

# URČOVANIE ZRANITEĽNÝCH MIEST DOPRAVNEJ SIETE S VYUŽITÍM VIACKRITERIÁLNEHO ROZHODOVANIA

## TRANSPORT NETWORK VULNERABILITY DETERMINATION USING MULTICRITERIA DECISION- MAKING

Michal Titko<sup>1</sup>, Andrea Byrtusová<sup>2</sup>

---

*Anotace: Tento článok sa zaoberá určovaním zraniteľných prvkov dopravnej siete s využitím metód viackriteriálneho rozhodovania. Na účel určovania zraniteľnosti bola použitá konkrétna metóda AHP - Analytic Hierarchy Process. Táto metóda je aplikovaná na reálnych úsekoch cestnej siete Slovenskej republiky. Jednotlivé úseky sú posúdené na základe vybraných kritérií a princípoch zvolenej metódy.*

*Klíčová slova: zraniteľnosť, dopravná sieť, viackriteriálne rozhodovanie.*

*Summary: This article discusses transport network elements vulnerability identification using methods of multicriteria decision-making. For the purpose of the vulnerability determining the method AHP (Analytic Hierarchy Process) was used. This method is applied to real sections of road of the Slovak Republic. The individual sections are assessed based on selected criteria and principles of the chosen method.*

*Key words: vulnerability, transportation network, multicriteria decision-making .*

### ÚVOD

Dopravná sieť je dôležitá hlavne z pohľadu zabezpečovania národných priorít ako sú ekonomická udržateľnosť a rast, sociálny rozvoj, zaistenie požadovanej úrovne bezpečnosti a verejného poriadku, zabezpečenie operačných schopností ozbrojených síl a pod. Spoľahlivosť a výkon dopravnej siete má zároveň zásadný vplyv na služby, ktoré sú poskytované v iných odvetviach. V mnohých prípadoch dopravná sieť predstavuje prepojenie rôznych odvetví. Z toho dôvodu je pochopenie slabých (zraniteľných) miest dopravnej siete, teda pochopenie jej zraniteľnosti voči katastrofám, dôležitá hlavne pre národnú bezpečnosť a zvládanie katastrof, ale je taktiež dôležité vo vývoji a manažmente dopravného plánovania.

Skutočnosti ohrozujúce bezpečnosť a prevádzkyschopnosť dopravnej siete vznikajú náhodne, prípadne sú umelo vyvolané a napriek tomu, že sú niektoré tiež kauzálne podmienené, nie je ich možné spoľahlivo predvídať. Z uvedeného dôvodu nie je možné žiadny prvok dopravnej siete spoľahlivo, komplexne a úplne bezpečne ochrániť. Na druhej strane je ale možné znižovať mieru rizika spomínaných skutočností. Berdica (1) uvádza, že za

---

<sup>1</sup> Ing. Michal Titko, PhD., Žilinská univerzita v Žiline Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra krízového manažmentu, Ul. 1 mája 32, 010 26 Žilina, Tel.: +421 41 513 6713, E-mail: [michal.titko@fbi.uniza.sk](mailto:michal.titko@fbi.uniza.sk)

<sup>2</sup> Ing. Andrea Byrtusová, PhD., Žilinská univerzita v Žiline Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra bezpečnostného manažmentu, Ul. 1 mája 32, 010 26 Žilina, Tel.: +421 41 513 6661, E-mail: [andrea.byrtusova@fbi.uniza.sk](mailto:andrea.byrtusova@fbi.uniza.sk)

zníženie rizík, ktoré sú spojené s výskytom rôznych krízových javov je možno považovať a docieľiť znížením zraniteľnosti ohrozených prvkov.

Zníženie miery zraniteľnosti je možné docieľiť radom preventívnych opatrení. Základným a nutným predpokladom pre realizáciu takýchto opatrení je správna identifikácia zraniteľných miest dopravnej siete. Identifikácia zraniteľných miest sa vo všeobecnosti uskutočňuje určením miery zraniteľnosti konkrétnych prvkov systému, čo vychádza z definícií pojmu zraniteľnosti.

V súvislosti s dopravnou sieťou neexistuje žiaden konsenzus definície zraniteľnosti. Zraniteľnosť môže predstavovať celkovú citlivosť siete na konkrétne krízové javy ako aj veľkosť dopadov plynúcich z týchto javov (2). Niektorí autori (3), (4) tvrdia, že systém môže byť zraniteľný voči určitým ohrozeniam, ale zároveň odolný voči iným a preto je potrebné brať do úvahy špecifické riziká a ich charakter. Viacerí autori sa však zhodli, že zraniteľnosť v súvislosti s dopravnou sieťou predstavuje mieru straty schopností prvkov siete plniť svoje funkcie (1), (5), (6), (7), (8). Novšie prístupy posudzovania zraniteľnosti sa nesústreďujú samostatne iba na jeden špecifický aspekt zraniteľnosti, akým je napr. spomínaná citlivosť alebo dopady, ale zaoberajú sa rozmanitými faktormi, ktoré ovplyvňujú zraniteľnosť a zároveň ich vzájomnou prepojenosťou (9), (10).

V tomto článku je preto na určovanie zraniteľných miest navrhnutý a použitý prístup, ktorý využíva princípy multikriteriálneho rozhodovania, a ktorý umožňuje adresne zachytiť dva dôležité aspekty:

- rozmanitosť činiteľov, ktoré ovplyvňujú mieru zraniteľnosti, pomocou špecifických kritérií,
- kombináciu rôzneho spôsobu vyjadrenia skutkového stavu (rôzne merné veličiny a jednotky, kvalitatívne a kvantitatívne vyjadrenie) do jednej hodnoty.

## 1. POUŽITÉ METÓDY

Metódy multikriteriálneho (viackriteriálneho) rozhodovania slúžia na podporu procesu rozhodovania. Za pomoci týchto metód je možné rozhodnúť o možných riešeniach prostredníctvom porovnania viacerých variantov riešenia na základe premysleného a podloženého dôvodu, ktorým sú konkrétne kritériá. Dôležitejším krokom pri využití týchto metód je nesporne výber kritérií. Kritériá by mali zohľadňovať dôležité vlastnosti variantov, ktoré sa považujú za podstatné pre plnenie funkcií a úloh skúmaného problému. Dôležité je taktiež stanoviť význam (váhu) jednotlivých kritérií pre dané rozhodovanie, pretože nie každé kritérium má rovnakú váhu pre konkrétny proces rozhodovania.

Existuje viacero rozličných metód viackriteriálneho rozhodovania, ktoré majú v zásade rovnaký princíp. Ten spočíva v posúdení niekoľkých variantov riešenia zadaného problému podľa zvolených kritérií a stanovenie poradia variantov. Jednotlivé metódy sa líšia podľa toho, akým spôsobom sa stanovuje tzv. váha jednotlivých kritérií a ako sa číselne hodnotí stupeň, ktorým jednotlivé varianty riešenia napĺňajú zvolené kritériá.

Zohľadnením základných vlastností a nedostatkov jednotlivých metód a zároveň braním do úvahy účel metódy (posúdenie zraniteľnosti) bola na posúdenie zraniteľnosti prvkov

dopravnej siete určená metóda AHP - Analytic Hierarchy Process - „analytická viacúrovňová metóda“. AHP je vo svojej podstate založená na párovom porovnávaní stupňa významnosti jednotlivých kritérií a miery toho, ako hodnotené varianty tieto kritériá spĺňajú. Stupnica hodnotenia je však podstatne komplexnejšia, čo do istej miery znižuje mieru subjektívnosti, ktorá je hlavným problémom úloh viackritériálneho rozhodovania (viac napr. v (11)).

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Kritérium A								X	X	Kritérium B
	Veľmi silný	Silný	Stredný	Slabý	Rovnaký	Slabý	Stredný	Silný	Veľmi silný	

Zdroj: Spracované podľa (11)

Obr. 1 - Formulár na posudzovanie vplyvu 2 kritérií

## 2. APLIKÁCIA METÓDY

Metóda viackritériálneho rozhodovania AHP bola použitá na výber najzraniteľnejšieho dopravného úseku na základe zvolených kritérií. Vybrané úseky sú reálnymi prvkami dopravnej siete Slovenskej republiky. Aplikácia metódy na skutočnom príklade ma poukázať na možnosť jej využitia v predmetnej oblasti.

### 2.1 Posudzované prvky dopravnej siete

Ako súbory pokusných prvkov boli vybrané štyri konkrétne úseky dopravnej siete, ktoré predstavujú varianty riešenia, pre ktoré sa budeme rozhodovať. Dané úseky boli vybrané cielene. Snahou bolo posúdiť dopravné úseky rôznej kategórie, pretože tie by podľa predpokladu mohli vykazovať rozdielne úrovne zraniteľnosti – teda diaľnice, cesty I., II. a III. triedy. Zároveň sa jedná o úseky, ktoré boli v minulosti postihnuté vplyvom krízových javov. Posudzované úseky boli tieto:

#### A. Úsek 1 – diaľnica (D1): Košice – Prešov

Daný úsek predstavuje diaľničný úsek medzi jej začiatkom pri obci Vajkovce až po ďalší možný zjazd pri obci Drienov a opačne, pričom ide približne o 10 km dlhý úsek. Ide o diaľničné prepojenie národného významu, dôležité tak pre osobnú ako aj nákladnú dopravu. Pri dostavaní ďalších diaľničných úsekov, bude celkovo táto diaľnica predstavovať prepojenie východu a západu Slovenska. Priemerná intenzita dopravy je 14 873 vozidiel/deň (12). Náklady na opravu resp. obnovu časti tohto úseku by boli finančne vysoké a pri vážnejšom poškodení by mohlo dôjsť k dlhšej odstávke tohto úseku. Daný úsek pretína rieka Torysa, na ktorej boli v minulosti viackrát zaznamenané povodne. Znefunkčnenie daného úseku by predstavovalo na trase Košice Prešov časovú stratu od 10 do 30 min, kvôli nutnej obchádzke, čo by spôsobilo komplikácie predovšetkým nákladnej doprave.

#### B. Úsek 2 – cesta I. triedy (79): Trebišov – Veľpaty

Úsek 2 predstavuje dôležitý úsek cesty I. triedy, ktorý prepája hlavný ťah z Trebišova smerom na juh východného Slovenska a predstavuje taktiež prepojenie do/z Maďarska. Môžeme povedať, že ide o úsek regionálneho významu. Úsek je využívaný vo veľkej miere

prepravcami nákladnej dopravy ako aj osobnou dopravou. Priemerná intenzita dopravy je 4 278 vozidiel/deň (12). Ide o úsek taktiež dlhý približne 10 km. Obchádzka je možná aj do 10 minút. V minulosti neboli zaznamenané udalosti, ktoré by zásadným spôsobom ovplyvnili prevádzku na tomto úseku.

### **C. Úsek 3 – cesta II. triedy (552): Bohdanovce - Nižná Hutka**

Úsek cesty II. triedy, v minulosti viackrát zasiahnutý povodňami a zosuvmi pôdy, naposledy v roku 2010, v ktorom bol prírodnými vplyvmi odstavený tento úsek na niekoľko mesiacov. Inak je to významný úsek hlavne pre okolité obce, ktorých obyvatelia touto trasou dochádzajú do práce (do Košíc). Priemerná intenzita dopravy je 6 287 vozidiel/deň (12). Tento úsek pretínajú 2 rieky: Torysa a Ondava, ktoré spôsobujú pri zvýšených úhrnoch zrážok nemalé problémy. Obchádzka v prípade nefunkčnosti tohto úseku trvá približne 30 minút a viac.

### **D. Úsek 4 – cesta III. triedy: Nový Salaš – Slanská Huta**

Cesta III. triedy, ktorá spája okrajovú dedinu Slanská Huta s ostatnými obcami a širším okolím, má zásadný význam pre obyvateľov obce Slanská Huta. Dlhodobejšie narušenie funkčnosti tejto cesty môže ovplyvniť dostupnosť základných životných potrieb pre obyvateľov obce. Keďže sa nachádza v Slanských lesoch, v zime sa pomerne často vyskytujú snehové kalamity a záveje. Priemerná intenzita dopravy nebola zatiaľ sledovaná, vzhľadom na polohu a veľkosť obce sa predpokladá intenzita okolo 500 vozidiel za deň. Ak by nastal prípad, že daný úsek nie je prejazdný, obchádzka by bola možná iba po ceste určenej hlavne na cyklistiku, ktorá bola prednedávnom vystavaná. Dá sa predpokladať, že hlavne v zime nebude taktiež prejazdná, pretože sa neudržiava. V iných prípadoch by bola možná aj obchádzka, ale muselo by sa uvažovať s poľnými a cyklistickými cestami a obchádzka by mohla tak trvať aj 60 a viac minút.

## **2.2 Kritériá**

Na účely posúdenia zraniteľnosti vytypovaných dopravných úsekov sú ďalej vybrané a charakterizované kritériá, ktoré vychádzajú z analýzy faktorov a indikátorov na posudzovanie zraniteľnosti. Každé kritérium je hlbšie popísané a ohodnotené podľa priradenej hodnotiacej tabuľky. Priradením hodnoty kritéria daným úsekom je možné sa v konečnom výpočte rozhodnúť pre najzraniteľnejší úsek. Ako vhodné boli vybrané tieto kritériá:

### **1. Kritérium K<sub>1</sub> – Ekonomický dopad**

Kritérium ekonomický dopad predstavuje náklady plynúce z nefunkčnosti dopravného prvku a/alebo náklady zahrňujúce opravu resp. nahradenie daného prvku (finančná náročnosť obnovy). Pri dlhodobom výpadku úseku by bolo opodstatnené uvažovať o strate plynúcej zo zníženého dopytu po koncovom bode úseku hlavne z pohľadu nákladnej dopravy, dokonca o ukončení pôsobenia resp. presunutí určitých výrobných alebo dopravných spoločností.

Kategórie ekonomického dopadu boli určené na základe hodnôt nákladov na opravu a výstavbu cestných komunikáciách realizovaných v posledných obdobiach v Slovenskej republike, pričom sa prihliadalo na typ komunikácie, ktorá bola opravovaná resp. budovaná (ďiaľnice, cesty I., II., III. triedy).

Tab. 1 - Hodnotiaca stupnica pre kritérium ( $K_1$ ) – ekonomický dopad

Kategórie ekonomického dopadu	Charakteristika ekonomického dopadu [€]
Zanedbateľný	do 1 000
Malý	od 1 000 do 10 000
Stredný	od 10 000 do 100 000
Veľký	od 100 000 do 1 000 000
Extrémny	nad 1 000 000

Zdroj: Autori

## 2. Kritérium $K_2$ – Dopad na dostupnosť životných potrieb

Nefunkčnosť dopravného prvku môže mať výrazný vplyv na dostupnosť základných potrieb a služieb – či už primárnych (životne dôležitých) alebo sekundárnych. Medzi základné životné potreby obyvateľov patria hlavne potraviny, lieky, dodávky vody a tepla a rad ďalších komponentov, ktoré vytvárajú životný štandard v súčasnej spoločnosti. Riziká nedostatku základných životných potrieb obyvateľstva nadväzujú na riziká energetickej a surovinovej nedostatočnosti. Tieto riziká môžu ovplyvňovať životnú úroveň celej spoločnosti a ovplyvňovať aj úroveň sociálnych rizík. Do tejto kategórie môžeme zaradiť aj zamedzenie prístupu zdravotnej starostlivosti a iných nevyhnutných služieb. Sekundárnymi potrebami sa rozumejú tovary a služby, ktoré nie sú nevyhnutne potrebné pre život obyvateľstva, ale sú spoločnosťou bežne využívané.

Tab. 2 - Hodnotiaca stupnica pre kritérium ( $K_2$ ) – Dopad na dostupnosť životných potrieb

Kategórie dopadov na dostupnosť životných potrieb	Charakteristika dopadov na dostupnosť životných potrieb
Zanedbateľný	bez dopadu na dostupnosť životných potrieb
Malý	strata niektorej sekundárnej potreby/služby
Stredný	strata viacerých sekundárnych potrieb/služieb
Veľký	strata viacerých sekundárnych potrieb/služieb a niektorej primárnej potreby/služby
Extrémny	strata viacerých sekundárnych potrieb/služieb a viacerých primárnych potrieb/služieb

Zdroj: Autori

## 3. Kritérium $K_3$ – Citlivosť na riziká

Každý prvok a úsek dopravnej siete môže byť ovplyvnený rôznymi rizikami a je voči nim rozdielne zraniteľný. Každé riziko môže ovplyvňovať dve stránky dopravnej siete a to:

- kapacitu dopravnej siete,
- dopyt po dopravnej sieti.

Napríklad riziko povodne môže výrazne ovplyvniť kapacitu dopravnej siete (resp. úseku dopravnej siete), ale zároveň môže výrazne zvýšiť dopyt po jednotlivých úsekoch siete, pretože môže dôjsť k masovej evakuácii. Tým je daný úsek siete zraniteľný voči danému riziku. Prepočítaním možných rizík, ktoré môžu daný úsek ovplyvniť je možné sa dopracovať ku konkrétnemu bezrozmernému číslu v rozmedzí od 0 po 1, pričom vyššie číslo charakterizuje vyššiu mieru zraniteľnosti (13). Na základe možného ohrozenia vybraných úsekov boli stanovené hodnoty pre konkrétne úseky. Hodnoty boli stanovené na základe

udalostí z minulosti a potencionálnych hrozieb, ktoré by mohli ovplyvniť dané úseky. Priradenie hodnôt bolo do značnej miery subjektívne, kvôli nedostatku reálnych údajov.

Tab. 3 - Hodnotiaca stupnica pre kritérium (K<sub>3</sub>) – citlivosť na riziká

Kategórie citlivosti na riziká	Hodnoty citlivosti na riziká
Zanedbateľná	<0 - 0,2>
Malá	(0,2 – 0,4>
Stredná	(0,4 – 0,6>
Veľká	(0,6 – 0,8>
Extrémna	(0,8 – 1>

Zdroj: Autori

#### 4. Kritérium K<sub>4</sub> – Časová strata užívateľa

Štvrté kritérium predstavuje celkovú časovú stratu užívateľa siete pri nefunkčnosti konkrétneho úseku. V prípade, že sa chce dostať zo začiatočného bodu do koncového bodu a úsek najrýchlejšej cesty nie je k dispozícii, akú bude mať časovú stratu pri použití ďalšieho najrýchlejšieho prepojenia.

Tab. 4 - Hodnotiaca stupnica pre kritérium (K<sub>4</sub>) – časová strata

Kategórie časovej straty	Hodnoty časovej straty [min]
Zanedbateľná	do 10
Malá	od 10 do 30
Stredná	od 30 do 60
Veľká	od 60 do 120
Extrémna	nad 120

Zdroj: Autori

#### 5. Kritérium K<sub>5</sub> – Význam úseku

Rozdielnosť daných úsekov je možné charakterizovať aj pomocou ich významu. Významom sa rozumie, do akej miery je úsek dôležitý pre celú spoločnosť. V konečnom dôsledku môže mať vplyv na mieru zraniteľnosti – hlavne v zmysle atraktívnosti ako cieľ úmyselného poškodenia.

Tab. 5 - Hodnotiaca stupnica pre kritérium (K<sub>5</sub>) – význam úseku

Kategórie významu úseku	Charakteristika významu úseku
Zanedbateľná	úsek má význam hlavne pre obec
Malá	úsek má okresný význam
Stredná	úsek má regionálny význam
Veľká	úsek má národný význam
Extrémna	úsek má nadnárodný význam

Zdroj: Autori

## 6. Kritérium K<sub>6</sub> – Veľkosť ovplyvnenej populácie

Pod veľkosťou ovplyvnenej populácie sa rozumie odkázanosť obyvateľstva priamo na tento konkrétny úsek v zmysle dodávok životne dôležitých surovín alebo služieb. Napr. obyvatelia obce, ktoré stratia spojenie so „zvyškom sveta“, pretože došlo k narušeniu dôležitého úseku v porovnaní s narušením úseku diaľnice, ktorý pre obyvateľstvo tak životne dôležitý nie je.

Tab. 6 - Hodnotiaca stupnica pre kritérium (K<sub>6</sub>) – veľkosť ovplyvnenej populácie

Kategórie veľkosti ovplyvnenej populácie	Hodnoty veľkosti ovplyvnenej populácie
Zanedbateľná	do 10 obyvateľov
Malá	od 10 do 100 obyvateľov
Stredná	od 100 do 1000 obyvateľov
Veľká	od 1000 do 10 000 obyvateľov
Extrémna	viac ako 10 000 obyvateľov

Zdroj: Autori

## 7. Kritérium K<sub>7</sub> – Priemerná intenzita dopravy

Toto kritérium vyjadruje priemernú intenzitu dopravy v sledovanom období – počet vozidiel za deň (14). Údaje boli prevzaté z rizikových máp a z hodnotenia rizikových úsekov (12). Údaj pre úsek 4 bol odhadnutý podľa vlastných skúseností v porovnaní s úsekmi.

Tab. 7 - Hodnotiaca stupnica pre kritérium (K<sub>7</sub>) – priemerná intenzita dopravy

Kategórie priemernej intenzity dopravy	Priemerná intenzita dopravy [voz./deň]
Zanedbateľná	do 500
Malá	od 500 do 5 000
Stredná	od 5 000 do 10 000
Veľká	od 10 000 do 20 000
Extrémna	viac ako 20 000

Zdroj: Autori

### 2.3 Vstupné údaje o posudzovaných úsekoch

Podľa stručnej charakteristiky jednotlivých úsekov, dostupných informácií a štatistických údajov sú následne variantom priradené hodnoty stanovených kritérií, ktoré predstavujú vstupné údaje pre rozhodovanie o zraniteľnosti úsekov.

Tab. 8 - Vstupné údaje dopravných úsekov s ohľadom na stanovené kritériá

Kritérium	Úsek dopravnej siete			
	Úsek 1 Košice - Prešov	Úsek 2 Trebišov - Veľaty	Úsek 3 Bohdanovce – Nižná Hutka	Úsek 4 Nový Salaš – Slanská Hutka
K <sub>1</sub> . Ekonomický dopad	od 100 000 do 1 000 000 eur	od 10 000 do 100 000 eur	od 10 000 do 100 000 eur	od 1 000 do 10 000 eur
K <sub>2</sub> . Dopad na dostupnosť životných potrieb	Zanedbateľný	Zanedbateľný	Malý	Veľký
K <sub>3</sub> . Citlivosť na riziká	Stredná	Malá	Veľká	Stredná
K <sub>4</sub> . Časová strata	od 10 do 30 min	do 10 min	od 30 do 60 min	nad 120 min
K <sub>5</sub> . Význam úseku	Národný	Regionálny	Regionálny	Obecný
K <sub>6</sub> . Veľkosť ovplyvnenej populácie	do 10	do 10	do 10	od 100 do 1000
K <sub>7</sub> . Priemerná intenzita dopravy	14 873	4 278	6 287	353

Zdroj: Autori

## 2.4 Porovnanie kritérií

Pre rozhodovanie je veľmi dôležité určiť si významnosť kritérií resp. ich váhu. Niektoré kritérium môže byť pre rozhodovanie viac či menej dôležité. Určenie týchto rozdielov je možné dosiahnuť pomocou porovnania kritérií princípom metódy AHP, ktoré je uvedené v tabuľke 9.

Tab. 9 - Porovnanie kritérií podľa ich významnosti pre určenie zraniteľnosti úsekov

Kritérium	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
K <sub>1</sub> . Ekonomický dopad	1	3	1/3	6	4	5	4
K <sub>2</sub> . Dopad na dostupnosť životných potrieb	1/3	1	1/4	5	2	4	3
K <sub>3</sub> . Citlivosť na riziká	3	4	1	5	6	5	6
K <sub>4</sub> . Časová strata	1/6	1/5	1/5	1	3	1/4	1/3
K <sub>5</sub> . Význam úseku	1/4	1/2	1/6	1/3	1	1/5	1/4
K <sub>6</sub> . Veľkosť ovplyvnenej populácie	1/5	1/4	1/5	4	5	1	3
K <sub>7</sub> . Priemerná intenzita dopravy	1/4	1/3	1/6	3	4	1/3	1

Zdroj: Autori

Výsledné vypočítané váhy kritérií sú uvedené v tabuľke 10.

## 3. VÝSLEDKY

Ďalším dôležitým krokom je porovnať varianty (vybrané úseky) podľa jednotlivých kritérií. Vstupnými údajmi pre toto porovnanie je tabuľka vstupných údajov (Tabuľka 8). Porovnaním variantom podľa jednotlivých kritérií sme dosiahli potrebné výstupné hodnoty



pre finálne rozhodovanie (Tabuľka 10). Kvôli rozsahu porovnávanie sú uvedené iba výsledné hodnoty bez postupu ich dosiahnutia (postup napr. v (11)).

Tab. 10 - Hodnotiaci tabuľka variantov podľa zvolených kritérií a ich váh

Kritérium	Váha	Hodnotenie úsekov			
		Úsek 1	Úsek 2	Úsek 3	Úsek 4
K <sub>1</sub> - Ekonomický dopad	0,188	0,520	0,201	0,201	0,078
K <sub>2</sub> - Dopad na dostupnosť životných potrieb	0,208	0,077	0,077	0,191	0,654
K <sub>3</sub> - Citlivosť na riziká	0,358	0,201	0,078	0,520	0,201
K <sub>4</sub> - Časová strata	0,042	0,096	0,046	0,204	0,654
K <sub>5</sub> - Význam úseku	0,034	0,525	0,212	0,212	0,051
K <sub>6</sub> - Veľkosť ovplyvnenej populácie	0,098	0,125	0,125	0,125	0,625
K <sub>7</sub> - Priemerná intenzita dopravy	0,072	0,564	0,118	0,263	0,055
<b>Vážený Súčet</b>		<b>0,261</b>	<b>0,111</b>	<b>0,311</b>	<b>0,317</b>
<b>Poradie</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Zdroj: Autori

Na základe vyššie uvedenej tabuľky môžeme povedať, že najzraniteľnejším úsekom je Úsek 4 – Nový Salaš - Slanská Hutka. Tento výsledok bol ovplyvnený predovšetkým relatívne vysokou citlivosťou na riziká a kvôli dopadom na dostupnosť životných potrieb pri jeho dlhšej nefunkčnosti. Taktiež vysoký podiel má na tomto výsledku fakt, že nefunkčnosť úseku by zapríčinila odčlenenie jednej obce od okolitej spoločnosti.

Na porovnanie výsledkov s metódou AHP bol použitý softvér 1000minds, ktorý je určený na riešenie úloh viackritériálneho rozhodovania a využíva princíp metódy PAPRIKA (viac o princípe metódy v (15)). Funguje na báze internetovej stránky, v ktorej sa realizujú preddefinované kroky smerujúce ku konečnému výsledku. Poskytuje viacero alternatív riešenia a obsahuje taktiež súbory iných udalostí od iných autorov, ktoré je možno pre svoje potreby obmieňať alebo prezerať. Oproti vyššie uvedenej metóde obsahuje pár obmien, ktoré súvisia hlavne s porovnávaním kritérií a variantov (viac vysvetlené v (15)).

ALTERNATIVE click to open	CRITERIA							RANK	TOTAL SCORE
	K1 - Ekonomický dopad	K2 - Sociologický dopad	K3 - Citlivosť na riziká	K4 - Časová strata	K5 - Význam úseku	K6 - Veľkosť ovplyvnenej populácie	K7 - Priemerná intenzita dopravy		
Úsek 4 - Nový Salaš - Slanská Hutka	Malý - od 1 000 do 10 000 eur	Veľký - strata viacerých sekundárnych služieb a niektorej primárnej služby	Stredná - (0,4 - 0,6)	Extrémna - nad 120 min	Zanedbateľná - Obecný	Stredná - od 100 do 1000	Zanedbateľná - do 500	1 <sup>a</sup>	61.5%
Úsek 3 - 552 - Bohdanovce - Nižná Hutka	Stredný - od 10 000 do 100 000 eur	Malý - strata niektorej sekundárnej služby	Veľká - (0,6 - 0,8)	Stredná - od 30 do 60 min	Stredná - Regionálny	Zanedbateľná - do 10	Stredná - od 5 000 do 10 000	2 <sup>a</sup>	58.6%
Úsek 1 - D1 Košice - Prešov (Vajkovce)	Veľký - od 100 000 do 1 000 000 eur	Zanedbateľný - minimálny soc. dopad	Stredná - (0,4 - 0,6)	Malá - od 10 do 30 min	Veľká - Národný	Zanedbateľná - do 10	Veľká - od 10 000 do 20 000	3 <sup>a</sup>	49.2%
Úsek 2 - 79 - Trebišov - Veľatý	Stredný - od 10 000 do 100 000 eur	Zanedbateľný - minimálny soc. dopad	Malá - (0,2 - 0,4)	Zanedbateľná - do 10 min	Stredná - Regionálny	Zanedbateľná - do 10	Malá - od 500 do 5 000	4 <sup>a</sup>	31.5%

Zdroj: Výstup z programu 1000 minds (15) (vlastné spracovanie)

Obr. 1 - Hodnotenie variantov podľa zvolených kritérií v softvéri 1000minds

V prípade softvéru, ktorý bol použitý taktiež na riešenie špecifikovanej úlohy (1000minds), môžeme povedať, že síce pracuje na trocha inom princípe, ale výsledky boli veľmi podobné s výsledkami (poradie bolo rovnaké), ktoré sme dosiahli aj pomocou bežných výpočtov metódy AHP. Do určitej miery predstavuje jednoduchšiu prácu pri rozhodovaní, keďže automaticky ponúka rozhodovacie situácie, v ktorých je potrebné sa rozhodnúť. No na druhej strane je pri väčšom množstve kritérií a ich hodnôt, vygenerované veľké množstvo takýchto rozhodovacích situácií, čo zaberá pri ich riešení veľa času. Z tohto dôvodu je jeho využitie vhodné pri menšom počte kritérií a ich úrovní, kde môže riešiteľ veľmi rýchlo dospieť k výsledkom.

## ZÁVER A DISKUSIA

Viackriteriálne rozhodovanie je postavené na vytipovaní a vyjadrení vhodných kritérií. Práve časť spojená s ich určením a vyjadrením predstavuje najťažšiu časť celého procesu rozhodovania, pretože od toho sa budú odvíjať všetky výsledky. Problém s vyjadrením kritérií spočíva hlavne v dostupnosti reálnych údajov a v kvantitatívnom vyjadrení hodnôt kritérií. Niektoré parametre chýbajú resp. nie sú známe, neexistujú záznamy a z toho potom pramení nutnosť niektoré kritériá ohodnotiť iba kvalitatívne. V takýchto prípadoch dochádza k situáciám, v ktorých je vyjadrenie hodnoty kritériá pre jednotlivé varianty do vysokej miery subjektívne a zakladá sa iba na dohadoch, predpokladoch a skúsenostiach hodnotiteľa. Subjektivita sa prejavuje aj pri samotnom porovnávaní kritérií a variantov podľa jednotlivých kritérií. Miera subjektivity sa dá následne zmierniť zohľadnením viacerých názorov, ktoré by mali byť požadované od expertov v danej oblasti.

Výsledky poukazujú na skutočnosť, že metódy viackriteriálneho rozhodovania môžu slúžiť aj na porovnanie zraniteľnosti dopravných úsekov, ale aj iných prvkov dopravnej siete. Výhodou použitej metódy v súvislosti s posudzovaním zraniteľnosti bol fakt, že je možné vidieť rozdiel medzi jednotlivými variantmi, vzájomne ich porovnať a zamerať svoje opatrenia na najviac zraniteľné miesta. Dokonca je možné zamerať sa v niektorých prípadoch adresne na konkrétne kritérium zraniteľnosti, ktorým je vybraný variant negatívne najviac ovplyvnený. Napr. ak úsek A je zraniteľný hlavne kvôli tomu, že spája dedinu s ostatnou spoločnosťou a nie je možná iná náhradná trasa, tak zraniteľnosť tohto úseku by mohla byť znížená tým, že bude vybudovaná resp. aspoň určitým spôsobom zabezpečená iné dopravné spojenie (napr. poľná cesta). Problémom viackriteriálneho rozhodovania však ostáva riešenie tejto otázky pri veľkom počte porovnávaných úsekoch, pretože je potrebné stanoviť tieto hodnoty pre všetky posudzované prvky.

Ak sú v dostatočnej miere vyjadrené kritériá a sú k dispozícii relevantné údaje o posudzovaných variantoch, zvyšná práca predstavuje výpočty smerujúce k celkovému hodnoteniu, podľa ktorého je možné sa rozhodnúť. Využitím softvérových nástrojov vieme túto výpočtovú časť podstatne urýchliť, dokonca zautomatizovať.

*Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA č.1/0240/15 s názvom „Procesný model riadenia bezpečnosti kritickej infraštruktúry v sektore doprava“*

## POUŽITÁ LITERATÚRA

- (1) BERDICA K. An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done. *Transport Policy*, 2002, roč. 9, č. 2, s. 117-127.
- (2) JÖNSSON, H., JOHANSSON, J., JOHANSSON, H. Identifying critical components in technical infrastructure networks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: *Journal of Risk and Reliability*. 2008, roč. 222. č. 2. s. 235-243.
- (3) DILLEY, M., BOUDREAU, T. E. Coming to terms with vulnerability: a critique of the food security definition. *Food Policy*, 2001, roč. 26, s. 229–247.
- (4) WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2004, 2nd ed. Routledge, London.
- (5) TAYLOR M. A. P., D'ESTE G. M. *Concepts of network vulnerability and applications to the identification of critical elements of transport infrastructure*. 2003, 26th Australasian Transport Research Forum Wellington New Zealand.
- (6) YANG L., QIAN D. Vulnerability Analysis of Road Networks. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2012, roč. 12, č. 1, s. 105-110.
- (7) JENELIUS E., PETEMEN T., MATTSSON L. G. Importance and exposure in road network vulnerability analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2006, roč. 40, č. 7, s. 537–560.
- (8) HUSDAL J. *Reliability and vulnerability versus cost and benefits*. The 2nd International Symposium on Transportation Network Reliability. Queenstown and Christchurch, New Zealand, 2004, s. 180–186.
- (9) Allen Consulting Group. *Climate Change, Risk and Vulnerability*. Report to the Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Heritage. 2005, Published by the Australian Greenhouse Office, in the Department of the Environment and Heritage. ISBN: 1 920840 94 X.
- (10) BIRKMANN, J. *Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies*. 2013. United Nations university Press. Tokyo. Japan. ISBN 978-92-808-1202-2
- (11) LEITNER, B., LUSKOVÁ, M., O'CONNOR, A., van GELDER, P.: Quantification of impacts on the transport serviceability at the loss of functionality of significant road infrastructure objects. *Komunikácie*. 2015, roč. 17, č. 1, s. 52-60. ISSN 1335-4205.
- (12) *EuroRAP – cesty Slovenska a ich rizikovost*. [cit.2014-10-12]. Dostupné na: <http://natankuj.sme.sk/bezpecnost-ciest?page=min>
- (13) TITKO, M., ZAGORECKI, A. Modeling Vulnerability of Critical Infrastructure of Transportation Network using Influence Diagrams. *Komunikácie*. 2013, roč. 15, č. 4, s. 58-62. ISSN 1335-4205.
- (14) SVENTEKOVÁ, E., LEITNER, B.: *Teoretické východiská testovania diaľnic ako potenciálnych prvkov kritickej infraštruktúry v cestnej doprave*. Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí. Žilina: Žilinská univerzita, 2012. ISBN 978-80-554-0536-0. s. 589-594.
- (15) 1000MINDS. PAPIRIKA. [on-line cit.: 12-03-2015] Dostupné na: <https://www.1000minds.com/about/paprika-method>.