivostní analýze a získaným poznatkům je uvedena v kapitole *Diskuse* pro bodem (*Disk 4*).

Závěr citlivostní analýzy

Počet třídních intervalů stanovený podle Sturgesova pravidla (tzn. 7 třídních intervalů) považuji za vyhovující nejen vzhledem k tomu, že se při tomto počtu třídních intervalů objevuje normální rozložení četností, ale i pro to, že při mírném snížení nebo zvýšení počtu intervalů se rozložení četností opticky stále jeví jako normální.

3. Výsledky

3.1. Definice základních pojmů

Hromadný náhodný jev:

Dopravní nehody, u kterých zasahovala alespoň jedna jednotka HZS JČK

Statistická jednotka:

Dopravní nehoda, u které zasahovala alespoň jedna jednotka HZS JČK

Statistický znak:

- I. Počet dopravních nehod, u kterých zasahovala jednotka HZS JČK
- II. Doba (v hodinách), po kterou jednotky HZS JČK u dopravních nehod zasahovaly

3.2. Příprava dat

Data o dopravních nehodách, u kterých zasahovala některá z jednotek hasičů příslušející jihočeskému kraji, jsem získal se souhlasem plk. Ing. Martina Svitáka, náměstka ředitele pro úsek IZS a OŘ.

Předmětem statistického zkoumání jsou data o dopravních nehodách za období červenec 2010 – červen 2015, tedy data za 60 kalendářních měsíců.

Údaje o nehodách jsou zapisované prostřednictvím „aplikace SSU“ (statistické sledování událostí). Základní údaje o dopravní nehodě (ECUD – identifikační číslo, datum dopravní nehody, místo apod.) zadá příslušník OPIS, po ukončení zásahu doplní velitel zásahu na příslušné stanici další data o nehodě (použitá technika, kdo se zásahu účastnil, další okolnosti zásahu atd.). Z uvedeného je zřejmé, že údaje do systému vkládají lidé, tzn. nejsou pořizovány automatickými snímači. Tato skutečnost je obecně vždy potenciálním zdrojem chyb. Dalším zdrojem problémů je to, že občas nastávají zvláštní případy, které lze v aplikaci SSU obtížně zachytit.

V případě zkoumaných dat šlo o téměř 8 000 záznamů. Vzhledem k takovému počtu nebylo možné zkontrolovat a zpracovat data bez využití výpočetní techniky. Pro zpracování dat jsem použil databázový systém MS SQL Server 2008 Express, který je možné volně stáhnout na stránkách společnosti Microsoft (<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=1695>).

Data jsem obdržel ve formátu MS Excel. (41). Nejdříve jsem vyexportoval vybrané sloupce do formátu CSV a následně importoval do MS SQL Serveru do tabulky „DN_easy“. (42, 43)

Před vlastním zpracováním bylo nutno získaná data verifikovat. Provedl jsem následující kroky:

- Zjistil jsem, že některé případy neměly uveden ECUD (celkem 45 případů). Nahlédnutím do aplikace SSU jsem zjistil, že ve 24 případech šlo o cvičení, zbylých 21 případů byly zásahy na území jiného kraje. Tyto zásahy jsou vedeny pod ECUD místně příslušné jednotky, tedy jednotky, která není součástí HZS JČK. Všechny zmíněné případy jsem z dalšího zpracování vyřadil, protože neměly přiřazený základní identifikátor (ECUD).
- Jako podklad pro určení začátku zásahu jsem vzal pole nazvané „*Vyhlášení poplachu*“. Celkem ve 12 případech nebyl čas vyhlášení poplachu zadán. V deseti případech šlo o nehody, které se nakonec klasifikovaly jako „železniční nehoda“ a převzala je Hasičská záchranná služba podniku – Správa železniční a dopravní cesty. Po nahlédnutí do aplikace SSU byl ve všech případech doplněn čas vyhlášení poplachu. Buď došlo k chybě při exportu dat, nebo byl údaj o vyhlášení poplachu doplněn až po exportu dat.
- Jako podklad pro určení konce zásahu jsem vzal sloupec „*Příjezd na základnu*“. Celkem v 18 případech nebyl čas příjezdu na základnu vyplněn. Nahlédnutím do aplikace SSU jsem zjistil, že ve dvou případech šlo o přejezd techniky v jiné události, ve zbylých 16 případech šlo o výjezd pomocné techniky, jejíž návrat na základnu je dán časem návratu základní techniky. Vzhledem k tomu, že neovlivňují celkovou dobu zásahu (ta je v těchto případech určena návratem základní techniky), jsem tyto záznamy z dalšího zpracování vyřadil.
- Pro potřeby statistického šetření bylo potřeba zjistit dobu zásahu, tedy rozdíl mezi časem příjezdu na základnu a časem vyhlášení poplachu. Pro výpočet rozdílu bylo nutno časový údaj (původně zadaný ve formátu „řetězec“) převést do formátu „datetime“. To jsem provedl s využitím interních funkcí MS SQL Serveru.

- Časy výjezdu a časy návratu jednotlivých vozidel konkrétní jednotky HZS JČK ke konkrétním zásahům (ECUD) posloužily jako podklady pro určení skutečné doby zásahu. Tu jsem určil tak, že jsem údaje pro všechna jednotlivá vozidla zgrupoval podle ECUD a JPO (jednotka požární ochrany = jednotka HZS) a pro takto vzniklé skupiny jsem vybral nejmenší čas výjezdu a největší čas návratu vozidla. To odpovídá tomu, že zásah (konkrétní ECUD) začal výjezdem prvního vozidla určité jednotky HZS a skončil návratem posledního vozidla téže jednotky. Pokud se zásahu účastnil větší počet jednotek, vykazuje každá jednotka svůj čas strávený u zásahu a tyto časy se vzhledem k nákladům HZS JČK sčítají.
- Po vypočtení doby zásahu jednotek HZS JČK jsem zjistil, že některé vypočtené hodnoty jsou zjevně nesprávné:
 - Vypočtena záporná doba zásahu – v celkem 18 případech byla vypočítána záporná délka zásahu. Nahlédnutím do aplikace SSU jsem zjistil, že ve všech případech došlo k tomu, že doba návratu na základnu byla chybně zadána tak, že časově předcházela době výjezdu. Ve všech případech bylo chybně zadáno pouze datum, čas byl zadán správně. Podle ostatních časových údajů, které byly zadány správně, jsem opravil datum návratu, takže následným výpočtem byla určena reálná doba zásahu.
 - Nadprůměrně dlouhá doba zásahu – v celkem 33 případech byla doba zásahu delší než 10 hodin. Nahlédnutím do aplikace SSU jsem zjistil, že v osmi případech šlo o správný údaj, protože zásah skutečně trval déle než 10 hodin. Ve zbylých 25 případech šlo o situaci, kdy technika opakovaně vyjížděla ze základny a zase se vracela (např. opakované sledování situace po dopravní nehodě, dosypávání sorbentů kvůli ochraně životního prostředí apod.). V těchto případech nelze skutečnou dobu zásahu určit jako rozdíl mezi časem poplachu a časem návratu na základnu. Nahlédnutím do SSU jsem ze zadáných dob skutečných výjezdů spočítal reálnou délku zásahu. Tuto hodnotu jsem ručně vložil do databáze jako dobu zásahu.

(Disk I)

- Vypočtené doby zásahu jednotlivých jednotek pro daný ECUD jsem zaokrouhlil nahoru, tzn. do ceny zásahu se započítává každá započatá hodina. (35)
- Údaje o době zásahu jednotlivých jednotek HZS pro jednotlivé ECUD jsem přenesl do tabulky „*DN_final*“.
- Data v tabulce „*DN_final*“ jsem zgrupoval podle roku a měsíce a pro takto vzniklé skupiny jsem zjistil celkový počet zásahů (*count(*)*) a celkovou dobu zásahů (*sum(doba_vyjezdu_hod)*). (42)
- Přiřazení četností v řádcích pro jednotlivé měsíce do definovaných třídních intervalů jsem provedl prostřednictvím nástrojů MS Excel 2007 (41)

Takto připravené hodnoty představují výchozí data pro statické šetření.

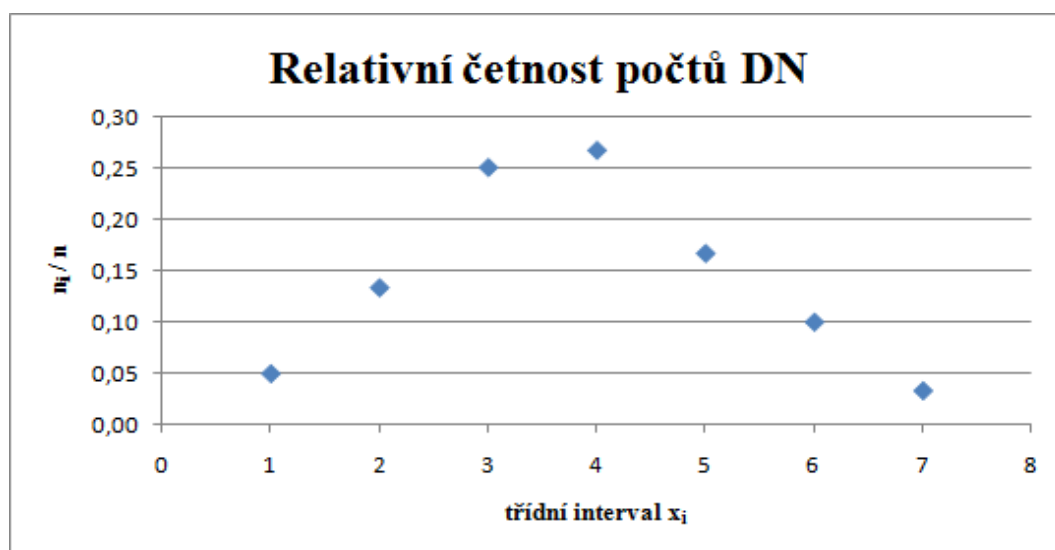
Tabulka 3: Výsledná tabulka s výchozími daty pro statistické zkoumání

<i>pořadí</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN</i>	<i>počet DN</i>	<i>třídní interval (počet DN)</i>	<i>třídní interval (hodiny)</i>
1	2010	7	194	99	3	3
2	2010	8	184	102	3	3
3	2010	9	155	81	2	2
4	2010	10	176	102	3	3
5	2010	11	190	98	3	3
6	2010	12	180	93	3	3
7	2011	1	191	98	3	3
8	2011	2	166	87	2	2
9	2011	3	112	69	1	1
10	2011	4	162	72	1	2
11	2011	5	180	86	2	3
12	2011	6	175	90	3	3
13	2011	7	191	97	3	3
14	2011	8	216	114	4	4
15	2011	9	213	114	4	4
16	2011	10	239	119	4	5

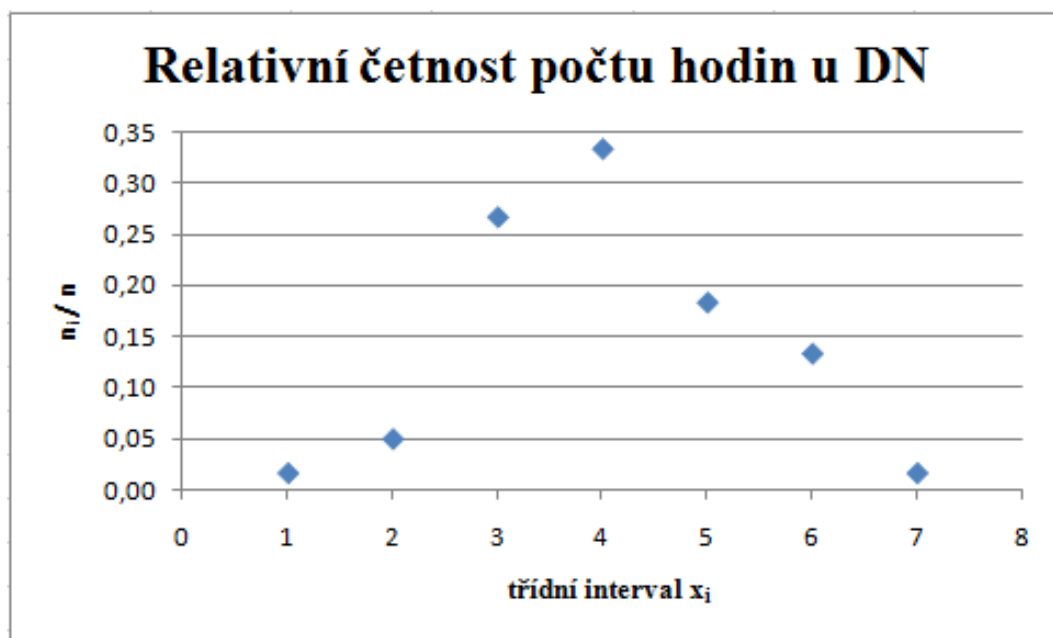
<i>pořadí</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN</i>	<i>počet DN</i>	<i>třídní interval (počet DN)</i>	<i>třídní interval (hodiny)</i>
17	2011	11	184	104	3	3
18	2011	12	178	99	3	3
19	2012	1	168	86	2	2
20	2012	2	156	92	3	2
21	2012	3	124	70	1	1
22	2012	4	169	83	2	2
23	2012	5	185	96	3	3
24	2012	6	197	104	3	3
25	2012	7	247	122	5	5
26	2012	8	208	101	3	4
27	2012	9	200	103	3	4
28	2012	10	204	105	4	4
29	2012	11	196	98	3	3
30	2012	12	253	139	6	5
31	2013	1	160	88	2	2
32	2013	2	201	98	3	4
33	2013	3	186	88	2	3
34	2013	4	139	77	2	1
35	2013	5	217	106	4	4
36	2013	6	263	111	4	6
37	2013	7	257	125	5	5
38	2013	8	236	123	5	5
39	2013	9	192	96	3	3
40	2013	10	204	108	4	4
41	2013	11	185	99	3	3
42	2013	12	217	128	5	4
43	2014	1	186	97	3	3
44	2014	2	165	85	2	2

<i>pořadí</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN</i>	<i>počet DN</i>	<i>třídní interval (počet DN)</i>	<i>třídní interval (hodiny)</i>
45	2014	3	157	86	2	2
46	2014	4	216	102	3	4
47	2014	5	235	113	4	5
48	2014	6	259	133	5	5
49	2014	7	286	140	6	6
50	2014	8	234	115	4	5
51	2014	9	223	111	4	4
52	2014	10	255	120	5	5
53	2014	11	228	125	5	4
54	2014	12	251	113	4	5
55	2015	1	212	103	3	4
56	2015	2	134	75	2	1
57	2015	3	175	89	2	3
58	2015	4	214	104	3	4
59	2015	5	178	105	4	3
60	2015	6	249	123	5	5

Zdroj: vlastní



Obrázek 21: Relativní četnost počtů DN



Obrázek 22: Relativní četnost počtu hodin u DN

Výpočty provedené pro ověření hypotézy H3

3.3. Stanovení škál

Škály byly sestaveny tak, že:

- bylo vytvořeno 7 tříd,
- všechny třídy mají stejnou šířku, a to takovou, aby pokryly celý variační obor relevantního statistického znaku,
- hranice tříd jsou voleny tak, že střed prostřední třídy je současně i mediánem.

Tabulka 4: Rozdělení hodnot statistického znaku do prvků škály

škálování I. znaku		škálování II. znaku	
x_i	interval škály	x_i	interval škály
1	63 - 75	1	94 - 124
2	75 - 86	2	124 - 153
3	87 - 98	3	154 - 183
4	99 - 110	4	184 - 213
5	111 - 122	5	214 - 243
6	123 - 134	6	244 - 273
7	135 - 147	7	274 - 304

Zdroj: vlastní

3.3.1. Výpočet vybraných charakteristik pravděpodobnostního rozložení

O_1 – charakteristika polohy (obecný moment 1. řádu)

C_2 – charakteristika variability (centrální moment 2. řádu)

S_x – směrodatná odchylka

N_3 – charakteristika šikmosti (normovaný moment 3. řádu) ($= \tilde{m}_3$)

N_4 – charakteristika špičatosti (normovaný moment 4. řádu) ($= \varepsilon_4$)

3.3.2. Statistický znak I. – počet dopravních nehod

Tabulka 5: Pomocné hodnoty pro výpočet momentů (statistický znak I)

interval škály	statistický znak I.	absolutní četnost	relativní četnost	kumulativní četnost		obecný moment I.řádu	obecný moment II.řádu	obecný moment III.řádu
	x_i	n_i	n_i/n	$\Sigma n_i/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
63 - 75	1	3	0,05	0,05	3	3	3	3
75 - 86	2	8	0,13	0,18	16	32	64	128
87 - 98	3	15	0,25	0,43	45	135	405	1215
99 - 110	4	16	0,27	0,70	64	256	1024	4096
111 - 122	5	10	0,17	0,87	50	250	1250	6250
123 - 134	6	6	0,10	0,97	36	216	1296	7776
135 - 147	7	2	0,03	1,00	14	98	686	4802
	Σ	60	1,00		228	990	4728	24270

Zdroj: vlastní

Výpočet obecných momentů

$$O_1 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i = \frac{228}{60} = 3,8$$

$$O_2 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^2 = \frac{990}{60} = 16,5$$

$$O_3 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^3 = \frac{4728}{60} = 78,8$$

$$O_4 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^4 = \frac{24270}{60} = 404,5$$

Výpočet potřebných centrálních momentů pomocí momentů obecných:

$$C_2 = O_2 - O_1^2 = 16,5 - 3,8^2 = 2,06$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3 = 78,8 - 3 \cdot 16,5 \cdot 3,8 + 2 \cdot 3,8^3 = 0,444$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4 = 404,5 - 4 \cdot 78,8 \cdot 3,8 + 6 \cdot 16,5 \cdot 3,8^2 - 3 \cdot 3,8^4 = 10,76$$

Směrodatná odchylka:

$$S_x = \sqrt{C_2} = \sqrt{2,06} = 1,44$$

Variační koeficient:

$$V_x = \frac{s_x}{\bar{x}} = \frac{1,44}{3,8} \approx 0,379 \text{ (tedy přibližně 38\%)} \quad (\text{Disk 5})$$

Koeficient šikmosti $\tilde{m}_3$ (= normovaný moment 3. řádu):

$$\tilde{m}_3 = N_3 = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}} = \frac{0,444}{2,06 \sqrt{2,06}} = 0,15 \quad (\text{Disk 6})$$

Koeficient špičatosti ε_4 (= normovaný moment 4. řádu):

$$\varepsilon_4 = N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} = \frac{10,76}{2,06^2} = 2,54 \quad (\text{Disk 7})$$

3.3.3. Statistický znak II. – počet hodin u zásahů

Tabulka 6: Pomocné hodnoty pro výpočet momentů (statistický znak II)

interval škály	statistický znak II.	absolutní četnost	relativní četnost	kumulativní četnost		obecný moment I.řádu	obecný moment II.řádu	obecný moment III.řádu
	x_i	n_i	n/n	$\Sigma n/n$	$x_i n_i$	$x_i^2 n_i$	$x_i^3 n_i$	$x_i^4 n_i$
94 - 124	1	1	0,02	0,02	1	1	1	1
124 - 153	2	3	0,05	0,07	6	12	24	48
154 - 183	3	16	0,27	0,34	48	144	432	1296
184 - 213	4	20	0,33	0,67	80	320	1280	5120
214 - 243	5	11	0,18	0,85	55	275	1375	6875
244 - 273	6	8	0,13	0,99	48	288	1728	10368
274 - 304	7	1	0,02	1,00	7	49	343	2401
	Σ	60	1,00		245	1089	5183	26109

Zdroj: vlastní

Výpočet obecných momentů

$$O_1 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i = \frac{245}{60} = 4,08$$

$$O_2 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^2 = \frac{1089}{60} = 18,15$$

$$O_3 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^3 = \frac{5183}{60} = 86,38$$

$$O_4 = \frac{1}{n} \sum n_i x_i^4 = \frac{26109}{60} = 435,15$$

Výpočet potřebných centrálních momentů pomocí momentů obecných:

$$C_2 = O_2 - O_1^2 = 18,15 - 4,08^2 = 1,50$$

$$C_3 = O_3 - 3O_2O_1 + 2O_1^3 = 86,38 - 3 \cdot 18,15 \cdot 4,08 + 2 \cdot 4,08^3 = 0,06$$

$$C_4 = O_4 - 4O_3O_1 + 6O_2O_1^2 - 3O_1^4 = 435,15 - 4 \cdot 86,38 \cdot 4,08 + 6 \cdot 18,15 \cdot 4,08^2 - 3 \cdot 4,08^4 = 6,91$$

Směrodatná odchylka:

$$S_x = \sqrt{C_2} = \sqrt{1,50} = 1,22$$

Variační koeficient:

$$V_x = \frac{s_x}{\bar{x}} = \frac{1,22}{4,08} \approx 0,299 \text{ (tedy přibližně 30\%)} \quad (\text{Disk 5})$$

Koeficient šikmosti $\tilde{m}_3$ (= normovaný moment 3. řádu):

$$\tilde{m}_3 = N_3 = \frac{C_3}{C_2 \sqrt{C_2}} = \frac{0,06}{1,50 \sqrt{1,50}} = 0,03 \quad (\text{Disk 6})$$

Koeficient špičatosti ε_4 (= normovaný moment 4. řádu):

$$\varepsilon_4 = N_4 = \frac{C_4}{C_2^2} = \frac{6,91}{1,50^2} = 3,07 \quad (\text{Disk 7})$$

3.3.4. χ^2 - test dobré shody

Statistický znak I – počet DN

Tabulka 7: Pomocné výpočty pro určení kritického oboru

statistický znak I	horní mez intervalu	empirická absolutní četnost	relativní četnosti	normovaná hodnota	teoretická relativní četnost	teoretická absolutní četnost	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	1,5	3	0,05	-1,60	0,055	3,288	0,025
2	2,5	8	0,13	-0,90	0,130	7,812	0,005
3	3,5	15	0,25	-0,21	0,232	13,92	0,084
4	4,5	16	0,27	0,49	0,271	16,26	0,004
5	5,5	10	0,17	1,18	0,193	11,58	0,216
6	6,5	6	0,10	1,88	0,089	5,34	0,082
7	∞	2	0,03	∞	0,030	1,8	0,022
Σ		60	1		1,000		0,437
x_i		n_i	n_i/n	u_i	$F(u_i) (= p_i)$	np_i	

Zdroj: vlastní

$$\begin{aligned}\chi^2_{emp} &= \sum_{i=1}^7 \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = \frac{(3 - 3,288)^2}{3,288} + \frac{(8 - 7,812)^2}{7,812} + \frac{(15 - 13,92)^2}{13,92} + \frac{(16 - 16,26)^2}{16,26} + \\ &+ \frac{(10 - 11,58)^2}{11,58} + \frac{(6 - 5,34)^2}{5,34} + \frac{(2 - 1,8)^2}{1,8} = 0,025 + 0,005 + 0,084 + 0,004 + 0,216 + \\ &+ 0,082 + 0,022 = 0,437\end{aligned}$$

Počet stupňů volnosti:

$$\nu = k - r - 1 = 7 - 2 - 1 = 4$$

$$W_4^{\alpha=0,05} = \chi_4^2 = (9,49; \infty)$$

$$\chi_{emp}^2 = 0,437 \rightarrow \chi_{emp}^2 \notin W \quad (\text{Disk 16})$$

Hodnota testovacího kritéria $\chi_{emp}^2 \notin W$, tzn. hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ nezamítáme.

Statistický znak II. – doba strávená u zásahů při DN

Tabulka 8: Pomocné výpočty pro určení kritického oboru

statistický znak I	horní mez intervalu	empirická absolutní četnost	relativní četnosti	normovaná hodnota	teoretická relativní četnost	teoretická absolutní četnost	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
1	1,5	1	0,02	-2,11	0,017	1,020	0,000
2	2,5	3	0,05	-1,30	0,080	4,800	0,675
3	3,5	16	0,27	-0,48	0,219	13,140	0,622
4	4,5	20	0,33	0,34	0,317	19,020	0,050
5	5,5	11	0,18	1,16	0,244	14,640	0,905
6	6,5	8	0,13	1,98	0,099	5,940	0,714
7	∞	1	0,02	∞	0,024	1,440	0,134
Σ		60	1		1,000		3,102
x_i		n_i	n/n	u_i	$F(u_i) (= p_i)$	np_i	

Zdroj: vlastní

$$\chi^2_{emp} = \sum_{i=1}^5 \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} = \frac{(1 - 1,020)^2}{1,020} + \frac{(3 - 4,8)^2}{4,8} + \frac{(16 - 13,14)^2}{13,14} + \frac{(20 - 19,02)^2}{19,02} + \frac{(11 - 14,64)^2}{14,64} + \frac{(8 - 5,94)^2}{5,94} + \frac{(1 - 1,44)^2}{1,44} = 0,675 + 0,622 + 0,05 + 0,905 + 0,714 + 0,134 = 3,102$$

Počet stupňů volnosti:

$$\nu = k - r - 1 = 7 - 2 - 1 = 4$$

$$W_4^{\alpha=0,05} = \chi^2_4 = (9,49; \infty)$$

$$\chi^2_{emp} = 3,102 \rightarrow \chi^2_{emp} \notin W \quad (\text{Disk 16})$$

Hodnota testovacího kritéria $\chi^2_{emp} \notin W$, tzn. hypotézu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ nezamítáme.

3.4. Odhady parametrů normálního rozdělení

V rámci hypotézy H3 ověřujeme, zda je rozdělení počtu dopravních nehod v rámci výjezdů HZS JčK za období 7/2010 – 6/2015 (5 let) - statistický znak I - blízké normálnímu rozdělení. To prakticky znamená, že data získaná za zmíněné období

považujeme za výběrový statistický soubor a odhadujeme parametry normálního rozdělení, z něhož byla data vybrána.

Obdobně budeme analyzovat i náklady spojené s výjezdy HZS JČK. Pro zjednodušení budeme považovat náklady spojené s výjezdy za přímo úměrné době strávené jednou jednotkou HZS JČK u zásahu – statistický znak II.

3.4.1. Bodový odhad

Pokud jsou četnosti výběrového souboru rozděleny podle normálního rozdělení, je nezkresleným, konzistentním a vydatným bodovým odhadem střední hodnoty μ první obecný moment.

Pokud jsou četnosti výběrového souboru rozděleny podle normálního rozdělení, pak nezkresleným, konzistentním a vydatným bodovým odhadem druhé odmocniny rozptylu ($=\sigma$) je směrodatná odchylka S_x . (39)

Statistický znak I – počet DN

V odstavci χ^2 - test dobré shody jsme prokázali, že hypotézu H_0 (rozložení statistického znaku I (počet DN) je blízké normálnímu rozdělení) nezamítáme na hladině významnosti 5%. Můžeme tedy rozložení četností statistického znaku I považovat za blízké normálnímu rozdělení.

Potom platí následující bodové odhady:

$$\mu = O_1 = 3,8$$

$$\sigma = S_x = 1,44$$

Statistický znak II – počet hodin u zásahů

V odstavci χ^2 - test dobré shody jsme prokázali, že hypotézu „počet hodin u zásahů“ nezamítáme na hladině významnosti 5%. Můžeme tedy rozložení četností statistického znaku II považovat za blízké normálnímu rozdělení.

Potom platí následující bodové odhady:

$$\mu = O_1 = 4,08$$

$$\sigma = S_x = 1,22$$

3.4.2. Intervalový odhad

V rámci intervalového odhadu se konstruuji intervaly, které se zadanou pravděpodobností obsahují skutečnou hodnotu odhadovaného parametru.

Ke konstrukci intervalu spolehlivosti pro střední hodnotu použijeme *t-test* (za předpokladu, že rozptyl σ^2 není známý) (39)

$$t = \frac{O_1 - \mu}{S_x} \sqrt{n}$$

$$\mu \in \left(O_1 - \frac{t_{n-1}(\alpha/2) S_x}{\sqrt{n}}; O_1 + \frac{t_{n-1}(\alpha/2) S_x}{\sqrt{n}} \right)$$

Ke konstrukci intervalu spolehlivosti pro rozptyl σ^2 použijeme test χ^2 (za předpokladu, že je k dispozici vypočítaná směrodatná odchylka S_x)

$$\chi^2 = \frac{(n-1)S_x^2}{\sigma^2}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{(n-1)S_x^2}{\chi_{n-1}^2(\alpha/2)}; \frac{(n-1)S_x^2}{\chi_{n-1}^2(1-\alpha/2)} \right)$$

Statistický znak I – počet DN

$$t_{(n-1)} \rightarrow v = n - 1 = 60 - 1 = 59$$

$$\alpha = 0,05 \rightarrow \alpha/2 = 0,025$$

horní mez intervalu spolehlivosti:

$$b = O_1 + \frac{t_{(n-1)}(\alpha/2) * S_x}{\sqrt{n}} = 3,80 + \frac{t_{59}(0,025) * 1,44}{\sqrt{60}} = 3,80 + \frac{1,96 * 1,44}{7,75} = 4,16$$

dolní mez intervalu spolehlivosti:

$$a = O_1 - \frac{t_{(n-1)}(\alpha/2) * S_x}{\sqrt{n}} = 3,80 - \frac{t_{59}(0,025) * 1,44}{\sqrt{60}} = 3,80 - \frac{1,96 * 1,44}{7,75} = 3,44$$

Interval (3,44; 4,16) obsahuje s 95%-ní pravděpodobností střední hodnotu μ statistického znaku I (počet dopravních nehod).

Statistický znak II – počet hodin strávený u DN

$$t_{(n-1)} \rightarrow v = n - 1 = 60 - 1 = 59$$

$$\alpha = 0,05 \rightarrow \alpha/2 = 0,025$$

horní mez intervalu spolehlivosti:

$$b = O_1 + \frac{t_{(n-1)}(\alpha/2) * S_x}{\sqrt{n}} = 4,08 + \frac{t_{59}(0,025) * 1,22}{\sqrt{60}} = 4,08 + \frac{1,96 * 1,22}{7,75} = 4,39$$

dolní mez intervalu spolehlivosti:

$$a = O_1 - \frac{t_{(n-1)}(\alpha/2) * S_x}{\sqrt{n}} = 4,08 - \frac{t_{59}(0,025) * 1,22}{\sqrt{60}} = 4,08 - \frac{1,96 * 1,22}{7,75} = 3,77$$

Interval (3,77; 4,39) obsahuje s 95%-ní pravděpodobností střední hodnotu μ statistického znaku II (počet hodin strávených u dopravních nehod).

Výpočty související s ověřením hypotéz H1 a H2

3.5. Měření statistických závislostí

Pro ověření vědeckých hypotéz H2 a H3 je třeba zjistit trend vývoje četností jednotlivých sledovaných statistických znaků v závislosti na čase. Vzhledem k tomu se provede lineární regresní analýza. Vypočtená regresní přímka dá odpověď na otázku, jak se jednotlivé statistické znaky vyvíjely v průběhu sledovaného období. Z hlediska vědecké metodologie, jak ji formuluje Záškodný (1), jde o stupeň kvantitativního vědeckého zkoumání, označený jako explanace.

3.5.1. Regresní analýza

Tabulka 9: Pomocné hodnoty pro řešení normálních rovnic pro lineární regresní analýzu

<i>pořadí</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN</i>	<i>počet DN</i>	$s_i * x_i$ (II. znak)	$y_i * x_i$ (I. znak)	x_i^2
1	2010	7	194	99	194	99	1
2	2010	8	184	102	368	204	4
3	2010	9	155	81	465	243	9
4	2010	10	176	102	704	408	16
5	2010	11	190	98	950	490	25
6	2010	12	180	93	1080	558	36
7	2011	1	191	98	1337	686	49
8	2011	2	166	87	1328	696	64
9	2011	3	112	69	1008	621	81
10	2011	4	162	72	1620	720	100
11	2011	5	180	86	1980	946	121
12	2011	6	175	90	2100	1080	144
13	2011	7	191	97	2483	1261	169
14	2011	8	216	114	3024	1596	196
15	2011	9	213	114	3195	1710	225
16	2011	10	239	119	3824	1904	256
17	2011	11	184	104	3128	1768	289
18	2011	12	178	99	3204	1782	324
19	2012	1	168	86	3192	1634	361
20	2012	2	156	92	3120	1840	400
21	2012	3	124	70	2604	1470	441
22	2012	4	169	83	3718	1826	484
23	2012	5	185	96	4255	2208	529
24	2012	6	197	104	4728	2496	576
25	2012	7	247	122	6175	3050	625
26	2012	8	208	101	5408	2626	676
27	2012	9	200	103	5400	2781	729

<i>pořadí</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN</i>	<i>počet DN</i>	$s_i * x_i$ (II. znak)	$y_i * x_i$ (I. znak)	x_i^2
28	2012	10	204	105	5712	2940	784
29	2012	11	196	98	5684	2842	841
30	2012	12	253	139	7590	4170	900
31	2013	1	160	88	4960	2728	961
32	2013	2	201	98	6432	3136	1024
33	2013	3	186	88	6138	2904	1089
34	2013	4	139	77	4726	2618	1156
35	2013	5	217	106	7595	3710	1225
36	2013	6	263	111	9468	3996	1296
37	2013	7	257	125	9509	4625	1369
38	2013	8	236	123	8968	4674	1444
39	2013	9	192	96	7488	3744	1521
40	2013	10	204	108	8160	4320	1600
41	2013	11	185	99	7585	4059	1681
42	2013	12	217	128	9114	5376	1764
43	2014	1	186	97	7998	4171	1849
44	2014	2	165	85	7260	3740	1936
45	2014	3	157	86	7065	3870	2025
46	2014	4	216	102	9936	4692	2116
47	2014	5	235	113	11045	5311	2209
48	2014	6	259	133	12432	6384	2304
49	2014	7	286	140	14014	6860	2401
50	2014	8	234	115	11700	5750	2500
51	2014	9	223	111	11373	5661	2601
52	2014	10	255	120	13260	6240	2704
53	2014	11	228	125	12084	6625	2809
54	2014	12	251	113	13554	6102	2916
55	2015	1	212	103	11660	5665	3025
56	2015	2	134	75	7504	4200	3136

<i>pořadí</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN</i>	<i>počet DN</i>	$s_i * x_i$ (II. znak)	$y_i * x_i$ (I. znak)	x_i^2
57	2015	3	175	89	9975	5073	3249
58	2015	4	214	104	12412	6032	3364
59	2015	5	178	105	10502	6195	3481
60	2015	6	249	123	14940	7380	3600
1830			11907	6109	378 435	192 496	73 810
$\sum x_i$			$\sum s_i$ (II)	$\sum s_i$ (I)	$\sum s_i * x_i$ (II)	$\sum s_i * x_i$ (I)	$\sum x_i^2$

Zdroj: vlastní

Základní vztahy pro výpočet parametrů regresní přímky $y = b_0 + b_1 x$

$$\sum_{i=1}^k s_i = b_0 * k + b_1 * \sum_{i=1}^k x_i \quad k = 60$$

$$\sum_{x=1}^k s_i x_i = b_0 \sum_{x=1}^k x_i + b_1 \sum_{x=1}^k x_i^2 \quad k = 60$$

Statistický znak I

$$192496 = b_0 * 73800 + b_1 * 1830$$

$$6109 = b_0 * 1830 + b_1 * 60$$

$$b_1 = \frac{6109 - 1830 * b_0}{60}$$

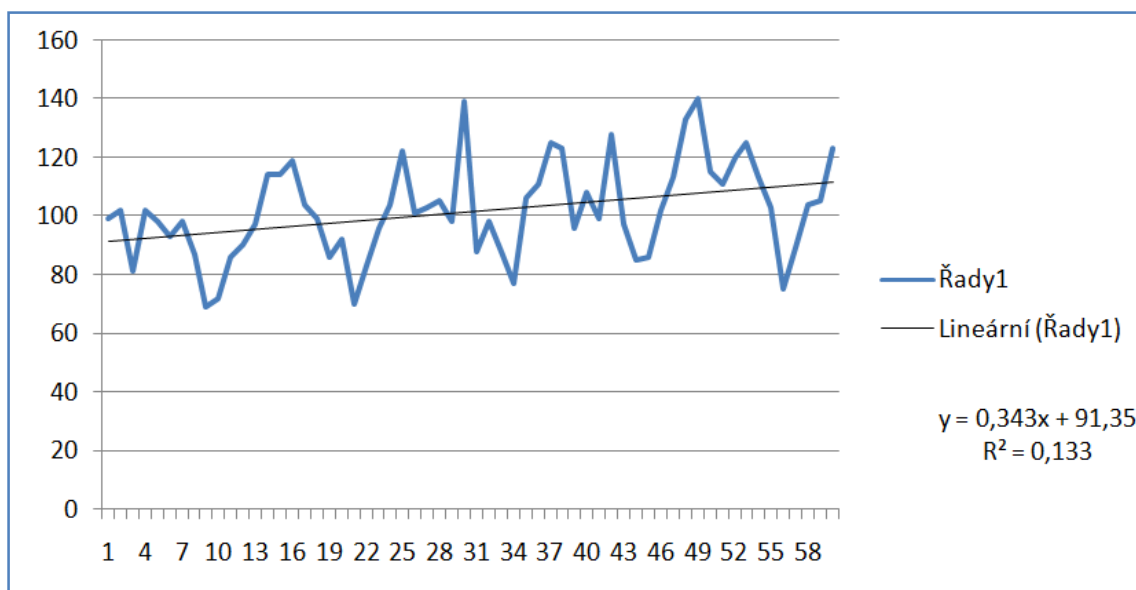
$$192496 = 73800 * b_0 + 1830 * \frac{6109 - 1830 * b_0}{60} \quad /*6$$

$$6 * 192496 = 6 * 73800 * b_0 + 183 * 6109 - 1830 * 183 * b_0$$

$$b_0 = \frac{6 * 192496 - 183 * 6109}{6 * 73800 - 183 * 1830} \approx 0,343$$

$$b_1 = \frac{6109 - 1830 * 0,343}{60} \approx 91,355$$

Rovnice regresní přímky: $y = 0,343x + 91,36$



Obrázek 23: Regresní analýza provedena prostředky MS Excel pro všechny měsíce sledovaného období.

χ^2 – test dobré shody

Test χ^2 ověří, zda odchylky skutečných četností od vypočtené přímky lze připsat na vrub náhody, tzn. ověříme, zda lze vypočtenou regresní přímku považovat za skutečnou reprezentaci empirických dat s akceptovatelnou přesností. (Disk 17)

Stanovení počtu stupňů volnosti:

Počet hodnot: 60

Počet parametrů regresní přímky (= teoretické „rozdělení“): 2

Počet stupňů volnosti: $\nu = k - r - 1 = 60 - 2 - 1 = 57$

Hodnoty kritického oboru z tabulek:

Počet stupňů volnosti ($\alpha = 0,05$)	Hranice kritického oboru
50	67,50
60	79,46
57	$67,50 + 7 \cdot (79,46 - 67,50) / 10 = 75,87$

$$\chi_{emp}^2 = 134,14 \rightarrow \chi_{emp}^2 \in W$$

(Disk 16)

$$\text{Kritický obor: } W_{57}^{\alpha=0,05} = \chi_{57}^2 = (75,87; \infty)$$

Hodnota testovacího kritéria $\chi^2_{emp} \in W$, tzn. **hypotézu na hranici významnosti $\alpha = 0,05$ zamítáme**. Odchyly empiricky pozorovaných dat od relevantních hodnot regresní funkce nelze tedy připsat náhodě, tzn. **působí zde nějaký dosud neznámý vliv**.

Statistický znak II.

$$378435 = b_0 * 73800 + b_1 * 1830$$

$$11907 = b_0 * 1830 + b_1 * 60$$

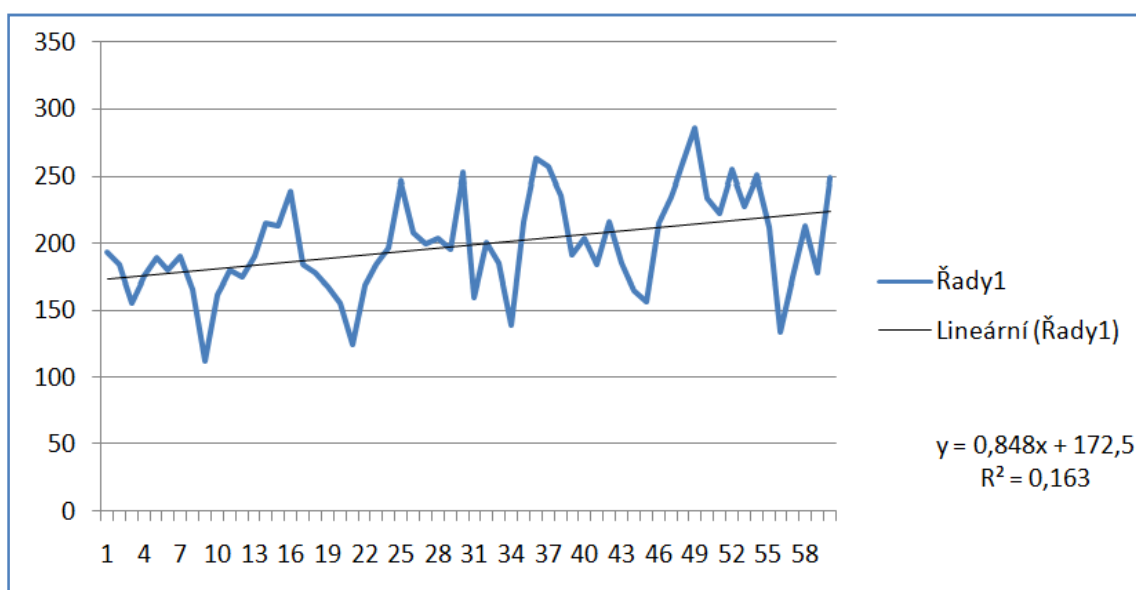
$$b_1 = \frac{11907 - b_0 * 1830}{60}$$

$$378435 = b_0 * 73800 + 1830 * \frac{11907 - b_0 * 1830}{60} \quad /*6$$

$$b_0 = \frac{6 * 378435 - 183 * 11907}{6 * 73800 - 1830 * 183} \approx 0,849$$

$$b_1 = \frac{11907 - 0,849 * 1830}{60} \approx 172,556$$

Rovnice regresní přímky: $y = 0,849x + 172,56$



Obrázek 24: Regresní analýza provedena prostředky MS Excel pro všech 60 hodnot za jednotlivé měsíce sledovaného období

χ^2 – test dobré shody

Test χ^2 ověří, zda odchylky skutečných četností od vypočtené přímky lze připsat na vrub náhody, tzn. ověříme, zda lze vypočtenou regresní přímku považovat za reálnou reprezentaci empirických dat.

Stanovení počtu stupňů volnosti:

Počet hodnot: 60

Počet parametrů regresní přímky (= teoretické „rozdělení“): 2

Počet stupňů volnosti. $\nu = k - 2 - 1 = 60 - 2 - 1 = 57$

Hodnoty kritického oboru z tabulek:

Počet stupňů volnosti ($\alpha = 0,05$)	Hranice kritického oboru
50	67,50
60	79,46
57	$67,50 + 7 \cdot (79,46 - 67,50) / 10 = 75,87$

$$\chi_{emp}^2 = 328,30 \rightarrow \chi_{emp}^2 \in W \quad (\text{Disk 16})$$

$$\text{Kritický obor: } W_{57}^{\alpha=0,05} = \chi_{57}^2 = (75,87; \infty)$$

Hodnota testovacího kritéria $\chi_{emp}^2 \in W$, tzn. **hypotézu na hranici významnosti $\alpha = 0,05$ zamítáme**. Odchylky empiricky pozorovaných dat od relevantních hodnot regresní funkce nelze tedy připsat náhodě, tzn. **působí zde nějaký dosud neznámý vliv**.

3.5.2. Korelační analýza

Je vidět, že počet hodin, který strávily jednotky HZS JČK u dopravních nehod, s rostoucím datem rostou. Není ale jasné, zda je tento nárůst způsoben tím, že u jednotlivých nehod strávily jednotky HZS JČK delší čas, nebo zda je příčinou nárůstu větší počet dopravních nehod. Odpověď na tuto otázku pomůže vyřešit korelační analýza - vypočteme těsnost vazby mezi hodnotami statistického znaku I a hodnotami statistického znaku II.

Pro výpočty korelační analýzy položíme:

hodnoty SZ I jako proměnnou x

hodnoty SZ II jako proměnnou s

Potom Pearsonův koeficient korelace

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

$$S_{xs} = O_{1(x-O_{1x})(s-O_{1s})}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} (x_i - O_{1x})^2}$$

$$S_s = \sqrt{\frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} (s_i - O_{1s})^2}$$

$$S_{xs} = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} (x_i - O_{1x}) * (s_i - O_{1s})$$

Výpočet Pearsonova koeficientu korelace

Tabulka 10: Pomocné hodnoty pro výpočet Pearsonova koeficientu korelace

poř.	rok	měsíc	počet hodin u DN (s)	počet DN (x)	$x_i - O_{1x}$	$s_i - O_{1s}$	$(x_i - O_{1x}) * (s_i - O_{1s})$	rozptyl x	rozptyl s
1	2010	7	194	99	-2,817	-4,45	12,53	7,93	19,80
2	2010	8	184	102	0,183	-14,45	-2,65	0,03	208,80
3	2010	9	155	81	-20,817	-43,45	904,48	433,33	1887,90
4	2010	10	176	102	0,183	-22,45	-4,12	0,03	504,00
5	2010	11	190	98	-3,817	-8,45	32,25	14,57	71,40
6	2010	12	180	93	-8,817	-18,45	162,67	77,73	340,40
7	2011	1	191	98	-3,817	-7,45	28,43	14,57	55,50
8	2011	2	166	87	-14,817	-32,45	480,80	219,53	1053,00
9	2011	3	112	69	-32,817	-86,45	2837,00	1076,93	7473,60
10	2011	4	162	72	-29,817	-36,45	1086,82	889,03	1328,60
11	2011	5	180	86	-15,817	-18,45	291,82	250,17	340,40
12	2011	6	175	90	-11,817	-23,45	277,10	139,63	549,90

<i>poř.</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN (s)</i>	<i>počet DN (x)</i>	$x_i - O_{ix}$	$s_i - O_{is}$	$(x_i - O_{ix})^*$ $(s_i - O_{is})$	<i>rozptyl x</i>	<i>rozptyl s</i>
13	2011	7	191	97	-4,817	-7,45	35,88	23,20	55,50
14	2011	8	216	114	12,183	17,55	213,82	148,43	308,00
15	2011	9	213	114	12,183	14,55	177,27	148,43	211,70
16	2011	10	239	119	17,183	40,55	696,78	295,27	1644,30
17	2011	11	184	104	2,183	-14,45	-31,55	4,77	208,80
18	2011	12	178	99	-2,817	-20,45	57,60	7,93	418,20
19	2012	1	168	86	-15,817	-30,45	481,62	250,17	927,20
20	2012	2	156	92	-9,817	-42,45	416,72	96,37	1802,00
21	2012	3	124	70	-31,817	-74,45	2368,75	1012,30	5542,80
22	2012	4	169	83	-18,817	-29,45	554,15	354,07	867,30
23	2012	5	185	96	-5,817	-13,45	78,23	33,83	180,90
24	2012	6	197	104	2,183	-1,45	-3,17	4,77	2,10
25	2012	7	247	122	20,183	48,55	979,90	407,37	2357,10
26	2012	8	208	101	-0,817	9,55	-7,80	0,67	91,20
27	2012	9	200	103	1,183	1,55	1,83	1,40	2,40
28	2012	10	204	105	3,183	5,55	17,67	10,13	30,80
29	2012	11	196	98	-3,817	-2,45	9,35	14,57	6,00
30	2012	12	253	139	37,183	54,55	2028,35	1382,60	2975,70
31	2013	1	160	88	-13,817	-38,45	531,25	190,90	1478,40
32	2013	2	201	98	-3,817	2,55	-9,73	14,57	6,50
33	2013	3	186	88	-13,817	-12,45	172,02	190,90	155,00
34	2013	4	139	77	-24,817	-59,45	1475,35	615,87	3534,30
35	2013	5	217	106	4,183	18,55	77,60	17,50	344,10
36	2013	6	263	111	9,183	64,55	592,78	84,33	4166,70
37	2013	7	257	125	23,183	58,55	1357,38	537,47	3428,10
38	2013	8	236	123	21,183	37,55	795,43	448,73	1410,00
39	2013	9	192	96	-5,817	-6,45	37,52	33,83	41,60
40	2013	10	204	108	6,183	5,55	34,32	38,23	30,80
41	2013	11	185	99	-2,817	-13,45	37,88	7,93	180,90

<i>poř.</i>	<i>rok</i>	<i>měsíc</i>	<i>počet hodin u DN (s)</i>	<i>počet DN (x)</i>	$x_i - O_{Ix}$	$s_i - O_{Is}$	$(x_i - O_{Ix})^*$ $(s_i - O_{Is})$	<i>rozptyl x</i>	<i>rozptyl s</i>
42	2013	12	217	128	26,183	18,55	485,70	685,57	344,10
43	2014	1	186	97	-4,817	-12,45	59,97	23,20	155,00
44	2014	2	165	85	-16,817	-33,45	562,52	282,80	1118,90
45	2014	3	157	86	-15,817	-41,45	655,60	250,17	1718,10
46	2014	4	216	102	0,183	17,55	3,22	0,03	308,00
47	2014	5	235	113	11,183	36,55	408,75	125,07	1335,90
48	2014	6	259	133	31,183	60,55	1888,15	972,40	3666,30
49	2014	7	286	140	38,183	87,55	3342,95	1457,97	7665,00
50	2014	8	234	115	13,183	35,55	468,67	173,80	1263,80
51	2014	9	223	111	9,183	24,55	225,45	84,33	602,70
52	2014	10	255	120	18,183	56,55	1028,27	330,63	3197,90
53	2014	11	228	125	23,183	29,55	685,07	537,47	873,20
54	2014	12	251	113	11,183	52,55	587,68	125,07	2761,50
55	2015	1	212	103	1,183	13,55	16,03	1,40	183,60
56	2015	2	134	75	-26,817	-64,45	1728,33	719,13	4153,80
57	2015	3	175	89	-12,817	-23,45	300,55	164,27	549,90
58	2015	4	214	104	2,183	15,55	33,95	4,77	241,80
59	2015	5	178	105	3,183	-20,45	-65,10	10,13	418,20
60	2015	6	249	123	21,183	50,55	1070,82	448,73	2555,30
Σ			11907	6109	0,000	0,000	32770,95	15896,98	79354,85

Zdroj: vlastní

$$O_{Ix} = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} x_i = 6109/60 \approx 101,82$$

$$O_{Is} = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} s_i = 11907/60 \approx 198,45$$

$$S_{xs} = 546,183$$

$$S_x^2 = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} (x_i - O_{Ix})^2 \approx 15896,98/60 = 264,950$$

$$S_x = \sqrt{S_x^2} \approx \sqrt{264,950} = 16,277$$

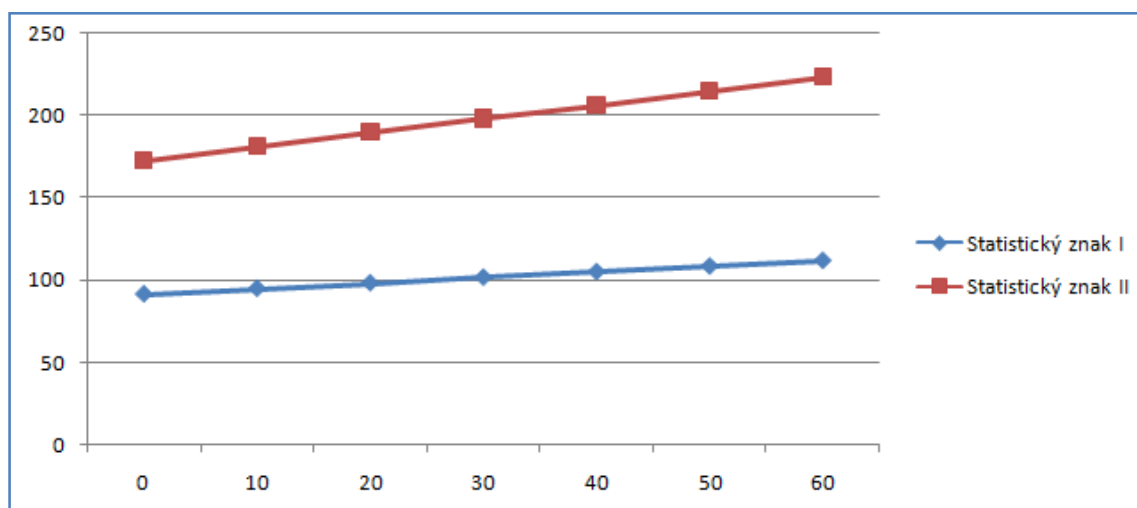
$$S_s^2 = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} (s_i - O_{1s})^2 \approx 79435,85/60 \approx 1322,581$$

$$S_s = \sqrt{S_s^2} \approx \sqrt{1322,581} = 36,367$$

$$k_{xs} = \frac{S_{xs}}{S_x S_s} \approx 546,183/(16,277 * 36,367) = 0,923$$

$$k_{xs} = 0,923 \quad (\text{Disk 18})$$

Hodnota koeficientu korelace $k_{xs} = 0,923$ je velmi blízká hodnotě ,1'. Vzhledem k tomu je mezi oběmi proměnnými velmi těsná kladná korelace.



Obrázek 25: Grafické porovnání průběhu obou vypočtených regresních přímek

(Disk 20)

4. Diskuse

Cíle diplomové práce lze rozdělit do dvou skupin. V jedné skupině bylo cílem posoudit, zda lze základní soubor z hlediska rozdělení četností statistického znaku I (počet dopravních nehod) a statistického znaku II (doba strávená u dopravních nehod jednotlivými JPO HZS JČK) považovat za blízký normálnímu rozdělení.

Druhá skupina cílů se snažila zjistit trend v časovém vývoji četností sledovaných statistických znaků.

Oběma skupinám cílů je společná práce na přípravě základních dat.

Vzhledem k tomuto rozdělení cílů je i následná diskuse rozdělena na odpovídající části.

(Disk 1) – Substituce nákladů dobou zásahu

Jedním ze základních úkolů bylo zkoumat vývoj nákladů na jednotky HZS JČK. V této diplomové práci byly náklady na jednotky HZS JČK nahrazeny počtem hodin, které strávily jednotky u DN.

Krátká doba zásahu znamená, že

- a) Výjezd byl k blízkému cíli – spálilo se málo nafty a benzínu.
- b) Nebylo potřeba používat žádné hasební prostředky (pěnidla, smáčedla, prášky) ani sorbenty (sorpční materiály) apod.

To tedy znamená, že v případě krátké doby zásahu nevznikají náklady, které musí JČK hradit (spotřebované prostředky je nutno doplnit, aby byla jednotka plně akceschopná a byla připravená k tomu, aby byla zařazena do pohotovosti).

Vzhledem k tomu, je odůvodněné považovat dobu zásahu za přímo úměrnou nákladům na zásah. Koeficient, kterým se doba zásahu přepočítá na náklady, není možno zjistit bez relevantních dat. Tato data nebyla pro účely diplomové práce ani poskytnuta, ani nebylo úkolem této diplomové práce zjištění koeficientu pro přepočet doby zásahu na náklady JČK.

4.1. Příprava prvotních dat

Prvotní data, která jsem měl k dispozici, byla ve formě tabulek v MS Excel.

4.2. Analýza normality rozložení statistických znaků

V odborné literatuře jsem narazil na to, že nové poznatky do určité míry mění některá zažitá pravidla (např. *Yarnoldovo* pravidlo) (44), na interpretaci vypočítaných hodnot charakteristik statistických znaků. V následujících sekcích prezentuji informace publikované některými autory.

4.2.1. Základní pojmy

(Disk 2) – Charakteristiky statistických znaků

Narazil jsem na to, že různí autoři označují charakteristiky statistických znaků částečně odlišným způsobem.

Např. „Pravděpodobnost a statistika“ (45) člení statistické znaky na:

- nominální (o znacích lze pouze říci, zda jsou nebo nejsou shodné),
- ordinální (kromě shodnosti znaků jsme schopni je seřadit),
- metrické (lze navíc i určit jejich vzájemnou vzdálenost).

Naproti tomu „Průvodce základními statistickými metodami“ (46) člení statistické znaky na:

- nominální znaky,
- ordinální znaky,
- intervalové (lze navíc určit rozdíl vzdáleností dvou znaků a z něj usuzovat na rozdíl ve zkoumané vlastnosti) – což je v podstatě totéž jako vlastnost metrického znaku, kterou uvádí předchozí literatura,
- poměrové znaky (kromě určení rozdílu vzdáleností dvou znaků je charakteristickou vlastností těchto znaků skutečnost, že poměrový znak má přirozený počátek, ke kterému jsou vztahovány hodnoty znaku).

Z hlediska tohoto rozdělení patří oba statistické znaky sledované v této práci (počet DN v kalendářním měsíci, u kterých zasahovaly jednotky HZS JČK; délka zásahu jednotek HZS JČK u dopravních nehod v kalendářním měsíci) do absolutní metrické škály.

Nejlépe mi vyhovovaly charakteristiky, které uvádí Záškodný (39), které jsem v práci použil.

4.2.2. Citlivostní analýza

(Disk 3) – Volba třídních intervalů

Vzorec pro výpočet šířky třídy $h \approx \frac{8}{100}(b-a)$ (36) jsem nepoužil, protože jeho výsledkem byl příliš velký počet tříd (zhruba dvojnásobný ve srovnání s výsledkem obdrženým ze Sturgesova pravidla). Jako základní problém se mi jevila skutečnost, že díky velkému počtu tříd byly četnosti statistických jevů spadající do jednotlivých tříd příliš malé a nedocházelo prakticky k žádné jejich kumulaci, tzn. četnosti nevykazovaly žádné rozdělení – viz také diskuse k výsledkům provedené citlivostní analýzy.

(Disk 4) – Výsledky provedené citlivostní analýzy

Z provedené citlivostní analýzy vyplynuly následující závěry:

- Zkracování třídního intervalu vede k tomu, že četnosti SZ v jednotlivých třídách (s výjimkou „prostřední“ třídy) poklesnou na tak nízké hodnoty, že nárůst nebo úbytek o jeden SZ se projeví jako relativně velká změna. Díky tomu pak četnosti základního statistického souboru prakticky nejsou rozděleny podle žádného rozdělení viz obrázky 12, 13 a 21.
- Zvolené třídní intervaly leží na dolní mezi třídních intervalů, při kterých se (podle grafického znázornění četností SZ) zdá, že SZ jsou ještě rozděleny podle nějakého běžně se vyskytujícího rozdělení, v tomto případě rozdělení, které se opticky podobá normálnímu rozdělení. *Významnější zkrácení třídního intervalu* vede k takovému snížení hodnot četností SZ pro jednotlivé třídní intervaly, že se podle grafického znázornění četností SZ zdá, že už nejsou četnosti SZ rozděleny podle žádného v literatuře běžně prezentovaného rozložení.
- Při prodlužování třídního intervalu se podle grafického znázornění četností zdá, že rozložení SZ zachovává normální rozložení s tím, že pro delší třídní intervaly

už začínají být četnosti krajních tříd nulové. Takové *prodloužení třídních intervalů pak už nemá smysl*, protože čím dál méně třídních intervalů má nenulové četnosti.

- *Pro třídní intervaly stanovené podle Sturgesova pravidla jsou četnosti obou sledovaných SZ rozloženy tak, že mírné zkrácení nebo prodloužení třídních intervalů nevede ke změně rozložení sledovaných SZ.* Stanovení třídních intervalů je do určité míry ovlivněno subjektivním rozhodnutím (např. zaokrouhlení hodnot vypočtených podle Sturgesova pravidla). Provedená analýza ukazuje, že relativně malé změny třídních intervalů neovlivňují rozdělení sledovaných SZ. Vzhledem k tomu je oprávněné dále používat stanovené třídní intervaly.

Počet třídních intervalů stanovený podle Sturgesova pravidla (tzn. 7 třídních intervalů) považují za vyhovující nejen vzhledem k tomu, že se při tomto počtu třídních intervalů objevuje normální rozložení četností, ale i pro to, že při mírném snížení nebo zvýšení počtu intervalů se rozložení četností opticky stále jeví jako normální.

4.2.3. Vybrané charakteristiky pravděpodobnostních rozložení

(Disk 5) – Interpretace hodnoty variačního koeficientu – hodnota variačního koeficientu udává, z kolika procent se v průměru odchylují jednotlivé hodnoty od aritmetického průměru. (37) Vzhledem k tomu je třeba hodnotu variačního koeficientu přes 20% už považovat za velmi vysokou, tedy takovou, která signalizuje velmi vysoké rozptýlení empirických dat.

U obou statistických znaků vyšly variační koeficienty výrazně nad 20% (38% pro statistický znak I a 30% pro statistický znak II). *To ukazuje na to, že rozptýlení empirických dat pro oba statistické znaky je velmi velké.*

(Disk 6) – Interpretace hodnoty koeficientu šikmosti - je-li rozložení naprosto symetrické, je koeficient šikmosti $N_3 = \tilde{m}_3 = 0$. Je potřeba ale vzít na vědomí, že toto tvrzení má charakter implikace, tzn. neplatí v opačném směru (tedy každé rozdělení, které má koeficient šikmosti $\tilde{m}_3 = 0$ nemusí být symetrické). (38)

Vzhledem k tomu je potřeba kromě výpočtu hodnoty koeficientu šikmosti pro každý sledovaný statistický znak i opticky prověřit, zda je případně rozložení četností skutečně symetrické.

Pro statistický znak I je vypočítaná hodnota koeficientu šikmosti $N_3 = \tilde{m}_3 = 0,15$, tzn. hodnota je nule velmi blízká. Pohledem na grafické znázornění rozložení četností tohoto statistického znaku (viz Obrázek 22) lze ověřit, že *rozložení četností statistického znaku I lze skutečně považovat za symetrické*.

Pro statistický znak II je vypočítaná hodnota koeficientu šikmosti $N_3 = \tilde{m}_3 = 0,03$, tzn. hodnota je nule velmi blízká. Pohledem na grafické znázornění rozložení četností tohoto statistického znaku (viz Obrázek 23) lze ověřit, že *rozložení četností statistického znaku II lze skutečně považovat za symetrické*.

Jen pro doplnění je možno uvést, že Anděl upřesňuje interpretaci hodnoty koeficientu šikmosti následujícím způsobem: (47)

- koeficient šikmosti = 0 (nebo je hodnota blízká nule) – rozdělení je symetrické,
- koeficient šikmosti < 0 – rozdělení je záporně zešikmené,
- koeficient šikmosti > 0 – rozdělení je kladně zešikmené.

(Disk 7) – Interpretace charakteristiky špičatosti - pro normální rozdělení platí, že $N_4 = \varepsilon_4 = 3$ (38)

Pro statistický znak I je hodnota koeficientu špičatosti $N_4 = \varepsilon_4 = 2,54$, což je velmi blízko očekávané hodnotě. *Rozložení četností statistického znaku I (počet dopravních nehod) má normální špičatost*.

Pro statistický znak II je hodnota koeficientu špičatosti $N_4 = \varepsilon_4 = 3,07$, což je hodnota prakticky shodná s očekávanou hodnotou. *Rozložení četností statistického znaku II (doba zásahu jednotek HZS JčK u dopravních nehod) má normální špičatost*.

Jen pro doplnění je možno uvést, že Anděl upřesňuje interpretaci koeficientu špičatosti následujícím způsobem:

- koeficient špičatosti = 3 (nebo je hodnota blízká 3) – rozložení s normální špičatostí,
- koeficient špičatosti < 3 – soubory ploché,
- koeficient špičatosti > 3 – soubory špičaté. (47)

4.2.4. Bodové odhady parametrů

(Disk 8) – Diskuse k podmínce nestrannosti estimátorů

Požadavek nestrannosti znamená (poněkud zjednodušeně řečeno), že odhad je zatížen jen náhodnou chybou (nikoli chybou systematickou). Tento požadavek se běžně považuje za základní podmínku pro estimátory. Někteří autoři (např. Anděl) tento požadavek do určité míry zpochybňují: „*Ukazuje se však, že se někdy na podmínce nestrannosti nedá bezpodmínečně trvat. Může se totiž stát, že existuje jiný odhad, který sice není nestranný, ale je lepší z jiného hlediska. Někdy třeba ani nestranný odhad neexistuje*“. (44)

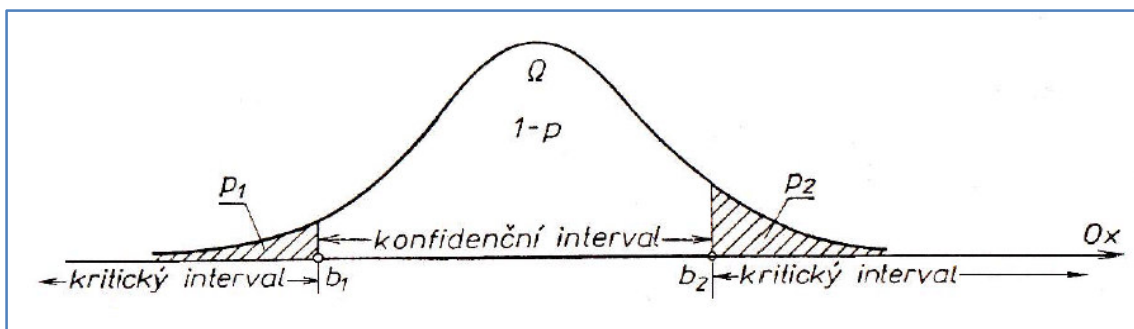
(Disk 9) – Interpretace pojmu „konzistence estimátorů“

Požadavek konzistence znamená, že volbou dostatečně velkého počtu pozorování lze učinit chybu odhadu libovolně malou. (48). To je v souladu se vztahem 3 v Definici – 10 (*asymptoticky nejefektivnější estimátor*).

4.2.5. Intervalové odhady parametrů

(Disk 10) - Geometrický význam konfidenčního intervalu

Má-li statistika B příslušného parametru β základního souboru normální rozložení, odpovídá konfidenčnímu intervalu „spolehlivá“ oblast Ω , která je shora ohraničená Gaussovou křivkou a zdola částí osy O_x , odpovídající uvažovanému konfidenčnímu intervalu $\langle b_1 \ b_2 \rangle$. Kritickým intervalům $(-\infty; b_1)$, $(b_2; +\infty)$, ležícím po řadě vlevo a vpravo od konfidenčního intervalu, odpovídají pod Gaussovou křivkou kritické oblasti P_1 a P_2 , jejichž obsah je $|P_1| + |P_2| = p_1 + p_2 = 100p\% = p$, tak jak je znázorněno na Obrázku 4. Obsah oblasti Ω je $|\Omega| = 100(1-p)\% = 1-p$. (36)



Obrázek 26: Geometrický význam konfidenčního intervalu; zdroj (36)

(Disk 11) – Poznámky k Definici – 11

1. Konfidenční koeficient $q = 1 - p$ se volí obvykle dosti velký, a tedy pravděpodobnost $p = 1 - q$ dosti malou, např. $p = 0,1$, $p = 0,05$, $p = 0,01$ apod.
2. Vzhledem k tomu, že b_1, b_2 jsou určité hodnoty statistik B_1, B_2 určené na základě určitého výběru (vzorku) $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ nelze v *Definici – 11* mluvit o pravděpodobnosti vztahů $b_1 \leq \beta \leq b_2$ vzhledem k tomu, že b_1, b_2 nejsou náhodné veličiny. *Definice – 11* má tento význam:

Je velmi málo pravděpodobné (s pravděpodobností p), že statistiky B_1, B_2 nabudou hodnot b_1, b_2 , pro něž by $\beta \notin \varepsilon < b_1; b_2 >$. Je-li např. $p = 0,05$, může tento „nepravděpodobný“ případ nastat asi pětkrát ze sta empirických výběrů, kdežto v 95 případech ze sta bude vždy platit vztah $b_1 \leq \beta \leq b_2$. Konfidenční interval uvedených nerovností (neboli intervalového odhadu pro parametr β) je 95% . (36)

3. Je zřejmé, že při daném konfidenčním koeficientu $q = 1 - p$ lze konfidenční interval určit nekonečně mnoha způsoby. Obvykle se jeho poloha určuje tak, aby kritickým intervalům vpravo a vlevo od konfidenčního intervalu odpovídaly stejné pravděpodobnosti $p/2$. Mluvíme pak o symetrickém (souměrném) dvoustranném konfidenčním intervalu pro parametr β při konfidenčním koeficientu $1 - p$. Někdy však leží kritická oblast jen vpravo od konfidenčního intervalu a odpovídá jí tedy pravděpodobnost p . (36)

4.2.6. Testování hypotéz

(Disk 12) – Testování hypotéz – identifikace problému

Při statistických šetřeních se často objevují problémy následujících typů:

- Je nutno zjistit, zda dva dané vzorky (=empirické výběry) pocházejí z téhož základního souboru.
- Je třeba rozhodnout, zda rozdíl empirických výběrů (příp. empirických rozptylů) dvou vzorků vybraných z určitého základního souboru v různých časových okamžicích, je náhodně vysvětlitelný nebo zda je výsledkem působení určitých příčin systematického charakteru.
- Je třeba zjistit, zda rozdíl empirických průměrů (popř. empirických rozptylů) dvou vzorků, z nichž jeden byl proveden při působení faktoru A , kdežto druhý bez jeho působení, je náhodně vysvětlitelný, nebo zda je vysvětlitelný vlivem faktoru A .
- Je třeba rozhodnout, zda empirické rozložení četností, získané na základě vzorku s dosti velkým rozsahem n a připomínající normální rozložení, lze považovat za přibližně rovné teoretickému normálnímu rozložení a jaký je konfidenční koeficient. (36)

(Disk 13) – Optimalizace velikosti chyb prvního a druhého druhu

Vzhledem k tomu, že nelze však minimalizovat pravděpodobnosti chyb obou druhů zároveň, navrhli J. Neyman a E.S.Pearson tento postup: Zvolí se číslo $\alpha \in (0;1)$, které se nazývá hladina významnosti, a uvažují se pouze kritické obory s hladinou významnosti α (nazývané též kritické obory na hladině významnosti α), tedy takové, jejichž pravděpodobnost chyby prvního druhu je nejvýše rovna α , tj.

$$P(W) \leq \alpha$$

pro všechna rozložení P elementem H . Supremum $\sup P(W)$ pro P elementem H se obvykle nazývá velikost kritického oboru W . (49) (Někteří autoři však používají toho termínu jako synonyma pro hladinu významnosti.) Kritické obory se zvolenou hladinou významnosti se posuzují podle své síly, tj. podle pravděpodobnosti správného rozhodnutí, když platí alternativní hypotéza. Test W^* , který splňuje nerovnost $P(W^*) \geq$

$P(W)$ pro všechna rozložení $P \in A$ (kde A je určitá třída, do které spadá rozložení náhodného vektoru v případě, že nulová hypotéza neplatí) a pro všechny testy W na stejné hladině významnosti jako test W^* , je nejvýhodnější ze všech testů na dané hladině významnosti, neboť nejspíše odhalí platnost alternativní hypotézy. Takový test však nemusí existovat. Vzhledem k tomu se na testy kladou další požadavky, např. podobnost, nestrannost, invariantnost aj. (50)

(Disk 14) – Možnost zmenšení chyby druhého druhu

Dupač uvádí zajímavý vztah, jehož prostřednictvím lze stanovit rozsah výběrového souboru takový, aby měl test hladinu významnosti α a současně pravděpodobnost chyby druhého druhu byla menší než $\beta \in (0;1)$ (48)

(Disk 15) – Další názor na problematiku chyb prvního a druhého druhu (Souček)

O problematice možného přístupu k obtížím spojeným s chybami prvního a druhého druhu se zmiňuje i Eduard Souček: „Obecně při rozhodovacím postupu o přijetí nulové hypotézy H_0 nebo alternativní hypotézy H_1 podstupujeme riziko, že se dopustíme dvou druhů chyb:

- *chyby prvního druhu*, která spočívá v zamítnutí hypotézy H_0 , je-li tato ve skutečnosti správná. Příčina může být různá: velká variabilita hodnot zjištěných výběrem, malý rozsah výběru apod. Riziko tohoto mylného rozhodnutí je obvykle zanedbatelné a bezprostředně jej můžeme ovlivnit vhodnou volbou tzv. hladiny významnosti α . Tato hladina významnosti je pevně dána pravděpodobností rozdílu, který je ještě možno tolerovat jako statisticky nevýznamný a od kterého začínáme všechny větší rozdíly přičítat nenáhodným vlivům. Pracuje-li se s 5%-ní hladinou významnosti, pak riziko, že zamítnutím nulové hypotézy H_0 zamítneme hypotézu správnou, je právě 5%.
- *chyby druhého druhu*, která spočívá v přijetí H_0 , je-li tato ve skutečnosti nesprávná. Pravděpodobnost chyby druhého druhu označujeme písmenem β . *Hodnota $(1 - \beta)$ vyjadřuje sílu testu*, jde o pravděpodobnost, že správně zamítneme nulovou hypotézu“ (37)

Dále Souček uvádí, že „je pochopitelné, že usilujeme o to, aby pravděpodobnosti chyby 1. a 2. druhu byly minimální. Lze dokázat, že snížení pravděpodobnosti chyby prvního druhu má za následek zvýšení pravděpodobnosti chyby druhého druhu a naopak. (viz Obrázek 4)

Prakticky jediným způsobem, jak snížit jednu chybu, aniž by se zvýšila druhá chyba, jsou dokonalejší informace z výběru. Platí, že zvyšuje-li se rozsah výběru n , znamená to vždy snížení pravděpodobnosti β a současně lze ponechat pravděpodobnost α na původní úrovni. (viz (Disk 14))

Volba hranice významnosti α se řídí tím, jak velké je ještě přípustné „penále“ za špatný závěr o platnosti nulové hypotézy, přesněji za riziko chybného zamítnutí nulové hypotézy. ... Obecně se k nízkým hladinám významnosti α (např. $\alpha = 0,01$) přistupuje v takových případech, kdy nesprávné zamítnutí nulové hypotézy vede k závažným praktickým důsledkům. (37)

(Disk 16) – Použitelnost testu dobré shody χ^2

Anděl uvádí zajímavou zmínku o použitelnosti testu χ^2 : *V literatuře se obvykle uvádí, že musí platit $np_i > 5$ pro každé $i = 1, 2, \dots, k$. V poslední době se však spíše užívá tzv. Yarnoldovo kritérium, které říká, že dobrá shoda s limitním rozdělením χ^2_{k-1} je zaručena, platí-li*

$$np_i > 5q \text{ pro všechna } i = 1, 2, \dots, k \text{ při } k \geq 3$$

kde q je podíl tříd, pro něž platí $np_i < 5$ (47)

(Disk 15) – Výsledky testování

Jaroslav Hájek „Přehled užití matematiky“ (40) uvádí vztah:

$$1 - \alpha = P_0(t'_\alpha \leq t \leq t''_\alpha) \text{ (platí-li } H_0) \quad (1)$$

Hypotézu H_0 pokládáme za zamítnutou, platí-li buď $t < t'_\alpha$ nebo $t''_\alpha < t$; rovnice (1) je zárukou, že hypotéza H_0 bude mylně zamítnuta pouze s pravděpodobností α (v 100α % případech).

Poznámka:

Hypotézu, která říká, že pozorování mají totéž rozdělení, přestože byla získána za odlišných podmínek, nazýváme nulovou hypotézou (H_0). Zamítnutí nulové hypotézy je nezbytným předpokladem k tomu, abychom mohli přikročit k odhadu rozdílů (např. rozdílů středních hodnot), které jsou způsobovány odlišnými podmínkami. (40)

(Disk 16) – Interpretace rozhodování při testování hypotéz

Matematickým výsledkem testování hypotéz je určení, zda hodnota vypočteného testovacího kritéria spadá nebo nespadá do kritického oboru W , tedy zda $\chi_{emp}^2 \in W$ nebo zda $\chi_{emp}^2 \notin W$.

Pokud hodnota vypočteného testovacího kritéria (v našem případě χ_{emp}^2) spadá do kritického oboru W , testovaná hypotéza se zamítá.

Pokud ale hodnota testovacího kritéria do kritického oboru nespadá, neznamená to, že se testovaná hypotéza přijímá (i když se prakticky s hypotézou tímto způsobem zachází).

Velmi správně Souček upozorňuje na to, že „z povahy pravděpodobnostních úsudků vyplývá, že nezamítnutí hypotézy H_0 ještě neznamená její potvrzení. Nulovou hypotézu nelze dokazovat, pouze platí, že získané informace z provedeného náhodného výběru nejsou ve sporu s hypotézou H_0 a nedávají opodstatnění k jejímu zamítnutí. Podobně není ani statistické zamítnutí hypotézy H_0 rovnocenné jejímu logickému zamítnutí.“ Na totéž upozorňuje i Swoboda. (51)

4.3. Analýza trendů vývoje specifikovaných statistických znaků

(Disk 17) – Potřeba otestování odchylek empirických dat od regresní přímky

Jak uvádí Záškodný (1), čtvrtým stupněm kvantitativního výzkumu, je predikce. Má-li vypočtená regresní přímka skutečně predikovat vývoj četností sledovaného statistického znaku, je nutno ověřit, zda tato přímka reálně reprezentuje disponibilní empirická data. Toto ověření provedeme ověřením pravdivosti hypotézy „odchylky empiricky zjištěných četností sledovaných statistických znaků od vypočtené regresní

přímky lze připsat na vrub náhodě. Ověření pravdivosti hypotézy se provede testem dobré shody χ^2 .

(Disk 18) – Interpretace hodnoty Pearsonova koeficientu korelace

V literatuře (např. „Základy aplikované matematiky“ (36)) se uvádí následující vlastnosti Pearsonova korelačního koeficientu:

Jsou-li náhodné veličiny X , S korelačně nezávislé, pak jejich korelační koeficient $k_{xs} = 0$. Je-li však $k_{xs} \neq 0$, jsou korelačně závislé. Přitom při $k_{xs} > 0$ mluvíme o kladné korelaci, kdežto při $k_{xs} < 0$ mluvíme o záporné korelaci náhodných veličin X , S .

Je-li $k_{xs} = 1$, pak platí mezi náhodnými veličinami s pravděpodobností $p = 1$ funkcionální závislost $S = b_0X + b_1$.

Vypočtená hodnota Pearsonova koeficientu korelace $k_{xs} = 0,923$ znamená, že *veličiny X , S mají velmi silnou pozitivní korelaci*.

Na důležitou (i když očekávanou) vlastnost Pearsonova korelačního koeficientu k_{xs} upozorňuje Anděl: konstatuje, že při zkoumání korelace náhodných veličin nezáleží na tom, kterou budeme považovat za x a kterou budeme považovat za y . (44)

(Disk 19) – Interpretace těsné pozitivní korelace

Ať ukazuje Pearsonův koeficient korelace na jakkoliv silnou korelaci, v žádném případě z ní nevyplývá jakákoli kauzální relace mezi proměnnými X a S .

Na možnou nesprávnou interpretaci těsné pozitivní korelace upozorňuje řada autorů. Velmi trefný příklad nesmyslné zdánlivé korelace uvádí Swoboda (když se zkracuje délka dámských sukní, kurzy akcií stoupají) (51). Swoboda k tomuto problému dále poznamenává, že zdánlivá korelace vzniká pouze při výpočtu.

Obdobně upozorňuje Gibilisco – „korelace není totéž co kauzalita“ (52)

(Disk 20) – Hodnocení vzájemné grafické polohy regresních přímek

Určitý náhled na těsnost vzájemné korelace vypočtených regresních přímek poskytuje Obrázek 26. Škrášek, Tichý (36) uvádějí, že úhel ω , který vzájemně svírají regresní přímky, vytváří tzv. korelační nůžky a svým způsobem úhel ω vyjadřuje i těsnost korelační vazby pro $\omega = 0$ jde o funkční závislost mezi proměnnými X , S .

Závěr

Základním cílem práce bylo vyslovit hodnocení vědeckých hypotéz. Tato hodnocení vycházejí z dat o zásazích jednotek HZS JčK za období 7/2010 – 6/2015, tedy za období 60 měsíců.

Hodnocení ověřovaných vědeckých hypotéz:

H1) Z hlediska měsíčního časového vývoje bude počet nehod za posledních 5 let v rámci výjezdů HZS JčK klesat.

Hodnocení hypotézy: Regresní přímka získaná metodou nejmenších čtverců má rovnici - $y = 0,343x + 91,36$. Počet dopravních nehod v jednotlivých měsících tedy naopak roste. **Hypotéza H1 je tak zamítnuta.** Vzhledem k velmi vysoké hodnotě variačního koeficientu (38%) byl ještě proveden test χ^2 , který představuje hodnocení doplňující hypotézy „odchylky počtu DN od regresní přímky lze přičíst na vrub náhody“.

Tato hypotéza se zamítá (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$).

Ze zamítnutí doplňující hypotézy vyplývají následující závěry:

- Vzhledem k příliš velkým odchylkám mezi empiricky zjištěnými daty a hodnotami vypočítané regresní přímky nelze regresní přímku využít k predikci počtu zásahů u dopravních nehod v jednotlivých měsících.
- Vypočítaná regresní přímka reprezentuje počet dopravních nehod pouze z hlediska celoročního počtu. Vzhledem k tomu ji lze použít k predikci počtu dopravních nehod pro příští účetní období.

H2) Z hlediska měsíčního časového vývoje bude výše nákladů za posledních 5 let v rámci výjezdů HZS JčK klesat.

Vzhledem k tomu, že nebyla k dispozici data o nákladech HZS JčK, byly náklady nahrazeny dobou zásahu. Diskuse (Disk I) k provedení této substituce je na str. 81.

Hodnocení hypotézy: Regresní přímka získaná metodou nejmenších čtverců má rovnici - $y = 0,848x + 177,56$. Doba zásahu u DN v jednotlivých měsících tedy naopak roste. **Hypotéza H2 se tedy zamítá.**

Vzhledem k tomu, že variační koeficient má velmi vysokou hodnotu (30%), byl ještě proveden test χ^2 , který představuje hodnocení doplňující hypotézy *“odchylky doby zásahu u DN od vypočtené regresní přímky lze přičíst na vrub náhody”*.

Závěr: Doplňující hypotéza se na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ zamítá.

Ze zamítnutí doplňující hypotézy vyplývají následující závěry:

- Vzhledem k příliš velkým odchylkám mezi empiricky zjištěnými daty a hodnotami vypočítané regresní přímky nelze regresní přímku využít k predikci doby strávené jednotkami HZS JČK u dopravních nehod v jednotlivých měsících.
- Vypočítaná *regresní přímka reprezentuje dobu strávenou jednotkami HZS JČK u dopravních nehod* pouze z hlediska celoročního počtu. *Vzhledem k tomu ji lze použít k predikci doby strávené jednotkami HZS JČK u dopravních nehod pro příští účetní období.*

Doporučení 1: Nad rámec ověřování trendů v rámci hypotéz H1 a H2 jsem provedl korelační analýzu obou statistických znaků (počet DN, doba zásahů u DN). Výsledný Pearsonův koeficient má hodnotu 0,923, což ukazuje na velmi silnou pozitivní korelaci mezi počtem nehod a dobou zásahu. V návazné práci by bylo užitečné ověřit platnost hypotézy „průměrná doba zásahu jedné DN je stále stejná“. Pokud by tato hypotéza byla potvrzena, daly by se náklady na tuto činnost HZS JČK predikovat podle vývoje počtu DN.

Doporučení 2: Zběžný pohled na Obrázky 24 a 25 ukazuje, že existují období, ve kterých jsou velmi výrazná minima křivky průběhu počtu nehod i doby zásahu. Velmi hrubým odhadem lze říci, že tato minima nastávají přibližně při $x \in (10; 22; 34; 46; 58)$, tedy s *periodou přibližně 12 měsíců*. To může být způsobeno tím, že v jednotlivých částech roku roste/klesá hustota provozu na silnicích (typicky období Velikonoc a dušiček je doprovázeno nárůstem počtu vozidel na silnicích, a tedy i počtem dopravních nehod. Naproti tomu zimní období se sněhovou pokrývkou vedou naopak ke snížení počtu vozidel na silnicích, a tedy i ke snížení počtu dopravních nehod).

Toto vše koresponduje i s mou praktickou zkušeností, že v některých obdobích je výjezdů vodňanské jednotky HZS málo, v jiných je výjezdů podstatně víc. Bylo by *zajímavé* vytipovat části roku, které mají obdobnou hustotu silničního provozu, a provést regresní analýzu pro tato období.

Pokud by se podařilo vytipovat období v roce, v kterých je počet DN relativně stabilizovaný, případně mají počty dopravních nehod stabilizovaný trend (nárůst nebo pokles), mohly by se vypočítat regresní přímky pro každé takovéto období. Pokud by se potvrdila hypotéza, že „odchyly skutečných hodnot od těchto regresních přímek lze připsat na vrub náhodě“ bylo možné predikovat počty DN pro takováto jednotlivá období i pro měsíce, ze kterých se tato období sestávají. Vzhledem k prokázané velmi těsné pozitivní korelaci (hodnota Pearsonova koeficientu, který vyjadřuje těsnost vazby

$$k_{xs} = \frac{S_{xs}}{S_x S_s} = 0,923) \text{ by se tak mohly predikovat na tato období i náklady na zásahy HZS}$$

JČK u DN.

H3) Empirické rozdělení počtu DN a nákladů bude za posledních 5 let v rámci výjezdů HZS JČK blízké normálnímu rozdělení.

Hodnocení: Hypotéza se nezamítá (na hladině významnosti $\alpha = 0,05$), tzn. ***empirická data jsou na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v souladu s hypotézou H3.*** Pro práci s daty lze tedy využívat poznatky a závěry související s normálním rozdělením.

Doporučení 3: V rámci přípravy prvotních dat pro následné statistické zpracování jsem v několika případech narazil na to, že aplikace SSU umožnila zadat logicky zcela nemyslná data. Pokud by se uvažovalo o tom, že se data z aplikace SSU budou ještě někdy v budoucnu statisticky zkoumat, bylo by užitečné dohodnout se se zpracovatelem aplikace na důkladnější verifikaci vkládaných dat se zohledněním identifikovaných problémů se zadanými vstupními daty.

Seznam literatury

- 1) ZÁŠKODNÝ, Přemysl a Helena ZÁŠKODNÁ. *Metodologie vědeckého výzkumu: methodology of scientific research*. Praha: Curriculum, 2014. ISBN 978-80-87894-03-3.
- 2) ŠENOVSKÝ, Michail, Vilém ADAMEC a Zdeněk HANUŠKA. *Integrovaný záchranný systém*. 2. vyd. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788073850074.
- 3) ČESKO. Zákon č. 239 ze dne 28. června 2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2000, částka 73, s. 3461. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-239>
- 4) BAŠTECKÁ, Bohumila. *Terénní krizová práce: psychosociální intervenční týmy*. Praha: Grada, 2005. Psyché (Grada). ISBN 802470708X.
- 5) ZEMAN, Miloš a Otakar J. MIKA. *Integrovaný záchranný systém*. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2007. ISBN 9788021434486.
- 6) SKALSKÁ, Květoslava, Zdeněk HANUŠKA a Milan DUBSKÝ. *Integrovaný záchranný systém a požární ochrana: modul I*. 1. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010. ISBN 9788086640594.
- 7) *Působnost a úkoly* [online]. In: [cit. 2016-06-05]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/uvod-hasicky-zachranny-sbor-cr-pusobnost-a-ukoly.aspx>
- 8) ŠAFR, Gustav. *Integrovaný záchranný systém II.; Doplnkové texty pro posluchače kombinované formy studia studijního programu „Ochrana obyvatelstva“*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2007.
- 9) ČESKO. Zákon č. 240 ze dne 28. června 2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka*

zákonů České republiky. Praha, 2000, částka 73, s. 3475. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-240>

- 10) ŠENOVSKÝ, Michail a Vilém ADAMEC. *Právní rámec krizového managementu: management záchranných prací*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 9788086634678.
- 11) SMETANA, Marek a Danuše KRATOCHVÍLOVÁ. *Integrovaný záchranný systém a jeho složky*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007. ISBN 978-80-7368-337-5.
- 12) ŠAFR, Gustav. *Logistické zabezpečení integrovaného záchranného systému a podpůrné činnosti.; Doplnkové texty pro posluchače kombinované formy studia studijního programu „Ochrana obyvatelstva“*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2007.
- 13) VYKOUKAL, Jaroslav. *HZS ČR je páteří složkou integrovaného záchranného systému. 112: odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha: MV - generální ředitelství HZS ČR, 2011, ročník X, č. 2, s. 13. ISSN 1213-7057, Dostupné také z: www.hzscr.cz
- 14) ČESKO. Zákon č. 127 ze dne 22. února 2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích), ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2005, částka 43, s. 1330. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-127>
- 15) PRUDIL, Luděk. *Zavedení jednotného evropského čísla tísňového volání 112 v České republice. 112: odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha: MV - generální ředitelství HZS ČR, 2006, ročník V, č. 7, s. 9. ISSN 1213-7057. Dostupné také z: www.hzscr.cz
- 16) ČESKO. *Usnesení vlády České republiky č. 350 ze dne 3. dubna 2002 o změně usnesení vlády z 19. dubna 2000 č. 391, k zavedení jednotného evropského čísla*

tísňového volání - 112 v České republice. Praha, 2002. Dostupné také z: https://albatros.vlada.cz/usneseni/usneseni_webtest.nsf/0/6C4ED7EE2B5C08CAC12571B6006C24CD

- 17) BUREŠ, Lubomír a Martin SVITÁK. *INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM I.: Doplnkové texty pro posluchače kombinované formy studia studijního programu „Ochrana obyvatelstva“.* České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, 2007
- 18) *Pro případ ohrožení: Integrovaný záchranný systém* [online]. In: [cit. 2016-06-21]. Dostupné z: <http://www.hzscr.cz/clanek/pro-pripad-ohrozeni-pro-pripad-ohrozeni.aspx>
- 19) ČESKO. Zákon č. 320 ze dne 11. listopadu 2015 Sb., o Hasičském záchranném sboru a o změně některých zákonů (zákon o hasičském záchranném sboru). In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2015, částka 135, s. 4307. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-320>
- 20) ČESKO. Ústavní zákon č. 110 ze dne 29. května 1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 1998, částka 39, s. 5386. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-110>
- 21) ČESKO. Zákon č. 133 ze dne 17. prosince 1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 1985, částka 34, s. 674. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1985-133>
- 22) ČESKO. Zákon č. 262 ze dne 21. dubna 2006 Sb., zákoník práce, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2006, částka 84, s. 3146. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
- 23) ČESKO. Vyhláška Ministerstva vnitra č. 247 ze dne 22. června 2001 Sb., o organizaci a činnosti jednotek požární ochrany, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2001, částka 95, s. 5490. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-247>
- 24) HANUŠKA, Zdeněk. *Řád výkonu služby v jednotkách požární ochrany: [sbírka interních aktů řízení generálního ředitele Hasičského záchranného sboru České republiky]*

republiky. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009. ISBN 978-80-7385-069-2.

- 25) ČESKO. Usnesení předsednictva České národní rady č. 2 ze dne 16. prosince 1992 Sb., o vyhlášení LISTINY ZÁKLADNÍCH PRÁV A SVOBOD jako součást ústavního pořádku České republiky. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 1993, částka 1, s. 17. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1993-2>
- 26) ČESKO. Zákon č. 374 ze dne 6. listopadu 2011 Sb., o zdravotnické záchranné službě, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2011, částka 131, s. 4839. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-374>
- 27) FIŠER, Václav. *Krizové řízení v oblasti zdravotnictví*. 1. Praha: Ministerstvo vnitra, Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, 2006. ISBN nemá.
- 28) POKORNÝ, Jiří. *Urgentní medicína*. Praha: Galén, 2004. ISBN 8072622595.
- 29) ČESKO. Zákon č. 273 ze dne 17. července 2008 Sb., o Policii České republiky, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2008, částka 91, s. 4086. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273>
- 30) SOUČEK, Vladimír, Eva STAŇKOVÁ, Nikole MACHOVÁ a Benedikt VANGELI. *Vnitřní bezpečnost a veřejný pořádek a vybrané kapitoly krizového řízení*. Odbor bezpečnostní politiky: Ministerstvo vnitra, 2009.
- 31) ČESKÁ REPUBLIKA. *SIAŘ GŘ HZS ČR: Pokyn generálního ředitele HZS ČR, kterým se stanoví opěrné body HZS ČR a typy předurčenosti jednotek požární ochrany pro záchranné práce*. In: .Praha, 2013, ročník 2013, číslo 16.
- 32) ČESKO. Zákon č. 361 ze dne 14. září 2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2008, částka 98, s. 4570. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
- 33) KOLEKTIV AUTORŮ. *Bojový řád jednotek požární ochrany: Odstraňování následků dopravních nehod na pozemních komunikacích - metodický list č. 4/D*.

V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 561s. ISBN 978-80-7385-026-5.

- 34) KOLEKTIV AUTORŮ. *Bojový řád jednotek požární ochrany: Dopravní nehoda na pozemních komunikacích - obecně - metodický list č. 1/D*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007, 561s. ISBN 978-80-7385-026-5.
- 35) ČESKO. Nařízení vlády č. 263 ze dne 21. srpna 2013 Sb., o paušální výši úhrady nákladů zásahu, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Praha, 2013, částka 101, s. 2730. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-263>
- 36) ŠKRÁŠEK, Josef a Zdeněk TICHÝ. *Základy aplikované matematiky*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-030-0111-0.
- 37) SOUČEK, Eduard. *Základy statistiky*. Praha: Vysoká škola manažerské informatiky a ekonomiky, 2006. ISBN 80-868-4712-8.
- 38) NEČAS, Jiří a kol. *Aplikovaná matematika I. A až L. I*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977. ISBN nemá.
- 39) ZÁŠKODNÝ, Přemysl, Renata HAVRÁNKOVÁ, Jiří HAVRÁNEK a Vladimír VURM. *Základy statistiky: (s aplikací na zdravotnictví)*. Přepřacované druhé vydání. Praha: Curriculum, 2011. ISBN 978-80-904948-2-4.
- 40) REKTORYS, Karel a spolupracovníci. *Přehled užití matematiky*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1981. Edice odborné literatury. ISBN 04-003-81.
- 41) BROŽ, Milan. *Microsoft Office Excel 2007: podrobná uživatelská příručka*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1822-1.
- 42) VIEIRA, Robert. *SQL Server 2000: programujeme profesionálně*. Praha: Computer Press, 2001. ISBN 80-722-6506-7.
- 43) HERNANDEZ, Michael J. a John VIESCAS. *Myslíme v jazyku SQL: tvorba dotazů*. Praha: Grada, 2004. Knihovna programátora (Grada). ISBN 80-247-0899-X.

- 44) ANDĚL, Jiří. *Matematická statistika*. I. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1978. ISBN nemá.
- 45) BÍLKOVÁ, Diana, Petr BUDINSKÝ a Václav VOHÁNKA. *Pravděpodobnost a statistika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-224-0.
- 46) BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ. *Průvodce základními statistickými metodami*. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3243-5
- 47) ANDĚL, Jiří. *Statistické metody*. 4., upr. vyd. Praha: Matfyzpress, 2007. ISBN 978-80-7378-003-6.
- 48) DUPAČ, Václav a Marie HUŠKOVÁ. *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Praha: Karolinum, 1999. ISBN 978-80-246-0009-3.
- 49) PEARSON, E.S. a Jerzy NEZMAN. *On the Problem of Two Samples: Joint Statistikal Papers*. Cambridge University Press
- 50) NEČAS, Jiří a kol. *Aplikovaná matematika II. M až Ž*. I. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1978. ISBN nemá
- 51) SWOBODA, Helmut. *Moderní statistika*. Praha: Svoboda, 1977. Členská knihnice (Svoboda). ISBN nemá.
- 52) GIBILISCO, Stan. *Statistika bez předchozích znalostí*. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2465-9.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Systém vzájemně propojených TCTV	20
Obrázek 2: Základní a ostatní složky IZS.....	23
Obrázek 3: Organizační schéma HZS ČR	24
Obrázek 4: Chyba prvního a druhého druhu.....	45
Obrázek 5: Rozložení pro třídní interval = 13	52
Obrázek 6: Rozložení pro třídní interval = 12	52
Obrázek 7: Rozložení pro třídní interval = 11	52
Obrázek 8: Rozložení pro třídní interval = 10	52
Obrázek 9: Rozložení pro třídní interval = 9	52
Obrázek 10: Rozložení pro třídní interval = 8	52
Obrázek 11: Rozložení pro třídní interval = 7	52
Obrázek 12: Rozložení pro třídní interval = 6	52
Obrázek 13: Rozložení pro třídní interval = 36	53
Obrázek 14: Rozložení pro třídní interval = 34	53
Obrázek 15: Rozložení pro třídní interval = 32	53
Obrázek 16: Rozložení pro třídní interval = 30	53
Obrázek 17: Rozložení pro třídní interval = 28	53
Obrázek 18: Rozložení pro třídní interval = 26	53
Obrázek 19: Rozložení pro třídní interval = 24	53
Obrázek 20: Rozložení pro třídní interval = 22	53
Obrázek 21: Relativní četnost počtů DN	60
Obrázek 22: Relativní četnost počtu hodin u DN	61
Obrázek 23: Regresní analýza provedena prostředky MS Excel pro všechny měsíce sledovaného období	74
Obrázek 24: Regresní analýza provedena prostředky MS Excel pro všech 60 hodnot za jednotlivé měsíce sledovaného období	75
Obrázek 25: Grafické porovnání průběhu obou vypočtených regresních přímek	80
Obrázek 26: Geometrický význam konfidenčního intervalu	87

Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní tabulka plošného pokrytí	27
Tabulka 2: Dolní mez a šířka třídního intervalu	54
Tabulka 3: Výsledná tabulka s primárními daty pro statistické zkoumání.....	58
Tabulka 4: Rozdělení hodnot statistického znaku do prvků škály	62
Tabulka 5: Pomocné hodnoty pro výpočet momentů (statistický znak I)	63
Tabulka 6: Pomocné hodnoty pro výpočet momentů (statistický znak II).....	64
Tabulka 7: Pomocné výpočty pro určení kritického oboru	66
Tabulka 8: Pomocné výpočty pro určení kritického oboru	67
Tabulka 9: Pomocné hodnoty pro řešení normálních rovnic pro lineární regresní analýzu	71
Tabulka 10: Pomocné hodnoty pro výpočet Pearsonova koeficientu.....	77