



Kartografické modelování XI Multikriteriální analýza

jaro 2020

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

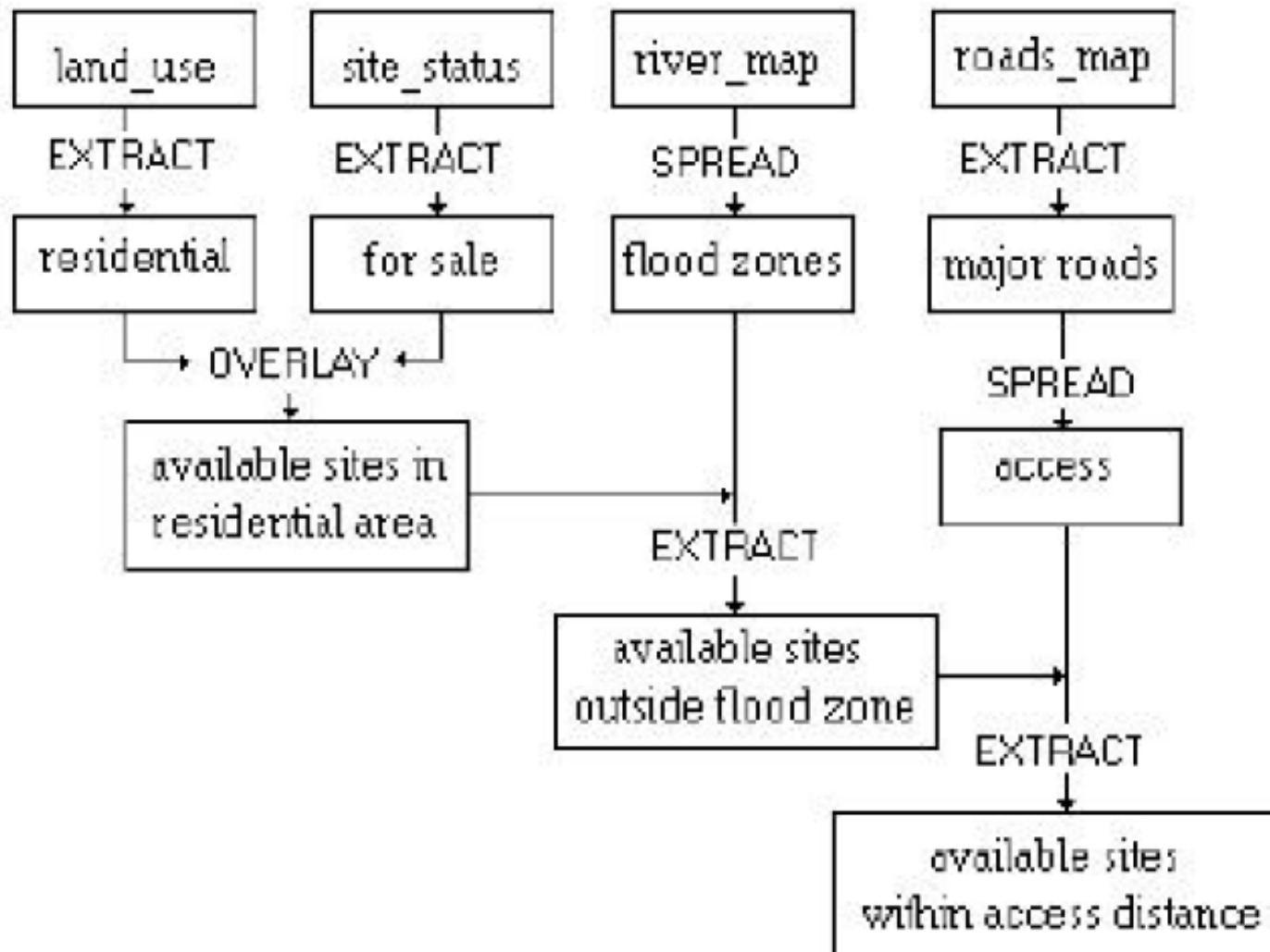
**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)
Institute of Geography
Masaryk University
Czech Republic**

Motivace

- GIS pomáhá rozhodování – geoDSS
- Vstupní přednáška do **multikriteriálního** hodnocení pomocí příkladů.
- Využití **multikriteriálního** hodnocení při rozhodování.
- Doposud jsme se zabývali možnostmi analytických nástrojů GIS z pohledu prostorových analýz:
 - Popis datových sad a jejich analýzy
 - Návrhy (predikce) do budoucna.
 - Zjištění vhodnosti vybraných lokalit (*site suitability*).
- Při analýze byly brány do úvahy určitá kritéria (přednáška č. 1)

Výběr vhodného místa pro obchodní středisko

Table 2 presents four of the equations it would be necessary to solve as part of the process of finding a suitable site for the supermarket.





Multikriteriální hodnocení

- Náš příklad identifikoval **VŠECHNY** oblasti, které splňovaly zadaná kritéria.
- Neřekl nám, která z oblastí je **nejvhodnější** pro postavení obchodního centra.
- Multikriteriální hodnocení - **Multi-criteria evaluation (MCE)** je způsob hodnocení **celkové vhodnosti lokalit** splňujících zadaná kritéria a vybraných pomocí standardní GIS overlay analýzy.
- Carver, 1991 (Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems)

Co je to MCE?

- MCE je **sada technik** používaných ke kompromisnímu výběru alternativních lokalit.
- Cílem MCE je identifikovat **lokalitu nejlépe vyhovující požadavkům** (minimální kompromis) a splňující zadaná kritéria.
- **Techniky MCE byly vytvořeny původně v environmentální ekonomice a tedy použity neprostorovým způsobem.**
- Následně byly adaptovány pro využití v GIS, aby poskytly **formální základ pro pomoc při rozhodování.**

Základní požadavky MCE

- „prozkoumat více možností výběru lokalit ve světle rozlišných kritérií a s konfliktními požadavky“...
- **Cíl:** „... tvrzení o požadovaném stavu výsledného prostorového systému“.
- **Kritérium:** „...pravidlo pro určení vhodnosti pro alternativní rozhodnutí“.
- **Atribut:** „... vlastnost prvků reálného světa či GIS“.
- **Malczewski (1999) - GIS and Multicriteria decision making.**

Co to má znamenat?

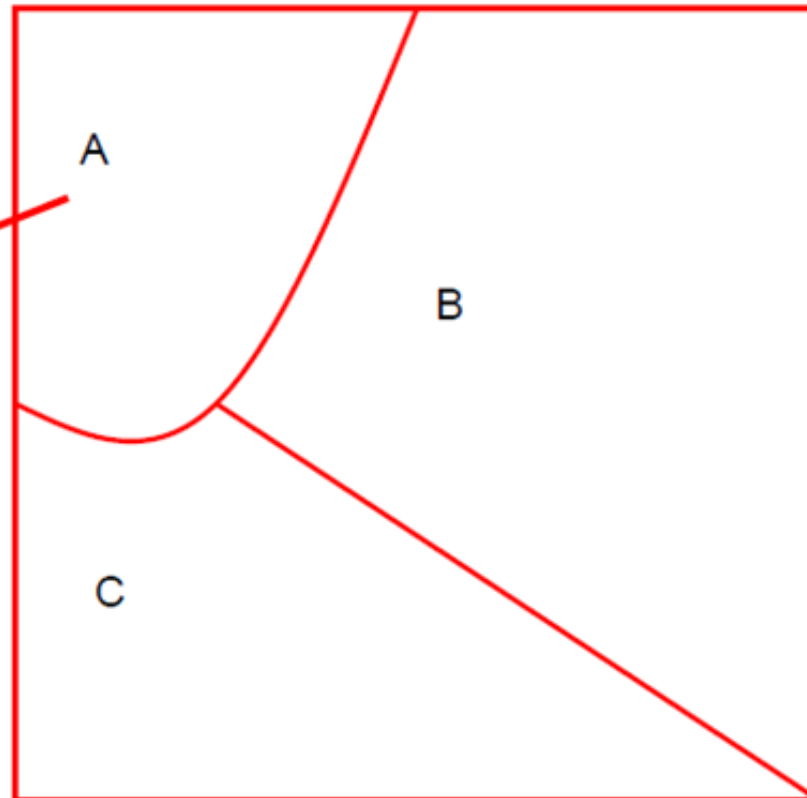
- **MCE používá kritéria k identifikaci lokalit (popsaných atributy), které nejlépe vyhovují cílům.**
- **Například:**
 - **Cíl:** „... potřebuji lokalitu pro výstavbu obytných domů (jsem developer)“.
 - **Kritérium:** „...Domy musí být **blízko** kina, **daleko** od hlavních silnic a **blízko** veřejné dopravě“.
 - **Atribut:** Data, potřebná pro popis výše uvedených kritérií.
- **Zjevný konflikt – daleko od hlavní silnice x blízko hromadné dopravě.**

Modelová situace

- Všechny následující příklad používají zjednodušená data – tři potenciální oblasti popsané pomocí **atributů vzdáleností od kina, veřejné dopravy a hlavní silnice.**

Které z míst je nejvhodnější?

Lokalita A
Blízko kina
Blízko autobusu
Daleko od silnice



Boolean overlay

- **Kritérium** – lokalita je vhodná nebo ne – např. musí být do 1 km od kina.
- **Výsledek** – lokalita, která splňuje všechna kritéria.
- Pravidlo **dominance**.
- **Je výhodné, pokud máme hodně lokalit pro prvotní analýzu a odstraní nám lokality zcela nevhodné.**

MODELOVÝ PŘÍKLAD:

- *Budovy musí být **méně než 2km** od kina a **více než 300m** od silnice a **do vzdálenosti 200m** od veřejné dopravy.*



Příklad Boolean overlay

Distance from
cinema (km)



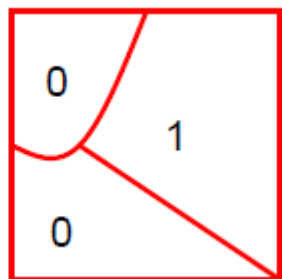
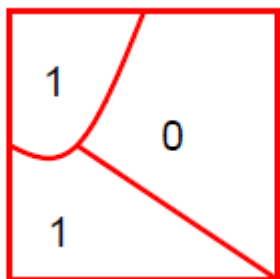
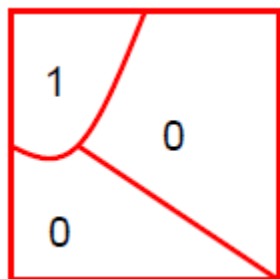
Distance from
road (km)



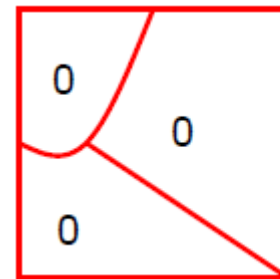
Distance from
public transport (km)



Houses must be **less than 2km** from cinema and **more than 300m** from road and **within 200m** of public transport



Boolean
layers



Intersection

Kartografické modelování

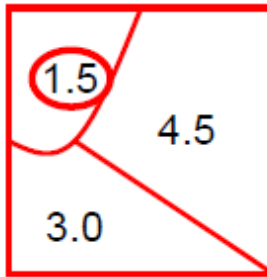
Konjunktivní X disjunktivní



Vážená lineární kombinace

- Jednotlivé hodnoty proměnných jsou **standardizovány** (nejvyšší hodnota je ta nejvhodnější).
- Kritériím jsou přiřazeny **váhy** podle předpokládané důležitosti.
- Pro jednotlivé datové vrstvy jsou připraveny **mapy nominální vhodnosti**.
- Lokality s nejvyšším výsledkem (**součtem**) jsou nejvíce vhodné.
- Předpokládáme, že **vhodnost je lineární** v celé škále a **proměnné jsou nezávislé**.

Distance from
cinema



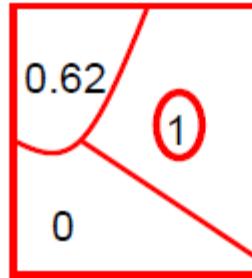
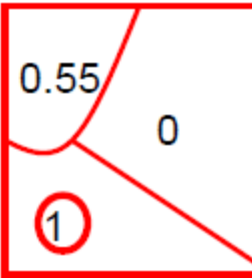
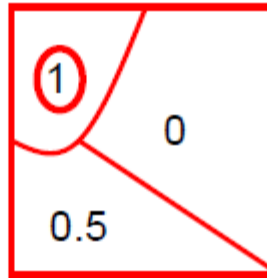
Distance from
road



Distance from
public transport

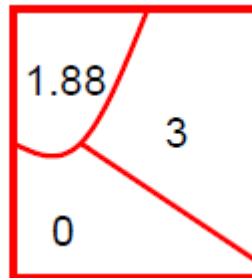
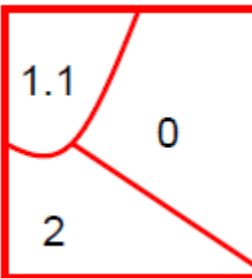
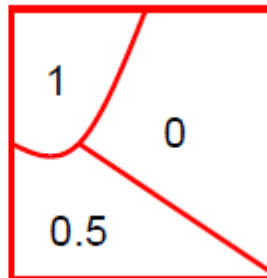


Layers have
values between
0 and 1, 1 is
most suitable,
0 least

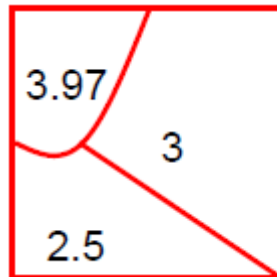


Standardised
layers

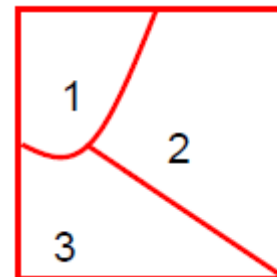
Weights are 1
for cinema, 2 for
roads and 3 for
public transport



Weighted



Sum of
layers



Ranking



Analytická hierarchie (AHP)

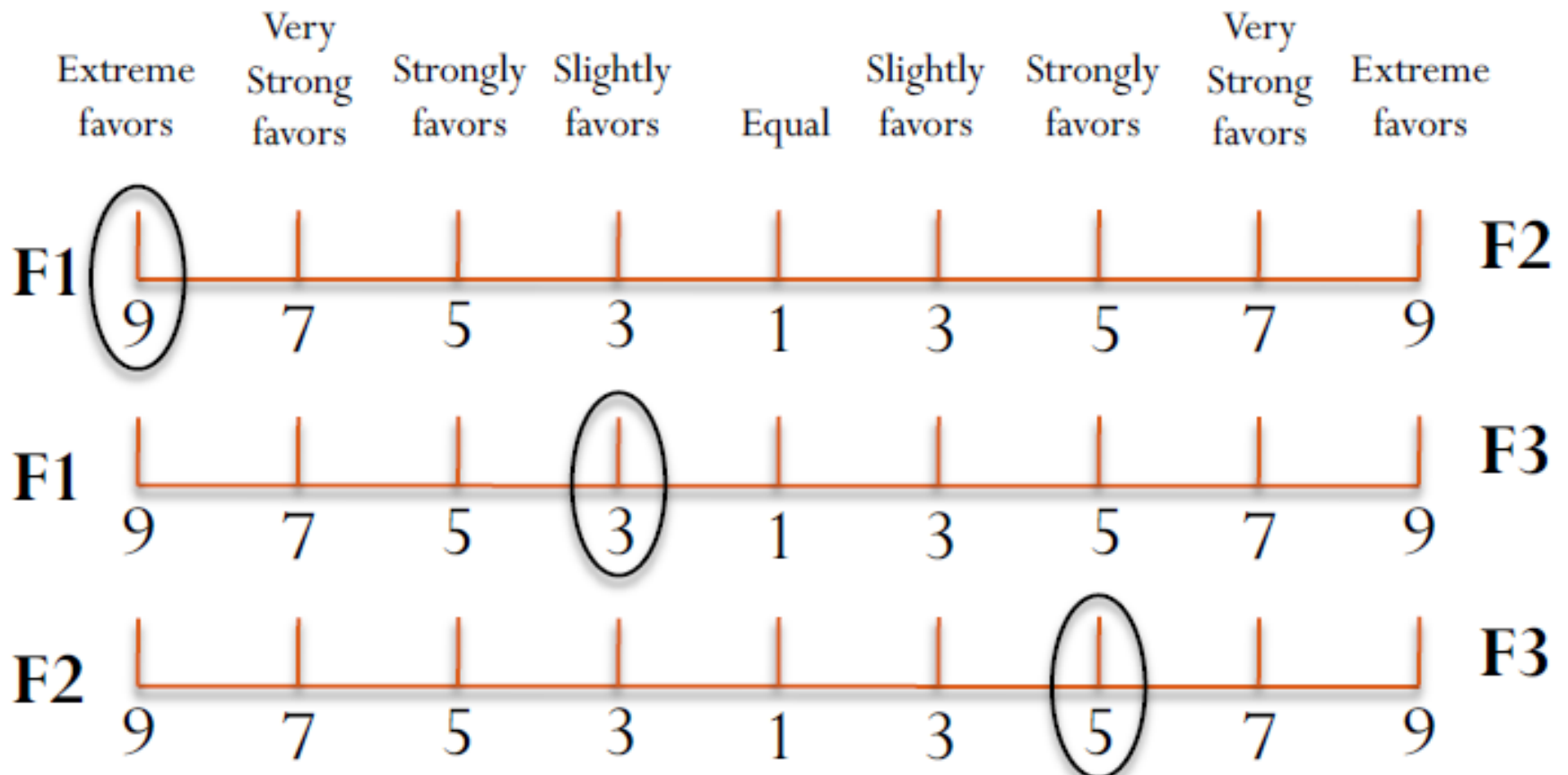
- Poskytuje formální bázi pro přiřazení vah – pracuje s hodnotami **relativní důležitosti** v rozsahu 1 – 9.
- 1 = proměnná má malou důležitost, 9 = nejvyšší důležitost.
- Reciproční vztah pro méně důležité proměnné.
- **Váha = 1 / suma sloupce a celkový součet = 1**
- **Veřejná doprava má absolutní důležitost.**

	Cinema	Road	Public transport
Cinema	1	1/2	1/9
Roads	2	1	1/3
Public transport	9	3	1

Pouze tuto část potřebujeme

Weights	
Cinema	0.083 (i.e. $1/(1 + 2 + 9)$)
Roads	0.222
Public transport	0.692

Step 1 – Compare the factors



Note: 2, 4, 6 & 8 are intermediate values. F1, F2, & F3 are factors.

Step 2 – Complete the matrix

	F1	F2	F3
F1	1	9	3
F2	1/9	1	1/5
F3	1/3	5	1
Σ	1.4444	15.0000	4.2000

Note: Values in blue are reciprocals.

Basic rules:

1. If the judgment value is on the left side of 1, we put the actual judgment value.
2. If the judgment value is on the right side of 1, we put the reciprocal value .

Step 3 – Normalization & weight determination

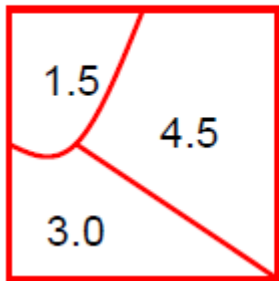
	F1	F2	F3	Priority vector* or Weight
F1	0.6923	0.6000	0.7143	0.6689
F2	0.0769	0.0667	0.0476	0.0637
F3	0.2308	0.3333	0.2381	0.2674

*Priority vector is also called normalized principal Eigen vector.

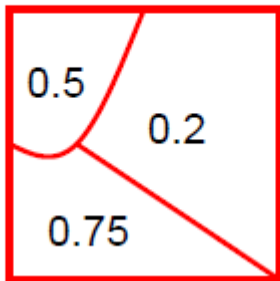
- To normalize the values, divide the cell value by its column total.
- To calculate the priority vector or weight, determine the mean value of the rows.



Distance from cinema



Distance from road



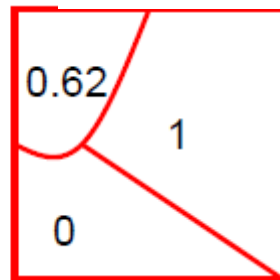
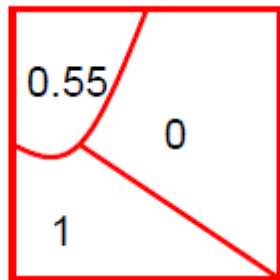
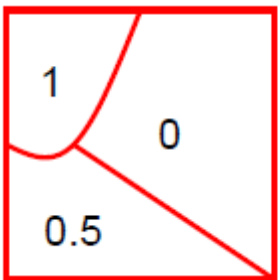
Distance from public transport



Weights

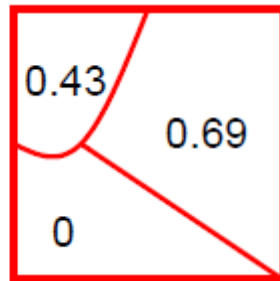
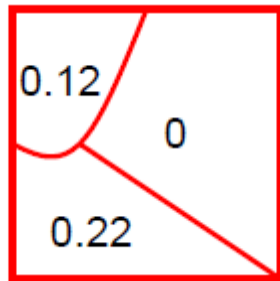
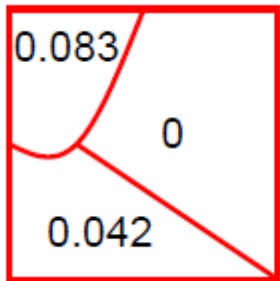
Cinema 0.083 (i.e. $1/(1 + 2 + 9)$)
 Roads 0.222
 Public transport 0.692

Layers have values between 0 and 1, 1 is most suitable, 0 least



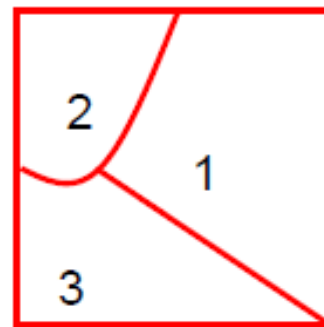
Standardised layers

Weights are as calculated on last slide



Weighted

Sum of layers



Ranking

Metoda ideálních bodů

- Bere do úvahy **vzdálenost** vybraného řešení od ideálního řešení.
- Musíme stanovit ideální řešení a vypočítat vzdálenost naší alternativy pomocí **metriky měření vzdáleností** (jaké metriky na měření vzdáleností můžeme použít v GIS?).

$$s_{i+} = \left[\sum_j w_j^p (v_{ij} - v_{+j})^p \right]^{1/p}$$

where s_{i+} is the separation of the i th alternative from the ideal point

w_j^p is the weight of attribute j

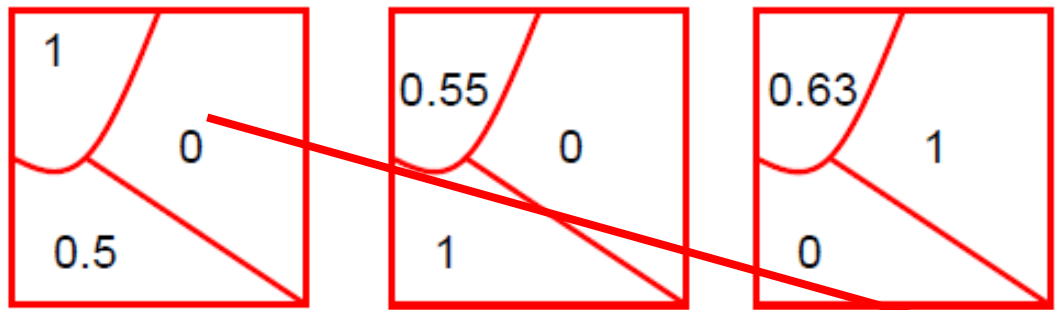
v_{ij} is the standardised value of attribute j for site i

v_{+j} is the ideal value of attribute j

p is a power parameter between 1 and ∞

Popis proměnných

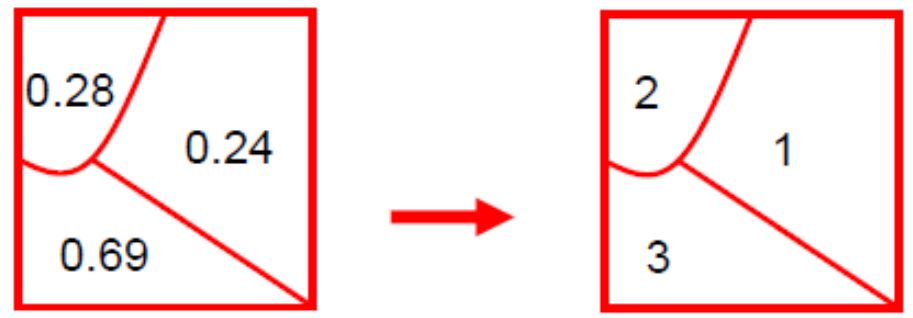
- Parametr síly **P** určuje **metodu pro měření vzdáleností** – $p=1$ (Manhattan), $p=2$ (Euklides).
- S narůstajícím P roste důležitost malých rozdílů.
- Několik způsobů **implementace** (Malczewski, 1999; Quin, 2013).
- Možnost využít standardizovaných vrstev a přijmout tvrzení, že **ideální řešení je rovno maximální hodnotě (1)**.
- Nejlepší řešení je potom takové, které je nejbližší v **m -rozměrném prostoru**, kde m = počet atributů).



Standardised values (Here 1 is the ideal value)



$(0.083)^2 \times (0 - 1)^2 = 0.007$
 $S_{i+} = w^p (v_{ij} - v_{+j})^p$
 p=2 here



$\sqrt{\sum S_{i+}}$

$$s_{i+} = \left[\sum_j w_j^p (v_{ij} - v_{+j})^p \right]^{1/p}$$

Ranking

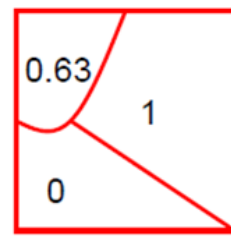
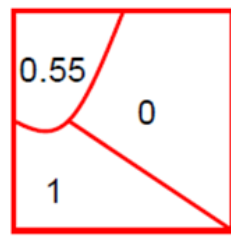
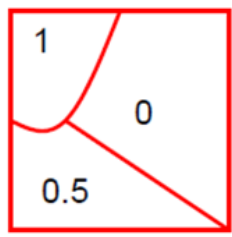
	Weights
Cinema	0.083 (i.e. $1/(1 + 2 + 9)$)
Roads	0.222
Public transport	0.692

Metoda shody

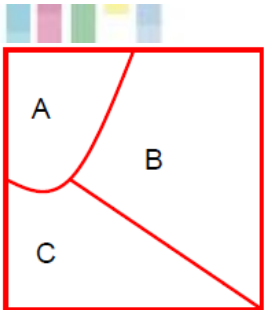
- Metoda řadí jednotlivé lokality podle shody dvojic jednotlivých alternativ.
- Každé kritérium je srovnáno pro dvojici lokalit (např. je lokalita A blíže ke kinu, než lokalita B?).
- Výstup je uložen do konkordanční **matice** v podobě sumy **vah těch kritérií, která jsou lepší** (použity váhy z AHP).
- Výsledná matice je použita k výpočtu celkového pořadí lokalit (může být částečné, některé lokality se mohou rovnat.)

Příklad výpočtu

Weights
 Cinema 0.083 (i.e. $1/(1 + 2 + 9)$)
 Roads 0.22
 Public transport 0.69



	Cinema	Roads	Public transport
Site A	1	0.55	0.63
Site B	0	0	1
Site C	0.5	1	0
Weights	0.083	0.222	0.692



These values are the raw values for the layers

	Site A	Site B	Site C	Sum	Ranking
Site A	-	0.305	0.775	1	2
Site B	0.692	-	0.692	1.384	1
Site C	0.222	0.305	-	0.527	3

Site A is better than Site B for cinema and roads – so value is $0.083+0.222$

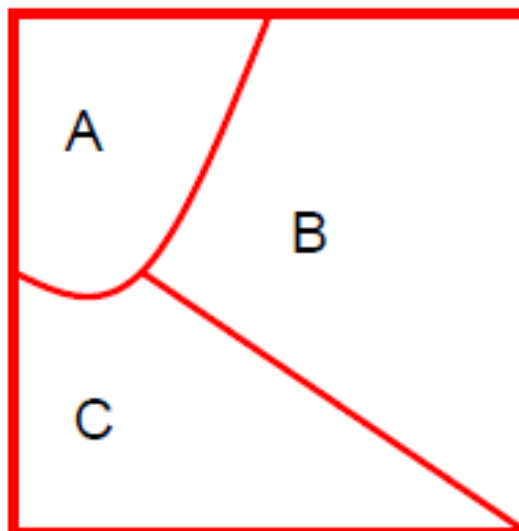
Site A is better than Site C for cinema and public transport – so value is $0.083+0.692$

Site B is better than Site A for public transport – so value is 0.692



Srovnání výsledků metod

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	



Kartografické modelov.



MCE – pro a proti

Proti:

- Dynamické problémy jsou zjednodušené, lineární model.
- Statické, postrádá časový rozměr.
- Kontroverzní – příliš subjektivní?

Pro:

- Strukturovatelná a opakovatelná analýza.
- Možnost užití různých hodnotících faktorů a zdůvodnit jejich užití.
- Schopnost zpracovat velké množství informací.
- Funguje!

Dobrá kritéria, správná data, analýza citlivosti

Kartografické modelování