



# Kartografické modelování XI Multikriteriální analýza

jaro 2019

**Petr Kubíček**

**kubicek@geogr.muni.cz**

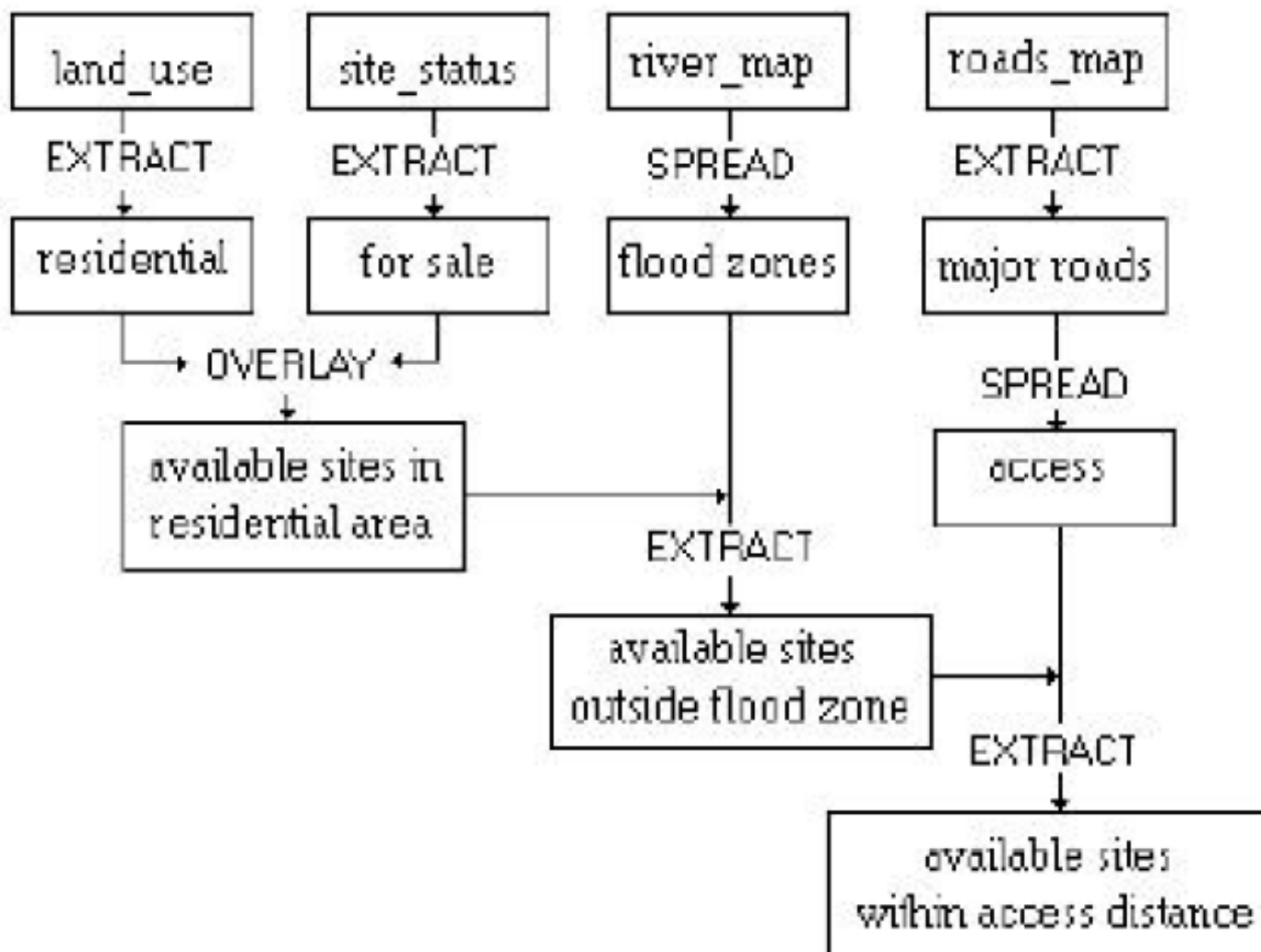
**Laboratory on Geoinformatics and Cartography (LGC)  
Institute of Geography  
Masaryk University  
Czech Republic**

# 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)

# Výběh 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?

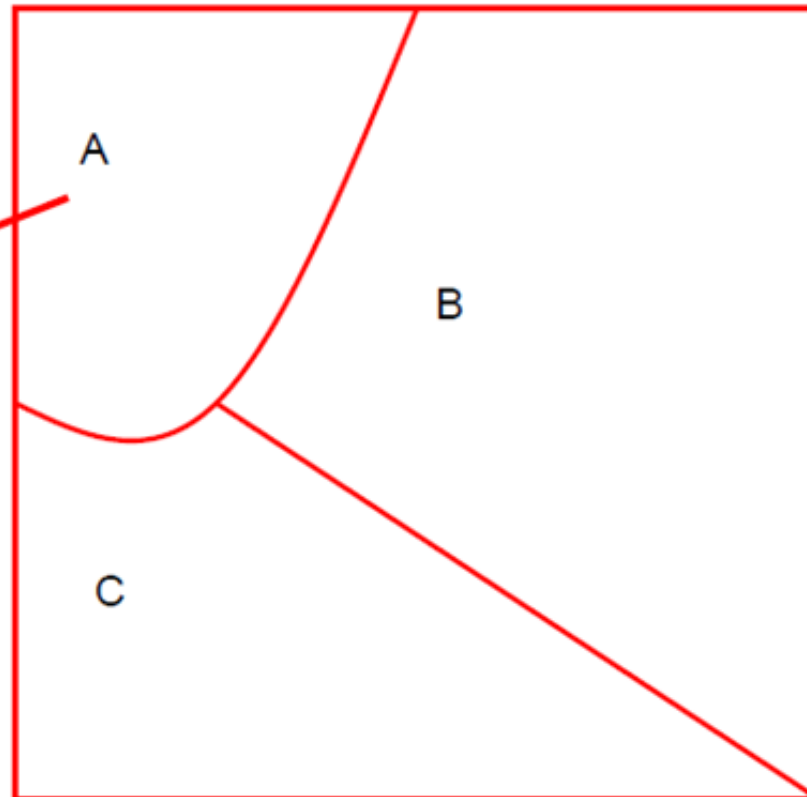
- **MCE používá kritéria k identifikaci lokalit (popsaných atributy), které nejlépe vyhovují cílům.**
- **Například:**
  - **Cíl:** „... potřebuji lokalitu pro výstavbu obytných domů (jsem developer)“.
  - **Kritérium:** „...Domy musí být blízko kina, daleko od hlavních silnic a blízko veřejné dopravě“.
  - **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





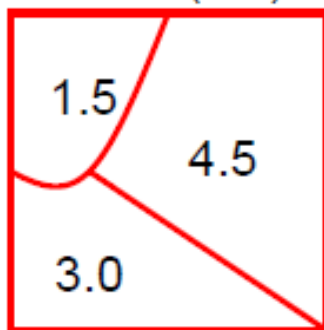
# Boolean overlay

- **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.**



# Příklad Boolean overlay

Distance from  
cinema (km)



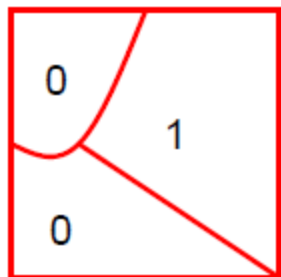
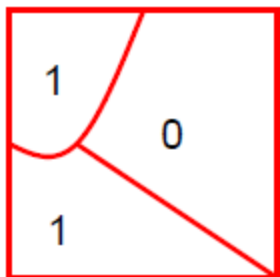
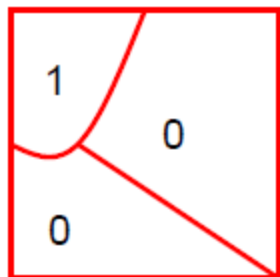
Distance from  
road (km)



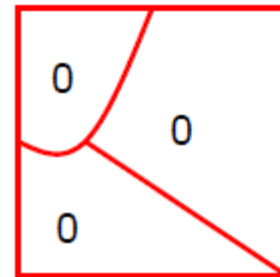
Distance from  
public transport (km)



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**

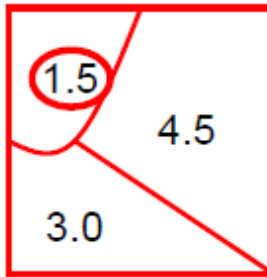


# Vážená lineární kombinace

- 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



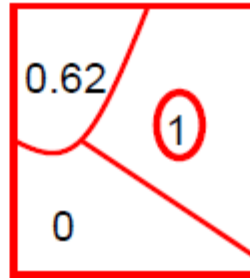
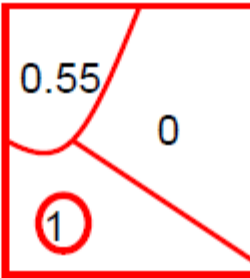
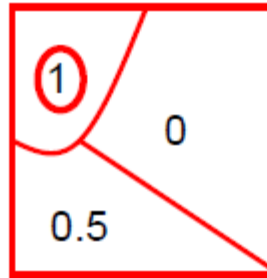
Distance from  
road



Distance from  
public transport

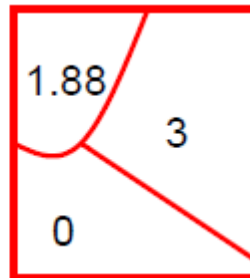
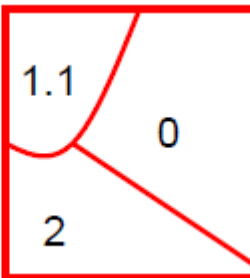
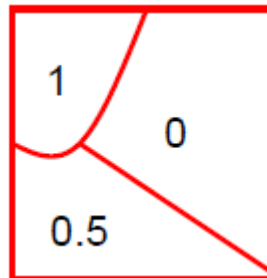


Layers have  
values between  
0 and 1, 1 is  
most suitable,  
0 least

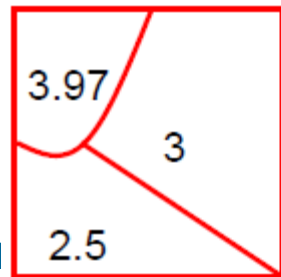


Standardised  
layers

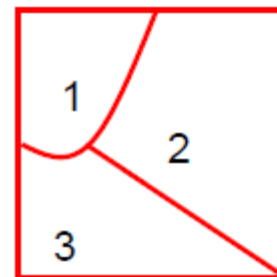
Weights are 1  
for cinema, 2 for  
roads and 3 for  
public transport



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.**

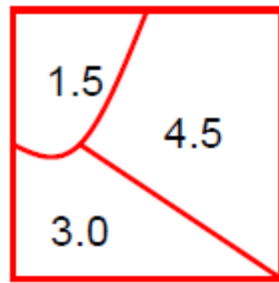
	Cinema	Road	Public transport
Cinema	1	1/2	1/9
Roads	2	1	1/3
Public transport	9	3	1

Pouze tuto část potřebujeme

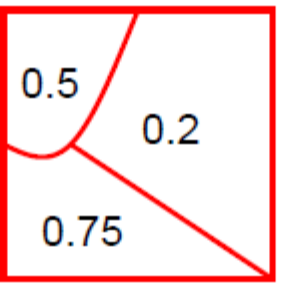
Weights	
Cinema	0.083 (i.e. $1/(1 + 2 + 9)$ )
Roads	0.222
Public transport	0.692



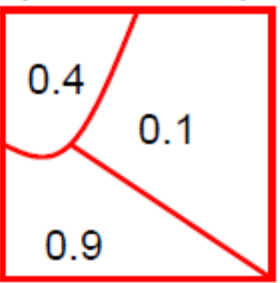
Distance from cinema



Distance from road



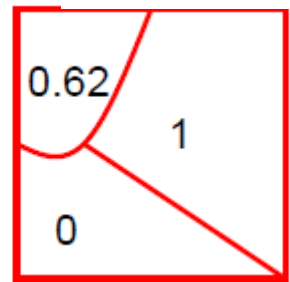
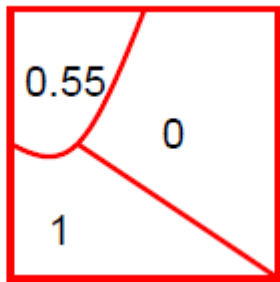
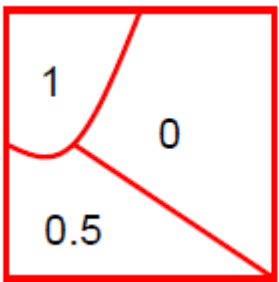
Distance from public transport



Weights

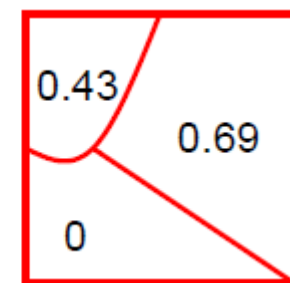
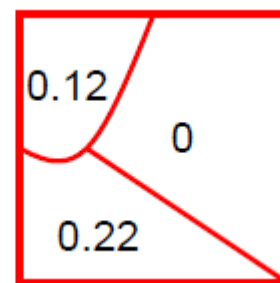
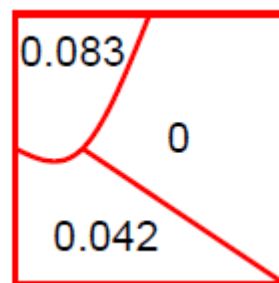
Cinema 0.083 (i.e.  $1/(1 + 2 + 9)$ )  
 Roads 0.222  
 Public transport 0.692

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



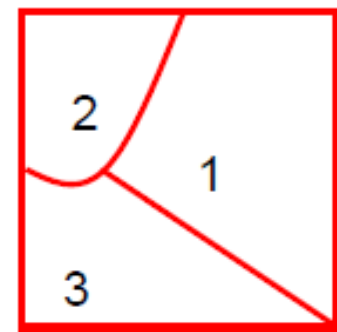
Standardised layers

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  $i$

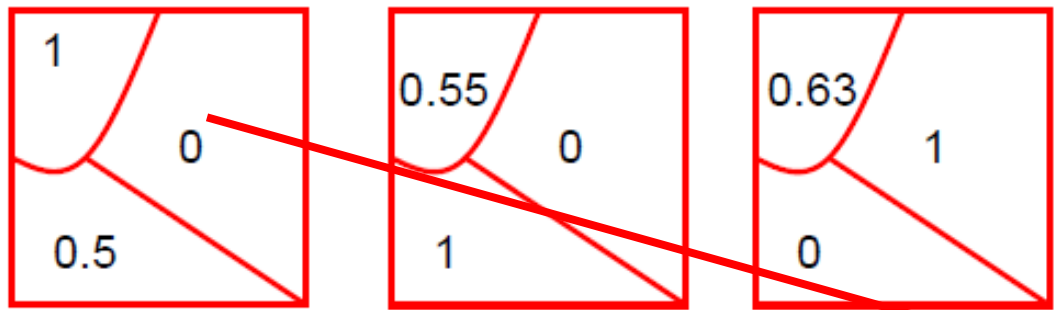
$v_{+j}$  is the ideal value of attribute  $j$

$p$  is a power parameter between 1 and  $\infty$

# 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).

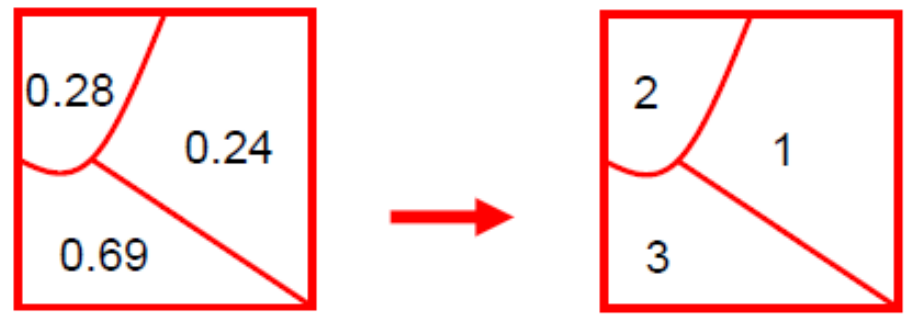




Standardised values (Here 1 is the ideal value)



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



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

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

Ranking

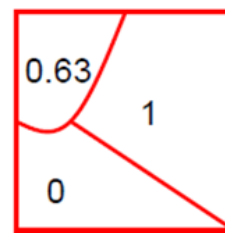
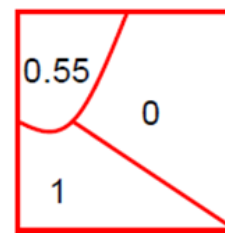
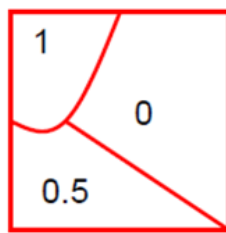
	Weights
Cinema	0.083 (i.e. $1/(1 + 2 + 9)$ )
Roads	0.222
Public transport	0.692

# 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  $0.083+0.222$

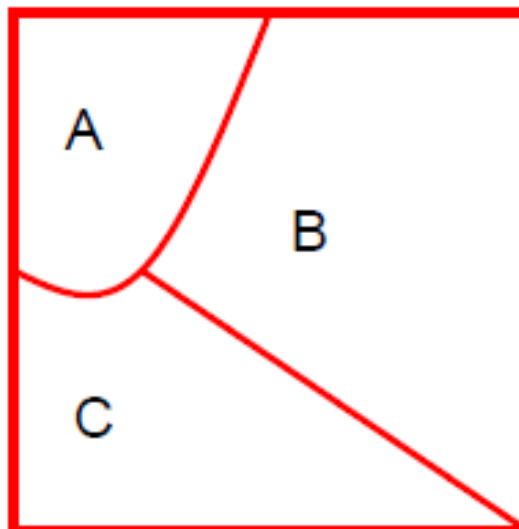
Site A is better than Site C for cinema and public transport – so value is  $0.083+0.692$

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

## Proti:

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

## MCE – pro a proti

## 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**