



GIS4SG IX

Multikriteriální rozhodování - příklad podzim 2017

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

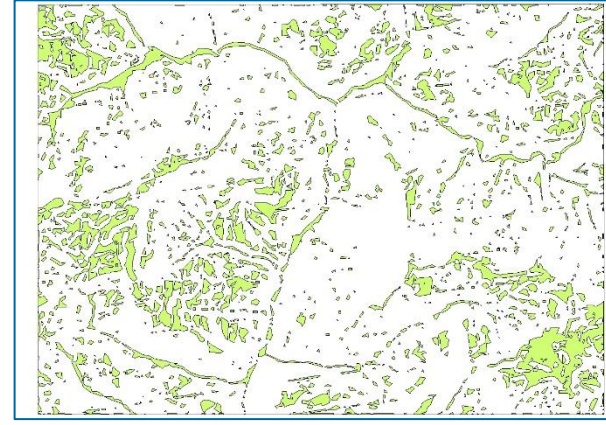
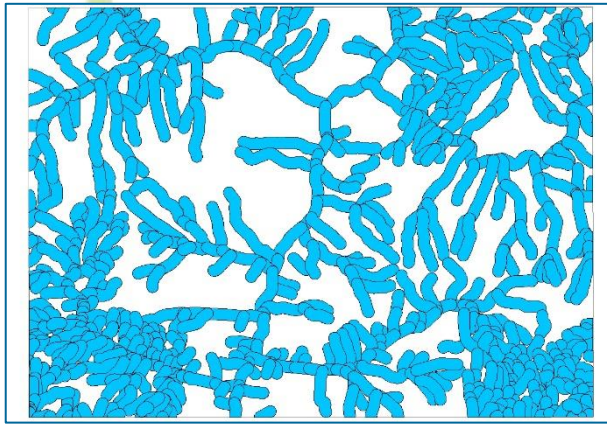
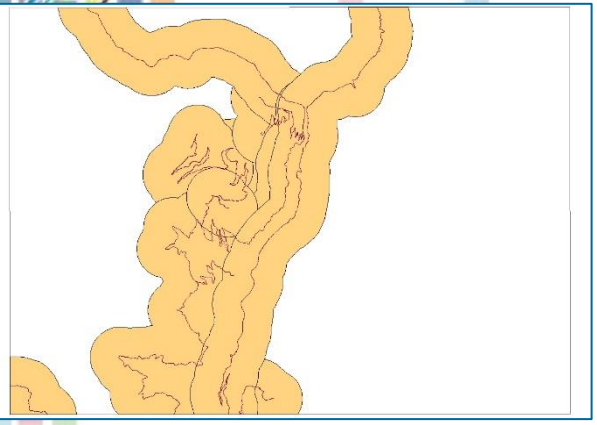
**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**



ROAD_1KM

Water_200m

SLOPE<15 degree



AND

AND

INTERSECT

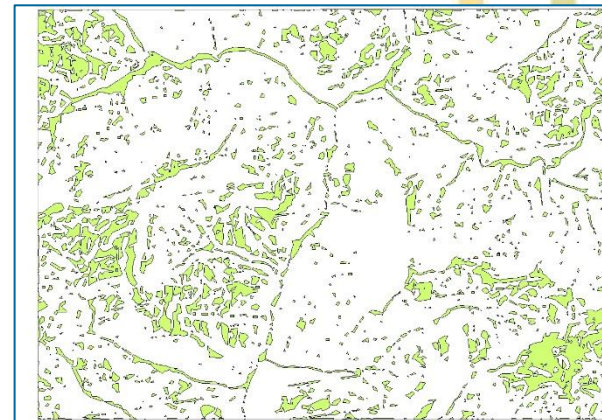
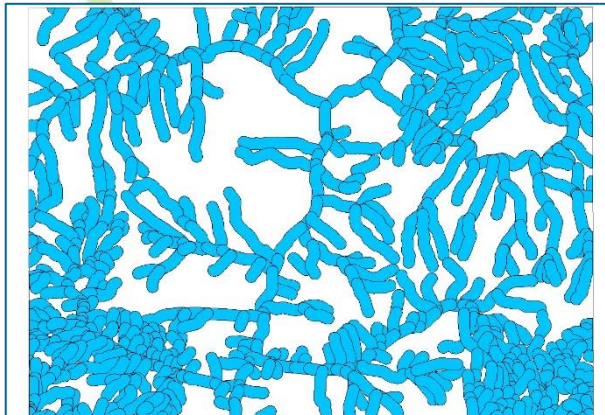
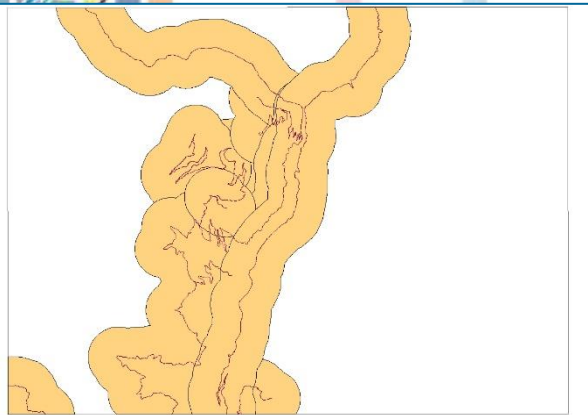




ROAD_1KM

Water_200m

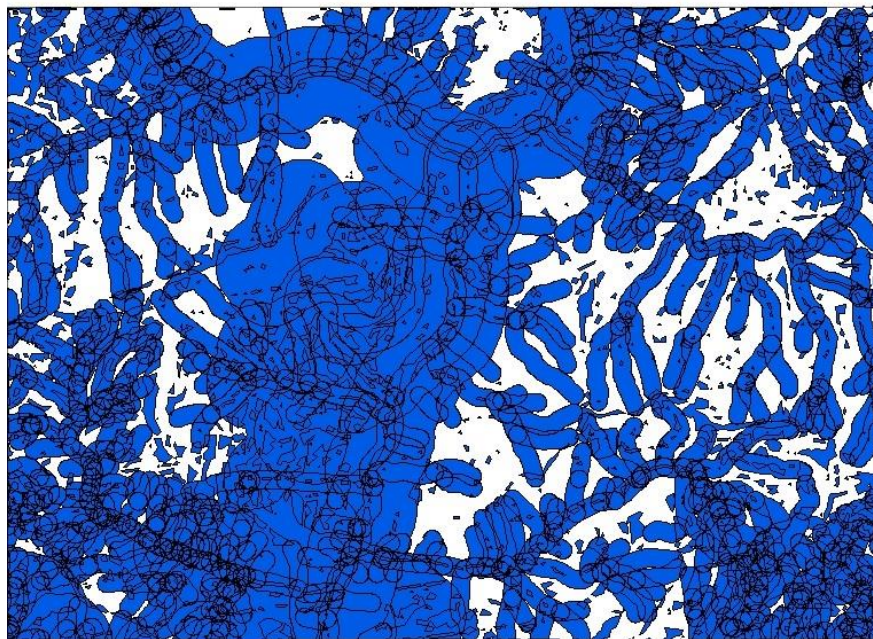
SLOPE<15 degree



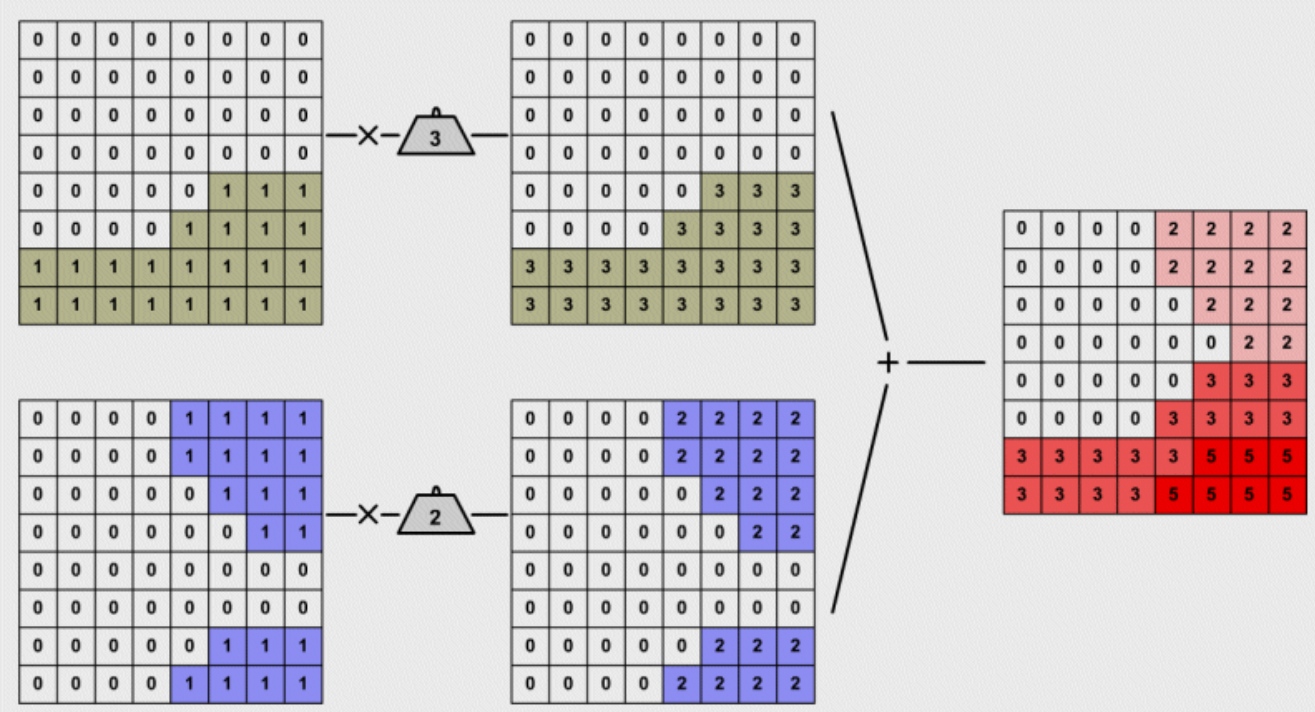
OR

OR

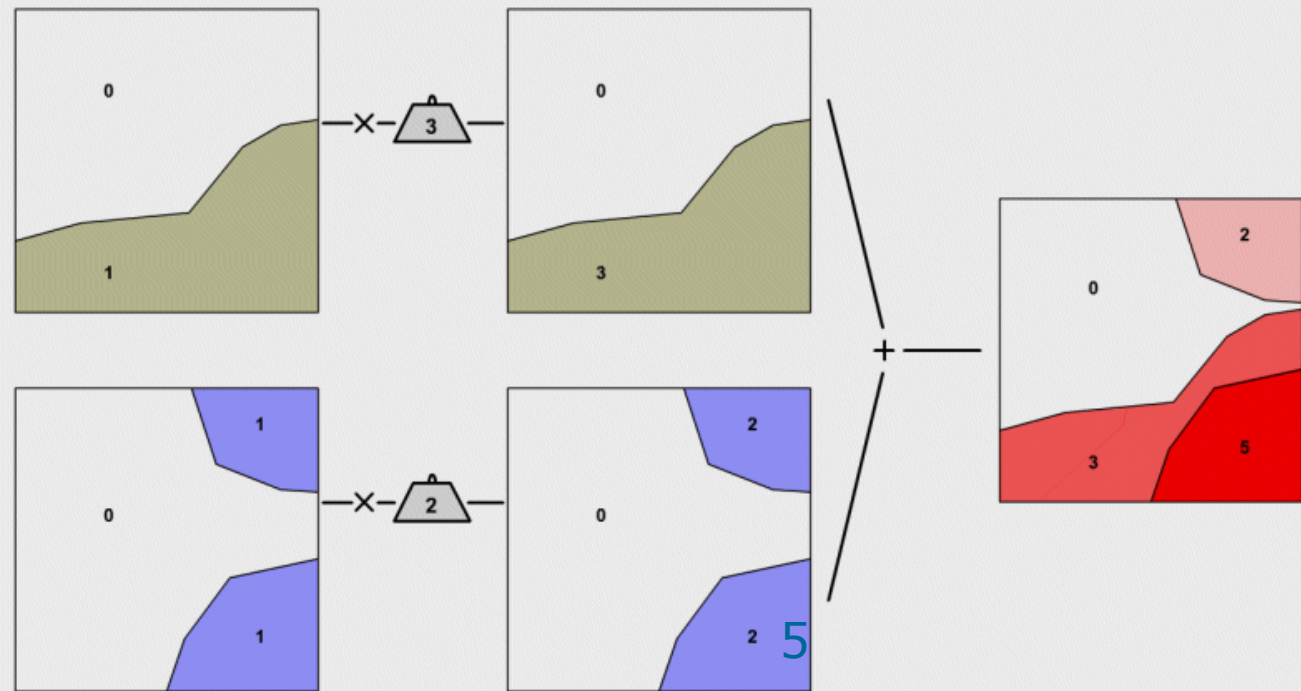
UNION



Raster model



Vector model

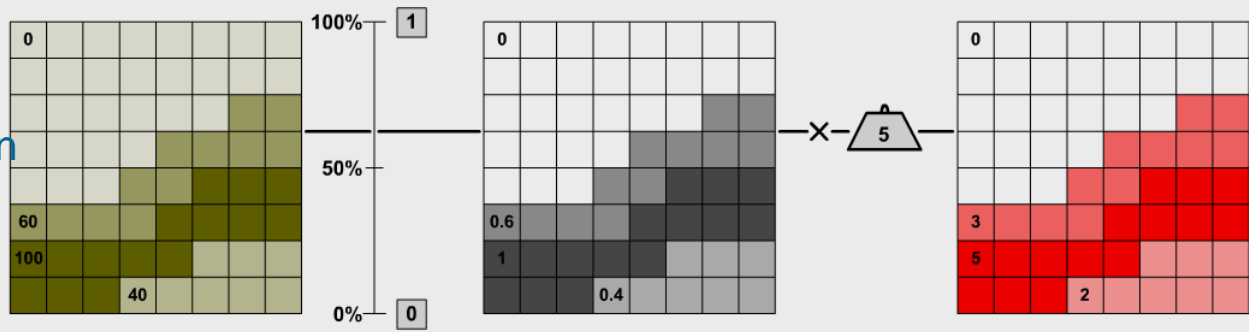




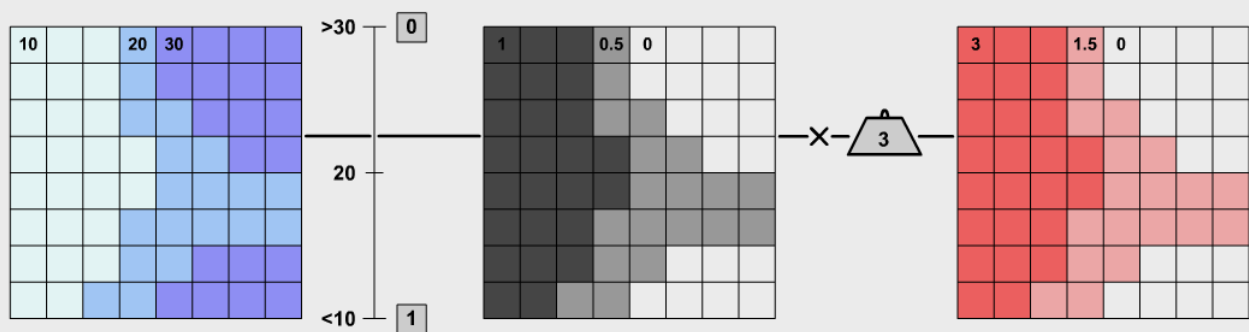
Standardised (0-1)

Weighted (0-5)

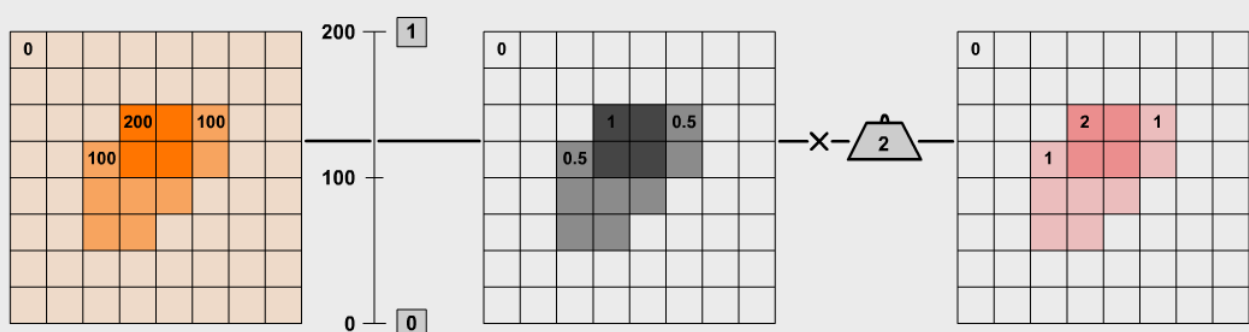
Vegetation



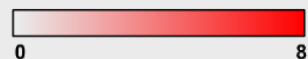
Slope



Landuse



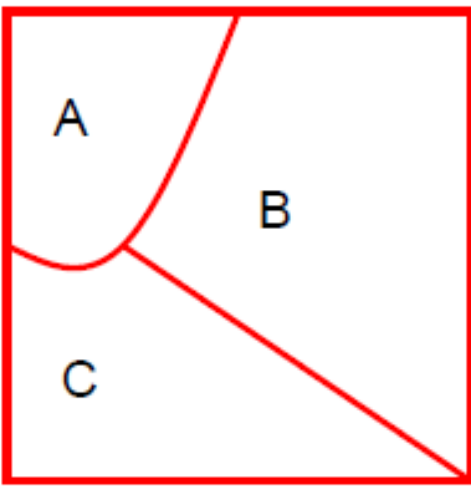
3	3	3	1.5	0	0	0	0
3	3	3	1.5	0	0	0	0
3	3	3	3.5	3.5	1	3	3
3	3	4	5	6.5	5.5	3	3
3	3	4	7	5.5	6.5	6.5	6.5
6	6	7	5.5	6.5	6.5	6.5	6.5
8	8	8	6.5	6.5	2	2	2
8	8	6.5	3.5	2	2	2	2



Berechnen

6

Srovnání výsledků metod



- Různé metody multikriteriální analýzy dávají odlišné výsledky.

Method	Site A	Site B	Site C	
Boolean	0	0	0	} <i>Site rankings, 1 is best...</i>
Weighted	1	2	3	
AHP	2	1	3	
Ideal point	2	1	3	
Concordance	2	1	3	



Demonstration on MCDA using AHP for Landslide susceptibility mapping.

- **Weights by AHP**
- **Standardized by:**
 - Slope- Fuzzy membership
 - Road and Drainage- Rescale by function
- **Overlay by Weighted linear combination**

Analytic hierarchy process

	Drainage	Road	Slope
Drainage	1	0.333	0.143
Road	3	1	0.2
Slope	7	5	1
sum	11.00	6.33	1.34

$1/11$	$=0.091$
$0.333/6.33$	$=0.053$

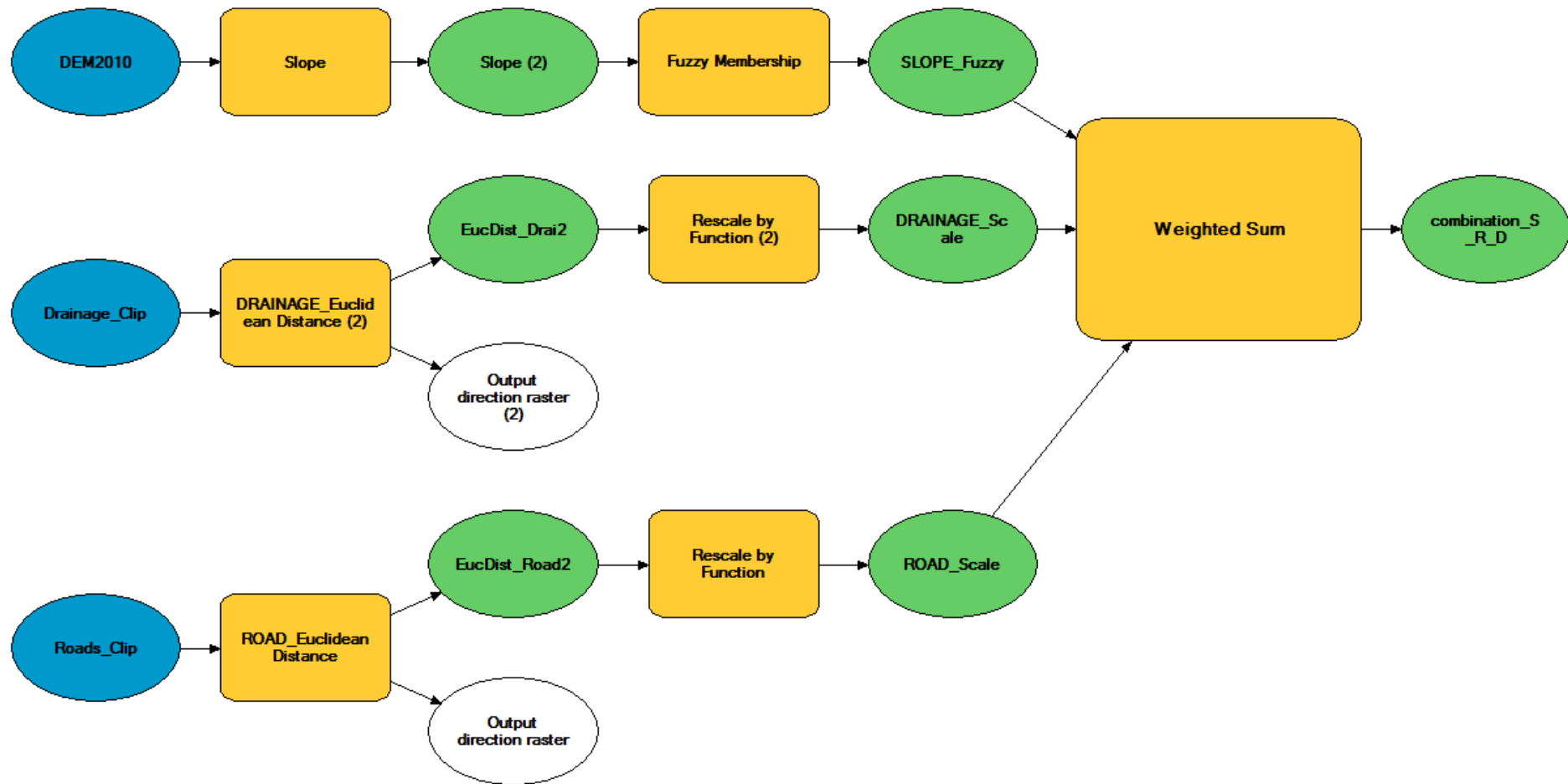
	Drainage	Road	Slope
Drainage	0.091	0.053	0.106
Road	0.273	0.158	0.149
Slope	0.636	0.789	0.7459

weight

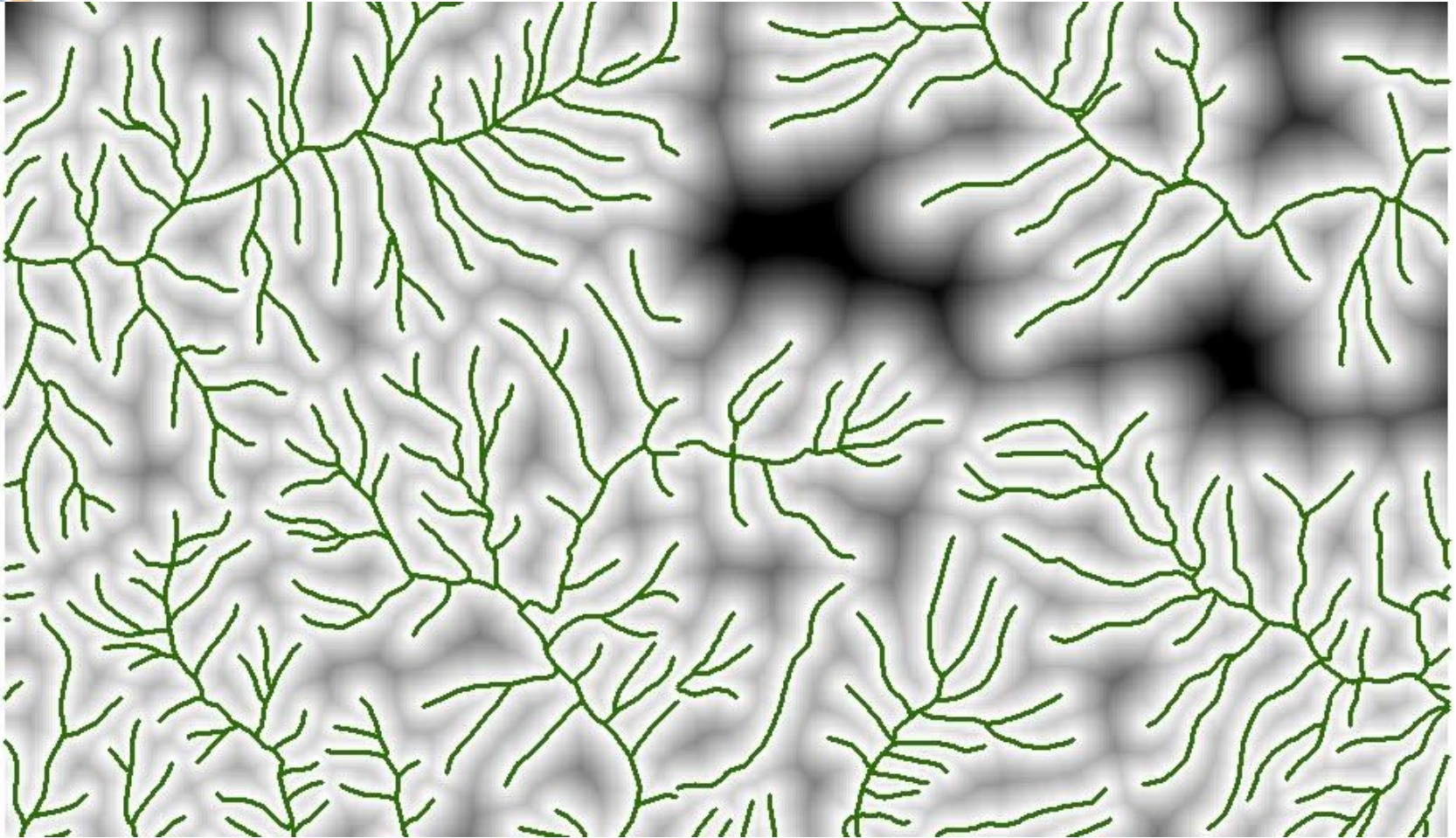
0.083

0.193

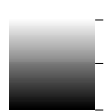
0.724



Drainage (rescaled)



Value



High : 1

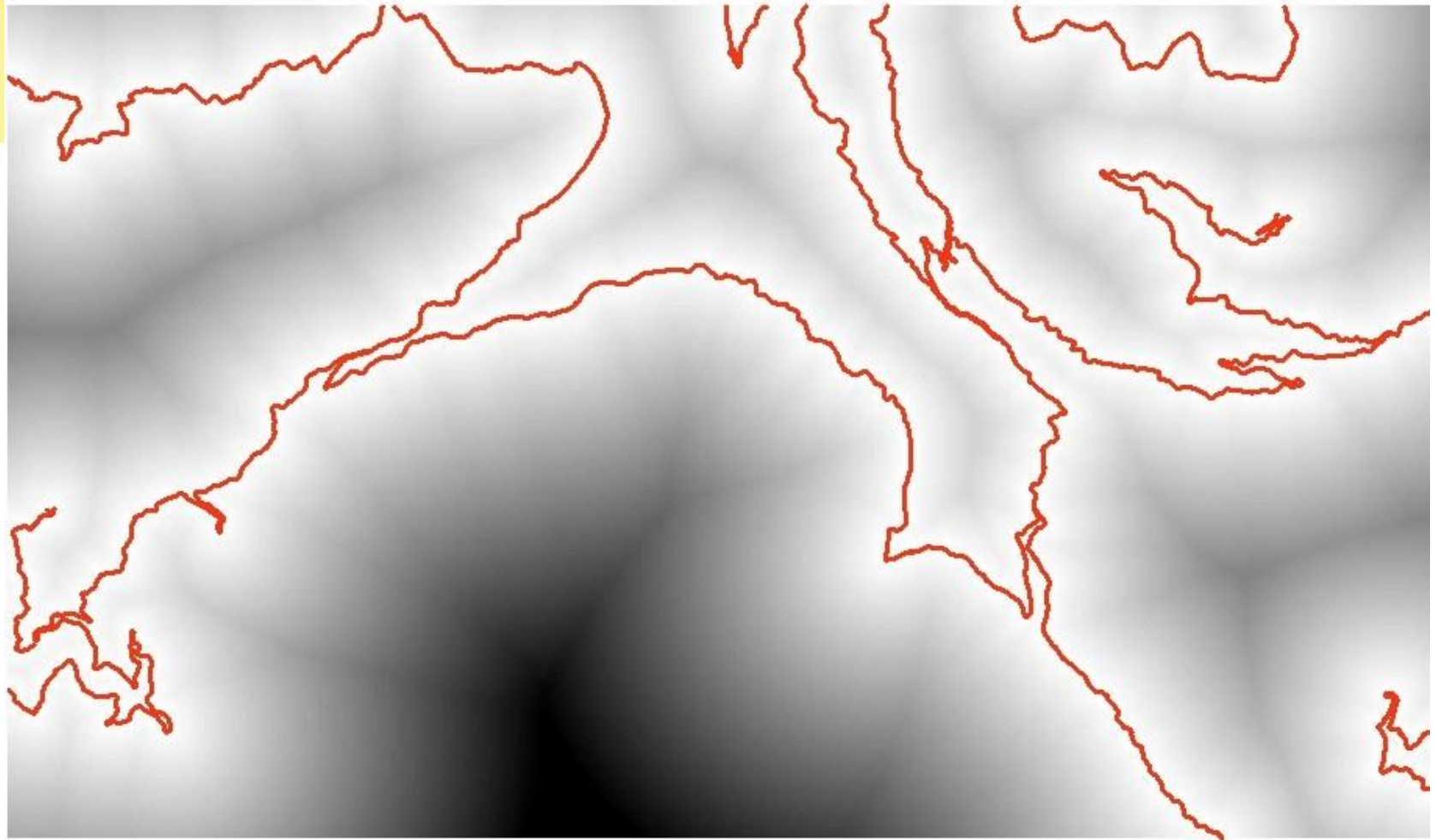
Low : 0

— Drainage

Lighter the colour- closer to the drainage



Distance to Road (rescaled)



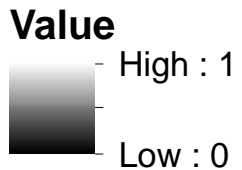
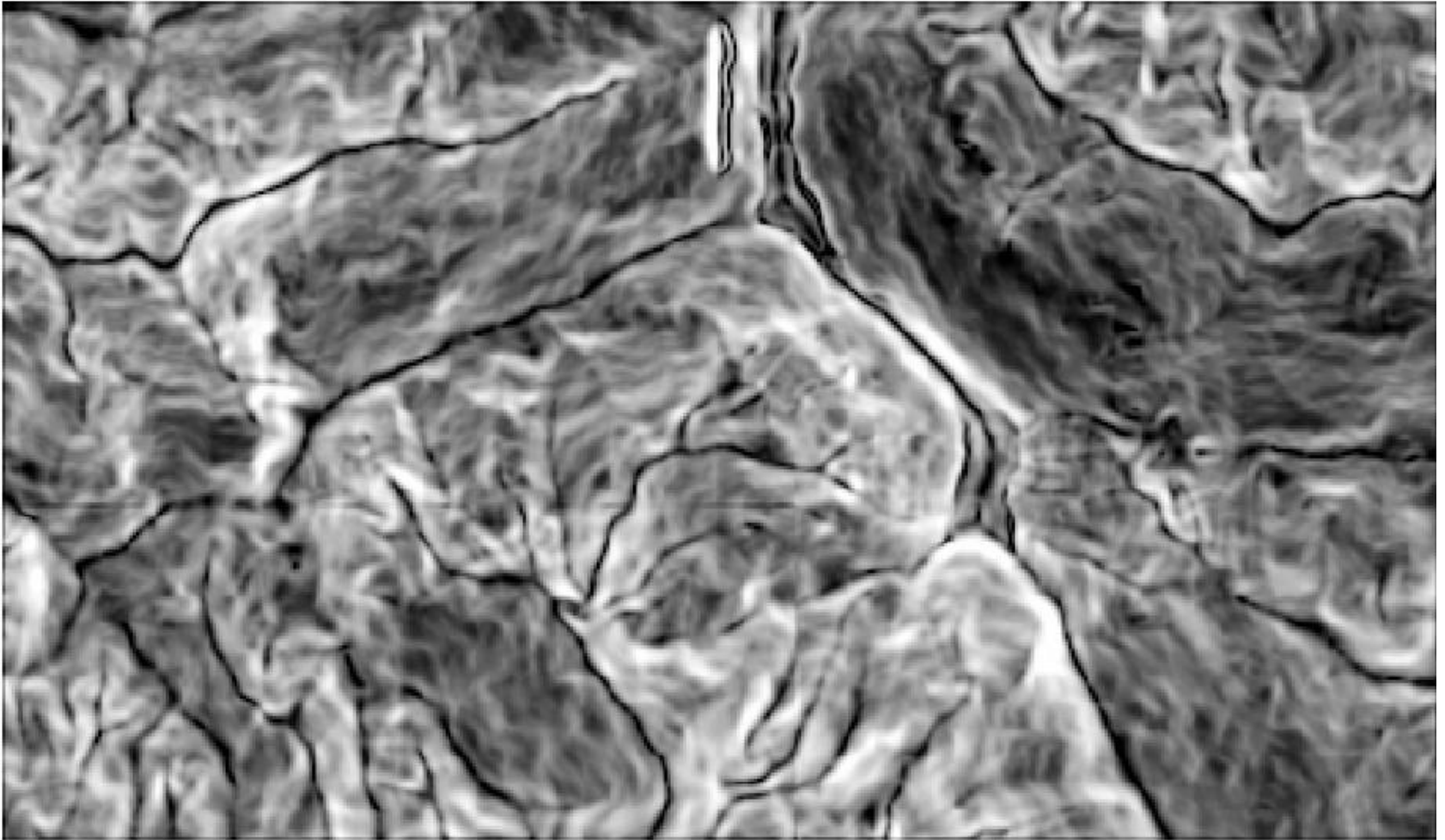
Value
High : 1
Low : 0

Lighter the colour- closer to the road

— Roads.



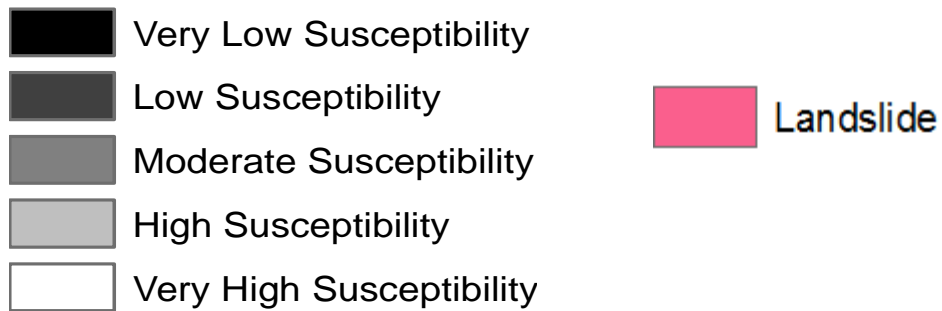
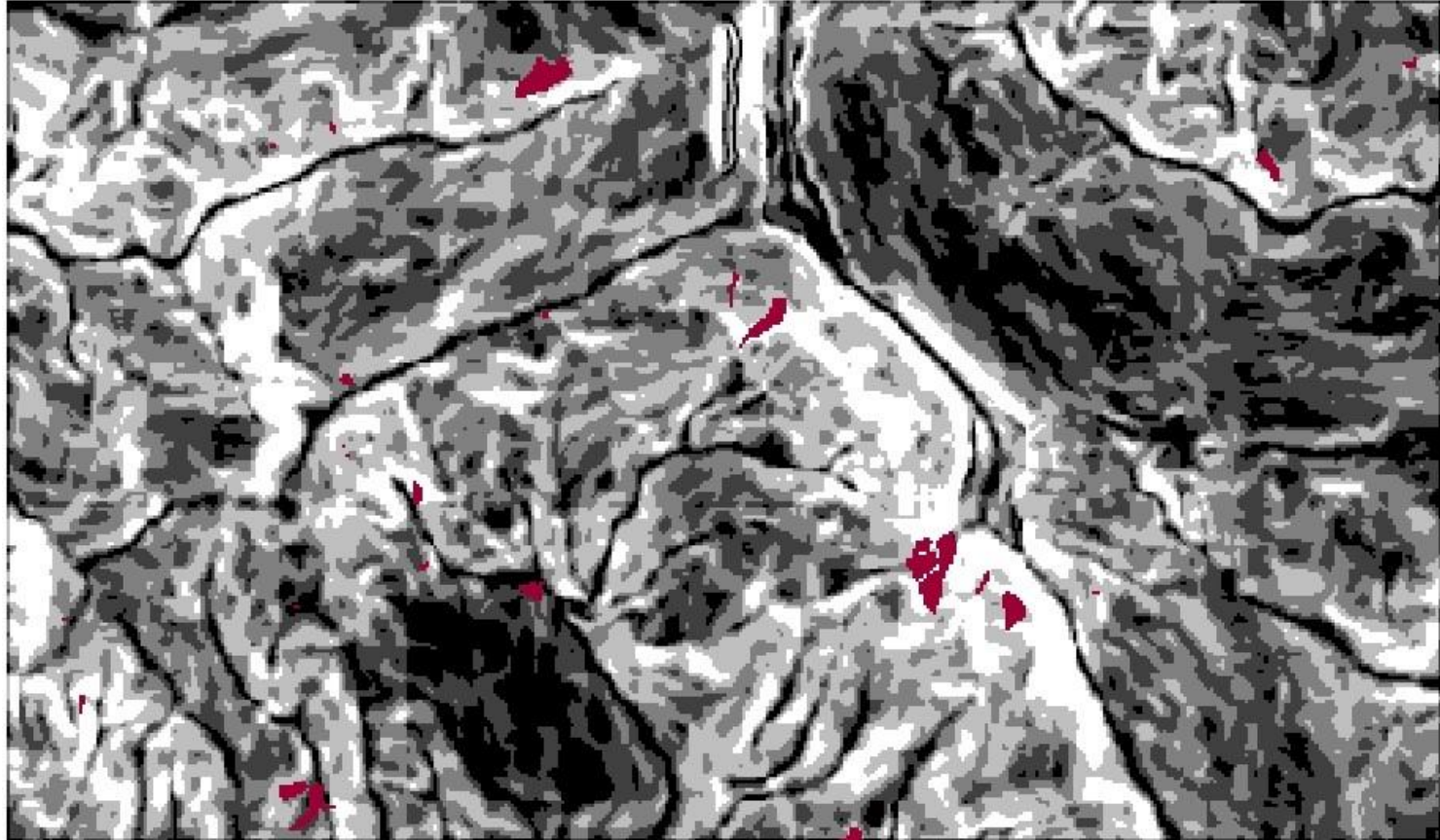
Slope degree (rescaled)



Lighter the colour- steeper the slope



Landslide susceptibility mapping (LSM) with existing landslide



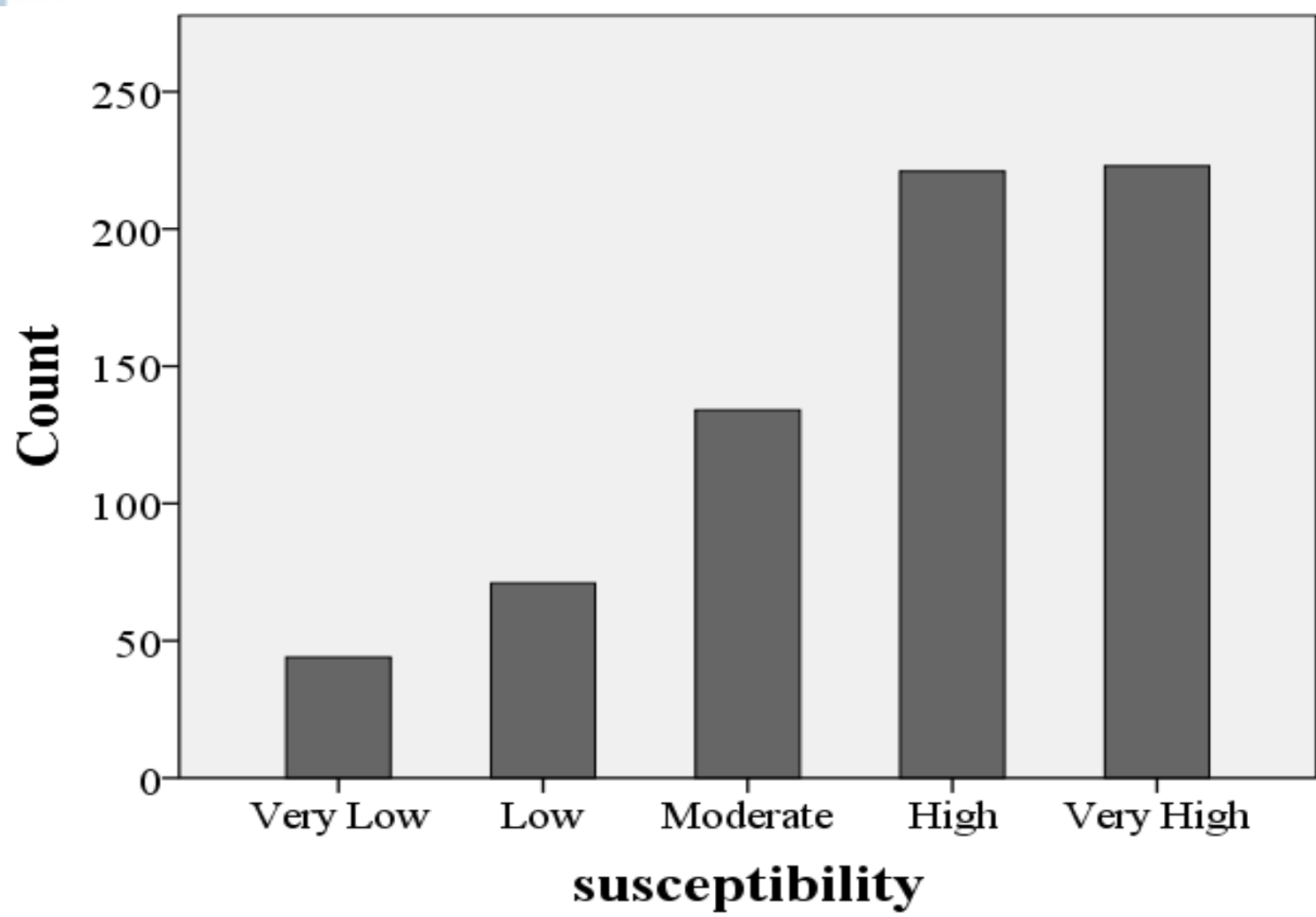
Validation

-by overlaying the existing landslide on the LSM

	Frequency of Landslide pixels	Percent	Cumulative Percent
Very Low	44	6.3	6.3
Low	71	10.2	16.6
Moderate	134	19.3	35.9
High	221	31.9	67.8
Very High	223	32.2	100
Total	693	100	15



Validation





Příklad MCE (Estoque, Murayama, 2010)

Analýza vhodnosti lokalit pro pěstování včel v oblasti La union, Philippines,

- Cíl:
 - **připravit mapu ukazující lokality vhodné pro pěstování včel.**

- Kritéria:

Faktory

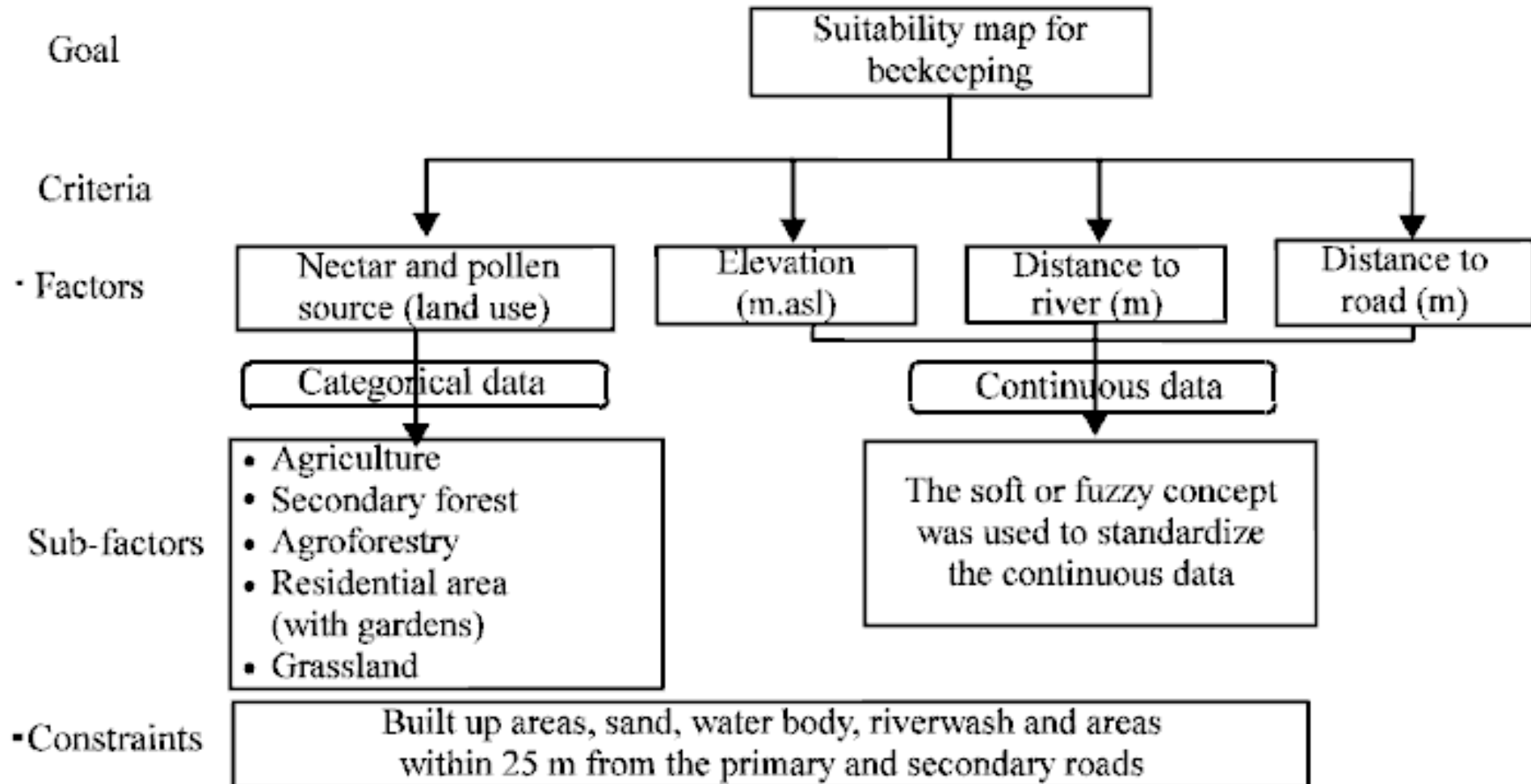
- *Kategorická data*
 - **Land use/cover – hodnoty vhodnosti (0-255) přiřazené jednotlivým kategoriím na základě toho, zda daná kategorie poskytuje nektar a pyl.**
- *Souvěsí data – pravidla standardizace (?)*
 - **Vzdálenost k vodnímu toku – standardizováno to 0-255 : vhodnost klesá se vzdáleností od řeky.**
 - **Vzdálenost od silnice – standardizováno to 0-255 : vhodnost klesá se vzdáleností (počínaje hodnotou obálky 25 m).**
 - **Nadmořská výška – standardizováno to 0-255 : vhodnost klesá s rostoucí nadmořskou výškou.**

Omezení

- Zastavěné oblasti, písek, vodní plochy mokřady a oblasti do 25 metrů od silnice.

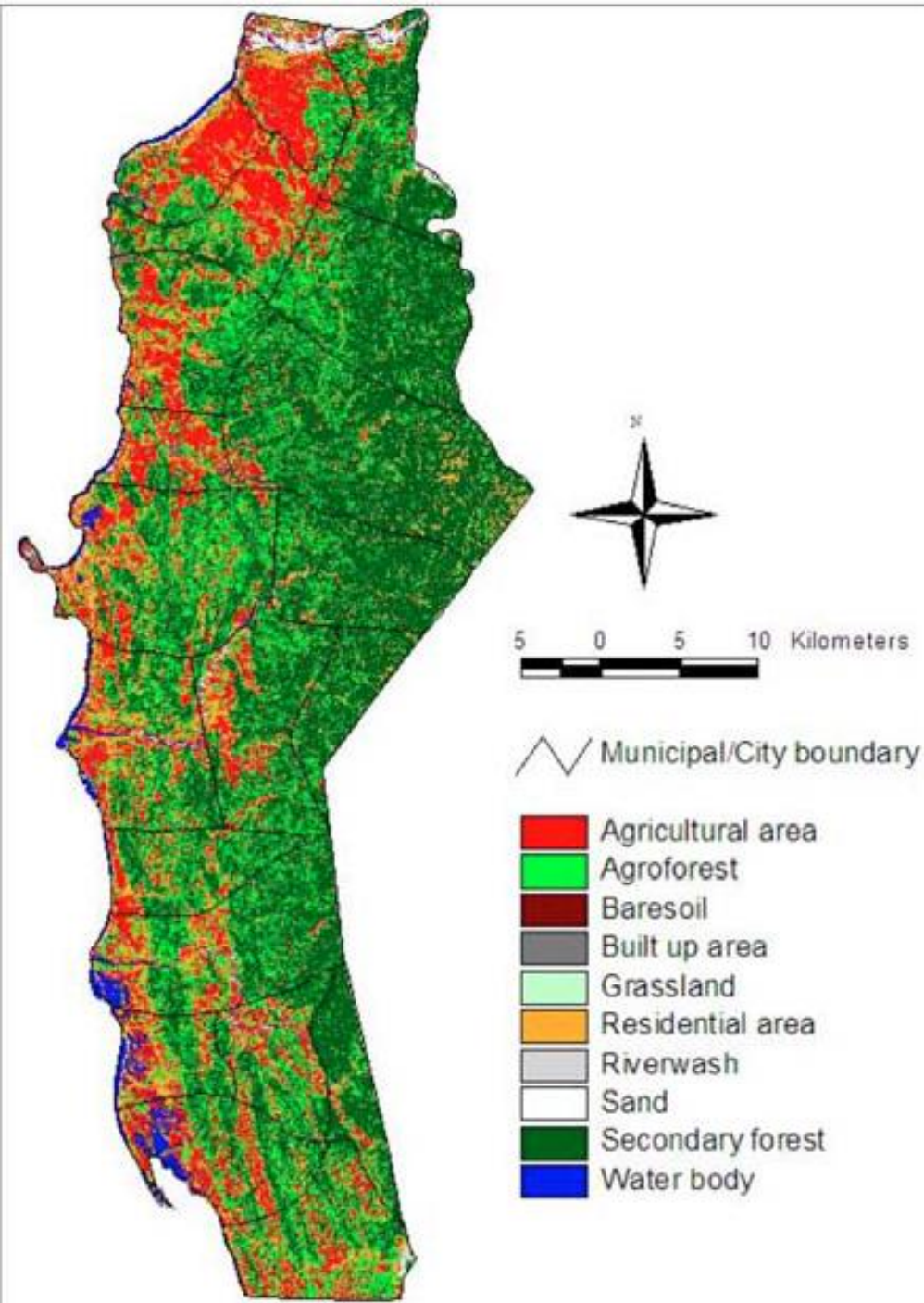


Hierarchický model



Kategorie land use

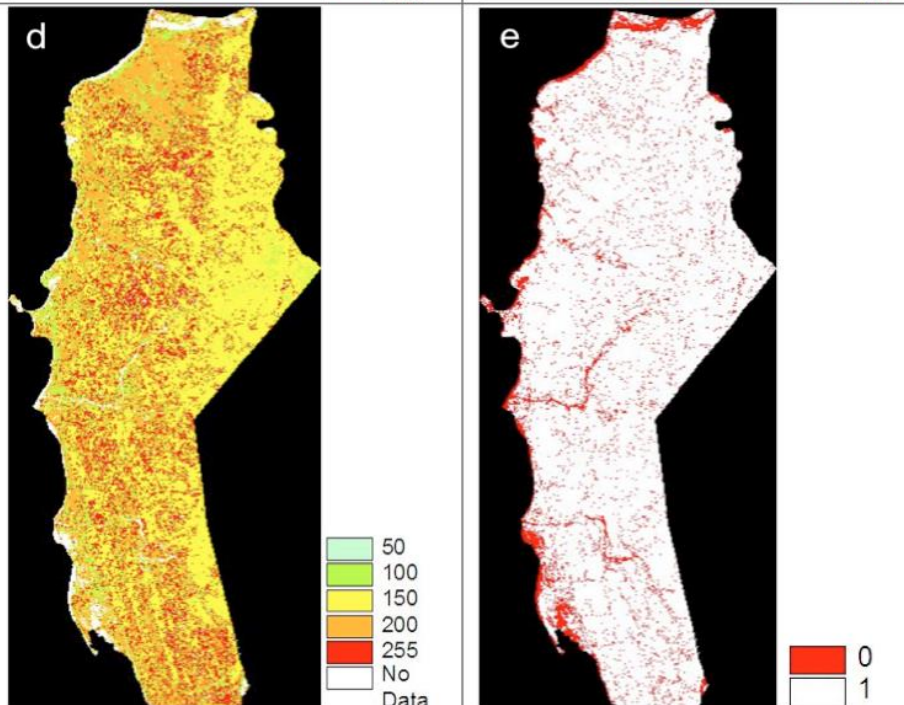
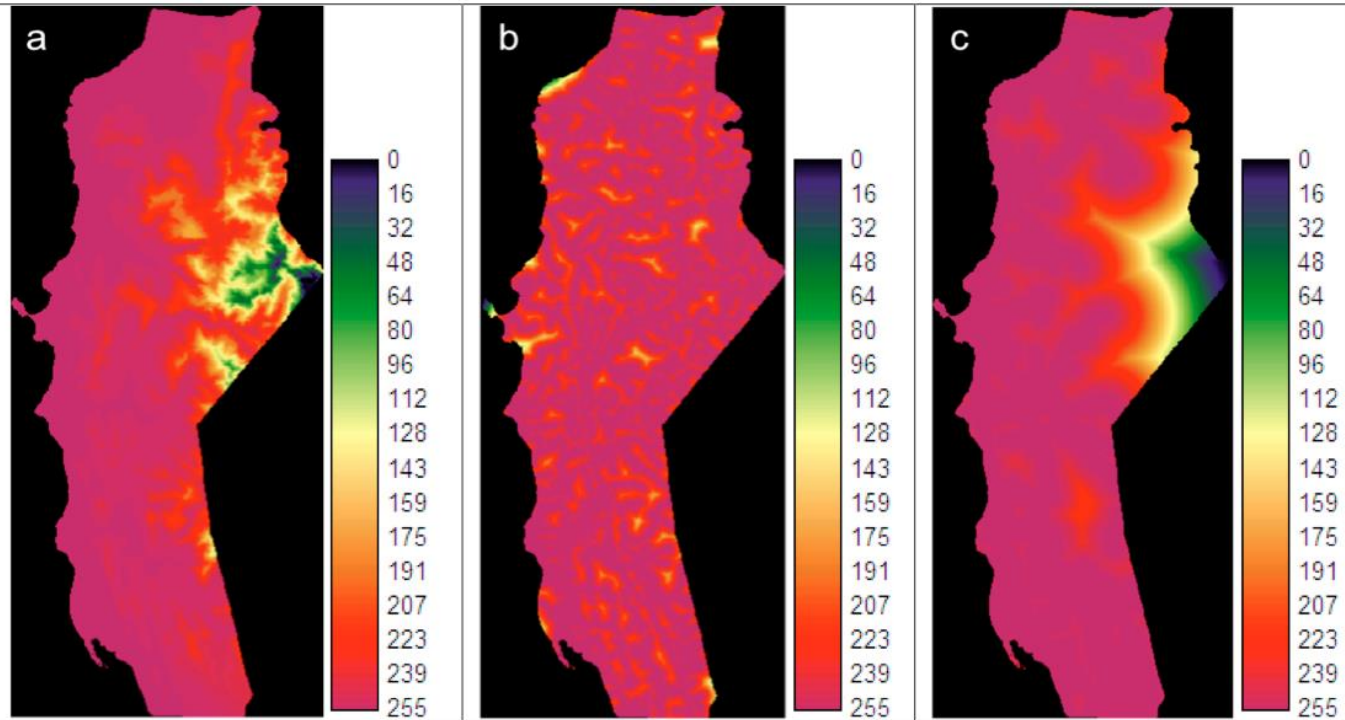
- Land use kategorie pro analýzu kategorických dat a stanovení omezení.
- Mapování individuálních společenstev x využití RS.
- Řízená klasifikace Landsat TM. Trénováno pomocí terénního výzkumu a následně klasifikováno.
- Kontrola kvality modelu (accuracy assessment).





Standardizace faktorů do jednotného měřítka

- **Rozsah 0 – 255 (255 nejvhodnější)**
- **Expertní odhad změny vhodnosti pro jednotlivé faktory.**
- **Faktor nadmořské výšky byl standardizován inverzím způsobem (čím výše, tím hůře) z důvodu výskytu vyššího množství srážek.**
- **Land use byl standardizován po kategoriích (produkční les =255), řada zemědělských využití – 200,150, 100, 50, ostatní =0 (maska).**



Map Names:

- a) Elevation
- b) Distance to river
- c) Distance to road
- d) Land use/cover

Suitability

0 = least suitable
255 = most suitable

- e) Constraints (value = 0)
(Boolean mask)



Zastavěné oblasti, písek, vodní plochy mokřady a oblasti do 25 metrů od silnice.

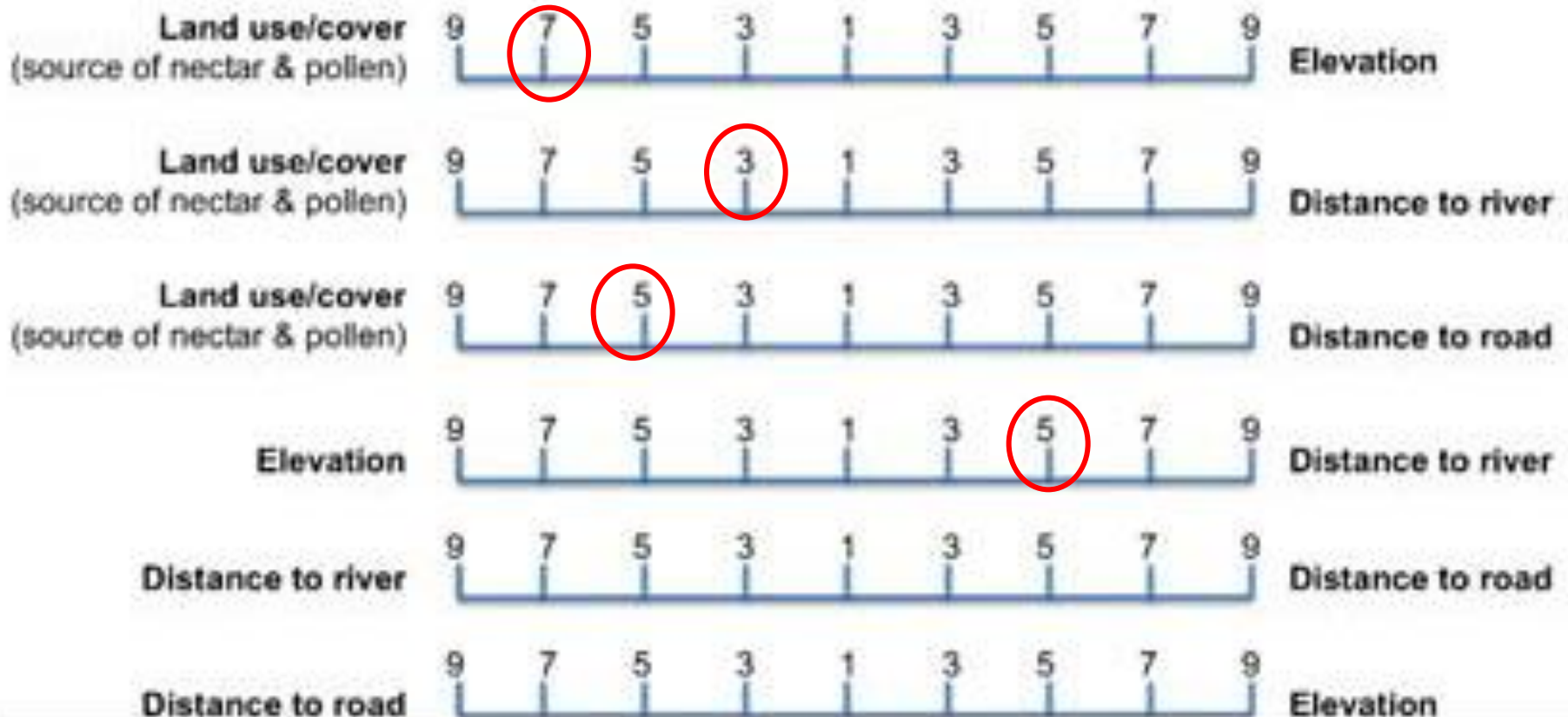
Využití AHP pro určení vah (analytic hierarchy process)

Instruction:

Below are the factors that need to be considered in selecting an ideal apiary site. Compare each of the following pair of the factors and circle the number of your choice along the segment. This process aims to determine the weight of each factor based on existing knowledge, and fair and best judgment.

Wherein:

- 1 Two attributes preferred equally
- 3 Slightly favors one attribute over another
- 5 Strongly favors one attribute over another
- 7 Very strongly favors one attribute over another
- 9 Extreme preference of one attribute over another





Vzájemné srovnání vah kritérií

Factors	Land use	Elevation	Distance to river	Distance to road	Priority vector or weight
Land use	1	7	3	5	0.5650
Elevation	1/7	1	1/5	1/3	0.0553
Distance to river	1/3	5	1	3	0.2622
Distance to road	1/5	3	1/3	1	0.1175

SUMA = 1

Postup výpočtu váhy pro kategorii:

Σ sloupce

Váha pro konkrétní dvojici = hodnota/suma sloupce

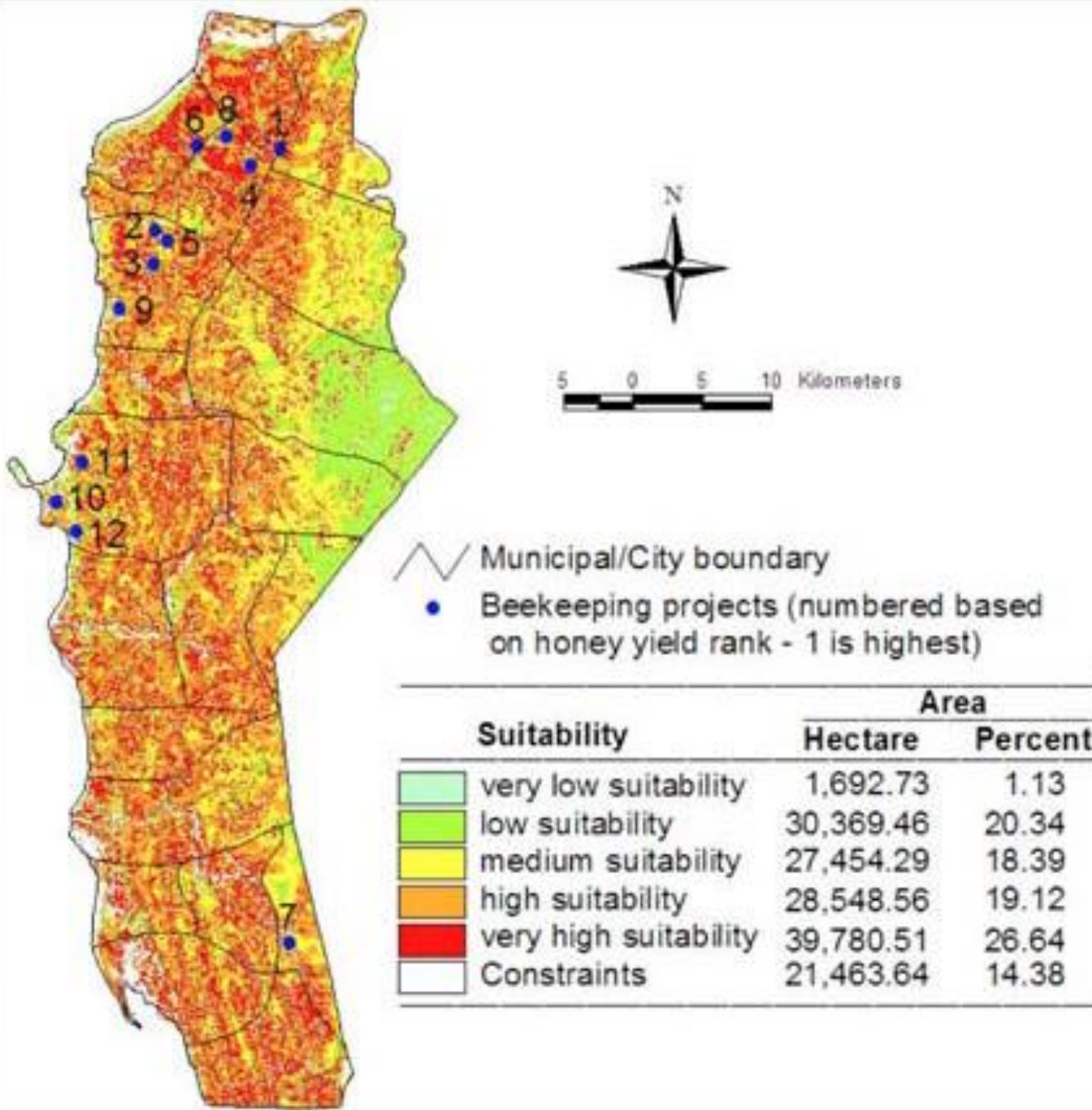
Váha celková pro kategorii = průměr vah pro konkrétní dvojice

Následné využití WLC

$$WLC = \left(\sum_{i=1}^n X_i \times W_i \right) \times C$$

- **Pro výpočet celkové vhodnosti lokality:**
 - X – rozhodovací parametry
 - W – AHP váhy
 - n – počet parametrů
 - C – omezení (0=nevhodné, 1=vhodné)
- $S = (\text{elevation} * 0.0553) + (\text{dist_river} * 0.2622) + (\text{dist_road} * 0.1175) + (\text{luc} * 0.5650) * \text{cons_boolean}$
- **Následně vytvořeny kvalitativní kategorie pro popis vhodnosti lokalit pro pěstování včel.**

Výsledná mapa vhodnosti



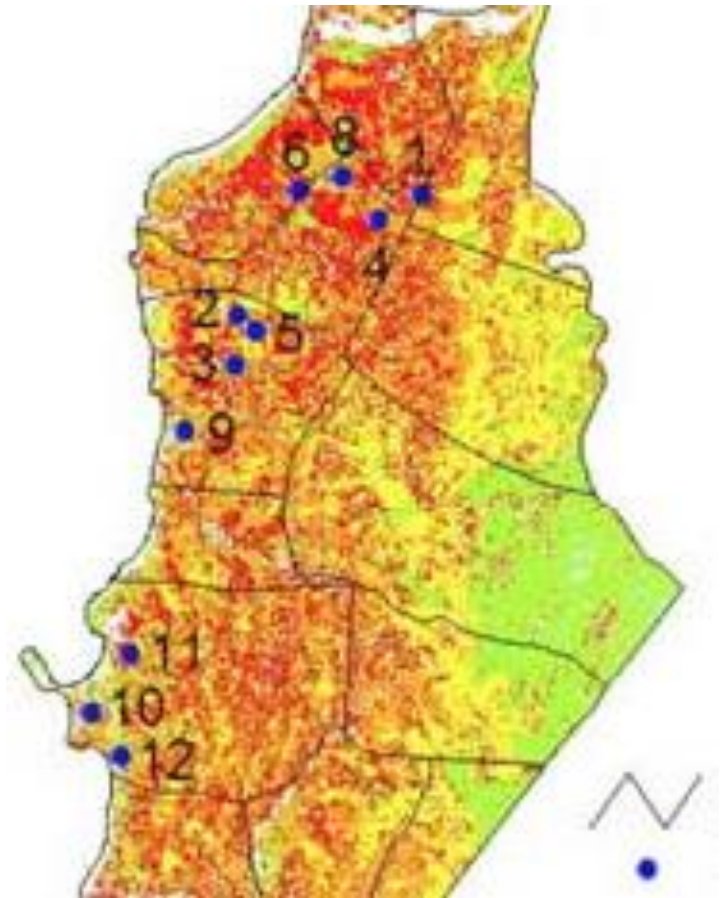
Verifikace výsledků

Má za úkol zhodnotit spolehlivost výsledků.

- **Verifikace kontrolou v terénu** (Ground truth verification)
 - nutno provést terénní průzkum a ověřit navržené oblasti, zda opravdu odpovídají požadavkům a kritériím.
- **Analýza citlivosti** (sensitivity analysis)
- Jak jsou ovlivněny výsledky pokud provedeme:
 - **změníme počet kritérií (snížení x navýšení)**
 - **změníme váhy kritérií**
- Dává změna smysl?
- Odpovídají výsledky realitě?

Verifikace výsledků - příklad

- **Srovnání mapy vhodnosti lokalit pro pěstování včel s existujícími produkčními daty**
- **Omezené množství podkladů s krátkodobým sběrem informací v terénu.**
- **Porovnání současných lokalit s kritérii.**
- **Korelace hodnot.**

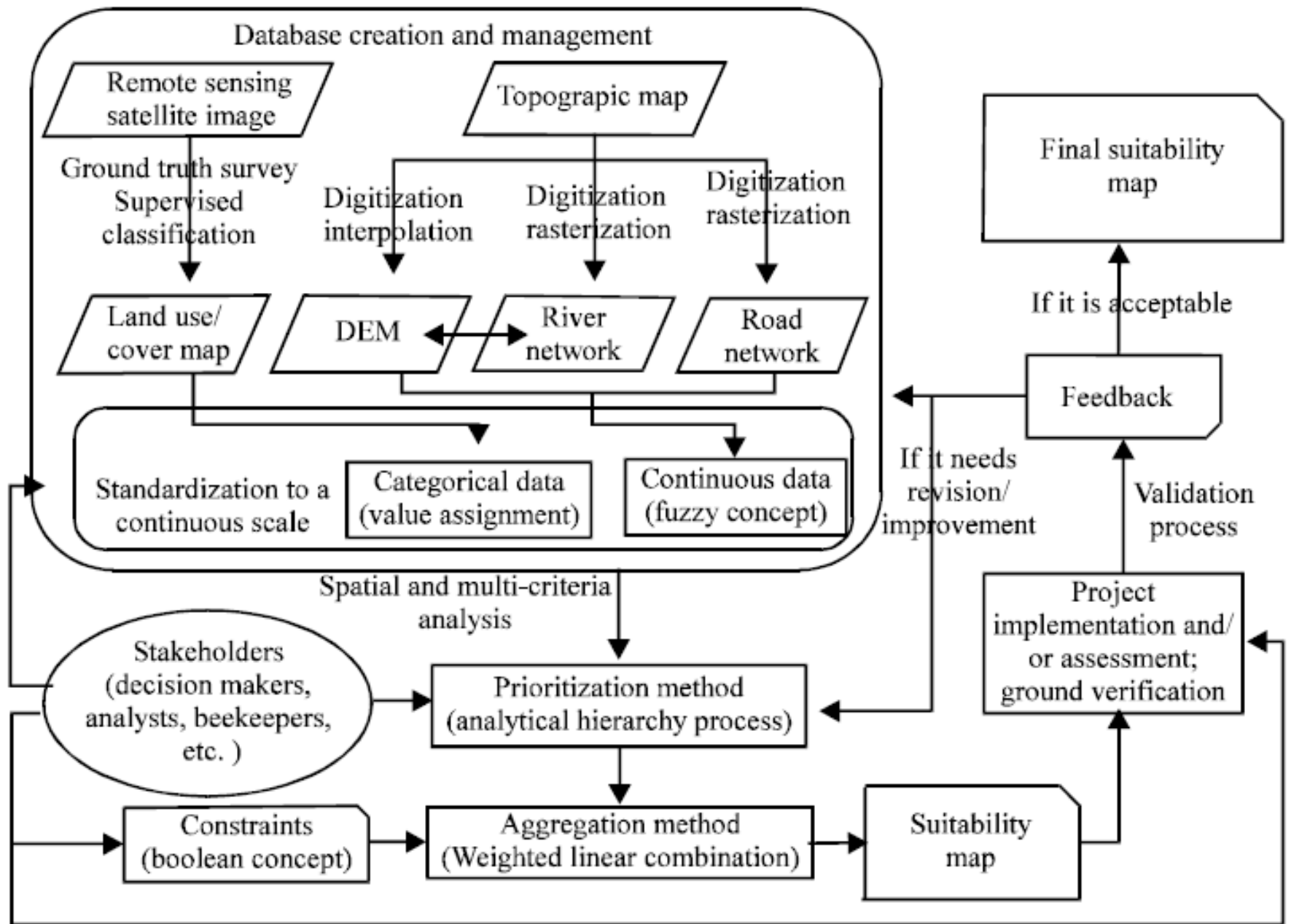


Korelační tabulka

Rank based production rate ^a	Geographic coordinates UTM 51N)		2005 Production rate (kg/colony)	(Suitability value where the project is located)
	x	y		
1	229019	1862524	37.50	252.0000
2	220036	1856655	33.33	240.0000
3	219872	1854181	21.05	222.0000
4	226969	1861279	20.00	214.0000
5	220892	1855846	19.17	211.0000
6	223035	1862736	14.00	204.0000
7	229723	1804923	13.50	194.0000
8	225145	1863452	12.67	204.0000
9	217464	1850916	11.00	123.0000
10	212872	1836852	10.00	146.0000
11	214720	1839716	8.00	151.0000
12	214298	1834668	5.00	49.0000

Pearson product moment correlation coefficient,
r between the production rate and suitability value

0.8010



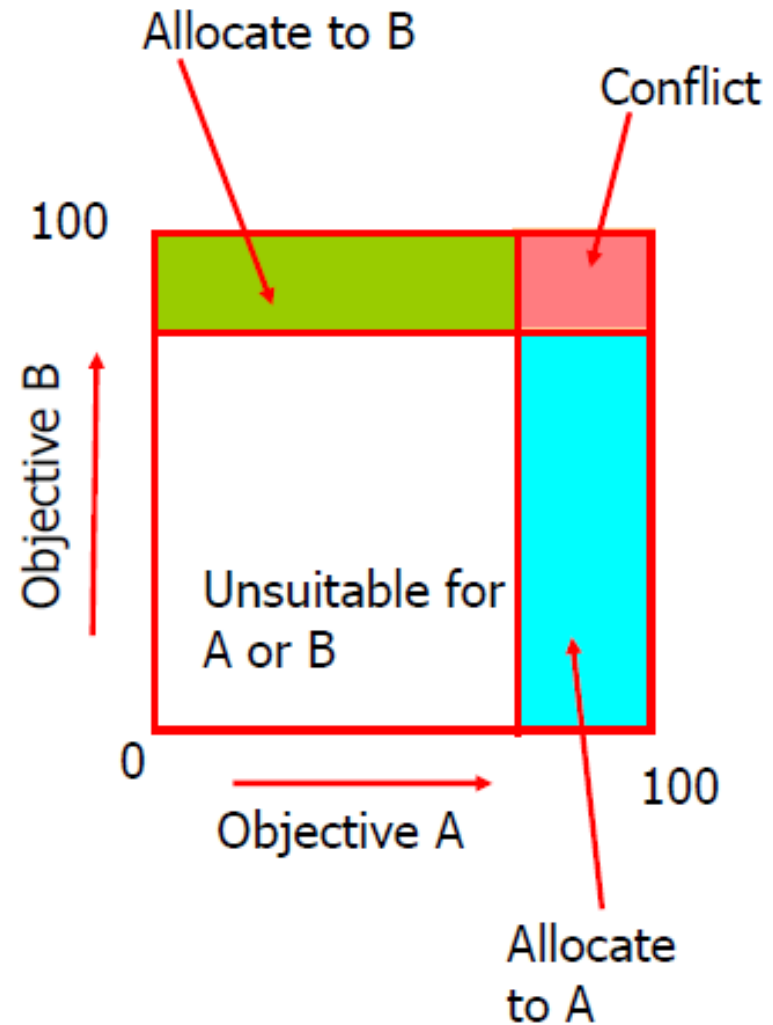


CO KDYŽ MÁME VÍCE CÍLŮ??

- Doposud jsme brali do úvahy možnost více kritérií pro výběr vhodné lokality a měřili lokality podle **míry splnění jednotlivých kritérií**.
- Velmi často však může nastat případ, kdy jsou **definovány odlišné cíle** (například z odlišných oddělení krajského úřadu), kterým je potřeba vyhovět.
- **Př.** vybudovat stavbu na nejlacinější lokalitě (oddělení stavebního řádu a územního plánování), ale zároveň tak, aby co nejméně škodila životnímu prostředí (oddělení životního prostředí).
- Oba cíle se liší výsledky nejsou srovnatelné – musíme se pokusit **najít kompromisní lokalitu** – analýza více cílů (multi-objektivní analýza – MOA).
- **Cílem** MOA je vybrat lokalitu na základě odlišných cílů tak, aby maximálně **vyhovovala oběma záměrům**.

- **Iterativní** kontrola všech lokalit a nalezení nejlépe vyhovujících řešení pro oba cíle.
- Pokud je lokalita vysoce **vhodná pouze** pro **jeden** cíl, pak je mu přiřazena.
- Pokud je lokalita vysoce hodnocena pro oba cíle – **konflikt**, nebo splňuje **oba cíle**.
- Lokality jsou postupně hodnoceny, dokud nejsme schopni určit, která **lokalita vyhovuje nejlépe**.

MOA





Použité podklady

- Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria decision making*. Wiley.
- Carver, S. 1991. Integrating multicriteria evaluation with GIS. *IJGIS*, 5,3, 321-339.
- Heywood et. al. 1995. Building an exploratory multicriteria modelling environment for spatial decision support. (ed. Fisher) *Innovations in GIS 2*, Taylor and Francis. pp 127-137.
- Jones, C. 1997. *GIS and Computer Cartography*. Longman.