

# METODIKA POSUDZOVANIA POVODNÍ NA ÚZEMIACH MAKROREGIÓNOV

## METHODOLOGY OF FLOODS ASSESSMENT IN THE MACROREGIONS

MATÚŠ STRAPÁK<sup>1</sup>, MICHAL ORINČÁK<sup>2</sup>, LUDMILA MACUROVÁ<sup>3</sup>,

**Abstract-** *The article describes the uses of the multicriteria index for the assessment of flood threats in the macroregions. This methodology processes information of seven parameters namely flow accumulation, distance from the drainage network, elevation, land use, rainfall intensity and geology. The relative importance of each parameter for the occurrence and severity of flood has been connected to weight values. These values are calculated following an "Analytical Hierarchy Process". According to this data, the index is calculated, resulting to flood hazard mapping*

**Keywords** – FHI, flood risk, GIS, analysis

### ÚVOD

Zámerom riešenia metodiky hodnotenia povodňového rizika v územiach makroregiónov (resp. čiastkových povodiach a povodiach), je generalizovať špecifické údaje o hodnotenej lokalite a navrhnúť postup pri hodnotení povodňového rizika v rôznych úrovniach členitosti terénu. Členitosť terénu je pritom považovaná za základný faktor, ktorý ovplyvňuje mieru kumulácie zrážkových vôd na povrchu a povrchové odtoky.

Pri efektívnej maximalizácii využitia navrhovanej metodiky, v transpozícii s ďalej navrhovanou generalizáciou špecifických údajov o lokalitách, je možné za minimálnej úpravy hodnotiacich parametrov, použiť ako posudzované územie akékoľvek územie makroregiónu nachádzajúceho sa v Slovenskej Republike, za predpokladu optimálneho zostavenia viacerých variantov sústav hodnotenia (resp. korektne určených parametrov a ich hodnôt).

Príspevok sa zaoberá návrhom metodiky pre hodnotenie povodňového ohrozenia. Pre demonštráciu využitia metodológie je v príspevku využitá na čiastkovom povodí Moravy [4-13; 4-17].

### 1. METODOLÓGIA

Za účelom posudzovania povodňového ohrozenia v makroregiónoch bol vytvorený indexový model v prostredí GIS, pričom boli použité rôzne existujúce stratégie a metodológie. Jeho cieľom je definovať oblasti povodňového ohrozenia pri regionálnej pôsobnosti. Predmetný model predstavuje multikriteriálnu analýzu (AHP), ktorá obsahuje index nebezpečenstva vzniku povodní (FHI). Cieľom tejto metodológie je identifikovať záujmové oblasti s prítomným povodňovým ohrozením, s potenciálnou možnosťou vykonania komparatívnej analýzy medzi jednotlivými povodiami a predikcie povodní spôsobených vplyvom kumulácie zrážkových vôd pri vysokom povrchovom odtoku.

#### 1.1 Popis metodológie

Navrhnutá metodológia je zobrazená vo vývojovom diagrame (Obr. 1). V rozhraní GIS sú zosumarizované údaje o parametroch z rôznych zdrojov. Tieto údaje sa spracovávajú v tomto rozhraní, kedy je potrebné ich náležite upraviť a preklasifikovať. V tejto fáze sú taktiež definované váhy jednotlivých parametrov, potrebných pre výpočet FHI.

---

<sup>1</sup> Matúš Strapák, Bc., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská Republika, strapak@stud.uniza.sk

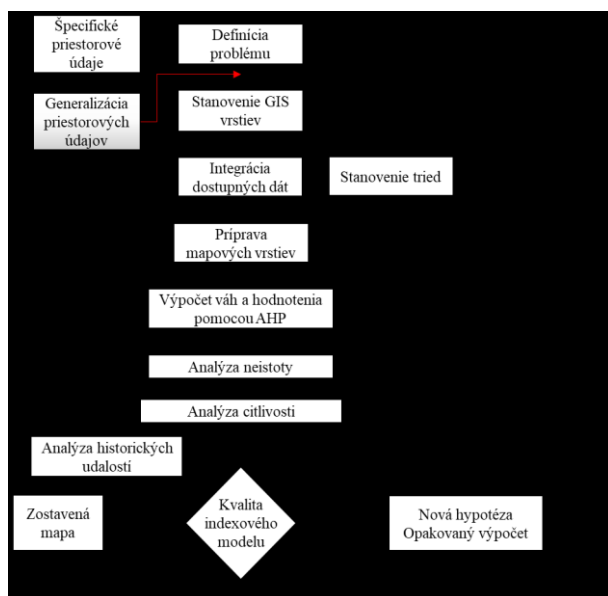
<sup>2</sup> Michal Orinčák, doc. PhD., Ing., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská Republika, michal.orincak@fbi.uniza.sk, 041/513 6762

<sup>3</sup> Ludmila Macurová, PhD., Ing., Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. 1. mája 32, 010 26 Žilina, Slovenská Republika, ludmila.macurova@usi.uniza.sk, 041/513 6913



Obr. 1: Vývojový diagram multikriteriálnej metódy FIGUSED

Porovnanie výsledkov analýzy pri komparácii s mapami povodňového ohrozenia, podporuje korektnú identifikáciu ohrozených oblastí, pričom záznamy historických udalostí overujú správnosť metodiky.



Obr. 2: Metodika postupu tvorby indexového modelu

Jednotlivé kroky postupu pri hodnotení a tvorbe metodiky a modelu sa dajú teda zhrnúť, v zmysle Obr. 2. [11]

## 1.2 Využitie parametre modelu

Metóda posudzovania územia makroregiónov z hľadiska povodní, v sebe zahŕňa sedem kritériálnych parametrov, konkrétne:

- akumulácia prietoku (ozn. „F“),
- intenzita zrážok (ozn. „I“),
- geologické rozčlenenie územia (ozn. „G“),
- využitie pôdy (ozn. „U“),

- sklon terénu (ozn. „S“),
- nadmorská výška (ozn. „E“),
- vzdialenosť od drenážnej siete (ozn. „D“).

Podľa označení jednotlivých parametrov, je predmetná metóda pomenovaná názvom: „FIGUSED“. Výber parametrov je teoreticky založený na ich významnosti pre posúdenie nebezpečenstva vzniku povodní. [5]

## 2. VÁHY PARAMETROV

Predmetná metóda zohľadňuje uvedené hydrogeologické, morfológické a socio-ekonomické parametre a váha jednotlivých faktorov predstavuje zastúpenie každého parametra v konečnej výslednej mape. Táto priestorovo orientovaná analýza záujmového územia hodnotí každý bod mriežky pri jednotlivých parametroch. Na základe podmienok na tomto území, je každému bodu v mriežke priradená hodnota od 1 do 9 (bodové hodnotenie). Kvantitatívne intervaly prietokovej kumulácie (F), nadmorskej výšky (E) a intenzity zrážok (I), sú definované pomocou metódy prirodzených zlomov (eng. natural breaks). Táto metóda bola použitá v podobných štúdiách (Huan 2015, Kazakis a Voudouris 2015). Interval sklonu terénu (S) definoval vo svojej štúdií (Demek 1972), pre väčšie posudzované územia a vzdialenosť od drenážnej siete (D) je definovaná pomocou metódy euklidovskej vzdialenosti. Kvantitatívne parametre, konkrétne využitie pôdy (U) a geologické podložie (G), sú klasifikované na základe podobných štúdií, po úpravách s prihliadnutím na absorpčné pomery tried parametrov na záujmovom území. Získané hodnoty slúžia po spracovaní na výpočet relatívneho významu každého z parametrov a príslušnej váhy kritéria. Po výpočte váh kritérií, resp. parametrov je možné vypočítať FHI podľa vzťahu (1). [3, 4, 6, 7]

$$FHI = \sum_{i=1}^n r_i * w_i \quad (1)$$

kde:

- $r_i$  bodové ohodnotenie parametra v každom bode mriežky
- $w_i$  váha parametra
- $n$  poradie kritéria

Ako už bolo spomenuté, pre definovanie váhy každého z kritérií (resp. parametrov), je použitá metóda multikriteriálnej analýzy (AHP). Táto metóda je tzv. štruktúrovaná technika, ktorá je používaná prevažne za účelom analýzy zložitejších problémov (pričom je zapojený väčší počet vzájomne súvisiacich cieľov alebo kritérií). Po hierarchickom roztriedení parametrov podľa ich relatívnej dôležitosti, je možné definovať ich váhy, resp. vytvoriť párovú porovnávaciu maticu pre každý

parameter, za účelom porovnania ich významnosti. Relatívny význam medzi kritériami je hodnotený číslami od 1 do 9 (od najmenej dôležitých, po najviac dôležité). Párové porovnania a variabilná hierarchizácia v AHP, vyplýva z Delfskej metódy, resp. z metódy prognózovania a expertných odhadov, ktorá je používaná v rôznych indexových modeloch. Napriek subjektivite metódy sa v mnohých modeloch používa spôsob tvorenia váh prostredníctvom AHP, pričom sa odporúča používať tento spôsob na regionálne štúdie. [1, 8]

Tab. 1: Hodnotenie parametrov analýzy

	<b>F</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>U</b>	<b>I</b>	<b>S</b>	<b>G</b>
<b>F</b>	<b>1</b>	2	2	3	3	5	7
<b>D</b>	1/2	<b>1</b>	1	3	3	4	6
<b>E</b>	1/2	1	<b>1</b>	3	3	4	6
<b>U</b>	1/3	1/3	1/3	<b>1</b>	2	4	5
<b>I</b>	1/3	1/3	1/3	1/2	<b>1</b>	4	5
<b>S</b>	1/5	1/4	1/4	1/4	1/4	<b>1</b>	3
<b>G</b>	1/7	1/6	1/6	1/5	1/5	1/3	<b>1</b>

Predmetná metodológia uvažuje s použitím matice 7x7 pre párové porovnanie. V takejto matici sú diagonálne prvky ekvivalentné hodnote 1. Hodnoty uvedené v riadkoch charakterizujú význam medzi dvoma parametrami. Prvý riadok tabuľky ilustruje dôležitosť akumulácie prietoku vzhľadom na ďalšie parametre, ktoré sú umiestnené v stĺpcoch. Výsledné kritéria metódy FIGUSED, triedené hierarchicky pre študované povodie, sú uvedené vid'. Tab. 1.

Tab. 2: Normalizovaná matica parametrov analýzy

	<b>F</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>U</b>	<b>I</b>	<b>S</b>	<b>G</b>	<b>Sum</b>	<b>W</b>
<b>F</b>	0,332	0,393	0,393	0,274	0,241	0,224	0,212	2,07	<b>3,0</b>
<b>D</b>	0,166	0,197	0,197	0,274	0,241	0,179	0,182	1,44	<b>2,1</b>
<b>E</b>	0,166	0,197	0,197	0,274	0,241	0,179	0,182	1,44	<b>2,1</b>
<b>U</b>	0,111	0,066	0,066	0,091	0,161	0,179	0,152	0,82	<b>1,2</b>
<b>I</b>	0,111	0,066	0,066	0,046	0,080	0,179	0,152	0,70	<b>1,0</b>
<b>S</b>	0,066	0,049	0,049	0,023	0,020	0,045	0,091	0,34	<b>0,5</b>
<b>G</b>	0,047	0,033	0,033	0,018	0,016	0,015	0,030	0,19	<b>0,3</b>
<b>Σ</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>7,00</b>	

Pre výpočet jednotlivých váh analýzy a posúdenie vhodnosti riešenia problému využitím metodológie bola hodnotiacia matica parametrov analýzy normalizovaná, s následným využitím výpočtov, vid'. Tab. 2.

Tab. 3: Výpočet vlastnej hodnoty matice

<b>Parameter</b>	<b>Vlastný vektor</b>	<b>Normovaný VV</b>	<b>Vlastné hodnoty</b>
<b>F</b>	2,772746	0,299166	7,276875
<b>D</b>	1,952042	0,210616	7,28495
<b>E</b>	1,952042	0,210616	7,28495
<b>U</b>	1,057755	0,114127	7,494651
<b>I</b>	0,867714	0,093622	7,526575
<b>S</b>	0,420991	0,045423	7,524569
<b>G</b>	0,24495	0,026429	7,418508
<b>SUM</b>	<b>9,26824</b>	<b>1</b>	<b>AVG 7,401583</b>

Po vytvorení vlastnej vektorovej matice AHP je potrebné zhodnotiť jej konzistentnosť ďalšími výpočtami.

Požadovaná úroveň konzistencie sa hodnotí pomocou rovnice (2).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

kde:

**CR** pomer konzistencie

**CI** index konzistencie

**RI** náhodný index

Hodnoty náhodného indexu sú uvedené, vid'. Tab. 4.

Tab. 4: Hodnoty RI

<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>RI</b>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Uvedené hodnoty sa odvíjajú od počtu parametrov. V tomto prípade je uvažované so siedmimi parametrami.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

kde:

$\lambda_{max}$  maximálna vlastná hodnota porovnávacjej matice

**n** počet kritérií

Na základe teórie AHP by mal byť pomer konzistencie (CR) <0,1. CI je vypočítané podľa rovnice (3). Pomer konzistencie nad 0,1 vyžaduje revíziu rozhodnutí v matici hodnotenia parametrov analýzy, z dôvodu nekonzistentnej úpravy konkrétneho hodnotenia parametra.

Tab. 5: Medzivýsledky výpočtu CR

<b>Premenná</b>	<b>Hodnota</b>
<b>CR</b>	0,0507
<b>CI</b>	0,0669
<b><math>\lambda_{max}</math></b>	7,4015

Po výpočte podľa rovníc (2) a (3), je možné konštatovať, že pomer konzistencie predmetnej matice je 0,051, tzn. vyhovujúce.

V prípade neúspešných výpočtov, prípadne zistení závažnejších chýb, je všeobecne odporúčané zostaviť novú hypotézu a výpočet opakovať s danými úpravami pri zostavovaní parametrov, ich vlastností, váh, etc.

### 3. VÝPOČET INDEXU

Pri úspešnom získaní jednotlivých váh kritérií parametrov je možné v hodnotení prejsť do ďalšieho fázyového cyklu.



Obr. 3: Postupnosť fáz výpočtu [10]

Za predpokladu dostupnosti potrebných údajov, ktoré vstupujú do výpočtu indexu (jednotlivé váhy parametrov, upravené intervaly parametrov, etc.), je možné začať proces druhej fázy prípravy údajov pre výpočet. Túto fázu definuje postupnosť krokov, viď. Obr. 3. [10]

Tab. 6: Vstupné údaje výpočtu

Parameter	Interval	Hodnota
Akumulácia prietoku (pixel)	4900858,4 - 6126073	10
	3675643,8 - 4900858,4	8
	2450429,2 - 3675643,8	6
	1225214,6 - 2450429,2	4
	0 - 1225214,6	2
Vzdialenosť od drenážnej siete (m)	0 - 200	10
	200 - 500	8
	500 - 1000	6
	1000 - 2000	4
	≥ 2000	2
Nadmorská výška (m. n. m.)	0 - 191,619651	10
	191,619651 - 266,086479	8
	266,086479 - 361,829543	6
	361,829543 - 473,529785	4
	473,529785 - 811,290039	2
Využitie pôdy	Vodné plochy/urban. ob.	10
	Trávy	8
	Poľnohospodárstvo	6
	Kroviny	4
	Lesy	2
Intenzita zrážok (MFI)	110 - 95	10
	95 - 80	8
	80 - 65	6
	65 - 50	4
	50 - 35	2
Sklon terénu (%)	0 - 2	10
	2 - 5	8
	5 - 15	6
	15 - 60	4
	≥ 60	2
Geologické členenie územia	Skaly	10
	Vulkanity	8
	Neogénne segmenty	6
	Sedimenty	4
	Piesky	2

V Tab. 6 sú uvedené reprezentatívne vstupné údaje výpočtu indexového modelu. Predmetné údaje reprezentujú jednotlivé parametre, ktoré sú rozdelené vo vyššie popísaných intervaloch. Následne sú jednotlivým intervalom priradené hodnoty pre výpočet v prostredí ArcGIS, do ktorých sú parametre následne preklasifikované. Každý z parametrov má pomocou výpočtu priradenú váhu zastúpenia v indexovom modeli.

### 3.1 Metódy kalibrácie a validácie

Vo všeobecnosti existuje viacero spôsobov podrobenia predmetného indexového modelu kalibrácií a validácií. Medzi ne patria:

- analýza citlivosti,
- analýza neistoty,
- overenie pomocou historických udalostí,
- iné validačné a kalibračné metódy.

Predmetný indexový model je podrobený analýze citlivosti. Za týmto účelom bol na predmetný model použitý nástroj „Semivariogram Sensitivity tool“. Tento nástroj patrí medzi prostriedky geostatickej analýzy. Označenie FHIS vyjadruje index povodňového ohrozenia po využití kalibračných a validačných metód na modeli. Váhy parametrov sa po analýze zmenili podľa Tab. 7. [2, 9, 12]

Tab. 7: Sumárna štatistika modelu po analýze [12]

	FHI	FHIS
Počet z.	93 893	93 859
Minimum	19,59	20,40
Maximum	84,79	88
Suma	4 045 365,79	5 037 642,19
Priemer	43,08	53,67
Štandardná odchýlka [%]	9,72	13,09

Rovnica výpočtu vyplývajúca z krokov kalibrácie a validácie modelu sa teda mení v zmysle vzťahu (4) na:

$$FHIS = 1,2 * F + 2,5 * D + 3,0 * E + 0,7 * U + 0,5 * I + 1,6 * S + 0,4 * G \quad (4)$$

kde:

- F – akumulácia prietoku,
- D – vzdialenosť od drenážnej siete,
- E – nadmorská výška,
- U – využitie pôdy,
- I – intenzita zrážok,
- S – sklon terénu,
- G – geologické rozčlenenie územia

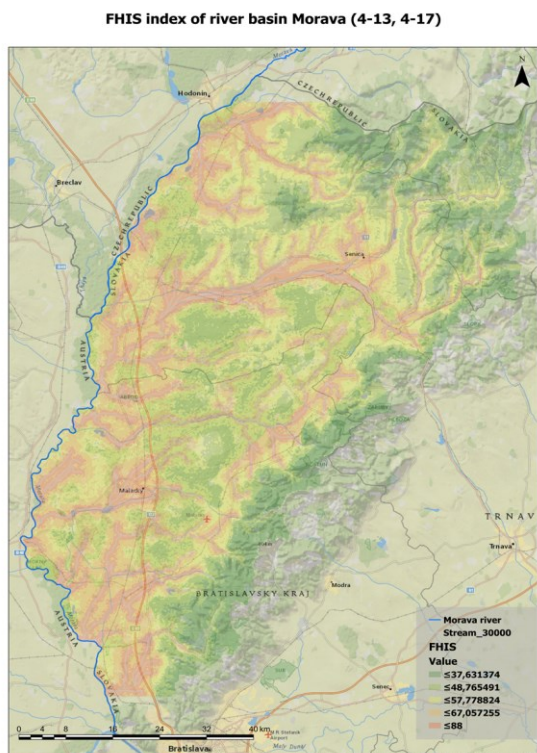
Z výsledkov tejto podkapitoly teda vyplýva, že váhy parametrov analýzy sa po kalibrácií a validácií modelu menia v zmysle Tab. 8, na:

Tab. 8: Váhy parametrov po kalibrácií a validácií

Parameter	Hodnota
F	1,2
D	2,5
E	3,0
U	0,7
I	0,5
S	1,6
G	0,4

#### 4. VÝSLEDKY VÝPOČTOV

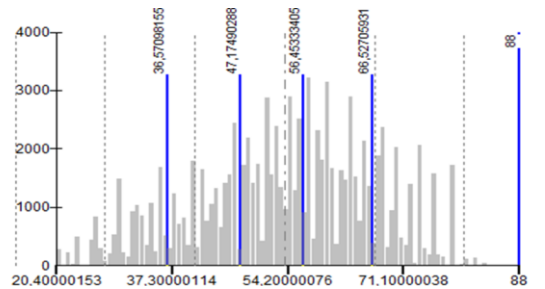
Pri zobrazení vypočítaného indexového modelu, v transpozícií s kalibráciou a validáciou modelu, v prostredí GIS, je vizualizovaná mapa povodňového ohrozenia (Obr. 4), ktorá zobrazuje FHIS index na území makroregiónu čiastkového povodia Moravy.



Obr. 4: FHIS index povodia Moravy [12]

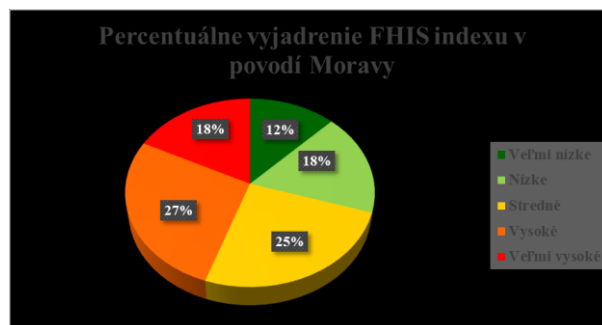
Predstavené výsledky sú reprezentatívne, ako ohodnotenie územia s rozlohou 2282 km<sup>2</sup>. Pomocou regresnej analýzy bola stanovená presnosť indexového modelu bez bilinéarnej interpolácie a kubickej konvolúcie kriviek na plochu 24 313 m<sup>2</sup> ± 13,09 %, čo predstavuje reálnu plochu jednej rastrovej bunky približne 155x155 m.

Grafické zobrazenie sumárnej štatistiky modelu pre potreby vizuálneho určenia polôh lokálnych extrémov, etc., je uvedené vid'. Obr. 5.



Obr. 5: Sumárna štatistika modelu [12]

Po procese časti kalibrácie a validácie modelu je možné graficky znázorniť percentuálne zastúpenie jednotlivých skupín povodňového ohrozenia v zmysle Obr. 6.



Obr. 6: Percentuálne vyjadrenie FHIS na území [12]

V prípade zvýšenia kvality a citlivosti indexového modelu, resp. vstupných údajov do výpočtu, môžu byť výsledky práce optimálne využité za účelom:

- územného plánovania (od najnižšej inštancie),
- ako pomocná dokumentácia rozhodovania v oblasti krízového riadenia,
- plánovania výstavby vodných stavieb a návrhu zelenej infraštruktúry,
- posúdenia stavu bezpečnosti miest a obcí vplyvom povodní,
- ako podporná dokumentácia pri riadení mimoriadnej udalosti - vzniku povodne.

Ďalším postupom, v prípade zvyšovania kvality predmetnej mapy FHIS indexu, je zahrnutie tzv. filtračného parametra. Základná hypotéza začlenená predmetného hodnotiaceho parametra je špecifikácia inundačných pásiem (v priestoroch protipovodňových ochranných hrádzi) v indexovom modeli a ich zahrnutie do výpočtu. Tento fakt by mal za výsledok presnejšie zhodnotenie rizika priamo na vodných tokoch a v pásmach protipovodňových ochranných hrádzi.

## ZÁVER

Metodológia práce je navrhnutá tak, aby ku vyselektovaným parametrom priradila váhu, resp. zastúpenie na celkovom hodnotení povodňového rizika pomocou GIS. Jednotlivé hodnotiace parametre sú vyberané na základe obdobných štúdií. Váženie parametrov je realizované pomocou analytickej viacúrovňovej metódy (AHP) na základe rozsiahlych expertných odhadov. Po tejto fáze je potrebné vrstvy jednotlivých parametrov preklasifikovať do intervalov, s ktorými vstupujú do výpočtu indexového modelu.

Následne je po úspešnom výpočte a zostavení indexového modelu potrebné vykonať kalibráciu a validáciu modelu. Tá je vykonaná pomocou prostriedkov geostatistickej analýzy, analýzou historických udalostí a pomocou štatistických a ekonomických metód. Následne je určená reprezentatívnosť výsledkov a štandardná odchýlka.

Na záver je potrebné podotknúť, že presnosť výpočtov, resp. presnosť indexového modelu je mimo iných faktorov priamo závislá od kvality a rozlíšenia vstupných mapových vrstiev. Z toho sa priamo odvíja fakt, že v prípade využitia výpočtu modelu s vyššou kvalitou vstupných mapových vrstiev, by mohli byť exporty modelu využiteľné v širšom spektre, či už územného alebo krízového plánovania a riadenia.

Dôležitým faktorom využitia tejto metodológie je fakt, že pre každé posudzovanie územie makroregiónu je potrebné na základe expertných odhadov a analýz historických udalostí zostaviť špecifické váhy pri vzájomnom hodnotení parametrov.

## ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] AYALEW, L., YAMAGISHI, H., 2005. The Application of GIS-Based Logistic Regression for Landslide Susceptibility Mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Geomorphology*, 65, 15-31.
- [2] Data classification methods. 2018. [online]. ArcGIS help. [cit. 2019-01-15]. Dostupné z: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>
- [3] DEMEK, J., 1972. *Manual of detailed geomorphological mapping*. Prague, Academia.
- [4] Geology and flooding. 2017. [online]. British Geological Survey. [cit. 2019-01-14]. Dostupné z: <http://www.bgs.ac.uk/research/engineeringGeology/shallowGeohazardsAndRisks/flooding/research.html>
- [5] HAAN, C.T., BARFIELD, B.J., HAYES, J.C., 1994. *Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments*. Academic Press, San Diego, 588.
- [6] HUAN, H., WANG, J., TENG, Y., Assessment and validation of groundwater vulnerability to nitrate based on a modified DRASTIC model. A case study in Jilin City of northeast China. *Science of The Total Environment*. Volume 440, 2012. Pages 14-23. ISSN 0048-9697.
- [7] KAZAKIS, N., VOUDOURIS, KONSTANTINOS S., 2015. Groundwater vulnerability and pollution risk assessment of porous aquifers to nitrate: modifying the DRASTIC method using quantitative parameters. *Journal of Hydrology*, 2015, 525: 13-25.
- [8] MÁCA, J., LEITNER, B., 2002.: Multikriteriálna optimalizácia rozhodovania pri krízovom riadení. In: Zborník 7. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou "Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí", II. časť, Žilina, FŠI ŽU, str. 271 - 278. ISBN 80 - 88829 - 71 - 2.
- [9] Sensitivity analysis. 2016. [online]. WikiGIS. [cit. 2019-01-15]. Dostupné z: [http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Sensitivity\\_analysis](http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Sensitivity_analysis)
- [10] STRAPÁK, M., 2018. Využitie GIS v prostredí posudzovania povodňového nebezpečenstva. In: *Konferencia týždeň vedy a techniky 2018*. Malacky.
- [11] STRAPÁK, M., MICHALKOVÁ, J., ORINČÁK, M., 2019. Methodology proposal of flood risk assessment in urbanized areas. In: *Student's scientific international conference, 6th May 2019*. [CD-ROM]. Zvolen: DF TUZVO, Roč. 60, s. 600-612. ISBN 978-80-228-3148-2.
- [12] STRAPÁK, Matúš, 2019. *Náchylnosť povodia Moravy na vznik povodní*. Bakalárska práca. Žilina: FBI UNIZA.
- [13] ZELENÁKOVÁ, M., 2009. Flood Risk Assessment in the Hornád River Basin. *Životné Prostredie*, Vol. 43, No. 6, p. 348 - 350.