



Slezská univerzita v Opavě
Matematický ústav v Opavě

ŘEŠENÍ KRIZOVÝCH SITUACÍ – METODY A JEJICH APLIKACE

Katarína Jelšovská
Andrea Peterková

OPAVA 2013



Slezská univerzita v Opavě

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hrazeno z prostředků projektu OPVK CZ.1.07/2.2.00/15.0174
Inovace bakalářských studijních oborů se zaměřením na spolupráci s praxí

Obsah

1 Úvod	3
2 Aplikace matematických metod v krizovém řízení	5
2.1 Matematická statistika	5
2.2 Síťová analýza	17
2.3 Nejspolehlivější cesta v grafu	18
2.4 Teorie hromadné obsluhy (Teorie front)	19
2.5 Lineární programování	20
2.6 Vícekriteriální rozhodování	22
3 Aplikace manažerských metod v krizovém řízení	23
3.1 Rozhodovací stromy	23
3.2 Myšlenková mapa	25
3.3 Vývojový diagram	28
3.4 Rozhodovací tabulky	28
3.5 Brainstorming	32
3.6 Metoda analýzy rizik – metoda KARS	33
4 Řešené příklady	37
4.1 Statistický průzkum majetkové kriminality	37
4.2 Vyprošťování raněných z havarovaného dopravního prostředku	46
4.3 Výpočet míry rizika na daném území	52
4.4 Hledání optimální cesty pro průjezd techniky potřebné pro řešení mimořádné události	61
4.5 Analýza rizik technické havárie zimního stadionu s únikem nebezpečné látky – amoniaku	67
5 Neřešené příklady	76
5.1 Plán převozu automobilů v případě vzniku povodní	76

5.2	Rozhodnutí o instalaci protipovodňových zařízení	77
5.3	Ekonomický přínos preventivního programu očkování proti chřipce . .	77
5.4	Emisní projekce	79
5.5	Optimalizace harmonogramu činností při narušení dodávek ropy a rop- ných produktů velkého rozsahu	80
5.6	Údržba sjízdnosti pozemních komunikací po dobu sněhové kalamity . .	81
5.7	Statistické zkoumání dopravních nehod	82
	Literatura	85
	Seznam obrázků	88
	Seznam tabulek	89

1 Úvod

Studijní opory Řešení krizových situací – metody a jejich aplikace jsou určeny studentům studijního oboru Aplikovaná matematika pro řešení krizových situací. Předkládané studijní opory rozhodně neslouží jako konečný výčet metod používaných při řešení krizových situací a mimořádných událostí. Metody zde popsané byly autory opor vybrány na základě logické posloupnosti. Nejdříve byla sestavena zadání konkrétních úloh, mnohdy se opírajících o reálné mimořádné události a následně byl vyhotoven seznam metod, které mohou být při řešení jednotlivých úloh použity. A právě tyto metody naleznete v oporách.

Opory jsou rozděleny do čtyř základních kapitol. První a druhá kapitola obsahují teoretický výklad metod použitelných pro vyřešení zadání úloh. Student se seznámí s metodami, které může uplatnit při řešení zadaných úloh, přičemž každou úlohu je možno řešit minimálně jednou metodou uvedenou v teoretické části. Pokud se již student s uvedenou metodou v průběhu svého studia v Matematickém ústavu v Opavě setkal, metodě zde není věnováno mnoho prostoru. Zároveň tedy odkazujeme studenta na konkrétní předmět, ve kterém je metoda probírána do hloubky. Pokud se s metodou student doposud neseťkal, je jí v těchto oporách věnována mnohem větší pozornost, případně je doplněna jednoduchým ilustračním příkladem.

Za teoretickou částí opor následují řešené příklady, kde se student může seznámit s postupem řešení příkladu a případně si může výpočet vyzkoušet sám na alternativním zadání.

Závěrečná část opor je věnována neřešeným příkladům. Většina z nich jsou příklady z praxe. Student tedy nemůže očekávat „učebnicový“ příklad s dokonalými vstupy pro vyřešení úlohy. Jednou z nejdůležitějších částí při řešení úlohy je orientace v dané problematice, získávání informací a dat z dostupných informačních systémů a následný výběr metody řešení. Samotná část výběru metody řešení je zde pro studenta podstatně zjednodušena, jelikož platí zásada, že vhodná metoda pro vyřešení zadání je určitě popsána v části teoretické. Tím je studentovi značně ulehčena v podstatě nejdůležitější část rozhodování při řešení úlohy.

Většina neřešených příkladů vyžaduje velké množství vstupů, které si musí studenti obstarat sami, proto počítáme se skupinovým řešením zadání. Naším záměrem je poukázat na důležitost volby vhodné metody. Skupina si metodu zvolí, zadání vyřeší a následně jej bude prezentovat před svými kolegy. Poté očekáváme diskuzi o vhodnosti zvolené metody, ale také o porovnání výsledků s ostatními skupinami, které si mohly zvolit metody jiné. Může se stát, že výsledky jednotlivých skupin budou odlišné. Studenti si tak uvědomí důležitost výběru vhodné metody a vliv subjektivity na řešení úlohy.

Při řešení zadání budou studenti využívat mnoho poznatků doposud nabytých studií v Matematickém ústavu v Opavě. Setkají se ale také s novými informacemi, které budou nuceni zpracovat dle vlastního uvážení. Počítáme i s aktivitou studentů mimo akademickou půdu a jejich konzultace s různými subjekty, např. s Magistrátem města Opavy nebo Hasičským záchranným sborem. Od tohoto přístupu si slibujeme kvalitnější přípravu studentů nejenom na praxi, ale zejména na zpracování bakalářské práce.

Studenti mohou využívat poznatky z předmětů oboru AMKS:

- Matematické metody v ekonomice a řízení I
- Matematické metody v ekonomice a řízení II
- Matematické metody v ekonomice a řízení III
- Vícekriteriální a skupinové rozhodování
- Matematické programování
- Teorie grafů
- Krizový management
- Ochrana obyvatelstva
- Ekonomika krizových situací a mnoho dalších.

2 Aplikace matematických metod v krizovém řízení

KLÍČOVÁ SLOVA: matematická statistika, síťová analýza, nejspolehlivější cesta v grafu, teorie hromadné obsluhy, lineární programování, vícekritériální rozhodování

Obecně lze říci, že metoda je způsob jak dosáhnou jistého, předem stanoveného cíle prostřednictvím vědomé a plánovité činnosti. Je také možné říci, že pro řešení různých problémů v krizovém řízení je vhodné využít různé metody.

Matematické modelování, teorie pravděpodobnosti, statistické metody a teorie grafů jsou vědní disciplíny, které zasahují do oblasti řešení praktických rozhodovacích, organizačních, technických i ekonomických úloh. Je proto možné využít je ve všech oblastech, kde je třeba analyzovat a koordinovat provádění operací v rámci nějakého systému, což v oblasti krizového řízení provádíme.

2.1 Matematická statistika

Statistika je disciplína, která zkoumá stav a vývoj numericky vyjádřených hromadných jevů. Objektem **statistického zkoumání** je **statistický soubor** získaný z reálných dat v prostředí. Statistický soubor tvoří statistické jednotky, které jsou nositeli statistické informace a statistické znaky, které jsou definovány jako charakteristiky vlastností statistických jednotek. Statistické znaky dělíme podle různých hledisek. Obecně můžeme konstatovat, že existují dvě skupiny znaků, které se dále dělí, a to číselné (**kvantitativní**) a slovní (**kvalitativní**).

Metodika statistického zkoumání

Při statistickém zkoumání je nutné dodržet metodiku, aby se předcházelo pozdějším problémům a nesrovnalostem. Metodika je založena na těchto krocích:

- Určení statistického problému, který má přímou vazbu na zkoumaný odborný, vědní nebo věcný problém.
- Přesné definování statistické jednotky.
- Formulování statistických otázek, které přímo vycházejí ze statistického problému a mají vztah k statistické jednotce.
- Identifikování statistických znaků z jednotlivých statistických otázek, jejichž odpovědi budeme získávat statistickým zjišťováním.

- Stanovení rozsahu statistického souboru a jeho reprezentativnost.
- Statistické zjišťování a sběr dat pomocí metod statistického zjišťování (dotazník, pozorování, měření aj.).
- Zpracování získaných údajů do jednotné matice (tabulky) dat, která bude východiskem pro statistické zpracování.
- Řešení jednotlivých statistických otázek s využitím příslušných statistických metod a jejich interpretace pomocí grafů a tabulek.
- Formulování odpovědí na statistické otázky a interpretování dosažených výsledků.

Statistický problém, statistická jednotka, statistické otázky a statistické znaky

Určení statistického problému zpravidla navazuje na úkoly řešené v různých odvětvích praxe i vědecko-odborného zkoumání. Statistický problém bývá většinou definován ze širšího hlediska, všeobecně ale jasně. Statistická jednotka je konkrétním prvkem statistického souboru a její charakter určují statistické znaky. Statistické otázky a následné odpovědi na ně slouží k nalezení řešení statistického problému.

PŘÍKLAD:

Statistický problém: Nehodovost na českých pozemních komunikacích.

Statistická jednotka: Nehoda

Statistické otázky:

- Kolik dopravních nehod se událo na silnicích v Moravskoslezském kraji od roku 2005 do roku 2013?
- Existuje závislost mezi počtem raněných a ekonomickými škodami, které vznikly u těchto nehod?
- Jaké je procentuální rozdělení dopravních nehod dnů v týdnu, kdy se staly?
- Jaká je pravděpodobnost, že náhodně vybraná nehoda byla bez úmrtí?

Statistické znaky:

- slovní (kvalitativní): kraj, den v týdnu, úmrtí,
- číselné (kvantitativní): počet raněných, ekonomické škody.

Statistické zjišťování, sběr dat

Statistické zkoumání je založeno na získávání, shromáždění a zaznamenávání údajů o statistických jednotkách. Základními metodami statistického šetření jsou dotazování, pozorování a měření. Technikami statistického šetření mohou být **dotazník, rozhovor, anketa, experiment**.

Podstatou **dotazníku** jsou přesně formulované otázky, pomocí kterých se zjišťují hodnoty (obměny) statistických znaků. Dotazník je nejznámější a asi nejčastěji používanou výzkumnou metodou na získávání informací a údajů.

Rozhovor je technika zjišťování informací, při které jsou požadované informace získávány v přímé interakci s respondentem. Rozhovor může být prováděn „face-to-face“ (tváří v tvář), nebo přes komunikační medium (telefon, mail apod.)

Pozorování je metoda, při které se plánovitě sleduje jev (je předem dáno, kolik se uskuteční pozorování nebo jak dlouho se bude jev pozorovat) a následně se zjišťují odlišnosti od plánovaných, provozních, případně normou stanovených hodnot jevu.

Údaje a informace potřebné na statistické zkoumání mohou být získávány i z veřejných databází Statistického úřadu ČR, Ministerstva vnitra ČR, Ministerstva životního prostředí ČR, Policejní sboru ČR, Hasičského záchranného sboru, databází SEVESO, povodňových map, Hydrometeorologického úřadu, plánů ochrany obyvatel obcí, informací obcí o historických událostech apod.

Zpracování statistických informací

Statistické metody slouží k řešení statistických otázek a nalezení odpovědí na tyto otázky. Mezi základní elementární statistické metody patří:

- Statistické metody slouží k řešení statistických otázek a nalezení odpovědí na tyto otázky. Mezi základní elementární statistické metody patří:
- určení závislosti mezi znaky – kontingence, korelace,
- předpovídání budoucích hodnot na základě hodnot zjištěných – regrese.

Statistické třídění

Statistické třídění probíhá na základě rozdělení statistických jednotek podle hodnot (obměn) jednoho statistického znaku nebo více znaků. Cílem třídění je zjištění počtu statis-

tických jednotek a jejich konkrétních vlastností.

Základem statistického třídění je uspořádání statistických jednotek podle obměn statistického znaku. Známe tři základní typy třídění podle charakteru statistického znaku:

- jednoduché třídění,
- skupinové třídění,
- třídění podle dvou statistických znaků.

Jednoduché třídění je založeno na rozdělení statistických jednotek podle každé hodnoty (obměny) znaku. Využívá se hlavně u třídění slovních a číselných znaků s malým množstvím obměn (do 15 hodnot). Výsledky jednoduchého třídění je možné prezentovat pomocí tabulky, která obsahuje sloupce s absolutním počtem jednotek, relativním počtem jednotek, kumulovaným absolutním počtem jednotek a kumulovaným relativním počtem jednotek.

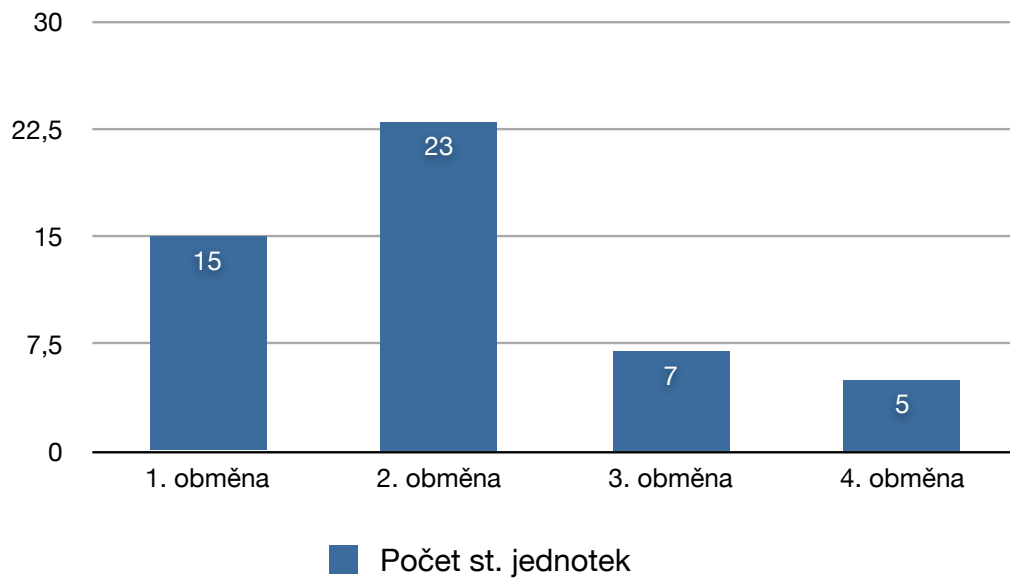
Statistický znak	Počet st. jednotek	Podíl počtu st. jednotek	Kumulativní počet st. jednotek	Kumulativní podíl počtu st. jednotek
1. obměna	15	0,30	15	0,30
2. obměna	23	0,46	38	0,76
3. obměna	7	0,14	45	0,90
4. obměna	5	0,10	50	1
Dohromady	50	1	x	x

Tabulka 1: Jednoduché třídění statistických jednotek

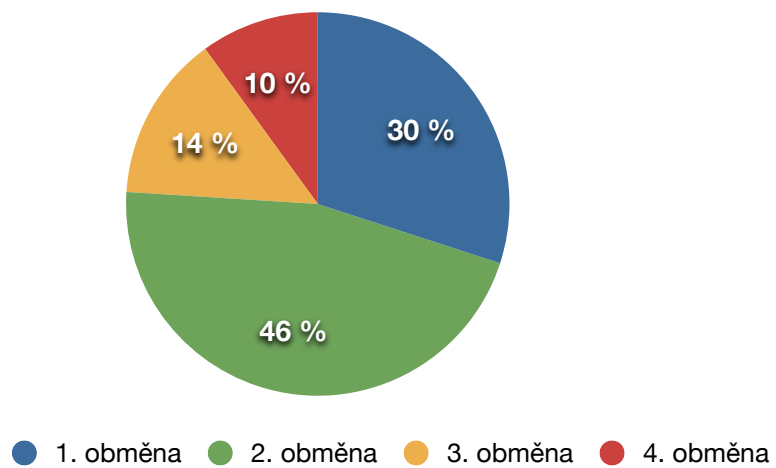
Následně je možné výsledky prezentovat pomocí sloupcového či koláčového grafu.

Skupinové třídění slouží k rozdělení statistických jednotek podle hodnot (obměn) statistického znaku shrnutých do společné skupiny (třídy, intervalu) tak, aby co nejlépe vynikly charakteristické vlastnosti zkoumaných jevů. Třídění může probíhat na základě intuice (logiky) nebo pomocí Sturgesova pravidla. Skupinové třídění se využívá hlavně u třídění číselných znaků s velkým množstvím obměn (15 a více). Výsledky skupinového třídění můžeme prezentovat jako u jednoduchého třídění pomocí tabulky a grafů. U skupinového třídění se využívá znázornění pomocí histogramu nebo koláčového grafu.

Sturgesovo pravidlo určuje optimální počet intervalů podle počtu prvků (jednotek) v souboru, kde počet tříd (intervalů) se určí ze vzorce: $k = 1 + 3,322 \log n$, kde n vyjadřuje počet jednotek. Šířku třídy h vypočítáme jako podíl variačního rozpětí R_v (tj.



Obrázek 1: Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle statistického znaku



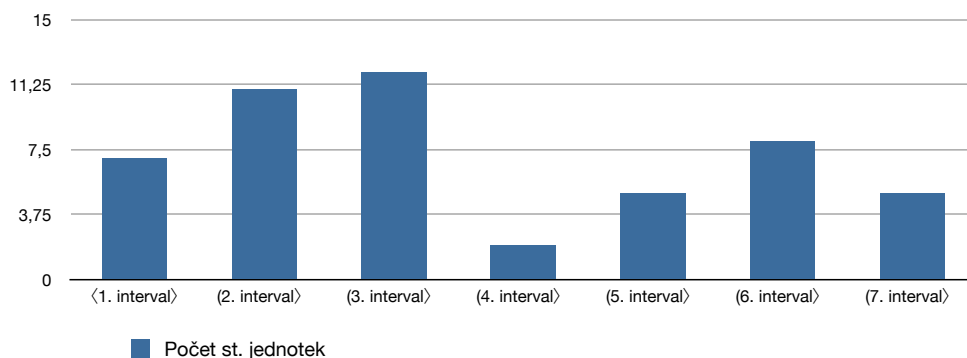
Obrázek 2: Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle statistického znaku

rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou variační řady, $R_v = x_{max} - x_{min}$) a počtu tříd k . Po vytvoření tříd se zařadí jednotlivé statistické jednotky do konkrétních tříd podle hodnoty statistického znaku, čím dostaneme absolutní četnosti jednotlivých tříd n_i .

Statistický znak	Počet st. jednotek	Podíl počtu st. jednotek	Kumulativní počet st. jednotek	Kumulativní podíl počtu st. jednotek
<1. interval>	7	0,14	7	0,14
<2. interval>	11	0,22	18	0,36
<3. interval>	12	0,24	30	0,60
<4. interval>	2	0,04	32	0,64
<5. interval>	5	0,10	37	0,74
<6. interval>	8	0,16	45	0,90
<7. interval>	5	0,10	50	1,00
Spolu	50	1	x	x

Tabulka 2: Skupinové třídění statistických jednotek

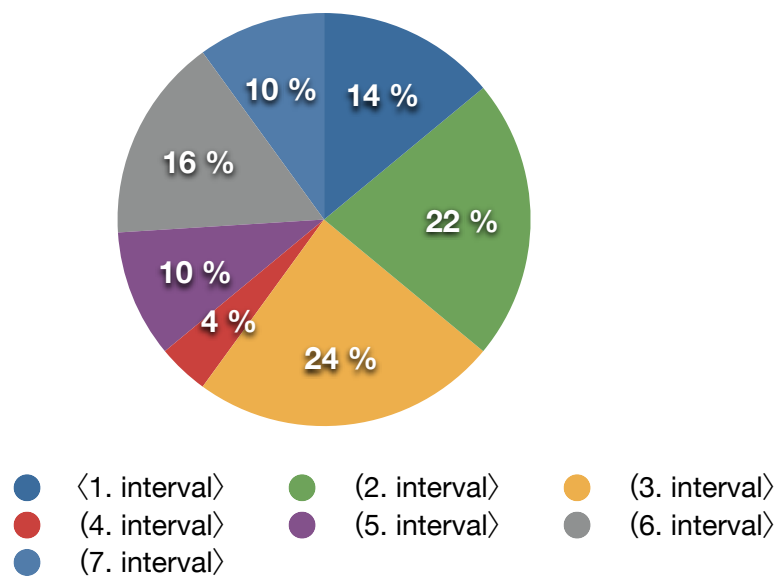
Data z tabulky prezentují následující grafy.



Obrázek 3: Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle intervalů statického znaku

Třídění podle dvou statistických znaků – jeho výsledkem je kombinační tabulka. Podle charakteru tříděných znaků rozlišujeme tyto typy kombinačních tabulek:

- korelační tabulka – třídění podle dvou číselných znaků,
- kontingenční tabulka – třídění podle dvou slovních znaků,



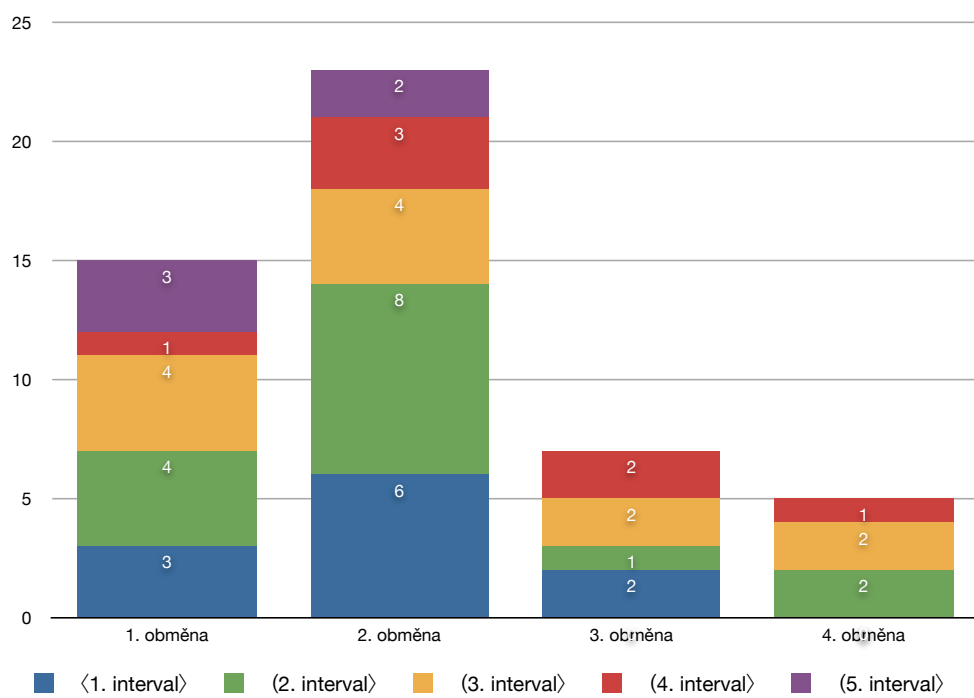
Obrázek 4: Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle intervalů statického znaku

- asociační tabulka – speciální typ kontingenční tabulky, kdy se třídí dva alternativní slovní znaky (znaky, které mají pouze dvě obměny).

Třídění statistických jednotek podle dvou znaků můžeme prezentovat pomocí tabulky a grafu.

1. st. znak	2. statistický znak					Spolu
	⟨1. interval⟩	⟨2. interval⟩	⟨3. interval⟩	⟨4. interval⟩	⟨5. interval⟩	
1. obměna	3	4	4	1	3	15
2. obměna	6	8	4	3	2	23
3. obměna	2	1	2	2	0	27
4. obměna	0	2	2	1	0	5
Spolu	11	15	12	7	5	50

Tabulka 3: Kombinační třídění statistických jednotek podle dvou statistických znaků



Obrázek 5: Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle 1. statistického znaku a intervalů 2. statistického znaku

Měření závislosti

Měření závislosti ve statistice se zabývá především zkoumáním vzájemné závislosti statistických znaků vícerozměrných souborů.

Podle charakterů statistických znaků můžeme závislosti dělit na:

- **korelační závislost** – závislost mezi číselnými znaky (např. závislost mezi mírou nezaměstnanosti a počtem majetkových trestných činů),
- **asociační závislost** – závislost mezi slovními alternativními znaky (např. závislost mezi respondenty, kteří ne/jsou očkováni a respondenty, kteří ne/onemocněli),
- **kontingenční závislost** – závislost mezi slovními znaky (např. závislost pracovní pozice a stresové zátěže při práci).

Korelační závislost

Korelace určuje stupeň (těsnost) závislosti. Hodnota koeficientu korelace r se pohybuje v intervalu $\langle -1, 1 \rangle$. Pokud je hodnota záporná, tzn. $r \hat{I} \langle -1; 0 \rangle$, jde o nelineární závislost (nepřímá úměrnost). Pokud je hodnota koeficientu korelace kladná, tzn. $r \hat{I} \langle 0, 1 \rangle$, jedná se o lineární závislost (přímou úměrnost).

Koeficient korelace se vypočítá podle vztahu:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

kde:

x je x -ová souřadnice datového bodu (nezávisle proměnná),

\bar{x} je průměrná hodnota x -ových hodnot,

y je y -ová souřadnice datového bodu (závisle proměnná),

\bar{y} je y -ová souřadnice datového bodu (závisle proměnná),

n je počet respondentů.

Podle hodnoty koeficientu korelace se určuje míra závislosti mezi dvěma číselným znaky. Jestliže se hodnota blíží k 1 nebo -1 dá se konstatovat, že mezi statistickými znaky je **silná závislost** (nezávisle proměnná x má velký vliv na závisle proměnnou y). Naopak, pokud se hodnota koeficientu korelace pohybuje okolo hodnoty 0, dá se říci, že mezi statistickými znaky **není závislost**.

Kontingenční závislost

Kontingenční nebo asociační závislost se používá v případech, kdy chceme zjistit, zda dvě náhodné veličiny (dva statistické znaky) jsou nezávislé, resp. závislé. Zpravidla chceme zjistit intenzitu případné závislosti vybraných statistických znaků.

Kontingenční závislost se zabývá závislostí dvou slovních (kvalitativních) znaků, případně jednoho slovního a jednoho číselného (kvantitativního) statistického znaku. Asociační závislost je speciální typ kontingence, kdy se zkoumá závislost mezi dvěma slovními znaky, které jsou však alternativní, tzn. mají pouze dvě obměny (hodnoty).

Určování nezávislosti, resp. závislosti mezi dvěma statistickými znaky probíhá prostřednictvím χ^2 -testu **nezávislosti**.

Východiskem testu je formulování nulové a alternativní hypotézy:

H_0 : mezi statistickými znaky není závislost.

H_1 : mezi statistickými znaky je závislost.

Základní myšlenkou χ^2 -testu nezávislosti je porovnání napozorovaných n_{ij} (empirických) četností a za předpokladu nulové hypotézy očekávaných e_{ij} (teoretických) četností. Jestliže je statistický soubor s počtem n prvků rozříděný podle r obměn 1. statistického znaku (znaku A) a s obměn 2. statistického znaku (znaku B) do kontingenční tabulky, pak vnitřní pole tabulky má $r \cdot s$ políček, které obsahují empirické četnosti n_{ij} , kde n_{ij} znamená počet statistických jednotek, které mají i -tou obměnu znaku A ($i = 1, 2, \dots, r$) a současně j -tou obměnu znaku B ($j = 1, 2, \dots, s$).

Označme symbolem e_{ij} teoretický počet statistických jednotek, které mají i -tou obměnu znaku A a současně j -tou obměnu znaku B za předpokladu, že jsou znaky nezávislé.

Teoretické početnosti potom vypočítáme pomocí vzorce:

$$e_{ij} = \frac{n_{ai} \cdot n_{bj}}{n}$$

	2. st. znak			
1. st. znak	b_1	b_2	b_3	Σ
a_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{a1}
a_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{a2}
a_3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{a3}
a_4	n_{41}	n_{42}	n_{43}	n_{a4}
Σ	n_{b1}	n_{b2}	n_{b3}	n

Tabulka 4: Kontingenční tabulka s empirickými početnostmi, kde $r = 4$ a $s = 3$

Z těchto teoretických četností následně sestavíme tabulku teoretických četností, kterou využijeme pro výpočet hodnoty testovacího kritéria χ^2 .

	2. st. znak			
1. st. znak	b_1	b_2	b_3	Σ
a_1	e_{11}	e_{12}	e_{13}	e_{a1}
a_2	e_{21}	e_{22}	e_{23}	e_{a2}
a_3	e_{31}	e_{32}	e_{33}	e_{a3}
a_4	e_{41}	e_{42}	e_{43}	e_{a4}
Σ	e_{b1}	e_{b2}	e_{b3}	n

Tabulka 5: Tabulka četnosti

Na ověření nulové hypotézy se používá testovací charakteristika:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}},$$

testovací charakteristika má χ^2 -rozdělení s $(r - 1) \cdot (s - 1)$ stupni volnosti.

Jestliže se teoretické četnosti, které předpokládají nezávislost, „velice“ odlišují od pozorovaných četností, pak hodnota testovací statistiky bude mít vysokou hodnotu a nulovou hypotézu je nutné zamítnout. Jestli jsou rozdíly mezi nimi „malé“, můžeme závislost vysvětlit náhodným vlivem a není nutné zamítnout nulovou hypotézu.

Závěr testu: Jestliže je hodnota vypočítaného $\chi^2 > \chi^2_{\alpha}$ pro hladinu významnosti, pak zamítáme H_0 na zvolené hladině významnosti α .

	2. st. znak			
1. st. znak	b_1	b_2	b_3	Σ
a_1	χ_{11}^2	χ_{12}^2	χ_{13}^2	χ_{a1}^2
a_2	χ_{21}^2	χ_{22}^2	χ_{23}^2	χ_{a2}^2
a_3	χ_{31}^2	χ_{32}^2	χ_{33}^2	χ_{a3}^2
a_4	χ_{41}^2	χ_{42}^2	χ_{43}^2	χ_{a4}^2
Σ	χ_{b1}^2	χ_{b2}^2	χ_{b3}^2	χ^2

Tabulka 6: Testovací kritérium

χ^2 -test nezávislosti se dá použít, jestliže pro všechna políčka teoretické tabulky platí $e_{ij} \geq 5$. Jestli tato podmínka neplatí, pak sloučíme řádek (resp. sloupec) tabulky s touto nízkou četností se sousedním řádkem (resp. sloupcem) tak, aby vyhovoval podmínce. S tím souvisí i snížení počtu stupňů volnosti testovacího kritéria.

Statistické předpovídání

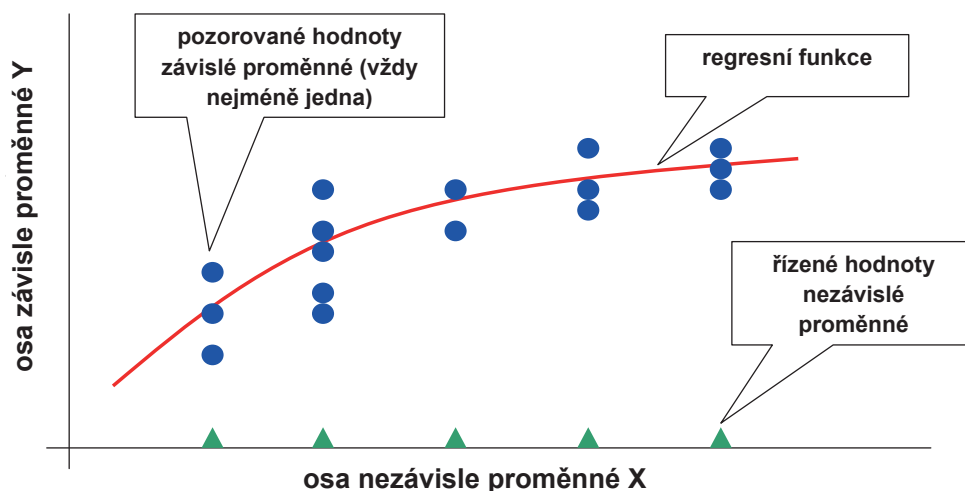
Statistické předpovídání se provádí s využitím **regresní analýzy**. Pomocí regresní analýzy, prodloužením spojnice trendu, se dají stanovit hodnoty před nebo za zobrazenými daty. Tím se dá provést matematická předpověď. Přesnost předpovědi je příměrná velikosti korelační závislosti.

Regresní funkce (spojnice trendů) může být:

- lineární,
- exponenciální,
- mocninná,
- logaritmická,
- polynomická.

Výběr nejvhodnější funkce se uskutečňuje na základě 3 kritérií:

- vizuální – rozložení bodů okolo křivky,
- logické – sledování monotónnosti funkce na definičním oboru,



Obrázek 6: Regresní analýza

- exaktní – určování hodnoty koeficientu determinace (spolehlivosti).

Poznámka: Výpočet koeficientu determinace budeme provádět v Excelu (viz přílohu).

2.2 Síťová analýza

Problematikou síťové analýzy se ve velké míře zabývá předmět Matematické metody v ekonomii a řízení II, proto zde uvádíme jenom krátké shrnutí.

V praxi se často setkáváme se složitými systémy, které je nutné optimálně řídit k dosažení stanovených cílů. Všechny tyto systémy se zpravidla dají určitým způsobem rozdělit do dílčích činností, které na sebe následně logicky navazují. Vzájemnou návaznost činností lze využít při aplikaci metod **síťové analýzy**. Podle charakteru činnosti lze metody síťové analýzy rozdělit do dvou skupin a to na **deterministické metody** a **stochastické metody**.

Doba trvání činnosti je z pravděpodobnostního hlediska spojitá náhodná proměnná s jistým rozdělením pravděpodobnosti.

Z pravděpodobnostního pohledu můžeme říci, že do skupiny úkolů řízených deterministickými metodami síťové analýzy zařazujeme úkoly, jejichž činnosti mají konstantní čas trvání nebo známé rozdělení a rozptyl se blíží nule. Do skupiny řízených stochastickými metodami řadíme úkoly s neznámým rozdělením nebo se známým rozdělením a velkou variabilitou.

Do metod síťové analýzy zahrnujeme:

CPM – Critical Path Method,

MPM – Method des Potentiels Metra,

PERT – Program Evaluation & Review Technique

RAMPS a další.

2.3 Nejspolehlivější cesta v grafu

Hledání optimálních cest v grafech je jednou ze základních a velmi často využívaných metod teorie grafů. Mezi úlohy nalezení optimálních cest patří zejména nalezení:

- **nejkratší (minimální) cesty,**
- **nejspolehlivější cesty,**
- **cesty s maximální kapacitou.**

Pro všechny úlohy platí, že graf je obyčejný, souvislý, hranově ohodnocený, neorientovaný a reprezentuje model reálného systému silniční, železniční, letecké, vodní, potrubní, pásové nebo jiné dopravní sítě. Vrcholy grafu představují křižovatky dopravních komunikací a hrany grafu odpovídají úsekům komunikace.

Úlohy o **hledání nejkratší (minimální) cesty** mohou být dále rozčleněny na:

- hledání nejkratší cesty z daného počátečního vrcholu do daného koncového vrcholu,
- hledání nejkratší cesty z daného počátečního vrcholu do všech ostatních vrcholů grafu,
- hledání minimální cesty mezi libovolnými dvěma vrcholy grafu.

K řešení prvních dvou typů hledání nejkratší úlohy se používají *Dijkstrový algoritmy*. Pro hledání minimální cesty mezi libovolnými dvěma vrcholy se využívá *Floydův algoritmus*.

Při **hledání nejspolehlivější cesty v grafu** se využívá postup hledání nejkratší cesty z počátečního do koncového vrcholu. Pro nalezení cesty je nezbytné, aby hrany grafu

byly ohodnoceny pravděpodobnostmi úspěšného průchodu příslušnou hranou. Ohodnocení pravděpodobnosti neúspěšného průchodu hranou je třeba přepočítat na pravděpodobnost úspěšného průchodu hranou s využitím výpočtu pro opačný jev $\bar{p}h = 1 - p(h)$.

Spolehlivost cesty $m(u, v) \in M$ mezi dvěma zadanými vrcholy $u, v \in V$ grafu $G = (V, X, p)$ je definována:

$$s(m(u, v)) = \prod_{h \in m(u, v)} p(h); \quad 0 \leq p(h) \leq 1$$

Cesta $m^*(u, v) \in M$ je nejspolehlivější cestou mezi vrcholy u a v , jestliže pro ní platí následující vztah:

$$s(m^*(u, v)) = \max_{m(u, v) \in M} \{s(m(u, v))\}.$$

V krizovém řízení se za pravděpodobnost průchodu hranou může považovat např. pravděpodobnost, s jakou na daném úseku komunikace nedojde k nehodě, pravděpodobnost, že nenastane krizová situace (sněhová kalamita, zasypání, zatopení aj.). Algoritmus hledání nejspolehlivější cesty v grafu se dá využít i při hledání evakuační trasy – trasy, kde se neprojeví negativní účinky probíhajícího rizika.

Pro **hledání cesty s maximální propustností** se používá algoritmus, který využívá řezových množin a krácení hran podgrafu sestaveném z hran zkrácených v průběhu řešení, kapacita cesty se určí podle vztahu:

$$K(m(u, v)) = \min_{h \in m(u, v)} \{o(h)\},$$

kde:

$m(u, v) \in M$ je cesta z množiny všech cest mezi vrcholy u a v ,
 $o(h)$ je kapacita hrany h ,
 $K(m(u, v))$ je kapacita cesty $m(u, v)$.

V krizovém řízení lze algoritmus pro hledání cesty s maximální kapacitou využít při hledání trasy pro přepravu speciální nadrozměrné techniky nebo při hledání trasy pro odvoz sutí při likvidačních pracích po mimořádné situaci.

2.4 Teorie hromadné obsluhy (Teorie front)

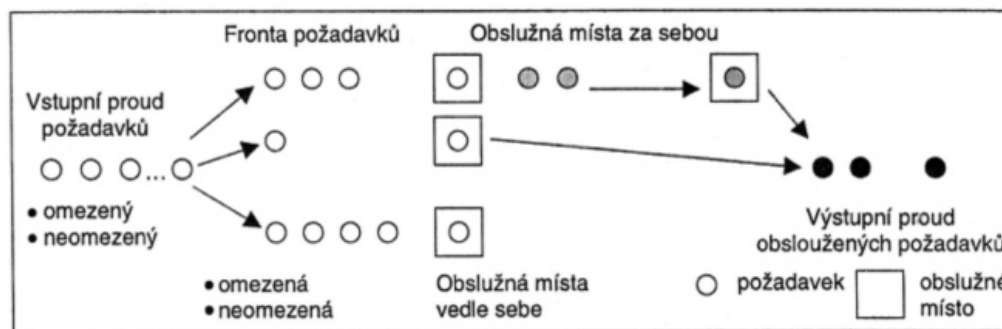
Teorii hromadné obsluhy je věnována značná část předmětu Matematické metody v ekonomii a řízení III, proto opět jenom stručně připomenutí.

Předmětem teorie hromadné obsluhy, někdy také označované jako teorie front, je matematické rozpracování a analyzování systémů poskytujících hromadnou obsluhu zařízení. Systém hromadné obsluhy je obslužné zařízení poskytující obsluhu určitého druhu. Do tohoto zařízení vstupují zákazníci požadující konkrétní obsluhu. Je nutné podotknout, že pod pojmem zákazníci se rozumí nejen lidé, ale i neživé věci. Proto se také někdy místo pojmu zákazníci používá termín **požadavky na obsluhu**.

Po obslužení zákazníci opouštějí systém hromadné obsluhy. Obsluhové zařízení se může skládat z jednoho nebo více míst, na kterých se poskytuje konkrétní obsluha. Tato místa se nazývají **linky obsluhy**.

Systém hromadné obsluhy (SHO) je základní teoretický model pro realizaci obslužných procesů. SHO je tvořený **obslužnými kanály**, které poskytují obsluhu požadavkům přicházejícím ve vstupním proudu. Po ukončení obsluhy trvajícím stanovenou dobu se kanál uvolňuje a realizovaný požadavek odchází ve výstupním proudu.

Pokud v okamžiku příchodu požadavku není volný žádný kanál, řadí se požadavky do fronty.



Obrázek 7: Schéma systému hromadné obsluhy (Gross, 2003)

Cílem teorie hromadné obsluhy není určit optimální řešení, ale analyzovat daný systém a získat informace o pravděpodobnostním chování systému v budoucnosti.

V krizovém řízení je možné teorii front využít na simulování počtu zasahujících záchranářů při záchraně lidí z objektů.

2.5 Lineární programování

Lineárnímu programování je věnována značná pozornost v předmětech Matematické programování a Matematické metody v ekonomii a řízení I.

Lineární programování je soubor metod umožňujících výběr optimální varianty při daném kritériu optimality a daných omezujících podmínkách.

Matematická formulace obecné úlohy lineárního programování (LP)

Na množině nezáporných řešení soustavy lineárních rovnic:

$$\begin{aligned}a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n &= b_1 \\a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n &= b_2 \\&\vdots \\a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n &= b_m\end{aligned}$$

najděte extrém lineární funkce:

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n,$$

kde:

$a_{ij}(i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$	jsou strukturní koeficienty,
$b_i(i = 1, 2, \dots, m)$	jsou požadavková čísla,
$c_j(j = 1, 2, \dots, n)$	jsou ceny.

Postup při sestavování modelu:

1. Určit, co je výsledkem výpočtu (x). Co představují složky vektoru a v jakých měrných jednotkách jsou uváděny.
2. Rozhodnout, z jakého hlediska řešení dané úlohy optimalizovat, tzn. zformulovat účelovou funkci.
3. Věcně a matematicky formulovat vlastní omezující podmínky.

Cílem použití metod lineárního programování je najít optimální rozsahy procesů, splnění omezení a maximalizace či minimalizace hodnoty kritéria.

2.6 Vícekriteriální rozhodování

Vícekriteriálnímu rozhodování je v studijních oporách věnována jen velice malá část z důvodu samostatného předmětu Vícekriteriální a skupinové rozhodování.

Rozhodovacími procesy se nejčastěji rozumí procesy řešení problémů s více než jednou možností řešení. Vícekriteriálnost představuje podstatný rys rozhodování. Řešením vícekriteriální rozhodovací úlohy se rozumí postup, který vede k nalezení „optimálního“ stavu systému vzhledem k více než jednomu uvažovanému kritériu. Takový postup se nazývá rovněž vícekriteriální optimalizace. Vzájemně provázané činnosti tvořící náplň rozhodovacích procesů lze charakterizovat jednotlivými fázemi:

- formulace a stanovení cílů rozhodovacího problému,
- volba kritérií pro rozhodování,
- tvorba souboru variant řešících daný problém,
- zhodnocení důsledků variant při změnách vnějších podmínek,
- konečné rozhodnutí, tj. výběr varianty (variant) řešení problému.

Pro zopakování metod vícekriteriálního rozhodování jako jsou **metoda pořadí, bodovací metoda, metoda párového porovnání – metoda Fullerova trojúhelníku, Saatyho metoda párového porovnání** a další odkazujeme studenty na podklady předmětu Vícekriteriální a skupinové rozhodování.

3 Aplikace manažerských metod v krizovém řízení

KLÍČOVÁ SLOVA: rozhodovací stromy, myšlenková mapa, vývojový diagram, rozhodovací tabulky, brainstorming, metoda KARS

Manažerské metody se v krizovém řízení uplatňují hlavně při rozhodování. Jednotlivé metody jsou rozmanité a různorodé svým použitím. K základním rozhodovacím metodám patří metody, které jsou nenáročné na použití a přitom umožňují získat přehled o jednotlivých variantách řešení problému. K řešení rozhodovacího procesu se využívají základní logicko-matematické vazby, které dokáže zvládnout každý schopný manažer.

3.1 Rozhodovací stromy

Jedním z nejjednodušších nástrojů, které lze použít pro podporu rozhodování jsou rozhodovací stromy. Jedná se o **orientované grafy**, které svým vzhledem připomínají strom. Při rozhodování se využívají tak, že rozhodovací situaci a všechny varianty řešení vizualizují do formy větví, pro které se následně počítá užitnost. Srovnáním užitností jednotlivých variant je subjekt rozhodování schopen vybrat tu nejlepší pro řešení dané situace.

Rozhodování probíhá za tří možných situací – rozhodování za jistoty, rozhodování za rizika a rozhodování za nejistoty.

Rozhodování za jistoty znamená, že je známý výsledný stav a případně i podmínky plnění.

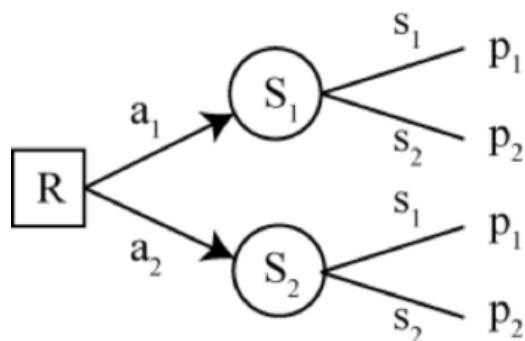
Rozhodování za nejistoty je častější. Jedná se o rozhodování, při kterém je známý výsledek dějů a procesů, tzn. rozhodnutí, ale ne pravděpodobnost s jakou nastanou.

Rozhodování za rizika znamená, že známe výsledek budoucích dějů a procesů a pravděpodobnost, s jakou nastanou.

Pro obě rozhodovací situace se využívají různé druhy rozhodovacích stromů. Pro situaci rozhodování za jistoty se využívají **deterministické stromy** a pro situaci rozhodování za nejistoty či rizika se využívají **stochastické stromy**.

Rozhodovací stromy jsou tvořeny **uzly** a **hranami**. Uzly se označují čtverci nebo kosočtverci. Uzly představují rozhodnutí nebo události (u stochastických stromů), které mají vliv na předmět rozhodnutí. K rozhodnutí je přitom potřebné **kritérium**, kterým se bude **optimalizovat**. Tímto kritériem může být zisk, náklady nebo jakákoliv jiná veličina. Jednotlivé hrany představují variantu, následek rozhodnutí nebo události.

Jednoduchý příklad rozhodovacího stochastického stromu je uvedený na obrázku 8, kde:



Obrázek 8: Schéma stochastického rozhodovacího stromu

R – rozhodovací uzel, z kterého vycházejí hrany variant a_i ,
 S_i – situační uzly, ze kterých vycházejí hrany reprezentující možné situace s_j , které se mohou vyskytovat s pravděpodobnostmi p_i .

Aby byl strom lépe interpretovatelný, velmi často se uzly opatřují čísly, která je možno použít v komentáři ke stromu při popisu jednotlivých rozhodnutí. Alternativně lze krátký popis varianty připojit k jednotlivým hranám, které ji reprezentují. Na hrany lze také zaznamenávat další informace, jako jsou například hodnotící kritéria.

Úkolem rozhodovatele je vybrat z možných posloupností takovou, která vede k nejlepšímu cílovému řešení. První fází je **konstrukce** rozhodovacího stromu ve tvaru grafu a druhou je jeho **vyhodnocení**. Při konstrukci postupujeme od rozhodovacích uzlů přes situační uzly až ke stanovení pravděpodobností. Při vyhodnocování se postupuje opačným směrem. Z možných rozhodnutí se vybere nejlépe ohodnocené, tak se získá optimální posloupnost rozhodnutí.

PŘÍKLAD:

Jako student si vedle studia vyděláváte v místní účetní firmě 7 tis. Kč měsíčně. Majitel firmy se rozhodl zahrnout vás do projektu, který má trvat 2 roky. První 3 měsíce se budete školit v novém informačním systému v sídle firmy, které je mimo město a kam musíte dojíždět městskou dopravou. Náklady na dopravu činí 500 Kč měsíčně. Školení vám zabere celé 3 měsíce, takže váš plat je snížen na pouhé 4 tis. Kč měsíčně. Po ukončení vašeho školení se vrátíte do místní účetní firmy a majitel dané firmy vám po dobu trvání projektu bude vyplácet 9 tis. Kč měsíčně.

Stojíte tedy před rozhodnutím: **Mám přijmout práci na projektu nebo pokračovat ve své dosavadní práci?**

ŘEŠENÍ:

Existují pouze 2 varianty – přijmout práci na projektu nebo nepřijmout. Deterministický strom tedy bude mít následující podobu:



Obrázek 9: Deterministický strom

Rozhodovacím kritériem je zisk. Počítáme tedy příjmy a náklady spojené s každou z variant. Varianta 1 **práce na projektu** má příjmy 12 tis. Kč za 3 měsíce školení a 189 tis. Kč za práci po zaškolení. Příjmy celkem jsou tedy 201 tis. Kč. Náklady na cestování na školení činí 1,5 tis. Kč. Celkový zisk tedy činí 199,5 tis. Kč.

Alternativní variantou je nepřijmout práci na projektu (tedy nulová varianta) a zůstat v současné práci. Náklady pro tuto variantu jsou nulové, příjem je 168 tis. Kč. Celkový zisk tedy činí 168 tis. Kč.

Protože se snažíme maximalizovat zisk, musíme preferovat variantu 1, protože zisk je v ní větší.

ÚLOHA:

Je možné stanovit při tomto rozhodování i jiná kritéria? A je možné tato kritéria při použití metody rozhodovacího stromu kombinovat?

3.2 Myšlenková mapa

V případě mnoha kritérií a vstupů ovlivňujících samotný proces rozhodování je vhodné na utřídění myšlenek využít myšlenkovou mapu. Myšlenková mapa je graficky uspořádaný text doplněný obrázky s vyznačením souvislostí. Je spojením tvořivého myšlení,

brainstormingu, řešení problémů a zaznamenávání poznámek.

Tradiční způsob vytváření myšlenkové mapy spočívá v zapsání a zakreslení myšlenek týkajících se stanoveného problému. Problém je zakreslen ve středu papíru a kolem něj se zapisují a rozvětvují myšlenky, které s ním souvisí. Vzájemně související myšlenky mohou být spojeny větvemi. Výsledkem takovéto mapy je přehled, co všechno se daného problému týká a jaké jsou vzájemné souvislosti. Vytváření, tzn. zapisování a kreslení myšlenkové mapy je pro mnohé rozhodovatele efektivnější než zapisování poznámek a myšlenek do jednoduchého svislého seznamu.

Myšlenkovou mapu lze využít všude tam, kde je potřebné utřídit si myšlenky, poznamenat si je, najít mezi nimi souvislosti. Je jí tedy vhodné použít téměř kdykoliv a kdekoliv.

Jelikož je myšlenková mapa grafickým vyjádřením mentálních procesů, které probíhají v obou mozkových hemisférách – pravé rozumové (fakty, analýzy, závěry) a levé emocionální (představy, obrazy, pocity), symbiózou těchto hemisfér dochází ke kreativnímu myšlení.

Postup vytváření myšlenkové mapy:

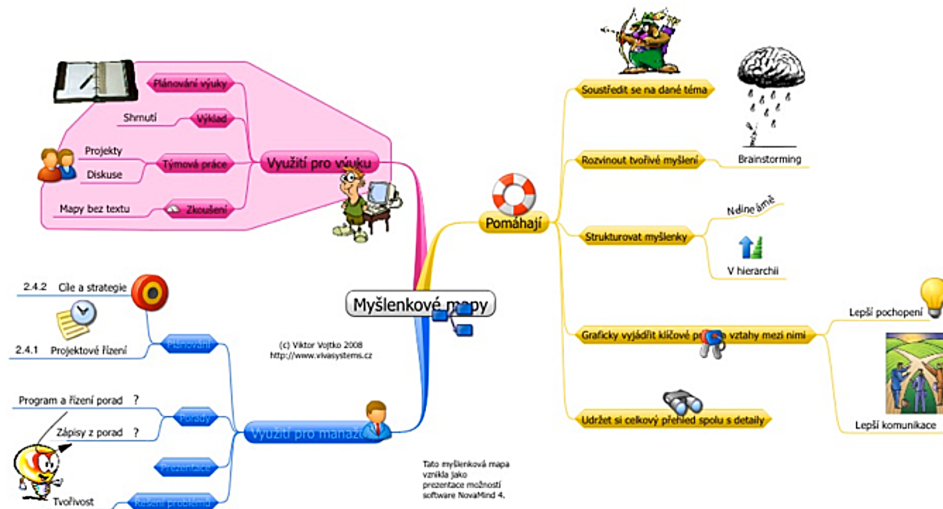
1. Doprostřed papíru napište hlavní slovo nebo frázi – to je téma celé myšlenkové mapy a zakroužkujte jej.
2. Zaznamenejte všechny důležité oblasti, které se vašeho problému týkají.
3. Tyto sekce dále rozdělte na další podsekce.
4. Takto pokračujte dokud nebudete mít pocit, že je téma vašeho problému vyčerpáno.

Výhodou myšlenkové mapy je, že si rozhodovatel může okamžitě zapsat jakoukoliv myšlenku bez toho, aby byl omezován její důležitostí, pořadím či časovým harmonogramem. Pokud je potřeba činnosti znázorněné v myšlenkové mapě časově synchronizovat, je možné takto učinit posléze. Další výhodou myšlenkové mapy je, že si ji rozhodovatel vytváří sám bez jakýchkoliv omezení, a je mu tedy blízká logika jejího vytvoření. Také použití barev a symbolů jsou vhodným podpůrným prostředkem k zapamatování pro rozhodovatele, kteří mají obrazovou paměť.

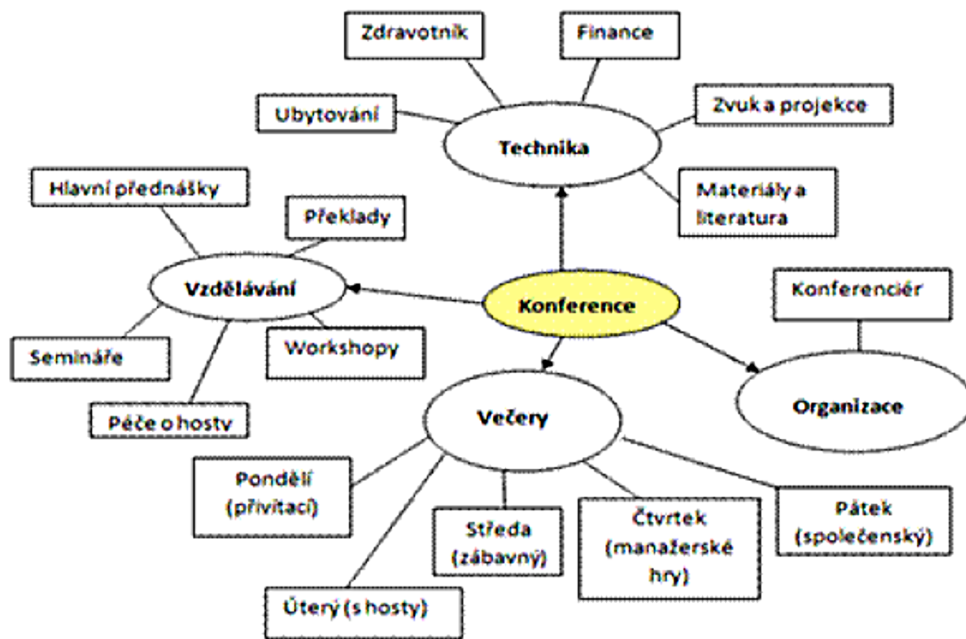
Na následujících obrázcích je možno vidět dva druhy myšlenkových map.

ÚLOHA:

Pokuste se vytvořit myšlenkovou mapu na téma: **Co musím udělat pro získání titulu Bc.?**



Obrázek 10: Myšlenková mapa na téma význam myšlenkových map



Obrázek 11: Myšlenková mapa pro organizaci konference

3.3 Vývojový diagram

Vývojový diagram je nástroj, který slouží ke grafickému znázornění jednotlivých kroků algoritmu nebo obecného procesu. Vývojový diagram používá pro znázornění kroků algoritmu **symboly**, které jsou navzájem propojeny orientovanými **šipkami**. Symboly reprezentují jednotlivé procesy, šipky tok řízení.

Symboly vývojového diagramu:

- **úsečka** (spojnice) či množina navazujících úseček končící šipkou – určuje směr zpracování algoritmu,
- **obdélník** s popisem – definuje dílčí krok zpracování algoritmu,
- **kosočtverec** – větvení postupu v algoritmu v závislosti na splnění podmínky,
- **obdélník** se zaoblenými rohy – počátek nebo ukončení zpracování algoritmu.

Jednoduchý vývojový diagram znázorňuje obrázek.

ÚLOHA:

Pokuste se vytvořit myšlenkovou mapu na téma: **Bude dnes něco k večeři?**

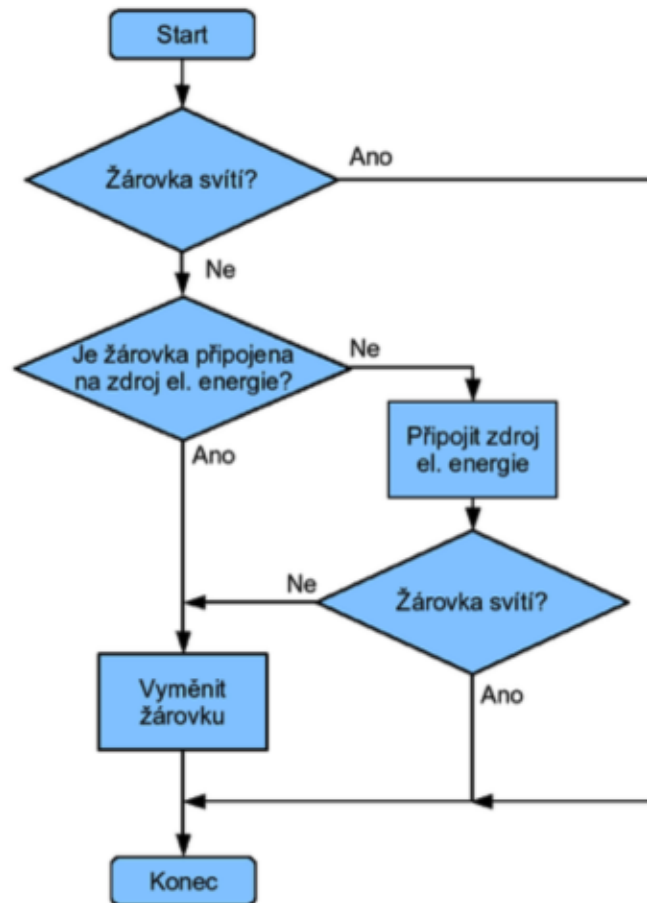
3.4 Rozhodovací tabulky

Rozhodovací tabulka je nástrojem pro definici, analýzu a dokumentaci problémů; jedná se o popis rozhodovací situace, ne o rozhodování samotné. Používá se pro jednoduché rozhodování, přičemž se využívají jasně definované odpovědi (např. ano/ne, +/- apod.) na větší množství otázek, kritérií nebo požadovaných vlastností.

Rozhodovací tabulky se staly velmi účinným a mnohaletou praxí ověřeným nástrojem v procesu řízení pro následující přednosti:

- optimalizace rozhodování,
- úplnost řešení,
- možnost vyčerpávajících kontrol správnosti.

Rozhodovací tabulky umožňují:



Obrázek 12: Vývojový diagram kontroly funkčnosti žárovky

- shrnout a vyjádřit komplexní logiku problému přehlednou a jednoznačnou formou,
- znázornit logické alternativní směry činnosti při kombinacích všech možných podmínek, které v souvislosti s řešením problému mohou nastat,
- usnadnit analýzu problému a zjednodušit jeho dokumentaci a efektivní vyjádření (včetně snadného provádění změn a úprav),
- uspořádat logiku vyjádřeného systému umožňující jeho snadné pochopení.

Rozhodovací tabulka je definována ve formě 4 kvadrantů, jejichž náplň je patrná z níž uvedeného schématu:

Záhlaví rozhodovací tabulky	Záhlaví pravidel
1. Jaké jsou rozhodující podmínky řešení problému?	3. Jaké kombinace podmínek se mohou v praxi vyskytnout?
2. Jaký je požadovaný výčet činností pro řešení problému?	4. Které činnosti je nutno provést při jednotlivých kombinacích podmínek?

Tabulka 7: Rozhodovací tabulka

Kvadrant č. 1 – **Seznam podmínek** zachycuje veškeré podmínky (předpoklady), které ovlivňují řešení problému a předurčují jeho možné varianty. Definování těchto podmínek je prvním krokem v řešení problému.

Kvadrant č. 2 – **Seznam činností** obsahuje výčet konkrétních činností (akcí), které je třeba provést v rámci veškerých, v tabulce zachycených variant řešení daného problému. Určení těchto činností je druhým krokem řešení problému pomocí rozhodovací tabulky.

Kvadrant č. 3 – **Kombinace podmínek** zachycuje jednotlivé kombinace stavů podmínek, které jsou uvedeny v seznamu podmínek. Tento kvadrant je rozdělen na určitý počet sloupců, tzv. pravidel rozhodovací tabulky. Každé takovéto pravidlo je tedy jeden kompletní sloupec v pravé polovině tabulky, obsahující určitou kombinaci podmínek a tomu odpovídající následnou kombinaci činností. V praxi pod pojmem pravidlo rozhodovací tabulky rozumíme jednu z variant možných řešení daného problému.

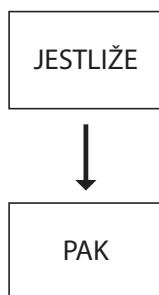
Kvadrant č. 4 – **Kombinace činností** obsahuje v jednotlivých sloupcích zadání těch činností z druhého kvadrantu, které je nutné provést při výše uvedené kombinaci stavů příslušných podmínek.

PŘÍKLAD:

Pedagog předmětu Aplikovaná matematika pro řešení krizových situací se rozhoduje, zda studenta přijmout ke zkoušce, či nikoliv. Zkouška je zahájena rozděláním testu. Stanoví si tedy následující zadání: **V den zkoušky rozdej písemný test studentům, kteří splnili podmínky zápočtu a jsou na zkoušku zapsáni v informačním systému STAG. Ostatní studenty pošli domů.**

ŘEŠENÍ:

V tomto zadání jsou



2 podmínky:

1. student splnil podmínky zápočtu
2. student je zapsán ve STAGu

a 2 činnosti:

1. přijmi studenta na zkoušku
2. pošli studenta domů

Výpisem podmínek a činností je připraven zápis do rozhodovací tabulky, čímž je hotová celá její levá strana. Do pravého horního kvadrantu se do jednotlivých sloupců pomocí symbolů **A** (ano) a **N** (ne) zapíše kombinace, ke kterým může dojít. Ve stejných sloupcích se pomocí symbolu **X** označí činnost, která při této kombinaci musí následovat.

Konečné řešení zadaného příkladu je znázorněno v následující tabulce.

VÝBĚR		1	2	3	4
	Splnil student podmínky zápočtu?	A	A	N	N
	Je student zapsán ve STAGu?	A	N	A	N
	Přijmi studenta na zkoušku a dej mu písemný test	X			
	Pošli studenta domů		X	X	X

Tabulka 8: Rozhodování o přijetí studenta na zkoušku

kde:

A v určitém pravidle znamená, že podmínka uvedená na tomto řádku nastala,

- N** znamená, že příslušná podmínka nenastala,
X vyjadřuje, že činnost na tomto řádku musí nastat,
prázdné místo v pravém dolním kvadrantu znamená, že činnost na tomto řádku v tomto pravidle nenastane.

Kontrola správnosti rozhodovacích tabulek

Předpokladem efektivního využití rozhodovacích tabulek je jejich logická správnost, přičemž možnost kontroly této správnosti je jednou z největších předností tohoto nástroje. Cílem kontroly je zajistit **úplnost tabulky** (tj. sestavená tabulka plně pokrývá všechny situace, ke kterým může v praxi dojít) a **odstranit** případnou **duplicitu** či **rozpornost obsažených pravidel**.

Maximální počet pravidel se musí rovnat hodnotě 2^n , kde n vyjadřuje **počet podmínek** uvedených v dané tabulce. Při dodržení tohoto počtu pravidel je zaručeno, že rozhodovací tabulka plně vyčerpá veškeré možné kombinace definovaných podmínek a je tedy **úplná**. Se vzrůstajícím počtem podmínek se ovšem množství pravidel rychle a úměrně zvyšuje a je tedy nezbytné vhodnými způsoby redukovat počet pravidel v tabulce při současném zachování její logické správnosti.

3.5 Brainstorming

Neřešené příklady v závěrečné kapitole těchto studijních opor budou studenty řešeny převážně skupinově. Ne vždy mají příklady úplné zadání a skupina studentů bude muset vyřešit mnoho problémů při obstarávání vstupních dat. Z toho důvodu považujeme za vhodné stručně se zmínit o metodě **brainstorming**.

Brainstorming je technika zaměřená na generování co nejvíce nápadů na dané téma. Je založena na skupinovém výkonu. Nosnou myšlenkou je předpoklad, že lidé ve skupině na základě podnětů ostatních vymyslí více, než by vymysleli jednotlivě.

Zásady brainstormingu:

- Před zahájením brainstormingu zopakovat problém. Po fázi vymýšlení přijde na řadu výběr nejlepších nápadů ze všech zapsaných.
- Žádné hodnocení – zveřejněné nápady by neměly být nikým komentovány a hodnoceny.
- Podpora uvolněné atmosféry – jde především o kvantitu nápadů. Pomáhá neformální prostředí. Tým se navzájem zná a nepřipouští se žádná kritika ostatních.

- Všechno zapisovat – zapisovatel se nemusí nutně zúčastnit vymýšlení, ale musí zapsat všechny nápady, které byly řečeny. Je možné využít metodu myšlenkové mapy.

3.6 Metoda analýzy rizik – metoda KARS

Metodou KARS se zabýval ve své disertační práci Štefan Pacinda z Institutu ochrany obyvatel v Lázních Bohdaneč. Metoda byla vytvořena zejména proto, aby uživatelům odpovíděla na otázku, kterým rizikům se věnovat prioritně, a která by se mohla řešit s určitým časovým odkladem.

Algoritmus metody KARS

Vzhledem k tomu, že se jedná o kvalitativní analytickou metodu, není použití metody KARS komplikované. Přesto je důležité dodržet harmonogram kroků, které vedou ke zjištění míry nebezpečnosti rizik průmyslového procesu. Při aplikaci metody KARS je důležité dodržet 8 kroků vedoucích k cíli:

1. Zpracování soupisu rizik

Prvním krokem analýzy rizik metodou KARS je vytvořit soupis rizik, který by měl být vypracován odborníky. Soupis rizik by měl být co nejvíce obsáhlý a podrobný, aby analýza rizik měla vypovídající hodnotu.

2. Sestavení tabulky souvztažnosti rizik

Tabulka souvztažnosti rizik se sestaví jako matice, ve které je počet řádků a sloupců roven počtu všech identifikovaných rizik. Zároveň platí, že riziko prvního řádků R_{1i} je zároveň rizikem prvního sloupce R_{1j} atd.

	Riziko	1.	2.	3.	4.	5.
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Tabulka 9: Souvztažnost rizik – výčet rizik

3. Vyplnění tabulky souvztažnosti rizik

Tabulku souvztažnosti rizik vyplníme následovně:

- Jelikož riziko R_i nemůže vyvolat samo sebe, budou na hlavní diagonále matice pro všechna rizika $r_{ij} = 0$ (pro $i = j$).
- Pro vyplnění dalších pozic postupujeme po řádcích zleva doprava. Do pozic r_{ij} (pro $i \neq j$) vyplníme hodnoty:
1 – je-li reálná možnost, že riziko R_i může vyvolat riziko R_j ,
0 – v případě, že riziko R_i nevyvolá riziko R_j .

Tímto způsobem vyplníme všechny pozice r_{ij} do tabulky.

	Riziko	1.	2.	3.	4.	5.
1.		0				
2.			0			
3.				0		
4.					0	
5.						0

Tabulka 10: Vyplněná diagonála tabulky souvztažnosti rizik

4. Vytvoření součtů souvztažnosti rizik

Následujícím krokem analýzy KARS je doplnění tabulky souvztažnosti rizik o jeden řádek a jeden sloupec. Jednotlivé pozice v novém řádku, resp. sloupci budou představovat součty jednotlivých řádku, resp. sloupců. Tímto obdržíme výslednou tabulku souvztažnosti rizik a jednotlivé součty řádku a sloupců použijeme pro výpočty koeficientu aktivity a pasivity.

5. Výpočet koeficientu aktivity a pasivity jednotlivých rizik

Cílem dalšího kroku je převést výslednou tabulku souvztažnosti rizik do matematicky a graficky prezentované podoby. Cílem analýzy KARS je posouzení přítomných rizik, k čemuž využijeme tzv. koeficienty aktivity a pasivity.

Koeficient aktivity K_{ARi} je procentuální vyjádření počtu návazných rizik, která mohou (na základě správně vyplněné tabulky souvztažnosti rizik) být vyvolána působením rizika R_i .

Koeficient pasivity K_{PRi} je procentuální vyjádření počtu rizik, která mohou (na základě správně vyplněné tabulky souvztažnosti rizik) vyvolat působení rizika R_i .

	Riziko	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
1.		0					
2.			0				
3.				0			
4.					0		
5.						0	
Σ							0

Tabulka 11: Tabulka souvztažnosti rizik – součty aktivit a pasivit

Tato procentuální vyjádření se vztahují k počtu všech rizik, která mohou v systému nastat. Pro vyjádření koeficientu K_{ARi} a K_{PRi} si musíme stanovit počet kombinací, kdy riziko R_i ostatní rizika může vyvolat, nebo jimi může být vyvoláno (za předpokladu, kdy nevyvolá samo sebe nebo není vyvoláno samo sebou). Pro $x =$ počet rizik platí, že počet kombinací je roven $x-1$.

Samotný výpočet koeficientu se provádí podle následujících vztahů:

koeficient aktivity: $K_{ARi} = \frac{\sum 1R_i}{x-1} \cdot 100$, pro $\sum 1$ v řádce i ,

koeficient pasivity: $K_{PRi} = \frac{\sum 1R_i}{x-1} \cdot 100$, pro $\sum 1$ ve sloupci j .

Každé riziko R_i je charakterizováno dvojicí koeficientů K_{ARi} a K_{PRi} . Pro lepší práci a reprodukovatelnost výsledku výpočtu sestavíme tabulku koeficientů K_{ARi} a K_{PRi} .

Riziko	1.	2.	3.	4.	5.
K_{ARi} (%)					
K_{PRi} (%)					

Tabulka 12: Tabulka koeficientů aktivit a pasivit rizik

6. Grafické vyhodnocení rizik

Pro přehlednější zpracování výsledku získaných z předchozích kroků je možné využít grafického zobrazení a hodnocení pomocí grafu souvztažnosti K_{ARi} a K_{PRi} pro jednotlivé R_i (graf závislosti). Na osu x grafu souvztažnosti budeme vynášet hodnoty K_{ARi} a na osu y budeme vynášet hodnoty K_{PRi} a to vždy pro jednotlivé R_i (podle tabulky koeficientů aktivity a pasivity pro jednotlivá rizika).

7. Výpočet os koeficientu aktivity a pasivity

Hlavním cílem vyhodnocení grafu souvztažností je stanovení významnosti („rizikovitosti“) jednotlivých rizik podle jejich souvztažností s ostatními riziky v systému. Stanovení významnosti rizik docílíme rozdělením grafu na 4 základní oblasti osami O_1 a O_2 . Tyto oblasti nám stanoví, jak významná rizika se v nich nacházejí.

Výsledné oblasti (kvadranty) jsou:

- (a) Oblast **primárně i sekundárně** nebezpečných rizik,
- (b) Oblast **sekundárně** nebezpečných rizik,
- (c) Oblast **primárně** nebezpečných rizik,
- (d) Oblast **relativně bezpečná**.

Osu O_1 sestrojíme jako kolmici na osu x a osu O_2 jako kolmici na osu y . Hodnota, ve které bude osa O_1 , resp. O_2 , protínat osu x , resp. y , vypočítáme podle níž uvedených vzorců. Před výpočtem je však nutné si stanovit, jakou část rizik chceme rozdělením na kvadranty pokrýt. Obecně se doporučuje pokrýt na 80 % všech rizik, tzn. že do oblasti I . (primárně i sekundárně nebezpečné) dostaneme 80 % analyzovaných rizik.

Vzorce pro výpočet os O_1 a O_2 :

$$\text{osa } O_1 \quad O_1 = K_{A_{\max}} - \frac{K_{A_{\max}} - K_{P_{\min}}}{100} \cdot 80, \text{ pro pokrytí } 80 \% \text{ všech rizik,}$$

$$\text{osa } O_2 \quad O_2 = K_{P_{\max}} - \frac{K_{P_{\max}} - K_{P_{\min}}}{100} \cdot 80, \text{ pro pokrytí } 80 \% \text{ všech rizik.}$$

8. Vyhodnocení analýzy KARS

Výsledkem analýzy metodou KARS je graf souvztažnosti rizik, zpracovaný na základě údajů z tabulky koeficientu K_{ARi} a K_{PRi} . Graf vykresluje rozdělení rizik podle jejich souvztažnosti s ostatními riziky.

Metoda KARS může být využívána na určení „nejrizikovějšího“ rizika. Výstupy z metody KARS se dají využít při stanovení navazujících činností při působení krizového jevu a určení kritických činností pomocí metody síťové analýzy CPM nebo Ganttova diagramu. Dále je možné využít výstupy při určování nejspolehlivější cesty v grafu na základě ohodnocení pravděpodobnosti vyvolání rizika jiným rizikem.

4 Řešené příklady

V kapitole se nachází 5 příkladů, sestavených ze **zadání**, kde je problém popsán z komplexního pohledu, dále pak z **úlohy**, která je už konkrétní a samotného **řešení** problému.

4.1 Statistický průzkum majetkové kriminality

ZADÁNÍ:

Úkolem statistického zkoumání je zjistit názory na majetkovou kriminalitu občanů určité obce. Na základě definování statistického problému a identifikování statistické jednotky bylo nutné si určit statistické otázky, na které budeme hledat odpověď. Po určení otázek a statistických znaků, které se v nich nacházejí, byl sestaven dotazník, na jehož základě byly získány údaje.

Získané údaje byly zpracovány ve formě excelovské tabulky (viz Příloha).

ÚLOHA:

Vyřešte statistické otázky v programu Excel a formulujte odpovědi.

OTÁZKA 1:

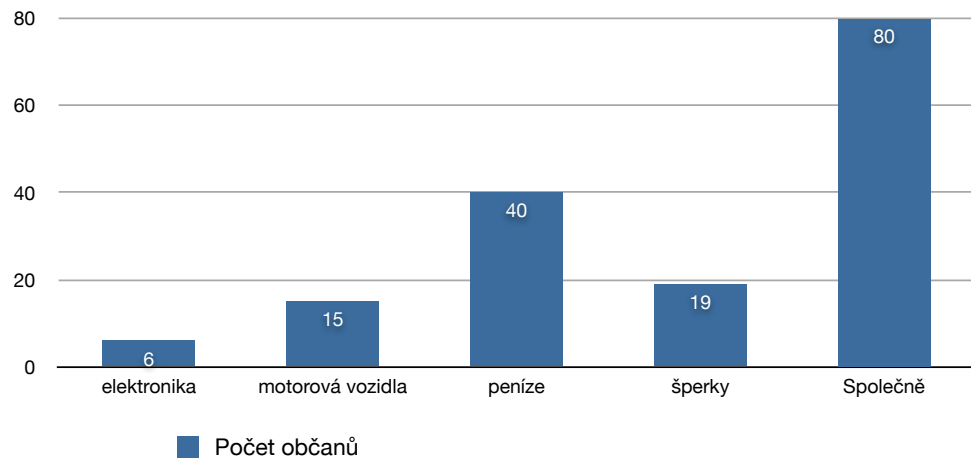
Kolik občanů považovalo za nejčastěji ukradený majetek šperky?

ŘEŠENÍ:

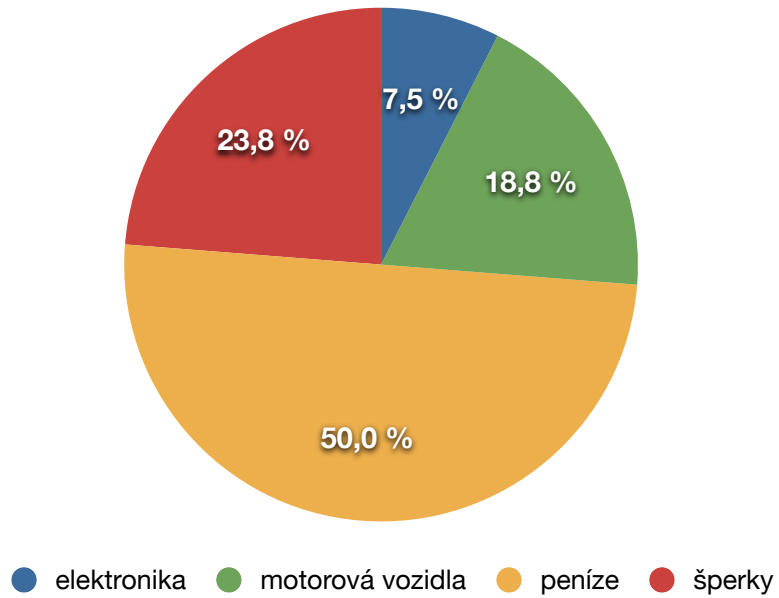
Ve statistické otázce se vyskytuje jeden slovní množný znak a to ukradený majetek. Otázku budeme řešit pomocí jednoduchého třídění, protože toto třídění je typické pro třídění slovních znaků.

Ukradený majetek	Počet občanů	Podíl počtu občanů [%]	Součet počtu občanů	Součet podílu počtu občanů [%]
elektronika	6	7,50 %	6	7,50 %
motorová vozidla	15	18,75 %	21	26,25 %
peníze	40	50,00 %	61	76,25 %
šperky	19	23,75 %	80	100,00 %
Dohromady	80	100,00 %	×	×

Tabulka 13: Jednoduché třídění občanů podle ukradeného majetku



Obrázek 13: Třídění občanů podle druhu ukradeného majetku



Obrázek 14: Podíl počtu občanů podle druhu ukradeného majetku

Za nejčastěji kradený majetek považovalo 19 občanů šperky, což tvoří 23,75 % z celkového počtu občanů.

OTÁZKA 2:

Jaký je nejčastější interval investic do prevence majetkové kriminality?

ŘEŠENÍ:

Ve statistické otázce se vyskytuje jeden číselný diskretní znak a to investice do prevence. Otázku budeme řešit pomocí skupinového třídění, protože toto třídění je typické pro třídění číselných znaků s velkým počtem obměn. Skupinové třídění použijeme i proto, neboť se zajímáme o modální interval, tj. interval s největší početností.

Pomocí Sturgesova pravidla vypočítáme počet tříd k a šířku třídy h :

$$\begin{array}{l|l|l} \text{Počet tříd:} & k = 1 + 3,322 \cdot \log(n) & 7 \\ \text{Šířka třídy:} & h = (x_{\max} - x_{\min})/k & 57 \end{array}$$

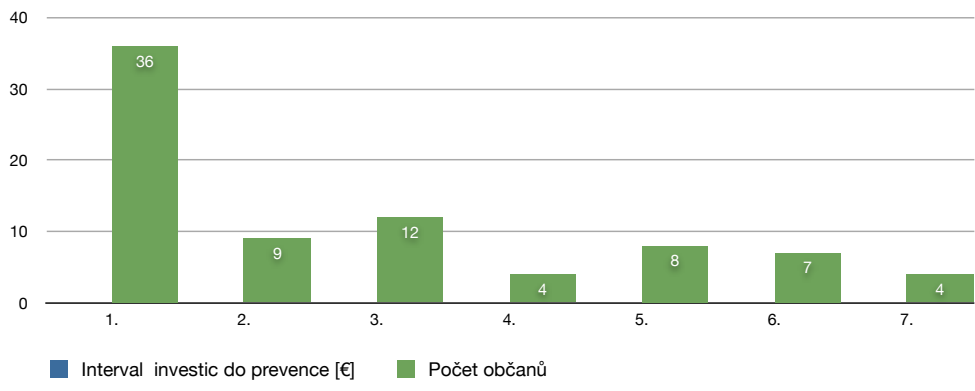
Počet tříd	Interval investice do	Počet občanů	Podíl počtu občanů [%]	Součet počtu občanů	Součet podílu počtu občanů [%]
1.	$\langle 50; 107 \rangle$	36	45,00 %	36	45,00 %
2.	$\langle 107; 164 \rangle$	9	11,25 %	45	56,25 %
3.	$\langle 164; 221 \rangle$	12	15,00 %	57	71,25 %
4.	$\langle 221; 278 \rangle$	4	5,00 %	61	76,25 %
5.	$\langle 278; 335 \rangle$	8	10,00 %	69	86,25 %
6.	$\langle 335; 392 \rangle$	7	8,75 %	76	95,00 %
7.	$\langle 392; 450 \rangle$	4	5,00 %	80	100,00 %
Společně	×	80	×	×	×

Tabulka 14: Skupinové třídění občanů podle intervalů investic do prevence

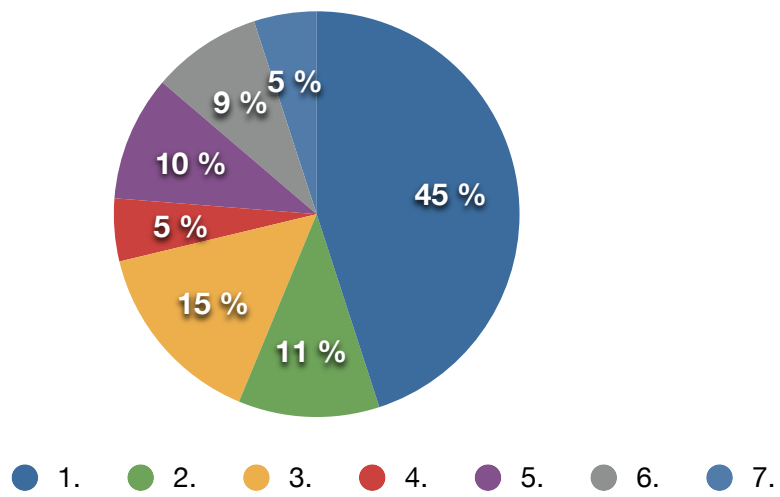
Nejčastější interval investic do prevence občanů je interval $\langle 50; 107 \rangle$ euro. V intervalu se vyskytuje 36 občanů, kteří tvoří 45 % z celkového počtu.

OTÁZKA 3:

Kolik žen a kolik mužů si myslí, že je prevence důležitá při snižování míry rizika majetkové kriminality?



Obrázek 15: Třídění občanů podle intervalů investic do prevence



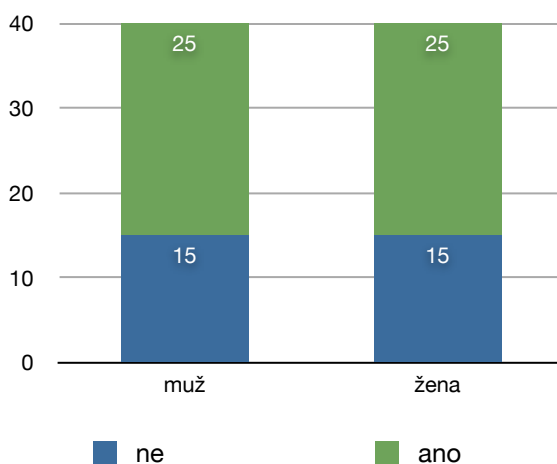
Obrázek 16: Podíl počtu občanů podle intervalů investic do prevence

ŘEŠENÍ:

Ve statistické otázce se vyskytují slovní alternativní znaky, a to pohlaví a důležitost prevence. Otázku budeme řešit pomocí třídění podle dvou slovních znaků, protože se z otázky zajímáme o početnosti, které zjistíme právě z tabulky třídění.

Pohlaví	Důležitost prevence		Dohromady
	ne	ano	
muž	15	25	40
žena	15	25	40
Dohromady	30	50	80

Tabulka 15: Třídění občanů podle důležitosti prevence a pohlaví



Obrázek 17: Třídění občanů podle pohlaví a důležitosti prevence

To, že je prevence důležitá při snižování míry majetkové kriminality, si myslí 25 žen a 25 mužů.

OTÁZKA 4:

Existuje závislost mezi pocitem bezpečí občana a tím, zda si občan myslí, že je prevence důležitá?

ŘEŠENÍ:

Ve statistické otázce se vyskytují dva znaky – pocit bezpečí a důležitost prevence. Pocit bezpečí je slovní znak množný, důležitost prevence je slovní znak alternativní.

Otázku budeme řešit pomocí kontingence, která zkoumá závislosti mezi dvěma slovními znaky.

Hypotézy:

H_0 : Důležitost prevence není závislá na pocitu bezpečí.

H_1 : Důležitost prevence je závislá na pocitu bezpečí.

Důležitost prevence	Pocit bezpečí				Dohromady
	ano	spíše ano	ne	spíše ne	
ano	13,13	17,50	10,00	9,38	50,00
ne	7,88	10,50	6,00	5,63	30,00
Dohromady	21,00	28,00	16,00	15,00	80,00

Tabulka 16: Tabulka teoretických početností

Důležitost prevence	Pocit bezpečí				Dohromady
	ano	spíše ano	ne	spíše ne	
ano	1,81	0,36	0,10	4,34	6,60
ne	3,02	0,60	0,17	7,23	11,00
Dohromady	4,83	0,95	0,27	11,56	17,61

Tabulka 17: Testovací kritérium

$$\chi_{0,05}^2 = 7,81$$

Jelikož je hodnota vypočteného $\chi^2 > \chi_{\alpha}^2$ pro hladinu významnosti, pak zamítáme H_0 na zvolené hladině významnosti α .

Vypočítáme míru závislosti podle Pearsonova koeficientu:

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \chi^2}}$$

$$C = 0,42$$

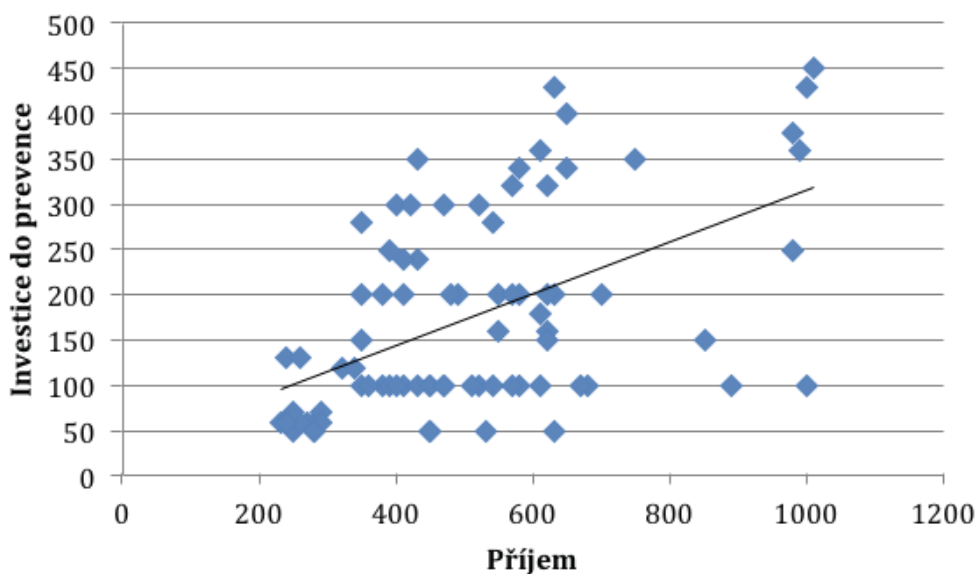
Z výpočtu se dá usoudit, že mezi důležitostí prevence a pocitem bezpečí existuje závislost. Míra závislosti je podle Pearsonova koeficientu 0,42, tj. střední závislosti.

OTÁZKA 5:

Existuje závislost mezi příjmem občana a tím, kolik by byl ochoten investovat do prevence majetkové kriminality?

ŘEŠENÍ:

Ve statistické otázce se vyskytují dva znaky – příjem a investice do prevence. Oba znaky jsou číselné diskrétní. Otázku budeme řešit pomocí korelace, která zkoumá závislosti mezi dvěma číselnými znaky.



Obrázek 18: Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů

Už z obrázku je zřejmé, že jsou body rozptýlené v grafu a nekopírují průběh křivky, z toho se dá usoudit, že se koeficient korelace nebude blížit jedné, ale bude kladný (křivka je rostoucí).

Koeficient korelace můžeme vypočítat ze vzorce:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

nebo jej můžeme spočítat v programu Excel pomocí funkce CORREL.

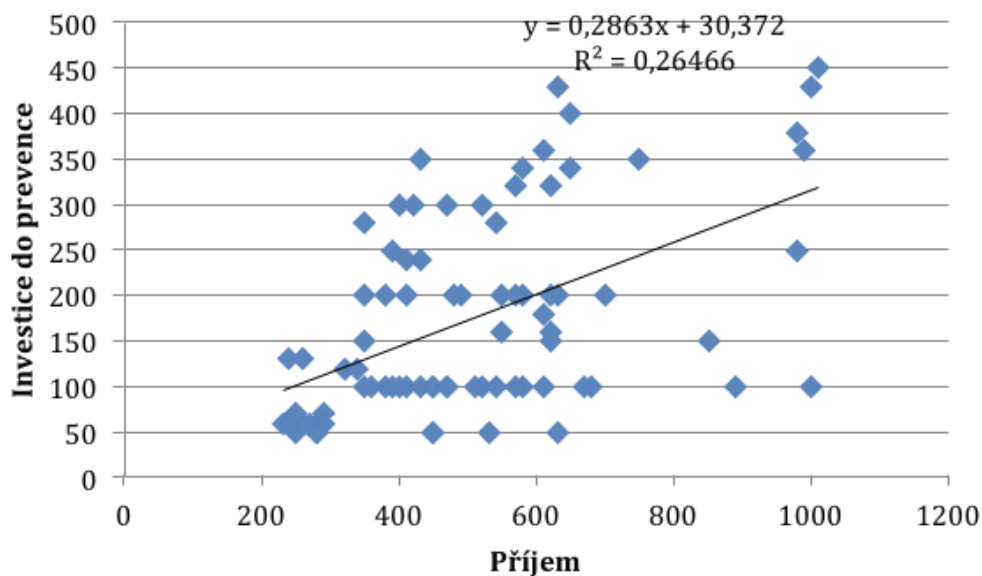
Vypočítaná hodnota koeficientu korelace je 0,51. To znamená, že mezi příjmem a investicemi do prevence je závislost, jejíž hodnota je 0,51. To znamená, že mezi příjmem a investicemi do prevence je střední závislost.

OTÁZKA 6:

Kolik by byl občan ochoten investovat do prevence, kdyby jeho příjem činil 1500 €?

ŘEŠENÍ:

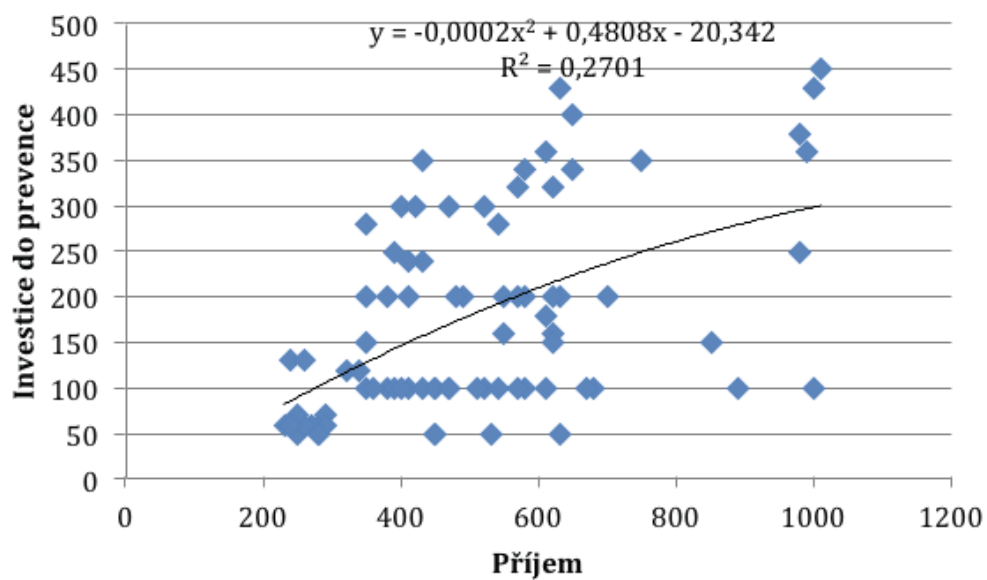
Ve statistické otázce se vyskytují dva znaky – příjem a investice do prevence. Oba znaky jsou číselné diskrétní. Na řešení této otázky využijeme metodu regrese. Regrese vyjadřuje průběh závislosti prostřednictvím matematické funkce, tedy určuje tvar statistické závislosti. Výsledkem metody je nalezení nejvhodnější regresní funkce, která by co nejlépe zobrazovala průběh závislosti znaků.



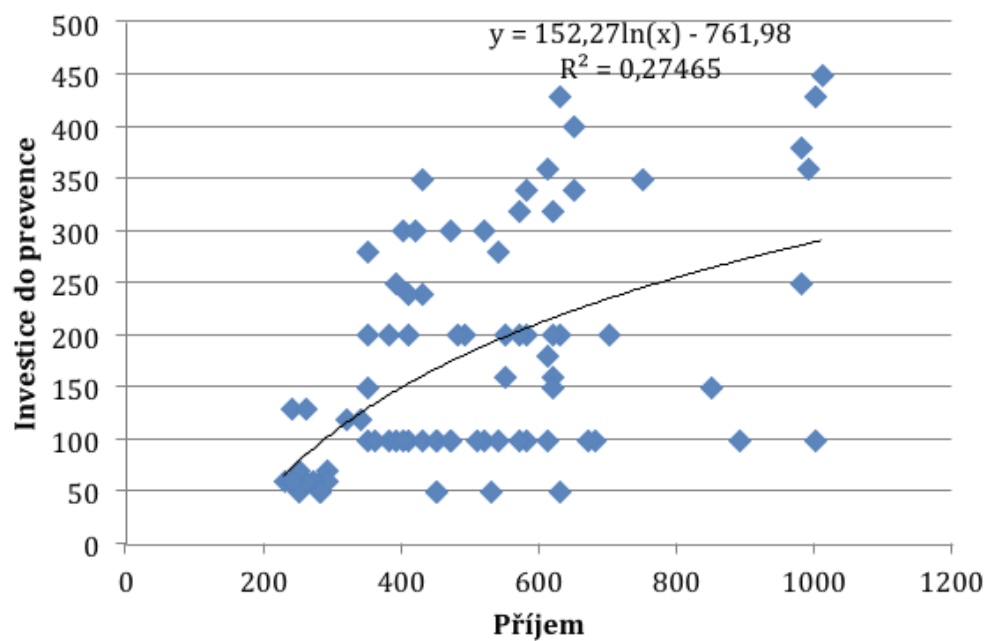
Obrázek 19: Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů s lineární trendovou křivkou

Nejvhodnější křivku na matematické předpovídání vybíráme na základě 3 hledisek:

1. vizuální – jak jsou body rozloženy podél křivky a zda body kopírují křivku,
2. logické – sledování, kde je křivka rostoucí a kde je klesající,
3. exaktní – rozhodování na základě koeficientu determinace.



Obrázek 20: Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů s kvadratickou trendovou křivkou



Obrázek 21: Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů s logaritmickou trendovou křivkou

U těchto grafů se nemůžeme rozhodnout na základě vizuálního hlediska – u všech křivek jsou body v grafu rozptýlené. Hodnoty koeficientu determinace jsou také téměř stejné u všech křivek. Proto budeme křivky vybírat jen na základě logiky, kdy budeme předpokládat, že s rostoucím příjmem budou růst přímo úměrně i investice do prevence. Proto vybíráme na předpovídání budoucí hodnoty lineární trendovou křivku, která je uvedena na obrázku 19.

Matematický výpočet:

$$y = 0,286x + 30,37$$

$$y = 0,286 \cdot 1500 + 30,37$$

$$y = 459,37$$

Kdyby měl občan příjem 1500 €, byl by ochoten investovat 459,37 €.

4.2 Vyprošťování raněných z havarovaného dopravního prostředku

ZADÁNÍ:

Na rychlostní komunikaci došlo k nehodě autobusu. Důvodem bylo nepřizpůsobení jízdy vozidla stavu vozovky, která byla pokrytá náledím. Autobus následně sjel z vozovky do příkopu, kde se ve velké rychlosti zastavil o nosník billboardu a zaklínil se do něj. Na místo nehody se následně sjely všechny složky IZS a pracují na vyproštění a ošetření raněných a na likvidaci mimořádné události.

V autobuse v době nehody sedělo 15 cestujících. Po nehodě autobusu jsou cestující postupně vyprošťováni sedmi hasiči. Ke každému cestujícímu se hasič dostane průměrně každé 3 minuty. Průměrná doba vyproštění jednoho cestujícího je 2 minuty. Doba vyproštění a doba, kdy se dostanou jednotliví hasiči k cestujícím je exponenciální. Cestující jsou obsluženi ve frontě FIFO (tj. první přijde, první odejde).

ÚLOHA:

Určete, jak dlouho bude raněný čekat na vyproštění z havarovaného autobusu.

POSTUP:

1. Určete vstupní údaje ze zadání.
2. Na základě vstupních údajů určete vhodnou metodu řešení dané úlohy.
3. Vypočtete analyticky (pomocí matematických vzorců) a ověřte výsledky pomocí programu WinQSB hodnoty středního počtu požadavků v systému, středního počtu

požadavků ve frontě, střední doby strávené v systému, střední doba strávené ve frontě a pravděpodobnosti, že požadavek nebude čekat ve frontě.

4. Vypočítejte hodnoty středního počtu požadavků v systému, středního počtu požadavků ve frontě, střední doby strávené v systému, střední doby strávené ve frontě a pravděpodobnosti, že požadavek nebude čekat ve frontě vyprošťování raněných, kdyby se počet zasahujících hasičů změnil (1, 9, 11 a 13), výsledky porovnejte a zdůvodněte změny jednotlivých hodnot.
5. Najděte na internetu nebo v novinových člancích obdobné hromadné dopravní nehody a informujte kolegy:
 - (a) o charakteru dopravní nehody (kdy se stala, kde se stala, jaký byl její průběh a jaká byla příčina vzniku nehody (lidský faktor, mechanická závada, počasí atd.),
 - (b) jak byly organizovány záchranné práce (kdo zasahoval při dopravní nehodě, jaká technika byla využita atd.),
 - (c) o následcích dopravní nehody (ekonomické škody, ztráty na životech, počet raněných, psychické následky, environmentální škody apod.).
6. Pokuste se u reálné vámi vybrané nehody, o které jste se dočetli, spočítat výše uvedené hodnoty na základě informací z internetu, případně na základě odborného (týmového) odhadu.

ŘEŠENÍ:

Vstupní údaje:

intenzita vstupu požadavků: $\lambda = 60/3 = 20$ pož./hod.,

intenzita obsluhy: $\mu = 60/2 = 30$ pož./hod.,

počet požadavků: $m = 15$,

počet kanálů obsluhy: $s = 7$,

intenzita provozu: $\rho = \lambda/\mu = 20/30 = 2/3$.

Ze soustavy diferenciálních rovnic jsme odvodili substitucí následující vztahy pro p_n :

$$p_n = \frac{m!}{n!(m-n)!} \rho^n p_0, \quad \text{pro } 1 \leq n < s,$$
$$p_n = \frac{m!}{s!s^{n-s}(m-n)!} \rho^n p_0, \quad \text{pro } s \leq n \leq m.$$

Hodnotu veličiny stanovíme z podmínky $\sum_{n=0}^m p_n = 1$. Výpočty jsou znázorněny v tabulce 18.

n	p_n/p_0	p_n	$E(n) = \sum_{n=0}^m np_n$	$n - s$	$E(n_f) = \sum_{n=s+1}^m (n - s)p_n$
0	1,0000	0,0004	–	–	–
1	10,0000	0,0043	0,0043	–	–
2	46,6667	0,0199	0,0399	–	–
3	134,8148	0,0576	0,1728	–	–
4	269,6296	0,1152	0,1152	–	–
5	395,4568	0,1690	0,8450	–	–
6	439,3964	0,1878	1,1267	–	–
7	376,6244	0,1610	1,1267	0,0000	–
8	286,9528	0,1226	0,9811	1,0000	0,1226
9	191,3018	0,0818	0,7358	2,0000	0,1635
10	109,3153	0,0467	0,4672	3,0000	0,1402
11	52,0549	0,0222	0,2447	4,0000	0,0890
12	19,8304	0,0085	0,1017	5,0000	0,0424
13	5,6658	0,0024	0,0315	6,0000	0,0145
14	1,0792	0,0005	0,0065	7,0000	0,0032
15	0,1028	0,0000	0,0007	8,0000	0,0004
Σ	2339,8930	1,0000	6,3455	–	0,5758

Tabulka 18: Výsledky pravděpodobností a pomocné výpočty

Na základě vztahu $\sum_{n=0}^{15} p_n = 1$ vypočteme p_0 :

$$\sum_{n=0}^{15} \frac{p_n}{p_0} = \frac{1}{p_0} \sum_{n=0}^{15} p_n = 2\,339,893$$

$$p_0 = \frac{1}{2\,339,893} = 0,004\,27$$

Střední počet požadavků v systému $E(n)$:

$$E(n) = \sum_{n=0}^m np_n = \sum_{n=0}^{15} np_n = 6,345\ 5 \text{ požadavků.}$$

V průměru 6,35 požadavků (cestujících) je v systému hromadné obsluhy. Střední počet požadavků ve frontě $E(n_f)$:

$$E(n_f) = \sum_{n=s+1}^m (n-s)p_n = \sum_{n=8}^{15} (n-s)p_n = 0,575\ 8 \text{ požadavku.}$$

Průměrně se vyskytuje ve frontě 0,58 požadavků, které čekají na obsluhu. Střední doba strávená v systému $E(t_s)$:

$$E(t_s) = \frac{E(n)}{[m - E(n)]\lambda} = \frac{0,575\ 8}{(15 - 6,345\ 5) \cdot 20} = 0,003\ 3 \text{ hod.} \sim 11,88 \text{ s.}$$

Požadavek (cestující) stráví ve frontě průměrně 11,88 sekund.

Pravděpodobnost, že požadavek nebude čekat ve frontě $P(\tau = 0)$:

$$P(\tau = 0) = \sum_{n=0}^{s-1} p_n = \sum_{n=0}^6 p_n = 0,554\ 2.$$

Z 55,4 % nebude požadavek (cestující) čekat ve frontě.

Do systému vstupovaly průměrné hodnoty vstupů i obsluhy, proto jsou výstupy z modelu jen orientační. Jedním z hlavních ukazatelů v tomto modelu je doba strávená ve frontě a v systému hromadné obsluhy. Jak je zřejmé z předcházející tabulky, s malým počtem zasahujících hasičů se prodlužuje doba strávená ve frontě i v celém systému (pro názornost jsem uvedla extrém – jeden hasič vyprošťuje všechny cestující). V reálné situaci by to znamenalo, že cestující budou čekat dlouho a jejich zdravotní stav se za dobu čekání může zkomplikovat.

Se zvyšujícím se počtem zasahujících hasičů se doba strávená ve frontě i v systému snižovala a zároveň narůstala pravděpodobnost, že cestující nebude čekat. Dle výsledků z modelů by na vyprošťování cestujících v této situaci bylo vhodné povolát 9 až 11 hasičů. Více by nebylo zapotřebí, neboť se výstupy z modelů už příliš neměnily a taky při větším počtu zasahujících hasičů by si hasiči mohli navzájem překážet (efekt nasyceného pracoviště).

	Performance Measure	Result
1	System: M/M/7/15	From Formula
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	20,0000
3	Service rate per server (μ) per hour =	30,0000
4	Overall system effective arrival rate per hour =	173,0907
5	Overall system effective service rate per hour =	173,0907
6	Overall system utilization =	82,4242 %
7	Average number of customers in the system (L) =	6,3455
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0,5758
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	1,2918
10	Average time customer spends in the system (W) =	0,0367 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,0033 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0,0075 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	0,0427 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	44,5716 %
15	Average number of customers being balked per hour =	0
16	Total cost of busy server per hour =	\$0
17	Total cost of idle server per hour =	\$0
18	Total cost of customer waiting per hour =	\$0
19	Total cost of customer being served per hour =	\$0
20	Total cost of customer being balked per hour =	\$0
21	Total queue space cost per hour =	\$0
22	Total system cost per hour =	\$0

Obrázek 22: Výstup ze softwarového programu WinQSB (model se 7 zasahujícími hasiči)

Výstupy teorie front	Počet hasičů				
	1	7	9	11	13
Střední počet požadavků v systému $E(n)$	13,5	6,3455	6,0354	6,0015	6
Střední počet požadavků ve frontě $E(n_f)$	12,5	0,5758	0,0591	0,0026	0
Střední doba strávená v systému $E(t_s)$	1620 s	132,12 s	121,32 s	119,88 s	119,88 s
Střední doba strávená ve frontě $E(t_f)$	1500 s	11,88 s	1,08 s	0 s	0 s
Pravděpodobnost, že požadavek nebude čekat ve frontě $P(\tau = 0)$	0 %	55,42 %	89,84 %	99,14 %	99,97 %

Tabulka 19: Výsledky modelů s odlišným počtem hasičů

Příklady nehod autobusů v Evropě v letech 2007–2012, při nichž zahynulo více než 10 lidí

14. dubna 2007 – Nejméně 32 osob, převážně dětí ve věku od 7 do 14 let, zahynulo při srážce školního autobusu s kamionem poblíž města Aksaray v centrální části Turecka.

18. června 2007 – Třináct mrtvých si vyžádala nehoda autobusu na dálnici A14 ne-daleko východoněmeckého města Halle. Dalších 31 osob bylo zraněno, některé z nich těžce. V autobuse cestovala skupina 48 seniorů. Nehodu způsobil kamion, který na auto-bus zezadu bez brzdění najel.

22. července 2007 – Nejméně 27 lidí zahynulo a přes 20 lidí bylo vážně zraněno při nehodě polského autobusu ve francouzských Alpách mezi Grenoblem a obcí La Mure. Vůz, který spadl do 40 metrů hluboké rokle, měl patrně problémy s brzdami.

6. srpna 2007 – Nejméně 19 lidí zahynulo při srážce mikrobusu s dělníky s kamio-nem poblíž města Kangal v provincii Sivas v centrálním Turecku.

5. listopadu 2007 – Patnáct lidí přišlo o život a 23 bylo zraněno při srážce autobusu s automobilem na dálnici ve středním Portugalsku, asi 150 kilometrů severovýchodně od Lisabonu.

23. června 2008 – Střet minibusu s vlakem u města Nurdaği na jihovýchodě Turecka si vyžádal 11 obětí z řad cestujících v minibusu, jehož řidič nedbal výstražných signálů na přejezdu.

7. září 2008 – Jedna z nejtragičtějších dopravních nehod Slováků v zahraničí si v Chorvatsku vyžádala 14 obětí a 30 zraněných poté, co autobus s turisty z Košic na-rrazil na dálnici mezi Záhřebem a Splitem u města Gospić do mostního pilíře.

4. listopadu 2008 – Dvacet lidí (většinou starších) zahynulo při požáru, který za-chvátil autobus na dálnici A2 nedaleko německého Hannoveru. Dalších 12 lidí utrpělo vážná zranění.

24. července 2009 – Při srážce autobusu s cisternou zahynulo u jihoruského města Rostov na Donu 21 osob včetně dvou dětí.

14. srpna 2009 – Při srážce mikrobusu s vlakem na nechráněném železničním pře-jezdu u města Iași na severovýchodě Rumunska zahynulo 13 lidí, včetně dvou dětí.

17. července 2010 – Při nehodě autobusu v Albánii asi 160 kilometrů severně od Tirany zahynulo 14 lidí a 12 bylo zraněno poté, co autobus sjel z vozovky a zřítíl se do strže.

26. září 2010 – Nejméně 12 lidí zemřelo a asi 30 osob bylo zraněno při nehodě polského autobusu na dálnici A10 východně od Berlína. Autobus se 47 cestujícími směřoval ze Španělska do Polska.

21. prosince 2011 – Nejméně 25 mrtvých si vyžádala srážka kamionu s malým autobusem poblíž obce Salat v provincii Diyarbakır v jihovýchodním Turecku.

13. března 2012 – Při nehodě autobusu na dálnici A9 u města Sierre ve švýcarském kantonu Valais zemřelo 28 lidí. Belgický autobus narazil do zdi nouzového odstavného stanoviště v tunelu. Mezi zemřelými bylo podle informací agentury Reuters 22 dětí.

(Zdroj: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/svet/168121-svycarska-tragedie-pri-nehode-autobusu-28-mrtvych-z-toho-22-deti/>)

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Gros, I. 2003. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- [2] Dudorkin, J. 1997. Operační výzkum. Praha: ČVUT, 1997. 296 s.
- [3] Mañas, M. 1991. Matematické metody v ekonomice. Praha: SNTL, 1991. 189 s. ISBN 80-7079-157-8
- [4] Kožíšek, M. 1991. Operační a systémová analýza II. Praha: ČVUT, 1991. 237 s.
- [5] Štětina, J. a spol. 2000. Medicína katastrof a hromadných neštěstí. Praha: Grada Publishing, 2000. 429 s. SBN: 80-7169-688-9.
- [6] Pavlíček, F. 2001. Krizové stavy a doprava. Praha: ČVUT, 2001. 253 s. ISBN 80-01-02272-2.

4.3 Výpočet míry rizika na daném území

ZADÁNÍ:

Pro ochranu lidské společnosti a minimalizaci následků mimořádných událostí je nevyhnutné ošetřit oblast hodnocení a řízení rizik a to prostřednictvím analýzy rizik. Nezbytnou součástí analýzy je identifikace zdrojů rizika, jejich klasifikace, určení priorit různých druhů rizika, analýza příčin a následků, hodnocení rizika. Takováto analýza pak poskytuje možnost přijímat opatření k předcházení vzniku nebo omezení důsledků mimořádných událostí.

Je nutné si uvědomit, že jednotlivá rizika ovlivňují různou mírou konkrétní prvky nacházející se na daném území (např. obyvatelé, jejich zdraví a životy, hmotný majetek, nehmotný majetek a kulturní hodnoty, kritická infrastruktura, životní prostředí, případně kombinace těchto prvků). Tyto prvky mají zase různou důležitost pro různé posuzovatele rizika (primátor, odborníci působící v oblasti krizového řízení, vrcholoví manažeři podniků, zástupci zdravotnických zařízení apod.)

ÚLOHA:

Posuďte míru rizika vzniku krizových situací a mimořádných událostí ve správním obvodu obce s rozšířenou působností Opava (dále jen ORP Opava) po zohlednění expertních odhadů deseti vybraných zástupců ORP Opava.

POSTUP:

1. Identifikujte rizika na území ORP Opava.
2. Vypočítejte míru rizika.
3. Stanovte váhy identifikovaných rizik dle preferencí posuzovatelů (expertů).
4. Vypočítejte míru rizika po zohlednění vah.
5. Porovnejte vypočítané míry rizika.
6. Diskutujte o výsledcích.

ŘEŠENÍ:

Pro identifikaci rizik na území ORP Opava využijeme oficiální stránky statutárního města Opava www.opava-city.cz a v záložce Ochrana obyvatel nalezneme Možné ohrožení obyvatel. Patří sem:

- Povodně
- Zvláštní povodeň
- Epizootie
- Epidemie
- Dlouhotrvající vedro a sucho
- Sněhová kalamita, extrémní mráz
- Hromadná železniční nehoda

- Hromadná silniční nehoda
- Únik nebezpečných látek ze stacionárních zařízení
- Havárie v železniční dopravě s únikem nebezpečné látky
- Silniční nehoda s únikem nebezpečné látky
- Terorismus a diverzní činnost.

Pro výpočet míry rizika využijeme základní definici rizika, dle které je riziko stanoveno pravděpodobností (resp. frekvencí) výskytu nepříznivé události a nežádoucími důsledky. Z této definice pak vyplývá rovnice pro výpočet míry rizika, která je definována jako hodnota kartézského součinu pravděpodobnosti a nežádoucích důsledků:

$$R_i = P_i \times D_i$$

kde:

R_i představuje riziko

P_i je pravděpodobnost výskytu vzniku mimořádné události,

D_i jsou důsledky.

Hodnoty pravděpodobností přidělíme dle následující předem stanovené tabulky.

Kategorie pravděpodobnosti	Hodnoty pravděpodobnosti	Frekvence výskytu události		Popis pravděpodobnosti výskytu události
Velmi nízká	1	75 let	$3,653 \cdot 10^{-5}$	Mimořádná událost se vyskytne v průměru jednou za lidský život, tj. 75 let.
Nízká	2	25 let	$1,096 \cdot 10^{-4}$	Mimořádná událost se vyskytne v průměru jednou za 25 let.
Margiální	3	5 let	$5,479 \cdot 10^{-4}$	Mimořádná událost se vyskytne v průměru jednou za 5 let.
Vysoká	4	1 rok	$2,738 \cdot 10^{-3}$	Mimořádná událost se vyskytne v průměru jednou za rok.
Velmi vysoká	5	< 1 rok	$> 2,738 \cdot 10^{-3}$	Mimořádná událost se vyskytne v průměru několikrát za rok.

Tabulka 20: Hodnotící stupnice pro pravděpodobnost vzniku mimořádné události

Při stanovení hodnoty důsledků je možné vycházet například z Vyhlášky Ministerstva vnitra 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného

Kategorie důsledků	Hodnoty důsledků	Charakteristika
Zanedbatelné	1	Důsledky mimořádné události jsou zanedbatelné (není vyhlášen stupeň poplachu)
Málo závažné	2	Mimořádná událost ohrožuje jednotlivé osoby, jednotlivý objekt nebo jeho část, jednotlivé dopravní prostředky osobní nebo nákladní dopravy nebo plochy o území do 500 m ² (první stupeň poplachu)
Umírněné	3	Mimořádná událost ohrožuje nejvýše 100 osob, jednotlivé prostředky hromadné dopravy osob, cenný chov zvířat nebo plochy území do 10 000 m ² (druhý stupeň poplachu)
Závažné	4	Mimořádná událost ohrožuje více jak 100 a nejvýše 1 000 osob, část obce nebo areálu podniku, soupravy železniční přepravy, několik chovů hospodářských zvířat, plochy území do 1 km ² , povodí řek, produktovody, jde o hromadnou havárii v silniční dopravě nebo o havárii v letecké dopravě (třetí stupeň poplachu)
Kritické	5	Mimořádná událost ohrožuje více jak 1 000 osob, celé obce nebo plochy území nad 1 km ² (zvláštní stupeň poplachu)

Tabulka 21: Hodnotící stupnice pro závažnost důsledků

systemu. Vyhláška mimo jiné stanovuje podrobnosti o čtyřech stupních poplachu. Hodnoty důsledků přidělíme z tabulky 21, která vychází z vyhlášky Ministerstva vnitra.

V tabulce 22 je stanovená míra rizik, vypočítaná jako součin hodnot pravděpodobnosti a důsledků.

Riziko vzniku MU	Pravděpodobnost	Důsledek	Míra rizika
Povodně	3	5	15
Zvláštní povodeň	1	5	5
Epizootie	1	3	3
Epidemie	1	3	3
Dlouhotrvající vedro a sucho	3	3	9
Sněhová kalamita, extrémní mráz	3	4	12
Hromadná železniční nehoda	2	4	8
Hromadná silniční nehoda	3	4	12
Únik nebezpečných látek ze stacionárních zařízení	3	4	12
Havárie v železniční dopravě s únikem nebezpečné látky	2	3	6
Silniční nehoda s únikem nebezpečné látky	3	3	9
Terorismus a diverzní činnost	1	4	4

Tabulka 22: Míra rizik

Tabulka 23 obsahuje bodové ohodnocení jednotlivých rizik deseti vybranými zástupci ORP Opava. Při využití bodové metody v případě ohodnocování rizik vzniku mimořádné události platí, že čím více jsou prvky nacházející se na daném území ohrožovány mimořádnou událostí, tím větší počet bodů bude riziku vzniku mimořádné události přiděleno. Pro každého z posuzovatelů rizik mohou mít různé prvky různou prioritu a tím se u nich může měnit pořadí rizik seřazených podle závažnosti (například riziko úniku nebezpečné látky ze stacionárního zdroje bude hodnoceno mnohem větším počtem bodů posuzovatelem, který provozuje své zařízení v těsné blízkosti tohoto zdroje než posuzovatelem, který své zařízení provozuje na opačném konci města). Posuzovatelé subjektivně ohodnotí každé riziko body z předem stanoveného intervalu $b_i \in (0; 10)$.

Po obodování rizik posuzovateli můžeme přistoupit k určování vah jednotlivých ri-

Riziko vzniku MU	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>E4</i>	<i>E5</i>	<i>E6</i>	<i>E7</i>	<i>E8</i>	<i>E9</i>	<i>E10</i>
Povodně	8	8	9	7	2	3	5	7	7	5
Zvláštní povodeň	3	1	2	1	1	1	1	9	0	0
Epizootie	0	5	0	0	1	1	5	7	0	4
Epidemie	0	2	0	0	0	0	5	7	0	2
Dlouhotrvající vedro a sucho	2	0	1	4	3	6	5	5	0	0
Sněhová kalamita, extrémní mráz	4	3	3	3	3	3	7	4	7	3
Hromadná železniční nehoda	2	2	1	6	6	0	6	1	2	1
Hromadná silniční nehoda	2	4	3	5	5	0	6	2	4	5
Únik nebezpečných látek ze stacionárních zařízení	3	4	2	5	8	3	3	2	0	2
Havárie v železniční dopravě s únikem nebezpečné látky	1	2	2	3	4	0	4	0	1	0
Silniční nehoda s únikem nebezpečné látky	1	6	4	6	5	1	5	0	1	4
Terorismus a diverzní činnost	1	1	0	2	2	1	1	0	0	2
Dohromady	27	38	27	42	40	19	54	44	22	28

Tabulka 23: Ohodnocení rizika bodováním jednotlivými posuzovateli E_i

zik. Váhu příslušného rizika vzniku mimořádné události je možné určit ze vztahu:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}$$

Váhy rizik znázorňuje poslední sloupec tabulky 24.

Riziko vzniku MU	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	$\sum b_i$	v_i
Povodně	0,296	0,211	0,333	0,167	0,050	0,158	0,093	0,159	0,318	0,179	1,963	0,196
Zvláštní povodeň	0,111	0,026	0,074	0,024	0,025	0,053	0,019	0,205	0,000	0,000	0,536	0,054
Epizootie	0,000	0,132	0,000	0,000	0,025	0,053	0,093	0,159	0,000	0,143	0,604	0,060
Epidemie	0,000	0,053	0,000	0,000	0,000	0,000	0,093	0,159	0,000	0,071	0,376	0,038
Dlouhotrvající vedro a sucho	0,074	0,000	0,037	0,095	0,075	0,316	0,111	0,114	0,000	0,000	0,822	0,082
Sněhová kalamita, extrémní mráz	0,148	0,079	0,111	0,071	0,075	0,158	0,130	0,091	0,318	0,107	1,288	0,129
Hromadná železniční nehoda	0,074	0,053	0,037	0,143	0,150	0,000	0,111	0,023	0,091	0,036	0,717	0,072
Hromadná silniční nehoda	0,074	0,105	0,111	0,119	0,125	0,000	0,111	0,045	0,182	0,179	1,051	0,105
Únik nebezpečných látek ze stacionárních zařízení	0,111	0,105	0,074	0,119	0,200	0,158	0,056	0,045	0,000	0,071	0,940	0,094
Havárie v železniční dopravě s únikem nebezpečné látky	0,037	0,053	0,074	0,071	0,100	0,000	0,074	0,000	0,045	0,000	0,455	0,045
Silniční nehoda s únikem nebezpečné látky	0,037	0,158	0,148	0,143	0,125	0,053	0,093	0,000	0,045	0,143	0,944	0,094
Terorismus a diverzní činnost	0,000	0,053	0,000	0,000	0,000	0,000	0,093	0,159	0,000	0,071	0,376	0,038
Dohromady	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1

Tabulka 24: Váhy rizik

Nyní vypočítáme míru rizika po zohlednění vah. Míru rizika z tabulky 22 vynásobíme váhami z tabulky 24.

Při hodnocení rizik vzniku mimořádných událostí vycházíme z míry rizika. Čím je míra vyšší, tím větší je riziko. V tabulce 26 jsou v levé části uspořádány rizika vzniku

Riziko vzniku MU	Pravděpodobnost	Důsledek	Míra rizika	Míra rizika po zohlednění vah
Povodně	3	5	15	2,945
Zvláštní povodeň	1	5	5	0,268
Epizootie	1	3	3	0,181
Epidemie	1	3	3	0,113
Dlouhotrvající vedro a sucho	3	3	9	0,740
Sněhová kalamita, extrémní mráz	3	4	12	1,546
Hromadná železniční nehoda	2	4	8	0,574
Hromadná silniční nehoda	3	4	12	1,262
Únik nebezpečných látek ze stacionárních zařízení	3	4	12	1,128
Havárie v železniční dopravě s únikem nebezpečné látky	2	3	6	0,273
Silniční nehoda s únikem nebezpečné látky	3	3	9	0,850
Terorismus a diverzní činnost	1	4	4	0,121

Tabulka 25: Míra rizika po zohlednění vah

mimořádných událostí podle míry rizika, tzn. od nejvyšší míry rizika po nejnižší. V pravé části jsou ty samá rizika uspořádána podle míry rizika po zohlednění vah.

Riziko vzniku MU	Míra rizika	Riziko vzniku MU	Míra rizika po zohlednění vah
1. Povodně	12	1. Povodně	2,356
6. Sněhová kalamita, extrémní mráz	12	6. Sněhová kalamita, extrémní mráz	1,546
8. Hromadná silniční nehoda	12	8. Hromadná silniční nehoda	1,262
9. Únik toxických látek ze stacionárních zařízení	12	9. Únik toxických látek ze stacionárních zařízení	1,128
5. Dlouhotrvající vedro a sucho	9	11. Silniční nehoda s únikem nebezpečné látky	0,850
11. Silniční nehoda s únikem nebezpečné látky	9	5. Dlouhotrvající vedro a sucho	0,740
7. Hromadná železniční nehoda	8	7. Hromadná železniční nehoda	0,574
10. Havárie v železniční dopravě s únikem nebezpečné látky	6	10. Havárie v železniční dopravě s únikem nebezpečné látky	0,273
2. Zvláštní povodeň	5	2. Zvláštní povodeň	0,268
12. Terorismus a diverzní činnost	4	3. Epizootie	0,181
3. Epizootie	3	12. Terorismus a diverzní činnost	0,121
4. Epidemie	3	4. Epidemie	0,113

Tabulka 26: Rizika vzniku mimořádných událostí

Z tabulky je možné vidět, že v pořadí rizik vzniku mimořádné události podle závažnosti k určitým změnám došlo, i když změny nejsou nějak zásadní. Změny, které mohou nastat po zohlednění vah jsou závislé na odhadech expertů, především na jejich zkušenostech. Při výběru členů je nutno dbát nejen na jejich odbornou způsobilost, ale také na jejich povahové vlastnosti, komunikativnost a zkušenost z řešení problémů. Nevhodný výběr členů může zapříčinit výrazné ovlivnění výsledků.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Krömer, A. – Smetana, M.: Vyhodnocení existence rizik vzniku mimořádné události v podmínkách Moravskoslezského kraje. In: VI. ročník Mezinárodní konference medicíny katastrof. Zlín 24.-26-6.2002.
- [2] Možné ohrožení obyvatel. Dostupné na <http://www.opava-city.cz/scripts/detail.php?id=17487>
- [3] Vyhláška 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému

4.4 Hledání optimální cesty pro průjezd techniky potřebné pro řešení mimořádné události

ZADÁNÍ:

V obci Námestovo se stala mimořádná událost velkého rozsahu. Na zvládnutí mimořádné události je potřeba speciální techniky, která se nachází v obci Turzovka. Jelikož je nutné, aby se technika převezla co nejrychleji z počátečního místa do koncového, je potřeba nalézt takovou trasu, na které je nejmenší pravděpodobnost vzniku dopravních nehod, které by mohly techniku na cestě blokovat.

Rozložení měst na mapě znázorňuje obrázek 23.



Obrázek 23: Mapa k zadání

ÚLOHA:

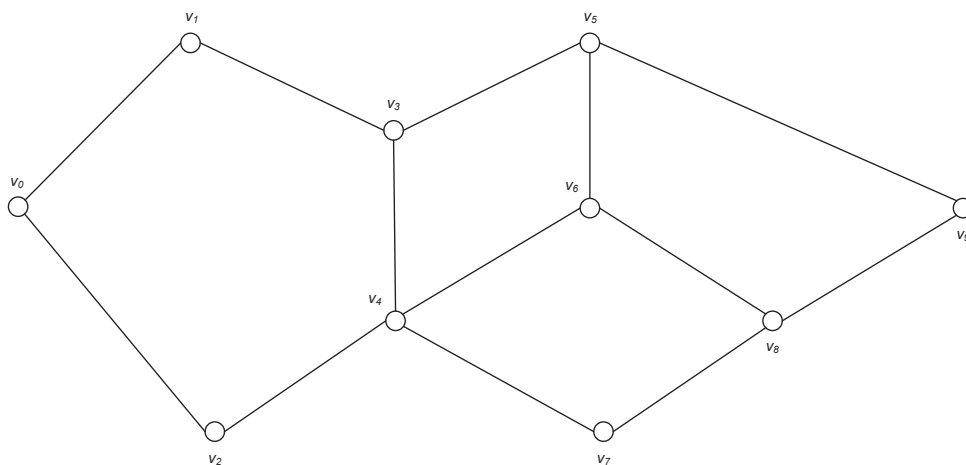
Nalezněte nejspolehlivější cestu z obce Turzovka do obce Námestovo.

POSTUP:

1. Na základě vstupních údajů určete vhodnou metodu řešení dané úlohy.
2. Vytvořte model zadání.
3. Zvolte kritérium pro ohodnocení hran grafu.
4. Na základě zvoleného kritéria určete optimální cestu v grafu z počátečního místa (Turzovka) do koncového místa (Námestovo).

ŘEŠENÍ:

Sestavíme model, ve kterém je symbolem v_0 označeno místo parkování speciální techniky a symbolem v_9 místo vzniku mimořádné události.



Obrázek 24: Model tras z místa parkování speciální techniky (Turzovka) do místa vzniku mimořádné události (Námestovo)

Ohodnocení hran představuje pravděpodobnost vzniku dopravních nehod (vycházeli jsme z rizikových map dostupných na www.eurorap.com a ze statistických údajů poskytnutých okresními ředitelstvími Policejního sboru SR).

Při určení pravděpodobnosti jsme využili vzorec pro výpočet ukazatele pravděpodobnosti vzniku dopravních nehod P_N :

$$P_N = \frac{N_0}{365 \cdot I},$$

Hrana	Hrana		Počet dopravních nehod za sledované období	Intenzita provozu
$v_0; v_1$	Turzovka	Čadca	37	4 051
$v_0; v_2$	Turzovka	Bytča	56	3 875
$v_1; v_3$	Čadca	Krásno n/Kysucou	71	8 365
$v_2; v_4$	Bytča	Žilina	93	6 375
$v_3; v_4$	Krásno n/Kysucou	Žilina	157	17 066
$v_3; v_5$	Krásno n/Kysucou	Stará Bystrica	44	2 967
$v_4; v_6$	Žilina	Terchová	96	9 556
$v_5; v_6$	Stará Bystrica	Terchová	63	5 873
$v_4; v_7$	Žilina	Martin	217	24 304
$v_7; v_8$	Martin	Párnica	78	8 217
$v_6; v_8$	Terchová	Párnica	57	3 081
$v_5; v_9$	Stará Bystrica	Námestovo	54	2 406
$v_8; v_9$	Párnica	Námestovo	58	6 033

Tabulka 27: Vrcholy grafu

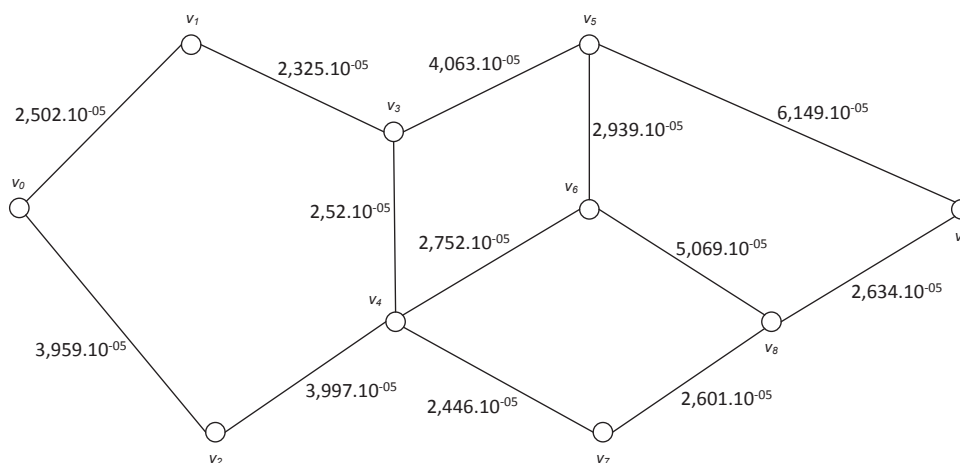
kde:

N_0 celkový počet nehod ve sledovaném období,

I celková denní intenzita provozu (počet vozidel za 24 hodin).

Tento ukazatel vypovídá o pravděpodobnosti vzniku nehody na určité komunikaci ve vztahu k jízděmu výkonu.

Ohodnocený graf potom vypadá následovně:

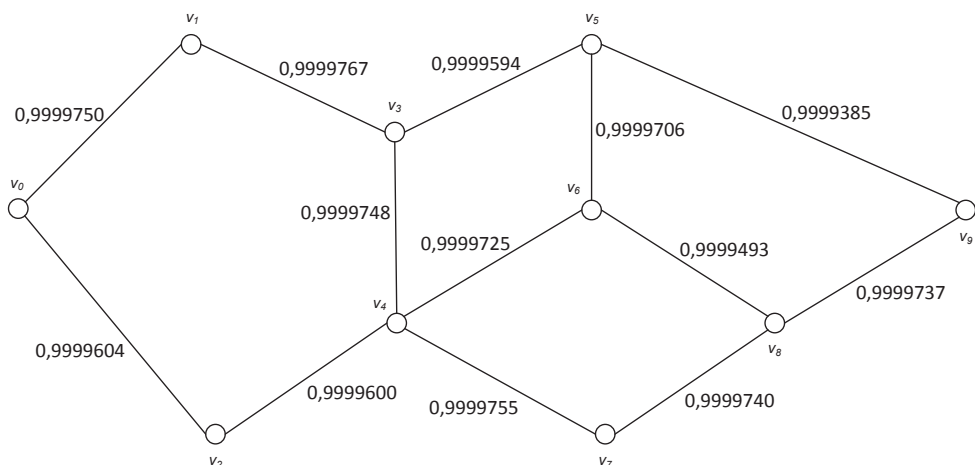


Obrázek 25: Graf s pravděpodobností neúspěšného průchodu hranou (pravděpodobnost vzniku dopravních nehod)

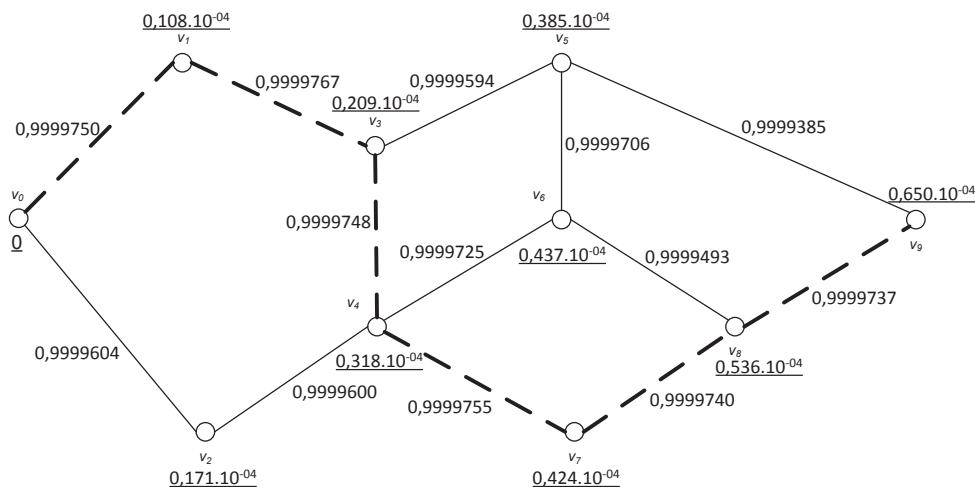
Graf ale můžeme prezentovat i v jiné podobě, a to s ohodnocením hran pravděpodobností, že na dané cestě nevznikne dopravní nehoda. Takto sestavený graf je prezentován na následujícím obrázku.

Na určení nejspolehlivější cesty v grafu vybíráme cestu, která je reprezentována nejvíce ohodnocenými hranami grafu na obrázku 27, případně nejméně ohodnocenými hranami grafu na obrázku 26.

Z grafu je zřejmé, že podle ohodnocení pravděpodobnosti vzniku silničních dopravních nehod by nejspolehlivější cestou byla cesta: Turzovka – Čadca – Krásno nad Kysucou – Žilina – Martin – Párnica – Námestovo.



Obrázek 26: Graf s pravděpodobnostmi úspěšného průchodu hranou (pravděpodobnost, že na cestě dopravní nehoda nevznikne)



Obrázek 27: Nalezení nejspolehlivější cesty

OTÁZKY:

Existují i jiná kritéria, podle kterých by mohla být trasa vybrána?

Existuje ve vašem okolí speciální záchranný útvar, který vyjíždí k závažným mimořádným událostem?

ÚLOHA:

Pokud se vám podařilo zjistit speciální záchranný útvar z předchozí otázky, vyhledejte informace o záchranné technice, s kterou disponuje. Pokuste se najít informace o mimořádných událostech, při kterých zasahoval. U vybrané mimořádné události informujte své kolegy o:

1. charakteru mimořádné události – kdy se stala, kde se stala, jaký byl její průběh a jaká byla příčina vzniku nehody (lidský faktor, mechanická závada, počasí),
2. organizaci záchranných prací – kdo zasahoval při mimořádné události, jaká byla využita technika apod.,
3. následcích mimořádné události – o ekonomických škodách, ztrátách na životech, počtu raněných, psychických následcích, škodách na životním prostředí apod.,
4. preventivních opatřeních, které byly navrženy, případně i aplikovány na redukcí míry rizika vzniku podobné mimořádné situaci.

PŘÍKAD ŘEŠENÍ:**Záchranný útvar HZS ČR – Hlučín**

Z důvodu vytrvalého sněžení již od brzkých ranních hodin 16. 2. 2012 zasahují skupiny specialistů Záchranného útvaru HZS ČR (ZÚ HZS ČR). Úkolem záchranářů je vyprošťování zapadlé techniky a zprůjezdění komunikací. Zásahy probíhají v Olomouckém a Pardubickém kraji. Bylo vysláno 14 příslušníků rozdělených do 4 zásahových skupin s touto technikou: T 815 8×8 VVN, 3 ks T 815 8×8 VT, T 815 S25 s radlicí a automobily vyprošťovací AV-30 a AV-15. Probíhá pravidelné střídání zasahujících příslušníků ZÚ HZS ČR a jejich logistická podpora. Další technika s osádkami je připravena na povolání k výjezdu.

Největší požár lesa za posledních 15 let u Bzence na Hodonínsku byl ohlášen 24. 5. 2012 krátce před 16 hodinou. Během 4 dnů se vystřídalo v místě mimořádné události více než 1 500 hasičů – více než 250 jednotek hasilo plochu cca 200 ha. Hašení komplikoval vítr a písčité terén lesa. Na místě požáru zasahoval i odřad Záchranného útvaru HZS ČR (ZÚ ze Zbirohu a Hlučína). Na této mimořádné události bylo nasazeno 27 příslušníků

ZÚ s 11 ks techniky (3× CAS, požární tank SPOT-55, vozidlo UDS-214, AV30 a další doprovodná vozidla). Zabezpečovali dálkovou dopravu vody – kyvadlový způsob cisternami. Požární tank hasil a skrápěl terén, dále také vytahoval pařezy. CAS se podílely dále na dohašování – prolévání požářiště (proti prohořívání kořenového systému). UDS 214 rozhrabávala valy, které se průběžně kontrolovaly termokamerou. AV-30 odtahovala poškozenou či jinak nepojízdnou techniku. Foto: archiv ZÚ HZS ČR.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Gros, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- [2] Dudorkin, J. Operační výzkum. Praha: ČVUT, 1997. 296 s.
- [3] Maňas, M. Matematické metody v ekonomice. Praha: SNTL, 1991. 189 s. ISBN 80-7079-157-8.
- [4] Mapy rizik v cestovní dopravě, online. [cit.2012-6-24]. Dostupné na WWW: www.eurorap.com.
- [5] Kožíšek, M. Operační a systémová analýza II. Praha: ČVUT, 1991. 237 s.
- [6] Pavlíček, F. Krizové stavy a doprava. Praha: ČVUT, 2001. 253 s. ISBN 80-01-02272-2.
- [7] Slabý, P. – Dlouhá, E.: Dopravní stavby a systémy 20, 30, Praha: ČVUT, 2005, ISBN 80-01-02453-9.
- [8] Vidriková, D.: Ochrana prvků kritické infrastruktury v cestnej dopravě, [cit.2012-6-26]. Dostupné na WWW: <http://www.logistickymonitor.sk/en/images/prispevky/ochrana-prvkov.pdf>
- [9] Volek, J.: Operační výzkum I, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-410-6.

4.5 Analýza rizik technické havárie zimního stadionu s únikem nebezpečné látky – amoniaku

ZADÁNÍ:

Na základě technické poruchy došlo k selhání chlazení zásobníku amoniaku v zimním stadionu v Opavě. Důsledkem nehody došlo k úniku značného množství čpavku.

ÚLOHA:

Určete zdrojové riziko, které může vyvolat synergický efekt, tj. iniciovat vznik dalších rizik, při dané situaci.

POSTUP:

1. Využijte metodu KARS.
2. Vytvořte seznam rizik, která mohou vzniknout při technické havárii zimního stadionu. Určete souvztažnost identifikovaných rizik a vytvořte kompletní tabulku souvztažnosti rizik včetně výpočtu součtů.
3. Vytvořte tabulku koeficientů aktivity a pasivity rizik a vypočítejte hodnoty koeficientů pro jednotlivá rizika.
4. Sestrojte graf souvztažnosti rizik a zakreslete osy O_1 a O_2 .
5. Proveďte vyhodnocení analýzy KARS a určete zdrojové riziko.
6. Určete vazby a činnosti vedoucí od zdrojového rizika k ostatním rizikům systému. Stanovte délku trvání činností mezi riziky.
7. Sestrojte graf vazeb.
8. Vypočítejte kritickou cestu pomocí metody CPM.
9. Znázorněte činnosti v Ganttově diagramu a označte kritické činnosti.

ŘEŠENÍ:

Pomocí vzorců uvedených v kapitole 1.7 jsme spočítali hodnoty koeficientů aktivity a pasivity rizik.

Hodnoty koeficientů nám posloužily k výpočtu (viz. opět kapitola 1.7) průniků os O_1 a O_2 s osami grafu x a y .

Výpočet os koeficientu aktivity a pasivity pro pokrytí 80 % všech rizik:

$$O_1 = 16,67 (80\%) \quad O_2 = 30 (80\%)$$

Rozdělení rizik do oblastí (kvadrantů):

I. Oblast **primárních** i **sekundárních** rizik:

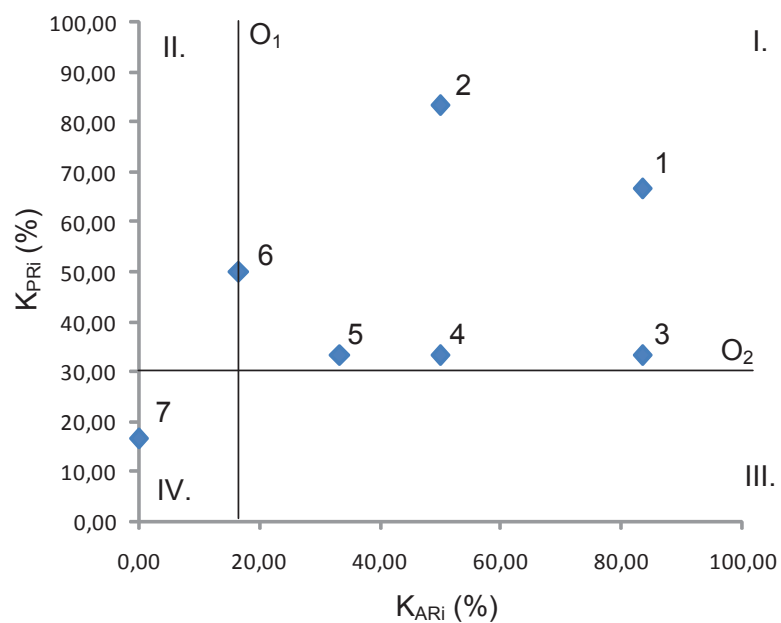
- výbuch nádrže,
- požár stavby,

	Riziko	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	Σ
1.	výbuch nádrže	0	1	1	1	1	1	0	5
2.	požár stavby	1	0	1	1	0	0	0	3
3.	požár nádrže	1	1	0	1	1	1	0	5
4.	vznik nebezpečné koncentrace látky	1	1	0	0	0	0	1	3
5.	narušení technologií včetně potrubí	1	1	0	0	0	0	0	2
6.	narušení stavby	0	1	0	0	0	0	0	1
7.	zasažení lidí, ŽP	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ		4	5	2	3	2	2	1	19

Tabulka 28: Tabulka souvztažnosti rizik

Riziko	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
KARi (%)	83,33	50	83,33	50	33,33	16,67	0
KPRi (%)	66,67	83,33	33,33	33,33	33,33	50	16,67

Tabulka 29: Tabulka koeficientů aktivity a pasivity rizik



Obrázek 28: Graf souvztažnosti rizik při pokrytí 80 % všech rizik

- požár nádrže,
- vznik nebezpečné koncentrace látky,
- narušení technologií včetně potrubí.

II. Oblast **sekundárných** rizik:

- narušení stavby.

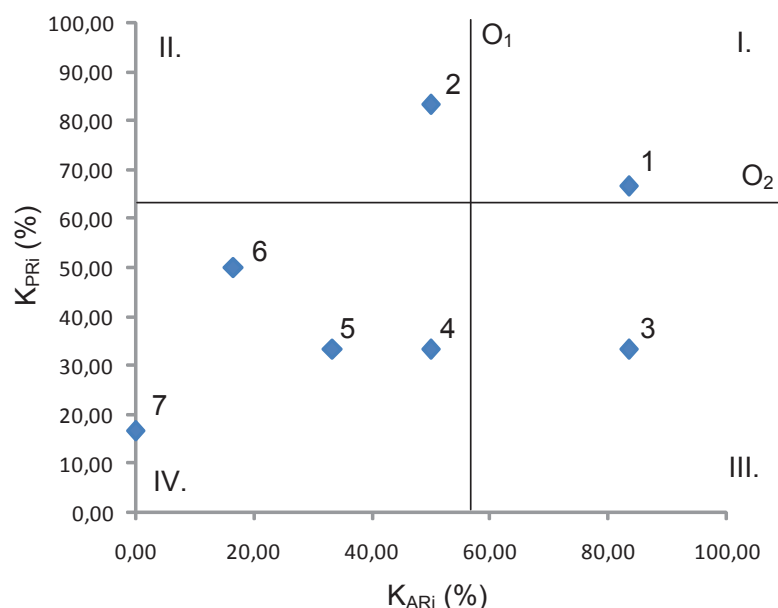
III. Oblast **primárních** rizik.

IV. Oblast **relativně bezpečná**:

- zasažení lidí, životního prostředí.

Pro výpočet os koeficientu aktivity a pasivity a určení zdrojového rizika jsme využili 30 % pokrytí všech rizik (zmenší se oblast primárních i sekundárných rizik):

$$O_1 = 58,33 \text{ (30 \%)} \quad O_2 = 63,33 \text{ (30 \%)}$$



Obrázek 29: Graf souvztažnosti rizik při pokrytí 30 % všech rizik

Jako zdrojové riziko byl identifikován výbuch nádrže s amoniakem. Toto riziko má potencionální vliv na vznik dalších rizik souvisejících s technickou havárií. Následně pomocí metody síťové analýzy CPM a Ganttova diagramu určíme kritické činnosti, které vedou ke vzniku dalších rizik, která jsou spojena s technickou havárií zimního stadionu.

Nejprve si seřadíme rizika podle intenzity působení, jak nám vyšlo z analýzy KARS.

Následně určíme vazby mezi riziky a činnostmi, které mají vliv na aktivaci dalších rizik. Stanovíme délky těchto činností.

Na základě údajů z předchozí tabulky sestavíme síťový diagram. Vypočítáme hodnoty časových ukazatelů vpřed i vzad a určíme kritickou cestu v grafu, která je znázorněna červeně.

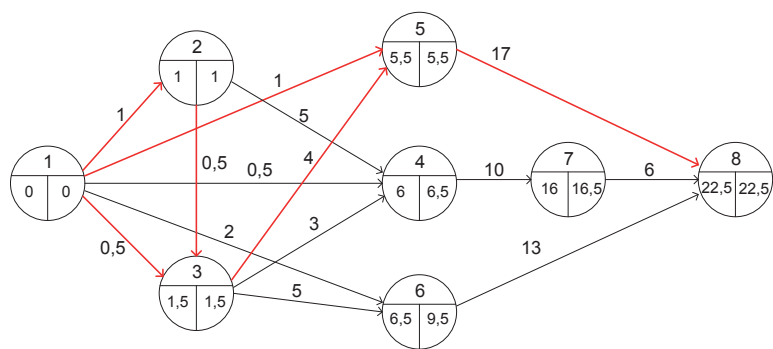
V softwarovém programu MS Project 2003 sestrojíme na základě činností a vazeb Ganttův diagram. V Ganttově diagramu opět určíme kritické činnosti, které se shodují s kritickou cestou v síťovém diagramu metody CPM.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Král, J. Krizový potenciál Královéhradeckého kraje, Diplomová práce, Fakulta ekonomicko-správní, univerzita Pardubice, 2009.

Uzel č.	Význam
1	výbuch nádrže
2	požár stavby
3	požár nádrže
4	vznik nebezpečné koncentrace látky
5	narušení technologií včetně potrubí
6	narušení stavby
7	zasažení lidí, ŽP
8	ukončení nebezpečné koncentrace

Tabulka 30: Seřazení rizik podle intenzity



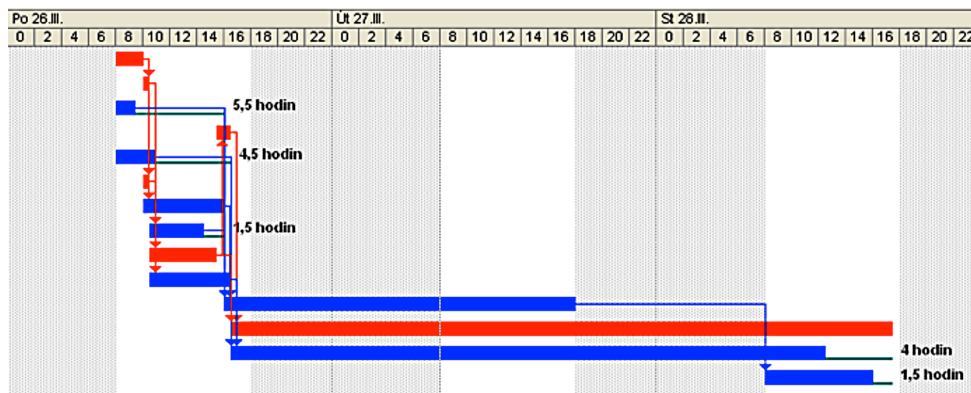
Obrázek 30: Síťový diagram a určení kritické cesty činností

Činnost č.	Činnost	Doba trvání činnosti (hod.)
t_{12}	ztráta požární odolnosti stavby při výbuchu	1
t_{13}	ztráta požární odolnosti nádrže při výbuchu	0,5
t_{14}	vznik nebezpečné koncentrace látky při výbuchu	0,5
t_{15}	ztráta požární odolnosti technologie při výbuchu	1
t_{16}	ztráta statické odolnosti stavby při výbuchu	2
t_{23}	nárůst teploty nad teplotu vzplanutí	0,5
t_{24}	ztráta statické odolnosti při požáru	5
t_{34}	ztráta statické odolnosti při požáru nádrže	3
t_{35}	ztráta požární odolnosti technologií při požáru nádrže	5
t_{36}	vznik nebezpečné koncentrace látky při požáru nádrže	5
t_{47}	zasažení ŽP při nárůstu nebezpečné koncentrace látky	10
t_{58}	zabezpečení narušených technologií	17
t_{68}	zabezpečení narušené stavby	12
t_{78}	snížení nebezpečné koncentrace pod přípustnou mez	6

Tabulka 31: Určení vazeb a časů činností mezi riziky

	 Task Name	Zpoždění vyrovnání	Doba trvání	Zahájení	Dokončení	Následníci
1	ztráta požární odolnosti stavby při výbuchu	0 upl.dny	1 hodina	26.3.12	26.3.12	6;7;2
2	ztráta požární odolnosti nádrže při výbuchu	0 upl.dny	0,5 hodin	26.3.12	26.3.12	8;9;10
3	vznik nebezpečné koncentrace látky při výbuchu	0 upl.dny	0,5 hodin	26.3.12	26.3.12	11
4	ztráta požární odolnosti technologie při výbuchu	0 upl.dny	1 hodina	26.3.12	26.3.12	12
5	ztráta statické odolnosti stavby při výbuchu	0 upl.dny	2 hodin	26.3.12	26.3.12	13
6	nárůst teploty nad teplotu vzplanutí	0 upl.dny	0,5 hodin	26.3.12	26.3.12	8;9;10
7	ztráta statické odolnosti při požáru	0 upl.dny	5 hodin	26.3.12	26.3.12	11
8	ztráta statické odolnosti při požáru nádrže	0 upl.dny	3 hodin	26.3.12	26.3.12	11
9	ztráta požární odolnosti technologií při požáru	0 upl.dny	4 hodin	26.3.12	26.3.12	12;4
10	vznik nebezpečné koncentrace látky při požáru	0 upl.dny	5 hodin	26.3.12	26.3.12	13
11	zasažení ŽP při nárůstu nebezpečné koncentrace	0 upl.dny	10 hodin	26.3.12	27.3.12	14
12	zabezpečení narušených technologií	0 upl.dny	17 hodin	26.3.12	28.3.12	
13	zabezpečení narušené stavby	0 upl.dny	13 hodin	26.3.12	28.3.12	
14	snížení nebezpečné koncentrace pod přípustnou	0 upl.dny	6 hodin	28.3.12	28.3.12	

Obrázek 31: Seznam činností v programu MS Project 2003



Obrázek 32: Ganttův diagram s označením kritických činností

- [2] Pacinda, Š.: Síťová analýza a metoda KARS, online [cit. 26. 3. 2012]. Dostupné na: http://www.population-protection.eu/attachments/027_vol2n1_pacinda.pdf
- [3] Paleček, M.: Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií, Praha, 2002.
- [4] Volek, J.: Operační výzkum I, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-410-6.
- [5] Zánická-Hollá, K. – Ristvej, J. – Šimák, L.: Posudzovanie rizík priemyselných procesov. Bratislava: Iura Edition, 2010. ISBN 978-80-8078-344-0.

5 Neřešené příklady

Kapitola je sestavena ze 7 příkladů, na kterých si studenti mohou samostatně nebo v skupinách vyzkoušet aplikaci metod z kapitol 1 a 2. Příklady jsou tvořeny všeobecným zadáním pro uvedení do problematiky, dále pak konkrétní úlohou a doporučeným postupem – tedy jakýmsi návodem, jak je možné problém vyřešit.

5.1 Plán převozu automobilů v případě vzniku povodní

ZADÁNÍ:

Úřad pro zastupování státu ve věcech majetkových, Obor Odloučené pracoviště Opava, jedná v řízení před soudy a úřady ve věcech týkajících se majetku státu namísto organizačních složek. V současnosti má ve svých skladech celkem 36 zabavených či státu propadlých osobních automobilů, o které se stará. Odloučené pracoviště Opava má sklad na ulici Holasická 71, tedy nedaleko řeky Opava. V roce 2002 byl sklad vyplaven a došlo ke značným škodám na majetku. Odloučené pracoviště Opava má v současnosti uzavřenou rámcovou smlouvu s odtahovou službou PantherCars (Stěbořice 213, Opava), která má k dispozici 4 odtahová vozidla, na která je možno naložit dva automobily.

ÚLOHA:

Vypracujte plán převozu automobilů (jako součást povodňového plánu) ze spádového skladu do nejbližšího skladu hmotných rezerv v případě vyhlášení III. stupně povodňové aktivity.

DOPORUČENÝ POSTUP:

1. Lokalizujte spádový sklad Úřadu pro zastupování státu ve věcech majetkových, Oboru Odloučené pracoviště Opava a jemu nejbližší sklad hmotných rezerv.
2. Naplánujte trasu převozu a taktéž alternativní trasu v případě zaplavení trasy původní.
3. Stanovte (například formou brainstormingu) repertoár činností od vyhlášení III. stupně povodňové aktivity až po ukončení převozu posledních automobilů. Stanovte dobu trvání jednotlivých činností.
4. Vhodnou metodou vypracujte plán převozu automobilů.
5. Identifikujte rizika, která mohou ohrozit projekt.
6. Interpretujte výsledek.

5.2 Rozhodnutí o instalaci protipovodňových zařízení

ZADÁNÍ:

Pracujete na oddělení havarijního a krizového řízení města Opava. Z historických údajů je zřejmé, že jednou z nejčastěji se opakujících mimořádných událostí přírodního charakteru jsou povodně. Vaším úkolem je navrhnout protipovodňová opatření v katastru obce.

ÚLOHA:

Na základě zvolených kritérií seřadte sestupně místa, kde je nutné instalovat protipovodňová opatření na snížení míry výskytu povodní.

DOPORUČENÝ POSTUP:

1. Určete kritéria rozhodování.
2. Proveďte párové porovnání kritérií.
3. Proveďte párové porovnání jednotlivých variant (alternativ) podle konkrétních kritérií.
4. Úlohu vypočítejte analyticky a následně ověřte výsledky pomocí programu Expert Choice.
5. Verifikujte výsledky.
6. Interpretujte výsledky.

5.3 Ekonomický přínos preventivního programu očkování proti chřipce

ZADÁNÍ:

Jedním z typových plánů je plán s názvem Epidemie. Dle tohoto plánu se epidemií rozumí takový výskyt infekčního onemocnění, kdy se v místní a časové souvislosti (tj. ve stejné lokalitě a v přibližně stejném čase) zvýší nemocnost tímto onemocněním nad hranici obvyklou v dané lokalitě a v daném období. V České republice (stejně jako kdekoliv v evropské lokalitě) je možný výskyt epidemií infekcí vyskytujících se v populaci, která není proti takovéto infekci odolná nebo v případě infekcí, jejichž výskyt je pro stát neobvyklý (pokud by došlo k importu a úmyslnému nebo neúmyslnému šíření). Může se jednat o salmonelózu, virovou hepatitidu, či chřipku.

Z těchto důvodů poradní výbor pro očkování zvažuje ekonomický přínos preventivního programu očkování proti chřipce. Pro takový program výbor zvažuje „systém včasného varování“, který by stál 120 mil. eur a umožnil by detekovat včas nástup chřipkové epidemie. Po zjištění počátku epidemie by se začalo s očkováním.

Pokud by program očkování nebyl realizován, odhaduje se, že náklady na léčbu by dosáhly:

1. 280 mil. € s pravděpodobností 10 %,
2. 400 mil. € s pravděpodobností 30 %,
3. 600 mil. € s pravděpodobností 60 %,

Samotný program očkování by stál 400 mil. € a pravděpodobnost toho, že chřipková epidemie přijde je odhadována na 75 %.

ÚLOHA:

Zjistěte, zda je vhodné systém včasného varování zavést.

DOPORUČENÝ POSTUP:

1. Vyberte vhodnou metodu řešení zadání.
2. Stanovte kritéria řešení.
3. Stanovte varianty řešení.
4. Proveďte výpočet.
5. Interpretujte výsledek.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Hružová, H. – Richter, J. – Švecová L.: Manažerské rozhodování. Cvičebnice s řešenými příklady. 2003. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská. ISBN 80-245-0486-3.
- [2] Šenovský, P.: Modelování rozhodovacích procesů. 2009. Ostrava. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, katedra Požární ochrany a ochrany obyvatelstva.

5.4 Emisní projekce

ZADÁNÍ:

Jedním z typových plánů je plán s názvem Dlouhodobá inverzní situace. Dle jeho současného znění může dlouhotrvající povětrnostní situace s inverzí teploty a slabým větrem pod 2 m/s, jejímž důsledkem jsou špatné podmínky rozptylu znečišťujících látek v ovzduší, s možností jejich následné akumulace v blízkosti zemského povrchu, vyvolat vznik krizové situace.

Podle druhu znečišťujících látek a stávající legislativy rozdělujeme následky inverze do dvou skupin. Může dojít k smogové situaci nebo ke kombinaci a spolupůsobení dlouhodobé inverzní situace a chemické havárie. Typový plán se zabývá prvním scénářem.

Dle zákona 201/2012 Sb., o ovzduší je smogová situace definována jako stav mimořádně znečištěného ovzduší, kdy úroveň znečištění oxidem siřičitým (SO_2), oxidem dusičitým (NO_2), částicemi PM_{10} nebo troposférickým ozonem překročí některou z prahových hodnot uvedených v příloze 6 zákona o ovzduší za podmínek uvedených také v této příloze.

Dle tohoto zákona taktéž vyplývá, že Ministerstvo životního prostředí provádí na základě shromažďovaných dat emisní inventuru, spočívající ve zjišťování celkového množství znečišťujících látek, které byly v předchozím kalendářním roce vneseny do ovzduší. Ministerstvo každý rok zveřejní zprávu o ochraně ovzduší zpracovanou na základě dat z informačního systému kvality ovzduší.

ÚLOHA:

Na základě přístupných informací vykonajte emisní projekci, spočívající v odhadu vývoje množství znečišťujících látek, které budou vneseny do ovzduší v dalších kalendářních letech.

DOPORUČENÝ POSTUP:

1. Zajistěte potřebná data.
2. Data zpracujte graficky.
3. Vykonajte odhad vývoje množství znečišťujících látek.
4. Interpretujte výsledek.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Ramík, J. – Čemerková, Š.: Statistika B. 1998. Karviná. Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné. ISBN 80-7248-001-4.
- [2] Typový plán Dlouhodobá inverzní situace.
- [3] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.
- [4] Zpráva o ochraně ovzduší (aktuální).

5.5 Optimalizace harmonogramu činností při narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu

ZADÁNÍ:

Rozsah krizové situace dlouhodobé narušení dodávek ropy a ropných produktů bude mít celorepublikový charakter a lze předpokládat její déle trvající působení. ČR je závislá na dodávkách ropy ropovody Družba a IKL (domácí produkce činí nevýznamné množství). Výroba pohonných hmot v českých rafinériích bezprostředně souvisí s těmito dodávkami, a to jak v množství, tak i kvalitě ropy, která je v rafinériích zpracovávána. Proto lze za nejpravděpodobnější a nejvíce reálné nebezpečí vzniku krizové situace považovat přerušení těchto dodávek (z důvodů politických, ekonomických, technických apod.).

Světové dodávky ropy byly v roce 2005 narušeny působením ničivého hurikánu Katrina. Ropné společnosti byly nuceny kvůli přechodu hurikánu Katrina přes Mexický záliv uzavřít celkem 92 % těžby ropy v této oblasti a 83 % těžby zemního plynu. Výpadky produkce ropy a ropných produktů způsobené hurikánem narušily světové dodávky ropy, a měly tudíž dopad také na dodávky ropy do Evropského společenství.

Česká republika je od roku 2001 členem IEA (Mezinárodní energetická agentura) a právě v r. 2005 se podílela na kolektivní akci uvolnění zásob, která byla vyhlášena ke zmírnění následků hurikánu Katrina. Jednou z hlavních povinností, které pro ČR z jejího členství vyplývají, je povinnost udržovat zásoby ropy a pohonných hmot na úrovni alespoň 90 dní. Tyto zásoby drží a spravuje Správa státních hmotných rezerv, která také ČR v klíčových výborech IEA zastupuje. Jako reakci na situaci v roce 2005 vydala Správa státních hmotných rezerv harmonogram činností při krizové situaci.

ÚLOHA:

Vykonejte rozbor jednotlivých činností uvedených v harmonogramu činností při krizové situaci. V případě potřeby harmonogram optimalizujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Typový plán – Narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu.
- [2] Doporučení Komise ze dne 7. prosince 2005 o uvolnění nouzových zásob ropy v důsledku narušení dodávek způsobeného hurikánem Katrina.

5.6 Údržba sjízdnosti pozemních komunikací po dobu sněhové kalamity

ZADÁNÍ:

V zimních obdobích je průjezdnost silnic omezena nebo zcela znemožněna zasněžením nebo zledovatěním pozemních komunikací. V našich klimatických podmínkách mají sněhové kalamity ve většině případů pouze regionální rozsah. Podobně jako při záplavách dochází k přerušení dopravy na postižených místech a k dočasné izolaci těchto oblastí od okolí. Sněhové srážky mohou v regionu i na celém území státu narušit dopravní systém až do úrovně vyhlášení krizového stavu.

V první polovině ledna roku 2010 bojovalo téměř celé Česko s přívaly sněhu. Nejzávažnějším dopravním výpadkem bylo šestihodinové uzavření hlavního železničního tahu na Slovensko. Také silničáři byli nuceni uzavírat jednotlivé úseky komunikací. Silničáři v Opavě se během časných ranních hodin zabývali pouze silnicemi první třídy, které po odplužení neustále padajícího sněhu sypali solí. Ráno sněžilo ještě silněji, a směny proto musely nasadit nejenom veškerou techniku opavského střediska, ale i tu předem nasmlouvanou od jiných poskytovatelů. Odpoledne se zaměstnanci se stroji přemístili na silnice druhé a třetí třídy.

Pokud se v takové situaci složky IZS MSK potřebují neprodleně dostat do nějaké obce, kontaktují středisko správy silnic Moravskoslezského kraje, zdali je silnice do dané obce sjízdná, či nikoliv. V případě, že silnice sjízdná není, probíhá spolupráce silničářů a IZS. Pluh okamžitě vyrazí k této obci a díky tomu utváří cestu dopravním prostředkům IZS.

ÚLOHA:

Vytvořte návrh, podle kterého by mohla probíhat zimní údržba cest ORP Opava, které spravuje cestmistrovství Opava v období, kdy není možno udržet všechny cesty sjízdné.

DOPORUČENÝ POSTUP:

1. Zaznamenejte na mapě vybranou oblast.
2. Určete a následně na mapě barevně rozlište pořadí údržby sjízdnosti silnic v dané oblasti.

3. Vybranou oblast překreslete do grafu, v němž jsou obce a křižovatky zastoupeny vrcholy a jednotlivé trasy jsou zakresleny pomocí hran.
4. Stanovte kritéria na ohodnocení hran. Kritériím přiřaďte normované hodnoty. Ohodnoťte hrany.
5. Sestavte graf s ohodnocenými hranami.
6. Vytvořte návrh údržby.
7. Interpretujte výsledek.
8. Identifikujte problémy při výpočtu.

OTÁZKA:

Jaké problémy v praxi by mohly váš návrh zkomplikovat?

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.
- [2] Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.
- [3] Plán zimní údržby silnic I., II. a III. tříd na území Moravskoslezského kraje.

5.7 Statistické zkoumání dopravních nehod

ZADÁNÍ:

Krizovým stavem v dopravě lze chápat stav, kdy je narušena normální funkce odvětví dopravy nebo celého dopravního systému a navození normálního stavu není zvládnutelné pomocí integrovaného záchranného systému, speciálními službami a prostředky resortu dopravy, které jsou běžně dosažitelné. Pro obnovení funkčnosti systému je nutné využít sil a prostředků rozpracovaných v krizových plánech subjektu hospodářské mobilizace resortu dopravy.

Dopravní nehody můžeme považovat za mimořádné události uvnitř dopravního systému, protože na jejich vznik mají vliv tyto faktory:

1. vozidlo,
2. dopravní cesta a prostředí,

3. člověk (řidič, chodec, cyklista).

Ze statistických údajů posledních let vyplývá, že lidský činitel je hlavní příčinou dopravních nehod a způsobí až 85 % všech dopravních nehod. Dopravní cesta a prostředí je příčinou vzniku až 10 % dopravních nehod a vozidlo a jeho technický stav 5 % nehod.

Roky	Počet DN	Počet usmrcených	Počet těžce raněných	Počet lehce raněných
2001	185 664	1 219	5 493	28 297
2002	190 718	1 314	5 492	29 013
2003	195 851	1 319	5 253	30 312
2004	196 484	1 215	4 878	29 543
2005	199 262	1 127	4 396	27 974
2006	187 965	956	3 990	24 231
2007	182 736	1 123	3 960	25 382
2008	160 376	992	3 809	24 776
2009	74 815	832	3 536	23 777
2010	75 522	753	2 823	21 610

Tabulka 32: Statistické údaje o počtu dopravních nehod v letech 2001 až 2010 na území ČR

ÚLOHA 1:

Analyzujte statistické údaje sociálního rizika – dopravní nehody.

DOPORUČENÝ POSTUP:

1. Vyneste do grafu body proměnných roky a počet dopravních nehod.
2. Zdůvodněte výrazný úbytek počtu dopravních nehod v letech 2009 a 2010.
3. Určete rovnici křivky v lineárním tvaru pro nezávisle proměnnou roky a závisle proměnnou počet dopravních nehod.
4. S pomocí rovnice křivky určete prognózu vývoj počtu dopravních nehod na dalších 5 let dopředu.
5. Určete míru závislosti mezi počtem dopravních nehod a počtem usmrcených účastníků silničního provozu.

ÚLOHA 2:

Vytvořte seznam faktorů, které mohou mít vliv na vznik mimořádné události v silniční (příp. jiné) dopravě.

DOPORUČENÝ POSTUP:

1. Zvolte si předmět a způsob přepravy.
2. Zvolte vhodnou metodu na stanovení faktorů, které mohou mít vliv na vznik dopravní nehody při vámi vybrané přepravě.
3. Stanovte tyto faktory.
4. Interpretujte výsledky.
5. Porovnejte své závěry s kolegy.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Chmelík, J. a kol.: Dopravní nehody. Plzeň: Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-211-0.
- [2] Porada, V. a kol: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi. Praha: Linde Praha, 2000. ISBN 80-7201-212-6.
- [3] Soušek, R. a kol.: Krizové řízení v dopravě. Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s., 2002. ISBN 80-86530-06-X.

Literatura

- [1] Brázdová, M. 2007. Využití některých metod teorie grafů při řešení dopravních problémů. online. [cit.2012-7-24]. Dostupné na:
http://perverscontacts.upce.cz/05_2007/Brazdova.pdf
- [2] Doporučení Komise ze dne 7. prosince 2005 o uvolnění nouzových zásob ropy v důsledku narušení dodávek způsobeného hurikánem Katrina.
- [3] Dudorkin, J. Operační výzkum. Praha: ČVUT, 1997. 296 s. ISBN 80-01-02469-5.
- [4] GROS, I. 2003. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- [5] Hružová, H. – Richter, J. – Švecová, L.: Manažerské rozhodování. Cvičebnice s řešenými příklady. 2003. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská. ISBN 80-245-0486-3.
- [6] Chmelík, J. a kol.: Dopravní nehody. Plzeň: Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978- 80-7380-211-0.
- [7] Kozíšek, M. Operační a systémová analýza II. Praha: ČVUT, 1991. 237 s.
- [8] Král, J.: Krizový potenciál Královéhradeckého kraje, Diplomová práce, Fakulta ekonomicko-správní, univerzita Pardubice, 2009.
- [9] Krömer, A. – Smetana M.: Vyhodnocení existence rizik vzniku mimořádné události v podmínkách Moravskoslezského kraje. In: VI. ročník Mezinárodní konference medicíny katastrof. Zlín 24.–26. 6. 2002.
- [10] Mañas, M. Matematické metody v ekonomice. Praha: SNTL, 1991. 189 s. ISBN 80-7079-157-8.
- [11] Mapy rizik v cestní dopravě, online. [cit.2012-6-24]. Dostupné na:
www.eurorap.com
- [12] Možné ohrožení obyvatel. Dostupné na:
<http://www.opava-city.cz/scripts/detail.php?id=17487>
- [13] Pacinda, Š.: Síťová analýza a metoda KARS, online [cit. 26. 3. 2012]. Dostupné na:
http://www.populationprotection.eu/attachments/027_vol2n1_pacinda.pdf
- [14] Paleček, M.: Postupy a metodiky analýz a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií, Praha, 2002.

- [15] Pavlíček, F. Krizové stavy a doprava. Praha: ČVUT, 2001. 253 s. ISBN 80-01-02272-2.
- [16] Plán zimní údržby silnic I., II. a III. tříd na území Moravskoslezského kraje.
- [17] Porada, V. a kol.: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi. Praha: Linde Praha, 2000. ISBN 80-7201-212-6.
- [18] Ramík, J. – Čemerková, Š.: Statistika B. Karviná. Slezská univerzita v Opavě, Obchodně podnikatelská fakulta v Karviné. 1998. ISBN 80-7248-001-4.
- [19] Slabý, P. – Dlouhá, E.: Dopravní stavby a systémy 20, 30, Praha: ČVUT, 2005, ISBN 80-01-02453-9.
- [20] Soušek, R. a kol.: Krizové řízení v dopravě. Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s., 2002. ISBN 80-86530-06-X.
- [21] Šenovský, P.: Modelování rozhodovacích procesů. 2009. Ostrava. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, katedra Požární ochrany a ochrany obyvatelstva.
- [22] Štětina, J. a spol. Medicína katastrof a hromadných neštěstí. Praha: Grada Publishing, 2000. 429 s. SBN: 80-7169-688-9.
- [23] Typový plán: Narušení dodávek ropy a ropných produktů velkého rozsahu.
- [24] Typový plán: Dlouhodobá inverzní situace.
- [25] Vidříková, D.: Ochrana prvků kritickej infraštruktury v cestnej doprave, [cit.2012-6-26]. Dostupné na:
<http://www.logistickymonitor.sk/en/images/prispevky/ochrana-prvkov.pdf>
- [26] Volek, J.: Operační výzkum I, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-410-6.
- [27] Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.
- [28] Vyhláška 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému.
- [29] Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.
- [30] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.
- [31] Zánická-Hollá, K. – Ristvej, J. – Šimák, L.: Posudzovanie rizík priemyselných procesov. Bratislava: Iura Edition, 2010. ISBN 978-80-8078-344-0.

Seznam obrázků

1	Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle statistického znaku . .	9
2	Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle statistického znaku . .	9
3	Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle intervalů statického znaku	10
4	Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle intervalů statického znaku	11
5	Graf rozdělení počtu statistických jednotek podle 1. statistického znaku a intervalů 2. statistického znaku	12
6	Regresní analýza	17
7	Schéma systému hromadné obsluhy (Gross, 2003)	20
8	Schéma stochastického rozhodovacího stromu	24
9	Deterministický strom	25
10	Myšlenková mapa na téma význam myšlenkových map	27
11	Myšlenková mapa pro organizaci konference	27
12	Vývojový diagram kontroly funkčnosti žárovky	29
13	Třídění občanů podle druhu ukradeného majetku	38
14	Podíl počtu občanů podle druhu ukradeného majetku	38
15	Třídění občanů podle intervalů investic do prevence	40
16	Podíl počtu občanů podle intervalů investic do prevence	40
17	Třídění občanů podle pohlaví a důležitosti prevence	41
18	Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů	43
19	Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů s lineární trendovou křivkou	44
20	Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů s kvadratickou trendovou křivkou	45
21	Graf závislosti investic do prevence od příjmů občanů s logaritmickou trendovou křivkou	45
22	Výstup ze softwarového programu WinQSB (model se 7 zasahujícími hasiči)	50

23	Mapa k zadání	61
24	Model tras z místa parkování speciální techniky (Turzovka) do místa vzniku mimořádné události (Námestovo)	62
25	Graf s pravděpodobností neúspěšného průchodu hranou (pravděpodobnost vzniku dopravních nehod)	64
26	Graf s pravděpodobností úspěšného průchodu hranou (pravděpodobnost, že na cestě dopravní nehoda nevznikne)	65
27	Nalezení nejspolehlivější cesty	65
28	Graf souvztažnosti rizik při pokrytí 80 % všech rizik	70
29	Graf souvztažnosti rizik při pokrytí 30 % všech rizik	71
30	Síťový diagram a určení kritické cesty činností	72
31	Seznam činností v programu MS Project 2003	74
32	Ganttův diagram s označením kritických činností	74

Seznam tabulek

1	Jednoduché třídění statistických jednotek	8
2	Skupinové třídění statistických jednotek	10
3	Kombinační třídění statistických jednotek podle dvou statistických znaků	11
4	Kontingenční tabulka s empirickými početnostmi, kde $r = 4$ a $s = 3$. .	15
5	Tabulka četnosti	15
6	Testovací kritérium	16
7	Rozhodovací tabulka	30
8	Rozhodování o přijetí studenta na zkoušku	31
9	Souvztažnost rizik – výčet rizik	33
10	Vyplněná diagonála tabulky souvztažnosti rizik	34
11	Tabulka souvztažnosti rizik – součty aktivit a pasivit	35
12	Tabulka koeficientů aktivit a pasivit rizik	35
13	Jednoduché třídění občanů podle ukradeného majetku	37

14	Skupinové třídění občanů podle intervalů investic do prevence	39
15	Třídění občanů podle důležitosti prevence a pohlaví	41
16	Tabulka teoretických početností	42
17	Testovací kritérium	42
18	Výsledky pravděpodobností a pomocné výpočty	48
19	Výsledky modelů s odlišným počtem hasičů	50
20	Hodnotící stupnice pro pravděpodobnost vzniku mimořádné události . .	54
21	Hodnotící stupnice pro závažnost důsledků	55
22	Míra rizik	56
23	Ohodnocení rizika bodováním jednotlivými posuzovateli E_i	57
24	Váhy rizik	58
25	Míra rizika po zohlednění vah	59
26	Rizika vzniku mimořádných událostí	60
27	Vrcholy grafu	63
28	Tabulka souvztažnosti rizik	69
29	Tabulka koeficientů aktivity a pasivity rizik	69
30	Seřazení rizik podle intenzity	72
31	Určení vazeb a časů činností mezi riziky	73
32	Statistické údaje o počtu dopravních nehod v letech 2001 až 2010 na území ČR	83