VYUŽITIE MULTIKRITERIÁLNEJ ANALÝZY V INTEGROVANOM MANAŽMENTE POVODŇOVÉHO RIZIKA

Lukáš Michaleje

Abstract

Floods represent the most destructive and most occurring natural hazard in Slovakia and it is necessary to advert full attention from scientific community, policy makers and population. This paper is focused on the integrated flood risk management and issues connected with it. In first section we describe drivers of the change in perception of flood risk and impact on its management. Next, we define core principles of integrated flood risk management, and characterize objective and spatial aspect. In the final part we are focused on multicriteria analysis. This decision support system, provide best methods in support of choosing best alternative to decreasing flood risk. Characteristic of all steps included in multicriteria analysis is followed by examples from works, that use it as decision support system in flood risk management related issues.

Keywords: floods, integrated flood risk management, decision support system, multicriteria analysis

Úvod

Povodne sú prírodným fenomén, ktorého výskum prešiel v posledných desaťročiach transformáciou. Jednorozmerné chápanie povodňového rizika presadzovalo hlavne zníženie pravdepodobnosti zaplavenia územia (Estman et al. 1997). Tradičný inžiniersky prístup sa tak sústreďoval na ochranu pred povodňami a hlavným dôsledkom bola najmä výstavba technických opatrení. Rozsiahle škody po povodniach aké boli napr. na Odre (1997), Labe (2002), Dunaji (2006), alebo vo Veľkej Británii (2007) boli jedným s dôvodov zmeny vnímania povodňového rizika. Počas týchto katastrof došlo k prekročeniu limitov technických opatrení, ktoré vytvárali klamlivý pocit bezpečia. Vysoké škody spôsobené týmito povodňami teda neboli dôsledkom len samotného zaplavenia, ale aj náchylnosti objektov v ohrození na poškodenie. Na základe týchto zistení sa začalo na povodňové riziko pozerat' z nového uhla pohľadu (Hall, Penning-Rowsell, 2011, Kousky, Walls, 2014). Nové vnímanie rizika presadzovalo názor, že škody nespôsobovala len pravdepodobnosť výskytu povodne (ohrozenie), ale aj náchylnosť na poškodenie (zraniteľnosť) a vystavenie sa riziku (expozícia) (Gouldby, Samuels, 2005, Bouma et al., 2005, Solín, 2015). Viacrozmerné chápanie povodňového rizika teda môžeme vyjadriť, ako kombináciu hazardu, zraniteľnosti a expozície (Merz et al., 2010, IPCC, 2012, Koks et al., 2015). Nový

pohľad na povodňové riziko priniesol aj zmenu v jeho hodnotení a taktiež aj v manažmente. Pri hodnotení povodňového ohrozenia sa okrem vybreženia vodného toku, dostáva do pozornosti aj ohrozenie z vody stekajúcej po svahoch alebo povodne z kanalizačných sietí. Okrem ohrozenia je rovnaká pozornosť venovaná aj výskumu a hodnoteniu zraniteľnosti ekonomického, sociálneho a environmentálneho systému. Do popredia sa dostáva nový hodnotový systém spoločnosti, ktorý poukazuje na zvýšenú ochranu ekosystémov, decentralizáciu zodpovednosti za vodné toky a manažment povodňového rizika ako aj aktívne zapojenie verejnosti do procesu rozhodovania. Tieto koncepty boli zahrnuté do integrovaného manažmentu povodňového rizika, ktorý kontinuálne rieši problematiku redukcie povodňového rizika komplexne v celom povodí, za spolupráce všetkých dotknutých strán. Cieľom nášho príspevku je priniesť komplexný pohľad na integrovaný manažment povodňového rizika, jeho definície a koncepcie. Ďalším cieľom je objasniť problematiku rozhodovania v redukcii povodňového rizika za pomoci multikriteriálnej analýzy.

Integrovaný manažment povodňového rizika a jeho princípy

Pre integrovaný manažment povodňového rizika existuje viacero definícií. Najvhodnejšiu charakteristiku však ponúka WMO, GWP (2004): *Integrovaný manažment povodňového rizika je proces, ktorý uprednostňuje holistický prístup k manažmentu povodňového rizika. Spája vodné a krajinné zdroje, rozvoj v povodí v kontexte integrovaného manažmentu vodných zdrojov a má za cieľ maximalizovať výhody z využívania inundačných území a minimalizovať straty na životoch spôsobené povodňami.*

Táto definícia nám poukazuje na viacero princípov, ktoré sú pre integrovaný manažment povodňového rizika vlastné. Prvým je holistický prístup. Do problematiky povodní sa okrem hydrológie a vodného hospodárstva zapájajú aj vedecké disciplíny ako územné plánovanie, geografia, environmentalistika, meteorológia, ale aj inštitúcie štátnej správy a samosprávy. V neposlednom rade sa zapájajú aj ohrození obyvatelia a subjekty hospodáriace v ohrozenom území (cf. McFadden et al., 2009). Práve spôsob zapojenia obyvateľov do hodnotenia povodňového rizika je dôležitý element, ktorý poukazuje na výhody oproti tradičnému inžinierskemu prístupu. Je potrebné aby obyvatelia zhodnotili svoju percepciu povodňového rizika. Takýmto spôsobom je možné zhodnotiť informovanosť a pripravenosť obyvateľov. Okrem percepcie je potrebné získať aj názor obyvateľov na riešenie problematiky. Pri zapájaní jednotlivých aktérov a stakeholdrov je využívaný prístup zdola nahor (bottom up) princíp. Všetky zúčastnené strany ako aj stakeholdri a obyvatelia sú zapojení do redukcie povodňového rizika od začiatku (Filho, 2013).

Ďalším princípom, na ktorom je postavený integrovaný manažment povodňového rizika je decentralizácia. Zodpovednosť za redukcii povodňového

rizika by mala byť distribuovaná na nižšie úrovne tak aby obce boli zodpovedné za rozhodovanie o najlepšej alternatíve podľa vlastných preferencií. Pri tomto procese je potrebné dať možnosť vyjadriť svoj názor všetkým aktérom, ktorých sa povodne dotýkajú (Wehn et al., 2015). Dosah povodní presahuje hranice administratívnych jednotiek. Pre spoločný úžitok so spolupráce pri zmiernovaní povodňových škôd, musia samosprávy spolupracovať, a to za pomoci hierarchicky vyššej jednotky, ktorá usmerňuje ich činnosť (Diepernik et al., 2013). Integrovaný manažment povodňového rizika preto pracuje na troch úrovniach: národnej, regionálnej a lokálnej.

Vecný aspekt

Hlavnou úlohou integrovaného manažmentu povodňového rizika je redukcia povodňového rizika. Viacrozmerné vnímanie povodňového rizika nám umožňuje redukovať ho v jednotlivých zložkách: ohrození, zraniteľnosti alebo expozícii. Pre aplikáciu komplexného prístupu v celom povodí sa implementujú stratégie na redukcii rizika. Gouldby, Samuels (2005) definujú stratégiu ako kombináciu dlhodobých špecifických cieľov, technických opatrení, politických nástrojov a procesov, ktoré sú neustále zosúlaďované so sociálnym kontextom. Výber stratégie, respektíve výber kombinácie stratégií je podmienený výsledkami hodnotenia povodňového rizika. Implementovať sa môže:

- Stratégia redukcie zaplavenia

- Stratégia redukcie zraniteľnosti

- Stratégia zmiernenia negatívnych dôsledkov povodní

K naplneniu cieľov stratégií slúžia opatrenia, ktoré predstavujú prostriedky na zníženie povodňového rizika. Schanze (2006) rozdeľuje opatrenia na intervencie a nástroje. Intervencie sú systémy založené na priamej fyzickej aktivite. Meyer et al. (2012) ich označuje, ako diela vodohospodárskych stavieb. Nástroje sú prostriedky založené na mechanizmoch, ktoré nepriamo ovplyvňujú ľudské chovanie. Prerozdelenie intervencií a nástrojov k príslušným stratégiám nám zobrazuje tab. 1.

Priestorový aspekt

Zodpovednosť za integrovaný manažment na národnej úrovni sa rozdeľuje medzi ministerstvá, štátne podniky, štátne agentúry a poisťovne. Spolu si rozdeľujú zodpovednosť za tvorbu rámca integrovaného manažmentu povodňového rizika, tvorbu noriem a pravidiel, hodnotenie povodňového rizika na národnej úrovni a poistenie obyvateľstva proti povodňiam. Na regionálnej úrovni preberajú zodpovednosť samosprávy, správcovia povodí a vodných tokov, záujmové združenia a plánovacie authority. Ich hlavnou úlohou je preniesť normy a regulácie stanovené na národnej úrovni do plánov a stratégií manažmentu povodňového rizika. Nesú zodpovednosť za ochranu pred negatívnymi dôsledkami povodní na svojom území (Hall et al., 2003) a dohliadajú na to aby akcie na lokálnej úrovni

zodpovedali stratégiám prijatým na regionálnej úrovni (Penning-Rowsell, Priest, 2014).

Tab. 1: Stratégie a k nim príslušné intervencie (šedá) a nástroje (biela). Upravené podľa: WMO, GWP, 2004, Harries, Penning-Rowsell (2011)

Table 1: Strategies and related measures (grey) and tools (white). Adapted by: WMO, GWP, 2004, Harries, Penning-Rowsell (2011)

stratégie na redukcii zaplavenia	Priehrady a vodné nádrže
	Hrádze a protipovodňové nábrežia
	Odvodňovacie kanály
	Manažment povodia
	Úprava vodného toku
	Zlepšenie odvodnenia
stratégie na redukcii zraniteľnosti voči poškodeniu	Regulácia záplavových území
	Zalesňovanie územia
	Regulácia využitia pôdy
	Vodotesné opatrenia
	Vývoj a úprava noriem a regulácii
	Návrhy umiestnenia infraštruktúry
	Regulácia výstavby domov
	Predpovedné systémy a výstrahy
stratégie na redukcii negatívnych dôsledkov povodní	Zvýšenie povedomia verejnosti, vzdelávanie
	Tvorba povodňových plánov a plánov evakuácie
	Obnova po povodni
	Poistenie proti povodňam
	Kompenzácia škôd
	Presťahovanie obyvateľstva

Obce, miestne orgány správy vodných tokov, obyvatelia a stakeholdri predstavujú aktérov lokálnej úrovne. Ich úlohou je poskytovať informácie pre hodnotenie povodňového rizika. V súlade so stratégiami prijatými na regionálnej úrovni, implementujú opatrenia na lokálnej a individuálnej úrovni.

Nástroje rozhodovania v integrovanom manažmente povodňového rizika

Povodne sú komplexnou a multidisciplinárnou oblasťou. V integrovanom manažmente povodňového rizika sa spája viacero záujmov, pričom jedno riešenie ich nemôže obsiahnuť. Dôraz sa teda posúva z návrhu riešení na výber najvhodnejšieho. Proces výberu si vyžaduje, aby boli v rovnakej miere zastúpené všetky skupiny zasahujúce do manažmentu povodňového rizika vrátane ohrozených obyvateľov a stakeholdrov. Vyššiu pozornosť treba venovať

spravodlivosti a transparentnosti nielen v alokovaní finančných zdrojov (Bana e Costa et al., 2004), ale aj v „prerozdeľovaní“ opatrení a nástrojov na ochranu pred negatívnymi účinkami povodní. Posudzovanie veľkého množstva návrhov z perspektív záujmových skupín je náročný proces a vytvára veľký priestor pre rozhodovanie (Jonkman et al., 2003). Pre uľahčenie výberu sa využívajú systémy na podporu rozhodovania (z angl. decision support systems). Cavallaro, Ciraolo (2005) ich definujú nasledovne: *systém na podporu rozhodovania je interaktívny systém, ktorý je schopný produkovať informácie a údaje a v niektorých prípadoch aj podporovať porozumenie danej aplikačnej oblasti. Poskytujú pomoc pri riešení zložitého a zle definovaného problému*. Ich úlohou však nie je vykonávať rozhodnutia namiesto ľudí, ale poskytnúť podporu a dostatok informácií pre rozhodnutie (Ahmad, Simonovic, 2006).

Najpoužívanejším nástrojom je multikriteriálna analýza (Simonovic, Akter, 2005, Meyer, 2007, Markovic, 2012, Marttunen et al., 2013, Chistaz et al., 2015). Gamper et al. (2006) ju charakterizuje ako metódy a procedúry založené na viacerých protichodných kritériách, ktoré napomáhajú pri rozhodovacom procese. Postup multikriteriálnej analýzy obsahuje osem krokov: definícia problému, určenie hodnotiacich kritérií, stanovenie alternatív, hodnotenie alternatív, váženie kritérií, aplikácia rozhodovacích pravidiel, analýza senzitivity a určenie poradia (Malczewski, 1999, Meyer, 2007).

Definícia problému je základným krokom pri tvorbe rozhodnutí (Mateo, 2012), pričom problém predstavuje rozdiel medzi súčasným a požadovaným stavom. Odstránenie nedostatkov si vyžaduje definovanie cieľov na dosiahnutie požadovaného stavu. V oblasti integrovaného manažmentu povodňového rizika môžeme vybrať spomedzi redukcie zaplavenia, redukcie zraniteľnosti sociálneho, ekonomického a environmentálneho systému, alebo zmiernenia negatívnych následkov povodní. Špecifikácia cieľa môže byť v stanovení počtu ochránených osôb, rozsahu územia, respektíve výšky predídenných škôd.

Hodnotenie v multikriteriálnej analýze je založené na často protichodných kritériách, ktoré predstavujú merateľný aspekt rozhodovania, na základe ktorého rozmeru môžeme charakterizovať posudzované možnosti. Výber kritérií môžeme uskutočniť na základe viacerých spôsobov. Prvým odporúčaným spôsobom je štúdium a analýza odbornej literatúry, ktorá sa zaoberala podobným problémom akému čelíme (Malczewski, 1999, Meyer, 2007). Druhým spôsobom je výber kritérií na základe preferencií expertov alebo ohrozených obyvateľov za pomoci dotazníkového prieskumu alebo delfskej metódy. Tento prístup môžeme vidieť v práci Haque et al. (2012). Prehľad kritérií použitých v rôznych vedeckých prácach uvádzame v tab. 2. Medzi najčastejšie používané kritériá a subkritériá patria: sociálne (vplyv na obyvateľstvo, verejné zdravie, vnímanie rizika), ekonomické (cena opatrenia, priemerná ročná škoda), environmentálne (vplyv na vodu, pôdu, ekosystémy) a technické (technická zložitosť, adaptabilita).

Tab. 2: Prehľad kritérií použitých vo vybraných publikáciách. Upravené podľa: Meyer (2007), Foxon et al. (2002)

Table 2: Overview of criteria used in selected publications. Adapted by: Meyer (2007), Foxon et al. (2002)

Publikácia	Kritérium	Subkritérium
Meyer (2007)	Economic (Ekonomické)	Annual average damage (Priemerná ročná škoda)
	Environmental (Environmentálne)	Aggregated environmental risk (Agregované environmentálne riziko)
	Social (Sociálne)	AAD (Priemerný počet ovplyvnených osôb ročne)
		Probability of social hot spots of being affected (Pravdepodobnosť ovplyvnenia sociálnych záujmových skupín)
Brouwer, Van Ek (2004)	Environmental (Environmentálne)	Nature conservation (Zachovanie prírody)
	Economy (Ekonomické)	Costs (Cena)
		Benefits (Výhody)
	Social (Sociálne)	Impact on function (Vplyv na funkciu)
		Perception of landscape change (Vnímanie zmien v krajine)
		Risk perception (Vnímanie rizika)
		Communication efforts (Komunikačné úsilie)
Foxon et al. (2002)	Economic (Ekonomické)	Participation possibilities (Možnosti spolupráce)
		Life cycle costs (Dĺžka životnosti)
		Willingness to pay (Ochota platiť)
		Affordability (Cenová dostupnosť)
	Environmental (Environmentálne)	Financial risk exposure (Vystavenie finančnému riziku)
		Resources utilization (Využitie zdrojov)
		Service provision (Poskytovanie služieb)
	Social (Sociálne)	Environmental impact (Vplyv na životné prostredie)
		Impact on risks to human health (Vplyv na ľudské zdravie)
		Acceptability to stakeholders (Priateľnosť pre stakeholderov)
		Participation and responsibility (Spolupráca a zodpovednosť)
		Public awareness and understanding (Verejné povedomie a porozumenie)
		Social inclusion (Sociálna inklúzia)
		Performance of the system (Výkonnosť systému)
	Technical (Technické)	Reliability (Spoľahlivosť)
		Durability (Odolnosť)
		Flexibility and adaptability (Flexibilita a adaptácia)
Bana e Costa et al. (2004)	Environmental (Environmentálne)	Water (Voda)
		Soil (Pôda)
		Fauna and Flora (Fauna a flóra)
		Landscape (Krajina)
	Social (Sociálne)	Perception of flood risk (Vnímanie povodňového rizika)
		Effects on social fabric (Vplyv na sociálne štruktúry)
		Public health (Verejné zdravie)

De Bruijn (2005)	Technical (Technické)	Technical complexity of the intervention (Technická zložitosť zásahu)
		Complexity of maintenance (Zložitosť údržby)
		Level of Protection (Výška ochrany)
	People (Obyvateľstvo)	Affected persons (Ovplyvnené osoby)
	Economic (Ekonomické)	AAD (Priemerná ročná škoda)
		Costs (Cena)
		Economic opportunities (Ekonomické príležitosti)
	Environmental (Environmentálne)	Change in natural area (Zmena v prírodnej oblasti)
		Landscape (Krajina)
	Flexibility (Flexibilita)	

Stanovenie alternatív je komplikovaný proces, ktorý vyžaduje tvorivú prácu. Dobrým zdrojom pri tvorbe alternatív je odborná literatúra, ktorá sa zaoberala podobným problémom (DLTR, 2011). Alternatívy by mali byť otvorené a počas celého procesu multikritériálnej analýzy by mali byť upravovateľné. Takýmto prístupom dospejeme k lepšiemu riešeniu, ktoré je nakoniec aj naším cieľom (Meyer, 2007, Penning-Rowsell, 2003). Každá oblasť je špecifická a vyžaduje si jedinečný prístup k riešeniu povodňového rizika. Alternatívy, ktoré navrhujú autori v odbornej literatúre sú preto rôznorodé. Bana e Costa et al. (2004) stanovil tri alternatívy: nerobiť nič, vybudovať retenčný a sedimentačný priestor a regulovať korytá vodných tokov, tretia možnosť sa zhodovala s druhou, avšak mala vybudovať aj park na opatreniach. Brouwer, van Ek (2004) použili nasledovné alternatívy: posilnenie priehrady, zmeny vo využívaní zeme a obnova inundačných území. Kenyon (2007) predstavil až sedem alternatív od rôznych technických opatrení cez zmenu využívania zeme až po odkúpenie všetkých obytných budov. Evers et al. (2012) použil alternatívy: nerobiť nič, technické opatrenie, zmena využívania zeme v povodí a lepšia predpoveď, ochrana domov.

Hodnotenie alternatív je proces, v ktorom sa určuje výkon alternatív voči jednotlivým kritériám. Výsledok sa následne vkladá do rozhodovacej matice. Výkon alternatív voči kritériám je možné uskutočniť nasledujúcimi spôsobmi:

1. tvorba modelov na predpovedanie efektu opatrení,
2. interview s expertmi poskytujúce ich pohľad na záležitosť,
3. interview so stakeholdermi a obyvateľmi,
4. vyhľadanie analógie v odbornej literatúre.

Dáta jednotlivých kritérií prichádzajú v rôznych mierkach, binárnej, ordinálnej alebo intervalovej. Aby sme s nimi mohli lepšie pracovať je nutné ich štandardizovať. Najčastejšie používaná metóda štandardizácie je lineárna transformácia na základe maximálnej hodnoty alebo na základe rozsahu hodnôt.

Ďalší krok, priradenie váh kritériám, je jeden z najdôležitejších. Hlavným účelom tohto kroku je priradenie váh kritériám, tak aby predstavovali ich relatívnu dôležitosť pri rozhodovaní (Zardari et al., 2015). Povodne si vyžadujú zapojenie

názorov obyvateľstva, ktoré môže za pomoci svojich zástupcov v procese rozhodovania zdôrazniť určité kritériá. Vo svojich prácach využili názor odborníkov viacerí autori. Chistaz et al. (2015) využil jednoduchý priemer názoru odborníkov a Eigen-vector z párového porovnávania. Priradovanie váh na workshope stakeholdrov za asistencie bol použitý v práci Marttunen et al. (2013) a Porthin et al. (2013). V samotnom vážení rozoznávame viacero metód. Najpoužívanjšie sú rankingová metóda, metóda rozdelenia bodov a metóda párového porovnávania. Rankingová metóda je najjednoduchšia vážiaca metóda. Jej základom je zoradenie kritérií od najdôležitejšieho po najmenej dôležité. Druhou metódou je rozdelenie bodov, kedy sa rozdeľuje stanovený počet bodov medzi kritériá, pričom rozdelenie závisí len od úsudku decision makerov (Zardari et al., 2015). Metóda rozdelenia bodov je presnejšia ako ratingová metóda, nakoľko umožňuje decision makerom vyjadriť relatívnu dôležitosť kritéria na intervalovej škále (Meyer, 2007). Metóda párového porovnávania porovnáva každé kritérium voči zvyšným kritériám (Zardari et al., 2015). Na vyjadrenie relatívnej dôležitosti medzi pámi porovnávaných kritérií, sa využíva stupnica od 1 po 9, kedy jedna predstavuje rovnakú dôležitosť porovnávaných kritérií a 9 absolútnu dominanciu porovnávaného kritéria (Meyer, 2007). Viac o týchto metódach v Zardari et al. (2015). Prehľad vedeckých prác s použitými metódami priradenia váh a váženía je v tab. 3.

Tab. 3: Prehľad použitých metód priradenia váh a váženía

Table 3: Overview of assigning weight and weighting methods

Autor	Priradenie váh	Váženie	Rozhodovacie pravidlá
Margeta, Knezic (2002)	Stakeholderi	Párové porovnávanie	AHP, PROMETHEE I, PROMETHEE II
Brouwer, van Ek (2004)		Rovnaké váhy	WSM
Martin et al. (2007)	Stakeholderi	Rating	ELECTRE III
Schumann (2010)	Decision makeri	Rating	TOPSIS, fuzzy AHP
Yang et al. (2011)	Stakeholderi	Rating	WSM
Evers et al. (2012)	Stakeholderi	Rating	fuzzy TOPSIS
Marttunen et al. (2013)	Voľba expertov	Rating	MAVT
Porthin et al. (2013)	Voľba expertov	Rating	MAVT
van Loon-Steensma et al. (2014)		Rovnaké váhy	WSM
Chitsaz et al. (2015)	Voľba expertov	Párové porovnávanie	WSM, CP, VIKOR, TOPSIS, M-TOPSIS, AHP ELECTRE WSM, CP, VIKOR, TOPSIS, WSM, CP, VIKOR, TOPSIS, M-TOPSIS, AHP ELECTRE I, ELECTRE III

Účelom aplikácia rozhodovacích pravidiel je zoradenie alternatív na základe hodnotenia alternatív a váh kritérií (Wang et al., 2009). Multikritériálna analýza sa

využíva v rôznych oblastiach rozhodovania, čo podnietilo vznik množstva rozličných metód. Moghaddam et al. (2011) rozdeľuje metódy na elementárne a pokročilé na základe ich zložitosti. Wang et al. (2009) a Zardari et al. (2015) ďalej rozdeľujú pokročilé metódy podľa spoločných znakov na metódy multiatribútovej funkčnosti a outrankové metódy. V našej práci predstavíme zástupcu každej triedy. Najčastejšie používanou elementárnou metódou je metóda jednoduchého váženía alebo aj SAW (Simple Additive Weighting Method). Poradie alternatív sa určuje na základe jednoduchého sčítania vážených hodnôt alternatív. Predstaviteľom pokročilých multiatribútových metód je TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), ktorá je založená na metóde ideálnych bodov (Malczewski, 1999). Pri tejto metóde sa stanoví ideálna hodnota pre každé kritérium – ideálny bod. Alternatívy sa následne zoradia na základe vzdialenosti od ideálu. Čím menšia vzdialenosť tým vyššie umiestnenie (Chistaz, Banihabib, 2015). Ďalším zástupcom je AHP (Analytical Hierarchy Process) vyvinutý Thomasom L. Saatym v roku 1980 a je najpoužívanejšia v prostredí povodňového rizika (Madruga de Brito, Evers, 2016, Shams et al., 2014). Prvým krokom je tvorba hierarchickej štruktúry problému – dekompozícia. Problém sa „rozloží“ na štyri hierarchické úrovne: hlavný cieľ, vedľajšie ciele, kritériá a alternatívy. Následne sa vykoná párové porovnávanie (komparatívny úsudok) medzi kritériami a alternatívami. Najznámejšou a najpoužívanejšou metódou spomedzi outrankových metód je ELECTRE (Elimination et Choice Translating Reality), ktorá bola predstavená Benayounom, Royom a Sussmanom v roku 1966 (Wang, 2009). V súčasnosti existuje šesť verzií metódy. Základným princípom všetkých metód skupiny ELECTRE je rozsah, do ktorého hodnotenie alternatív a vážených kritérií potvrdzuje alebo vylučuje dominanciu jednej alternatívy z párového porovnania (Malczewski, 1999).

Predposledným krokom multikritériálnej analýzy je test senzitivity, ktorý vyhodnocuje robustnosť riešenia. Základom analýzy senzitivity je zmena váh kritérií za účelom zistenia zmeny vo výsledkoch poradia alternatív (Edjossan-Sossou, 2014). V prípade zachovania výsledkov multikritériálnu analýzu nemožno pokladať za objektívnu.

Záver multikritériálnej analýzy je zoradenie alternatív do poradia podľa pravidiel rozhodovania. Toto poradie však nemusí byť pre decision makerov smerodajné, nakoľko multikritériálna analýza len ponúka podporu pri rozhodovaní a neponúka rozhodnutie samotné.

Záver

Integrovaný manažment povodňového rizika predstavuje nový prístup v redukcii povodňového rizika. Jeho základom je zmena v percepcii povodňového rizika z jednorozmernej koncepcie na viacrozmernú. Redukcia povodňového rizika sa neobmedzuje len na technické opatrenia v blízkosti vodného toku. Presadzuje sa

komplexný prístup, ktorý pracuje s celým povodím a všetkými dostupnými prostriedkami a inštitúciami. Za účasti miestnych obyvateľov a stakeholdrov sa uplatňuje bottom up prístup a zodpovednosť za manažment povodňového rizika sa decentralizáciou prenáša na nižšie hierarchické úrovne. Na redukciu povodňového rizika sa využívajú komplexné stratégie určené pre celé povodie, ktoré pozostávajú z konkrétnych opatrení technického alebo inštitucionálneho charakteru. V rámci priestorového aspektu rozdeľuje manažment svoju zodpovednosť na národnú, regionálnu a lokálnu úroveň, medzi paletu aktérov z verejnej správy, tretieho sektora a obyvateľov.

Pre výber najvhodnejšieho opatrenia na redukciu povodňového rizika je najčastejšie využívaná multikriteriálna analýza, ktorá ponúka podporu pri rozhodovaní za použitia rôznych, často protichodných, kritérií. Často využíva preferencie decision makerov a stakeholdrov pri získavaní váh jednotlivých kritérií a viaceré rozhodovacie pravidlá, ktoré dokážu pracovať aj s neurčitými hodnoteniami.

Literatúra

- AHMAD, S. – SIMONOVIC, S. 2006. An Intelligent Decision Support System for Management of Floods. In *Water Resources management*. ISSN 1573-1650, 2006, vol. 20, no. 3, pp. 391-410.
- BANA E COSTA, A. – ANTAI DA SILVA, P. – CORREIA, N. F. 2004. Multicriteria Evaluation of Flood Control Measures: The Case of Riberia do Livramento. In *Water Resources management*. ISSN 1573-1650, 2004, vol. 18, no. 3, pp. 263-283.
- BOUMA, J. J. – FRACOIS, D. – TROCH, P. 2005. Risk assessment and water management. In *Environmental Modeling & Software*. ISSN 1364-8152, 2005, vol. 20, no. 2, pp. 141-151.
- BROUWER, R. – VAN EK, R. 2004. Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. In *Ecological Economics*. ISSN 0921-8009, 2004, vol. 50, no. 1, pp. 1-21.
- CAVALLARO, F. – CIRAIOLO, L. 2005. A multicriteria approach to evaluate wind energy plants on an Italian Island. In *Energy Policy*. ISSN 0301-4215, 2005, vol. 33, no. 2, pp. 235-244.
- DE BRUIJN, K. M. 2005. Resilience and flood risk management. In *Water Policy*. ISSN 1366-7017, 2005, vol. 6, no. 1, pp. 53-66.
- DIEPERNIK, C. – GREEN, C. – HEGGER, D. – DRIESSEN, P. – BAKKER, M. – CRABBE, A. – EK, K. 2013. *Flood Risk Management in Europe: An exploration of Governance Challenges*. STAR-FLOOD Consortium, Utrecht, The Netherlands, 2013. 9 p. ISBN 978-94-91933-03-5.

- DODGSON, J. – SOACKMAN, M. – PEARMAN, A. – PHILLIPS, L. 2001. *DTLR multi-criteria analysis manual*. National Economic Research Associates, London, 2001. 145 p.
- EDJOSSAN-SOSSOU, M. A. – DECK, O. – HEIB, A. M. – VEDEL, T. 2014. A decision-support methodology for assessing the sustainability of natural risk management strategies in urban areas. In *Natural Hazards and Earth System Sciences*. ISSN 1561-8633, 2014, vol. 14, no. 12, pp. 3207-3230.
- ESTMAN, R. – EMANI, S. – HULINA, S. – JIANG, H. – JOHNSON, A. – RAMACHANDRAN, M. 1997. *Applications of Geographic Information Systems (GIS) Technology in Environmental Risk Assessment and Management*. UNEP, Division of Environmental Information and Assessment, Sioux Falls, SD.
- EVERS, M. – JONOSKI, A. – ALMORADIE, A. – LANGE, L. 2012. Collaborative modelling for active involvement of stakeholders in urban flood risk management. In *Natural hazards and Earth System Sciences*. ISSN 1561-8633, 2012, vol. 91, pp. 95-110.
- FILHO, L. W. 2003. *Climate Change and Disaster Risk Management*. Hamburg: Springer, 2003. 692 p. ISBN 978-3-642-31110-9.
- FOXON, T. J. – MCILKENNY, G. – GILMOUR, D. – OLTEAN-DUMBRAVA, C. – SOUTER, N. – ASHLEY, R. – BUTTLER, D. – PEARSON, P. – JOWITT, P. – MOIR, J. 2002. Sustainability Criteria for Decision Support in the UK Water Industry. In *Journal of Environmental Planning and Management*. ISSN 1360-0559, 2002, vol. 45, no. 2, pp. 285-301.
- GAMPER, C. – THONI, M. – WECK-HANNEMANN, H. 2006. A conceptual approach to the use of Cost Benefit analysis and Multi Criteria analysis in natural hazard management. In *Natural Hazards Earth System Science*. ISSN 1561-8633, 2006, vol. 6, no. 2, pp. 293-302.
- GOULDBY, B. – SAMUELS, P. 2005. *Language of risk – project definitions*. Floodsite project report T32-04-01 [online] 2005 [cit. 15. 1. 2017]. Dostupné na internete: http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/floodsite_language_of_risk_v4_0_p1.pdf
- HALL, W. J. – MEADOWCROFT, C. I. – SAYERS, B. P. – BRAMLEY, E. M. 2003. Integrated Flood Risk Management in England and Wales. In *Natural Hazards Review*. ISSN 1527-6996, 2003 vol. 4, no. 3, pp. 126-135.
- HALL, J. – PENNING-ROWSELL, E. 2011. Setting the Scene for Flood Risk Management. In *Flood Risk Science and Management*. Oxford: Wiley-Blackwell, 544 p. ISBN 978-1-405-18657-5.
- HAQUE, A. N. – GRAFAKOS, S. – HUIJSMAN, M. 2012. Participatory integrated assessment of flood protection measures for climate adaptation in Dhaka. In *Environment & Urbanization*. ISSN 1746-0301, 2012, vol. 24, no. 1, pp. 197-123.
- HARRIES, T. – PENNING-ROWSELL, E. 2011. Victim pressure, institutional

- inertia and climate change adaptation: The case of flood risk. In *Global Environmental Change*. ISSN 0959-3780, 2011, vol. 21, no. 1, pp. 188-197.
- CHISTAZ, N. – BANIHABIB, M. 2015. Comparison of Different Multi Criteria Decision-Making Models in Prioritizing Flood Management Alternatives. In *Water Resources Management*. ISSN 1573-1650, 2015, vol. 29, no. 8, pp. 2503-2525.
- IPCC. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA, 582 p. ISBN 978-1-107-02506-6.
- JONKMAN, N. – VAN GELDER, M. J. A. H. P. – VRIJLING, K. J. 2003. An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage. In *Journal of Hazardous Materials*. ISSN 0304-3894, 2003, vol. 99, no. 1, pp. 1-30.
- KENYON, W. 2007. Evaluating flood risk management options in Scotland: A participant-led multi-criteria approach. In *Ecological Economics*. ISSN 0921-8009, 2007, vol. 64, no. 1, pp. 70-81.
- KOKS, E. E. – JONGMAN, B. – HUSBY, G. T. – BOTZEN, W. J. W. 2015. Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. In *Environmental Science & Policy*. ISSN 1462-9011, 2015, vol. 47, pp. 42-53.
- KOUSKY, C. – WALLS, M. 2014. Floodplain conservation as a flood mitigation strategy: Examining costs and benefits. In *Ecological Economics*. ISSN 0921-8009, 104, s. 119-128.
- MADRUGA DE BRITO, M. – EVERS, M. 2016. Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art. In *Natural Hazards Earth System Sciences*. ISSN 1561-8633, 2016, vol. 10, no. 4, pp. 509-527.
- MALCZEWSKI, J. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. New York: Wiley, 1999. 408 p. ISBN 978-0-471-32944-2.
- MARGETA, J. – KNEZIC, S. 2002 Selection of the flood management solution of Karstic Field. In *Water International*. ISSN 1941-1707, 2002, vol. 27, no. 3, pp. 431-441.
- MARKOVIC, M. 2012. Multi criteria Analysis of Hydraulic Structures for River Training Works. In *Water resources Management*. ISSN 1573-1650, 2012, vol. 26, no. 13, pp. 3893-3906.
- MARTIN, C. – RUPERD, Y. – LEGERT, M. 2007. Urban stormwater drainage management: the development of a multicriteria decision aid approach for best management practices. In *European Journal of Operational Research*. ISSN 0377-2217, 2007, vol. 181, no. 1, pp. 338-349.
- MARTTUNEN, M. – MUSTAJOKI, J. – DUFVA, M. – KARJALAINEN, P. T. – 2013. How to design and realize participation of stakeholders in MCDA

- processes? A framework for selecting an appropriate approach. In *EURO Journal on Decision Processes*. ISSN 2193-9446, 2013, vol. 3, no.1-2, pp. 287-214.
- MATEO, J. 2012. *Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry*. London: Springer, 2012. 105 p. ISBN 978-1-4471-2346-0.
- MCFADDEN, L. – PENNING-ROWSELL, E. – TAPSELL, S. 2009. Strategic coastal flood-risk management in practice: Actors' perspectives on the integration of flood risk management in London and the Thames Estuary. In *Ocean & Coastal Management*. ISSN 0964-5691, 2009, vol. 52, no. 12, pp. 636-645.
- MERZ, B. – KREIBICH, H. – SCHWARZE, R. – THIEKEN, A. 2010. Fluvial flood risk management in a changing world. In *Natural Hazards Earth System Science*. ISSN 1561-8633, 2010, vol. 10, no. 3, pp. 509-527.
- MEYER, V. 2007. GIS-based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management. In *UFZ-Diskussionspapiere*. vol. 6, pp. 57.
- MEYER, V. – PRIEST, S. – KUHLLICKE, CH. 2012. Economic evaluation of structural and non-structural flood risk management measures: examples from the muddle river. In *Natural Hazards*. ISSN 1573-0940, 2012, vol. 62, no. 2, pp. 301-324.
- MOGHADDAM, N. B. – NASIRI, M. – MOUSAVI, M. S. 2011. An appropriate multiple criteria decision making method for solving electricity planning problems, addressing sustainability. In *International Journal of Environmental Science & Technology*. ISSN 1735-2630, 2011, vol. 8, no. 3, pp. 605-620.
- PORTHIN, M. – ROSQVIST, T. – PERRELS, A. – MOLARIUS, R. 2013. Multi-criteria decision analysis in adaptation decision-making: a flood case study in Finland. In *Regional Environmental Change*. ISSN 1436-378X, 2013, vol. 13, no. 6, pp. 1171-1180.
- PENNING-ROWSELL, E. 2003. Flood as Catalysts for Policy Change: Historical Lessons from England and Wales. In *International Journal of Water Resources Development*. ISSN 1360-0648, 2003, vol. 21, no. 4, pp. 561-575.
- PENNING-ROWSELL, E. – PRIEST, S. 2014. Sharing the burden of increasing flood risk: who pays for flood insurance and flood risk management in the United Kingdom. In *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. ISSN 1573-1596, 2014, vol. 20, no. 6, pp. 991-1009.
- SHAMS, F. – MOHAMED, S. – FAYEK, A. R. 2014. Improving consistency evaluation in fuzzy multi-attribute pairwise comparison based decision-making methods. In *Asia-Pacific Journal of Operational Research*. ISSN 1793-7019, 2014, vol. 31, no. 4.
- SCHANZE, J. 2006. *Flood risk management – a basic framework*. In *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*. Springer: Dordrecht, 2006. 309 p. ISBN 978-1-4020-45998-1.
- SCHUMANN, H. A. – NIJSSEN, D. – PAHLOW, M. 2010. Handling

- uncertainties of hydrological loads in flood retention planning, In *International Journal of River Basin Management*. ISSN 1814-2060, 2010, vol. 8, no. 3-4, pp. 281-294.
- SIMONOVIC, S. – AKTER, T. 2005. Aggregation of fuzzy views of a large number of stakeholders for multi-objective flood management decision-making, In *Journal of Environmental Management*. ISSN 0301-4797, 2005, vol. 77, no. 2, pp. 133-143.
- SOLÍN, Ľ. 2015. Recent Slovak flood protection relative to integrated flood risk management. In *International Journal of River Basin Management*. ISSN 1814-2060, 2015, vol. 13, no. 4, pp. 463-473.
- VAN LOON-STEESMA, M. J. – SCHELFHOUT, A. H. – VVELLINGA, P. 2014. Green adaptation by innovative dike concepts along the Dutch Wadden Sea coast. In *Environmental Science & Policy*. ISSN 1462-9011, 2014, vol. 44, no. 1, pp. 108-125.
- WANG, J. J. – JING, Y. Y. – ZHANG, CH. – HHAO, J. 2009. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ISSN 1364-0321, 2009, vol. 13, no. 9, pp. 2263-2278.
- WEHN, U. – RUSCA, M. – EVERS, J. – LANFRANCHI, V. 2015. Participation in flood risk management and the potential of citizen observatories: A governance analysis. In *Environmental Science & Policy*, ISSN 1462-9011, 2015, vol. 48, pp. 225-236.
- WMO, GWP. 2004. *Integrated flood Management*. APFM Technical Documents No. 1. 2004. World Meteorological Organization and Global Water Partnership, Geneva. 28 p.
- YANG, M. – QIAN, X. – ZHANG, Y. – SHENG, J. – SHEN, D. – GE, Y. 2011. Spatial Multicriteria Decision Analysis of Flood Risks in Aging-Dam Management in China: A Framework and Case Study In *Environmental Research and Public Health*. ISSN 1660-4601, 2011, vol. 8, no. 5, pp. 1368-1387.
- ZARDARI, H. – AHMED, K. – SHIRAZI, S. – M., YUSOP, Z. B. 2015. *Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management*. London: Springer, 2015. 172 p. ISBN 978-3-319-12586-2.

USING MULTI-CRITERIA ANALYSIS IN INTEGRATED FLOOD RISK MANAGEMENT

Summary

The massive flood damage has highlighted the fact that a one-dimensional perception of flood risk is insufficient because flood protection has failed. The

damage was not caused by the flood itself, but by the vulnerability of objects in hazard. The new aspect of vulnerability in combination with flood hazard and exposition formed the new multidimensional concept of flood risk. Different approach to flood opened door to integrated flood risk management, which is based on new value system of society with emphasis on protection of ecosystems, decentralization of responsibility for streams, management of flood risk and proactive involvement of public in the decision process.

Integrated flood risk management is a holistic approach that involves not only other scientific disciplines but mainly public administration institutions, the third sector, residents at risk and stakeholders. Residents are involved in providing information to flood risk assessment, providing their opinion on how to address the issue of flooding and engaging in decision-making to find the most appropriate solution. Decentralization is another important principle. Responsibility for management of flood risk reduction is transferred to the local level and great emphasis is put on the individual responsibility of the population at risk. One of three strategies or their combination is applied to reducing flood risk. For each strategy, structural or non-structural measures are in place. Responsibility for flood risk is divided into three hierarchical levels: national, regional and local. The actors at each level are assigned tasks such as: creating a comprehensive framework for integrated flood risk management (national level), developing river basin strategies (regional level), selecting and implementing measures, resident and stakeholder's participation (local level).

The selection of the most appropriate measure at the local level requires the inclusion of the opinion of residents and stakeholders but also a transparent and equitable distribution of financial resources as well as flood risk mitigation. For this purpose, decision support systems are used. The most frequently used tool is a multi-criteria analysis that provides decision support based on multiple, often contradictory criteria. Multi-criteria analysis consists of eight steps: definition of the problem, determination of evaluation criteria, determination of alternatives, evaluation of alternatives, criteria weighing, application of decision-making rules, sensitivity analysis and ranking. In the first step, we define the problem, the difference between the current and the desired state. Subsequently, the evaluation criteria are selected, which can be done based on a study of literature or with the help of decision makers or residents. The selection of alternatives is a complex and creative process, since each situation has different conditions and type of flood risk. Assessment of alternatives against criteria can be based on models, expert opinions, opinion of the population, or analogy in the literature. The next step, weighing the criteria, show the preferences of the decision makers to the criteria. Criteria, alternatives, and criteria weights are then combined based on decision-making rules. The entire process is then subjected to a sensitivity analysis, which detects whether there are different results when changing the parameters of one of the steps. The last step is to sort the alternatives based on the results.

Mgr. Lukáš Michaleje

Geografický ústav SAV

Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

E-mail: geoglumi@savba.sk