



Kartografické modelování IX Topologické překrytí - Overlay

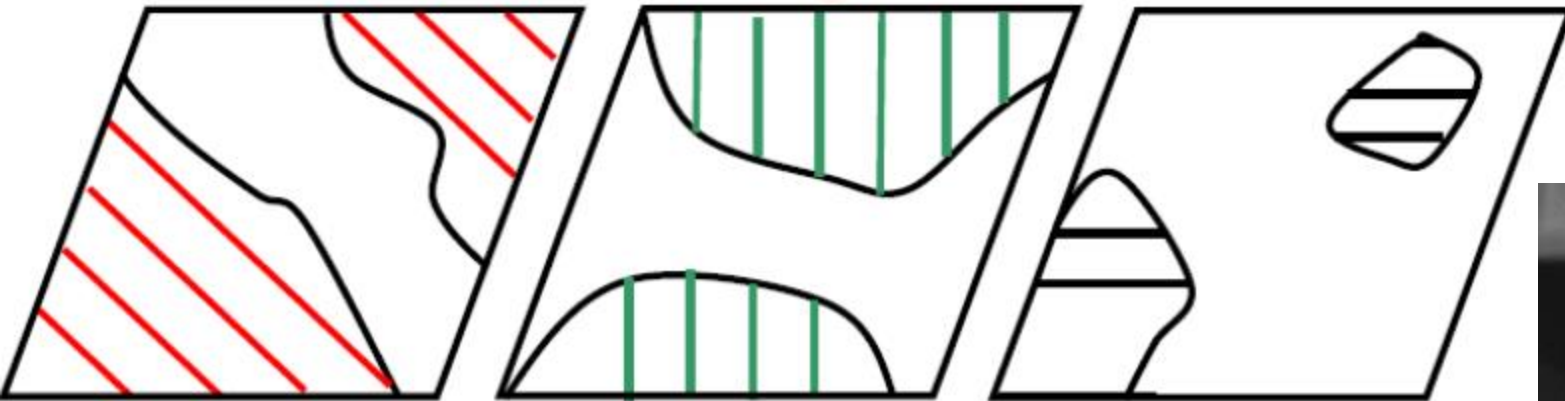
jaro 2018

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

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

Ian McHarg (1969) - Design with Nature



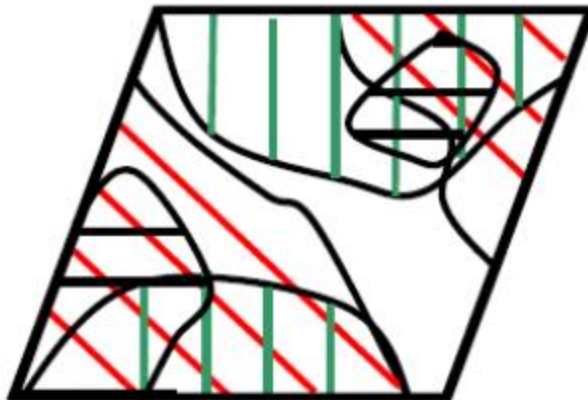
Agricultural

Aquifers

Ecology

Route for road

*Lightest area
is most suitable*

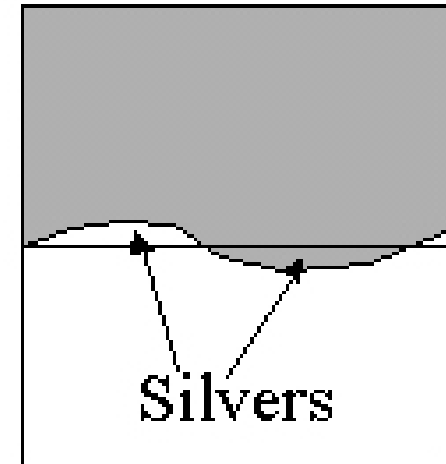


Each transparency must be the same **scale**, **projection** and be manually **registered** so that features sharing the same location overlap



Omezení

- 1) Time Consuming and Numerically Intensive - $(n_1 + n_2) \leq N \leq \infty$
- 2) All factors are treated evenly
- 3) Force the conversion of nominal data to ordinary or interval
- 4) Multiply errors, and the errors increase with the increase of the heterogeneity
- 5) Sliver polygons
- 6) May come up with meaningless results (mix of nature and social, hard to explain)



Topologické překrytí

- Obecně **dotazování dvou nebo více informačních vrstev** se označuje jako topologické překrytí (overlay) těchto vrstev.
- Původně se tento problém řešil překrytím dvou tématických map na průhledných fóliích.
- Stejný problém se v GIS řeší pomocí základních algoritmů počítačové grafiky (test bodu v polygonu, hledání průsečíku dvou objektů, ořezávání).
- **Výsledkem postupu je vytvoření nových objektů** (vrstvy), které mají kombinace vlastností objektů ze zdrojových informačních vrstev.



Z papíru do GIS

Overlay polygonů je výpočetně náročný – jedna z hlavních úloh GIS.

- V případě overlay je nutné:
 - Vypočítat **průsečíky** polygonů z jednotlivých vrstev a vytvořit nové polygony.
 - Vytvořit **atributovou** tabulku reprezentující všechny atributy pro nové polygony
 - **Označit** nově vzniklé polygony, případně spojit sousední polygony, pokud mají stejnou novou hodnotu.
 - Vyhodnotit **chyby** vzniklé při procesu (sliver polygons)
- Přesný postup závisí na tom, zda byla vytvořena topologie jednotlivých vrstev.

Polygon structure

ID: Wyoming
Outer ring:
432
-121
-123
651
340
300
Attribute table
...

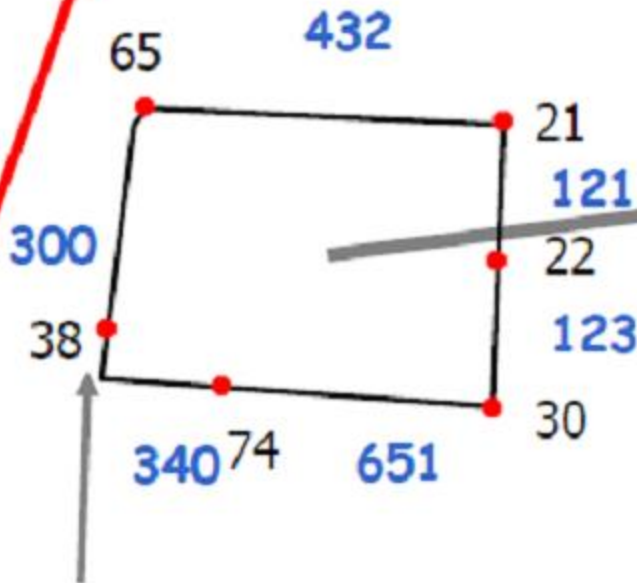
Note negative signs signify direction (need to know left/ right)

Node structure

Node ID
21
Incident chains
432
121
...
Coordinates
 x_i, y_i

Arc structure

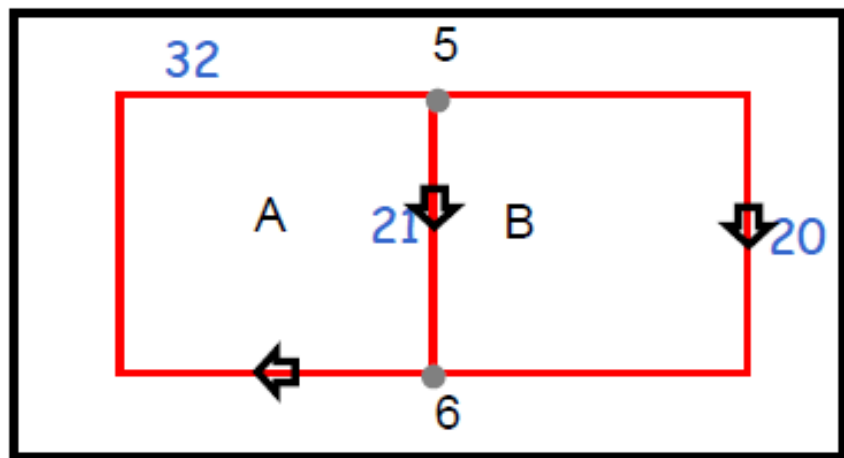
ID: 432
From node: 65
To node: 21
Left: Montana
Right: Wyoming
Coordinates:
 x_1, y_1
...
...
 x_n, y_n



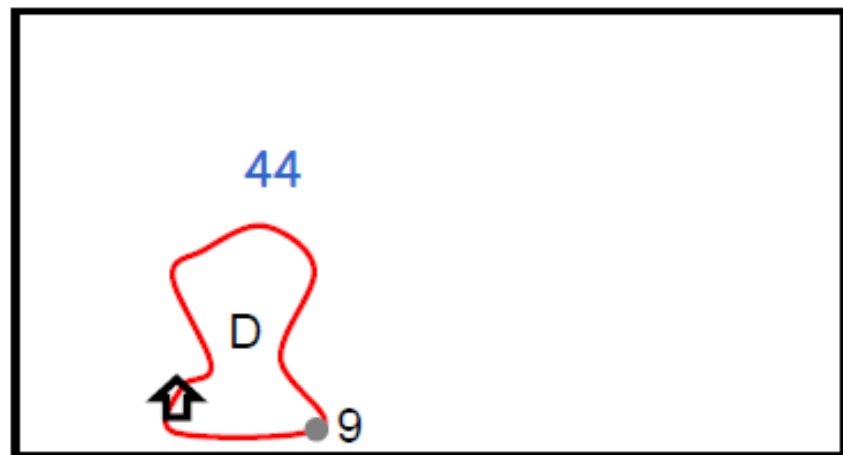
Note this node is **not** at the corner



Image from <http://www.fws.gov/where/>



Land owner As and B



Deer breeding ground

Polygon structure

ID: A
 Outer ring:
 21
 32
 Attribute table
 ...

Arc structure

ID: 21
 From node: 5
 To node: 6
 Left: B
 Right: A
 Coordinates:
 x_1, y_1
 x_2, y_2

Node structure

Node ID
 6
 Incident arcs
 -20
 32
 -21
 Coordinates
 x, y

Polygon structure

ID: B
 Outer ring:
 -21
 20
 Attribute table
 ...

ID: D
 Outer ring:
 44
 Attribute table
 ...

Arc structure

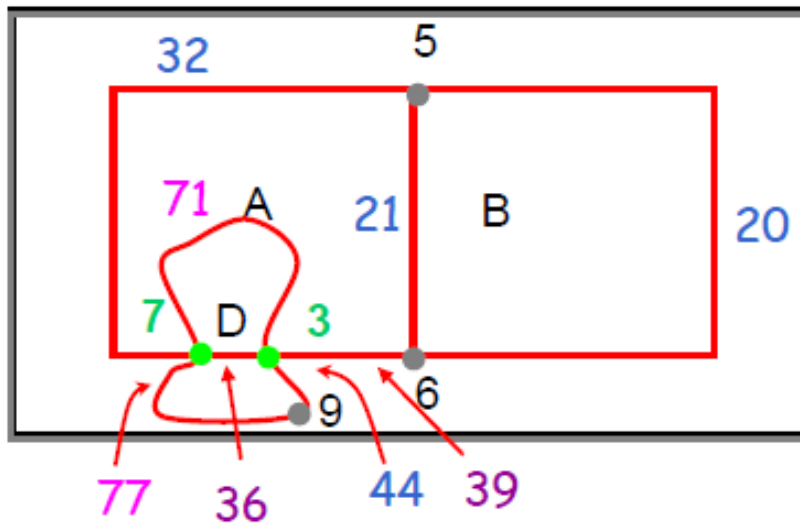
ID: 44
 From node: 9
 To node: 9
 Left: Nil
 Right: D
 Coordinates:
 x_1, y_1
 ...
 x_n, y_n

Node structure

Node ID
 9
 Incident arcs
 44
 Coordinates
 x, y



Nalezení průsečíků



- Arc 44 intersects twice with arc 32
- There are no other intersections
 - First intersection is node 3
 - Arcs 44 and 32 are broken in two
 - 2nd intersection is node 7
 - New arcs are again broken in two

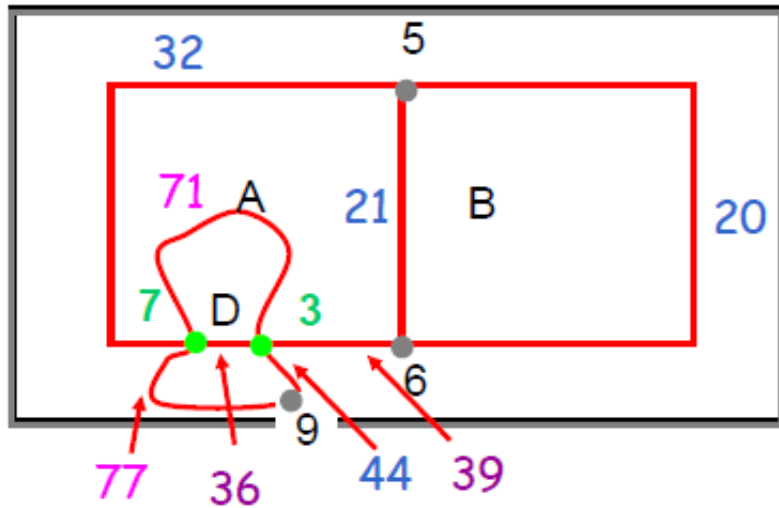
Here we insert 2 nodes (7,3) and 4 arcs (36,39,71,77)
 Each node stores arcs in anticlockwise angular order:

e.g

Node ID	3
Incident arcs	71 36 44 -39
Coordinates	x,y

Node ID	7
Incident arcs	-71 32 -77 -36
Coordinates	x,y

Vytvoření polygonu



Trace the polygon starting at **node 5**,
Starting with **arc 21**:

21 goes from 5 to 6

39 is angularly adjacent
(anti-clockwise)

39 goes to node 3

71 is angularly adjacent
(anti-clockwise)

71 goes to node 7

32 is angularly adjacent and
enters our original node 5 –
polygon is formed!!

Node ID
5
Incident arcs
-32
21
20
Coordinates
x,y

Node ID
6
Incident arcs
-21
39
-20
Coordinates
x,y

Node ID
3
Incident arcs
71
36
44
-39
Coordinates
x,y

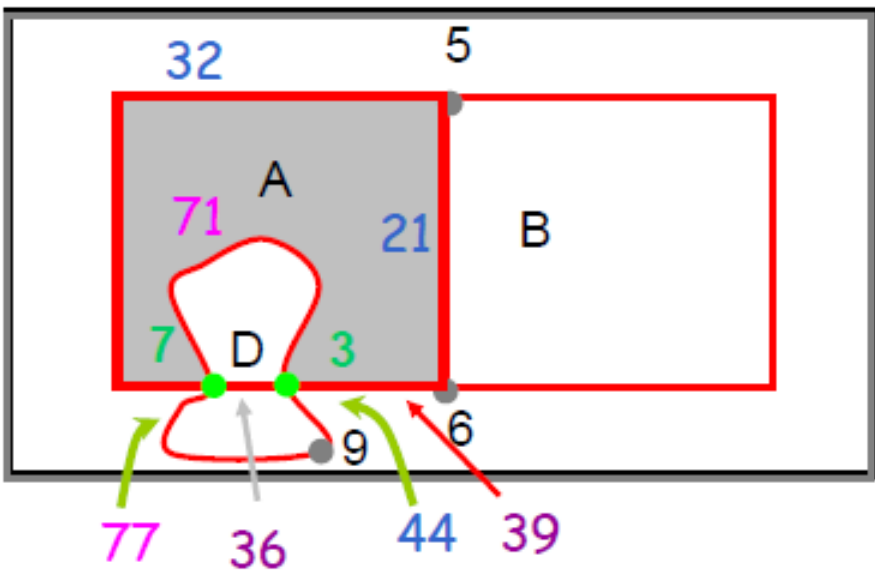
Node ID
7
Incident arcs
-71
32
-77
-36
Coordinates
x,y

Polygon structure

ID: New one
Outer ring:
21
39
71
-32
Attribute table
...



Přidání atributů



Polygon structure

ID: New One
 Outer ring:
 21
 39
 71
 -32
 Attribute table
 ...

We follow the arcs and find that to the **right** of each arc is the attribute **A**

Chain structure

ID: 21
 From node: 5
 To node: 6
 Left: B
 Right: A
 Coordinates:
 x_1, y_1
 x_2, y_2

Chain structure

ID: 32
 From node: 5
 To node: 7
 Left: A
 Right: Nil
 Coordinates:
 x_1, y_1
 x_2, y_2

Chain structure

ID: 39
 From node: 6
 To node: 3
 Left: Nil
 Right: A
 Coordinates:
 x_1, y_1
 x_2, y_2

Chain structure

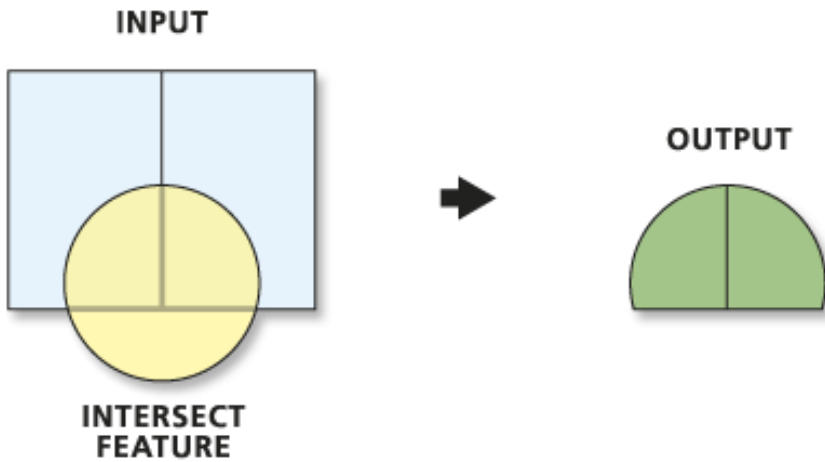
ID: 71
 From node: 3
 To node: 7
 Left: A, D
 Right: A
 Coordinates:
 x_1, y_1
 x_2, y_2



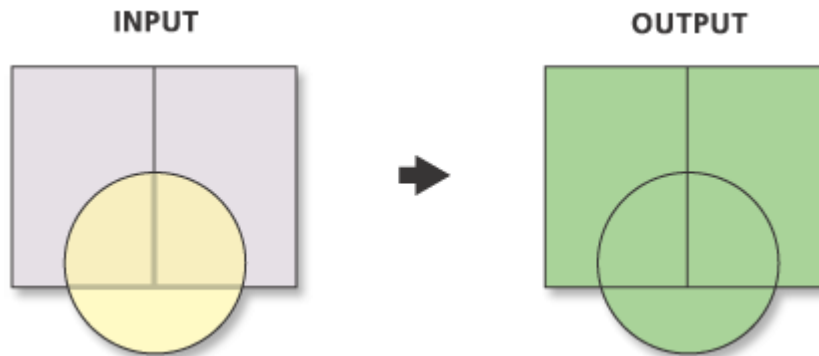
- Pro kombinaci vstupních objektů se opět používají pravidla výrokové (Booleovské) logiky.
- GIS systémy obvykle nabízejí:
 - **INTERSECT** (AND - průnik),
 - **UNION** (OR - sjednocení),
 - **IDENTITY** (?? přiřazení na základě prostorového umístění – zachovává všechny vstupní objekty).

Příklady overlay

Intersect

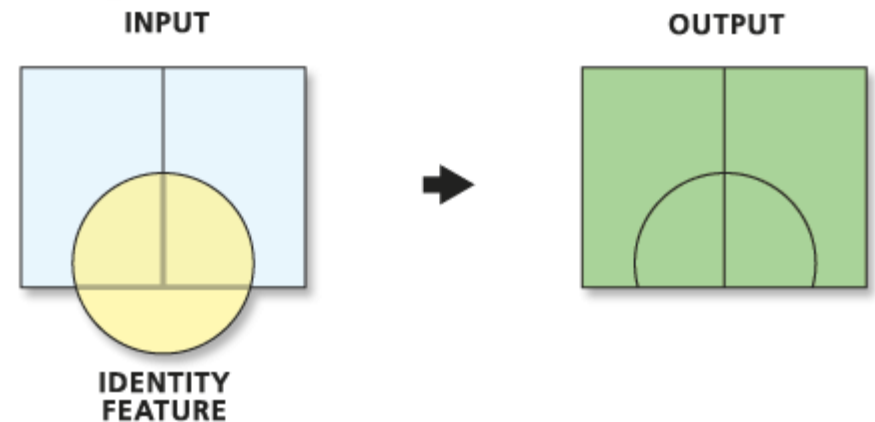


Union



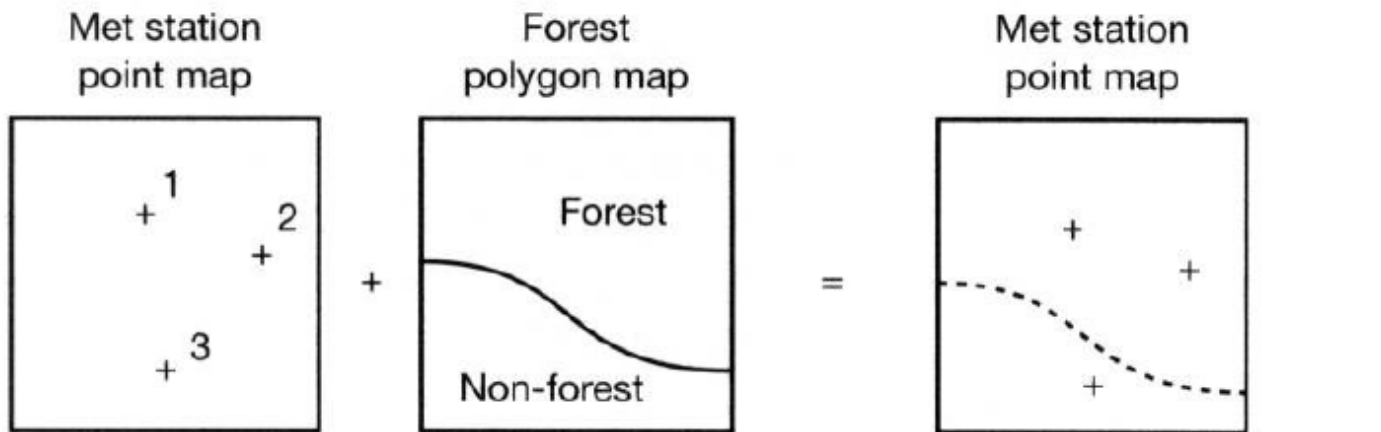
Identity

A OR (A AND B)



Základní typy geometrického překryvu (overlay)

- Point in polygon
- Line in polygon
- Polygon on polygon



Met station attribute table

Point ID	Land use
1	Forest
2	Forest
3	Non-forest

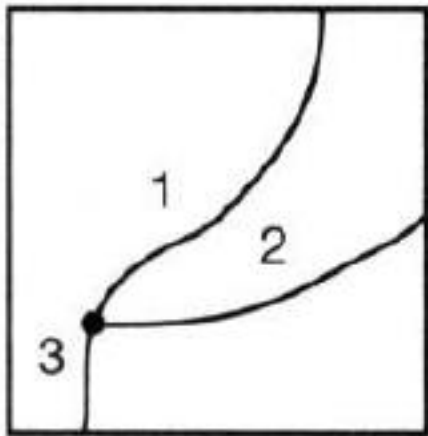
point-in-polygon example



Základní typy geometrického překryvu (overlay)

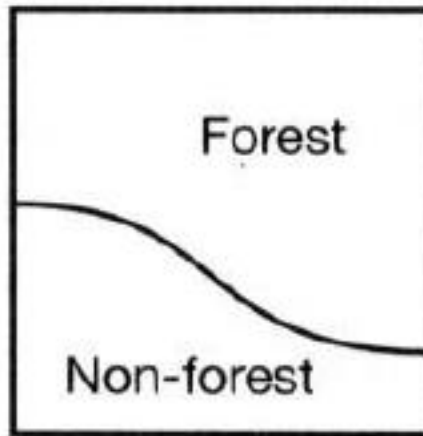
- **Line in polygon**

Road
line map



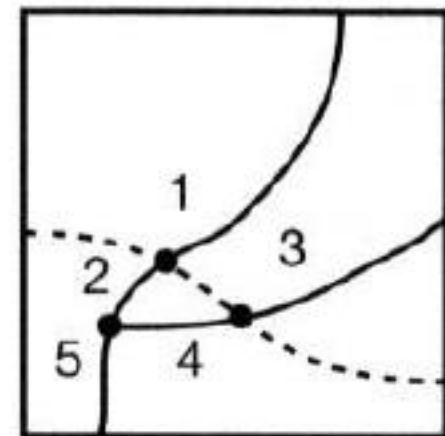
+

Forest
polygon map

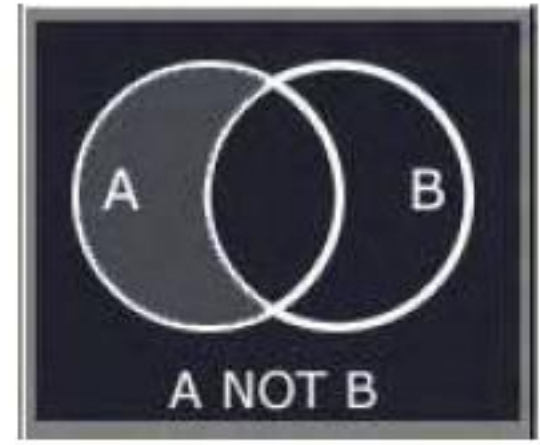
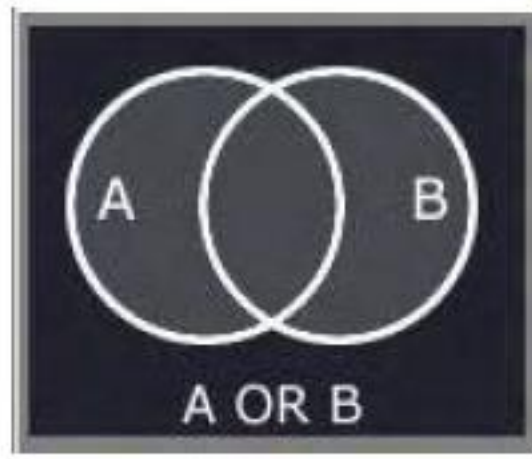
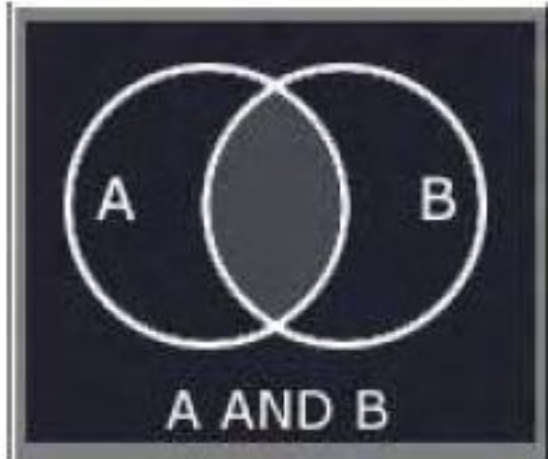


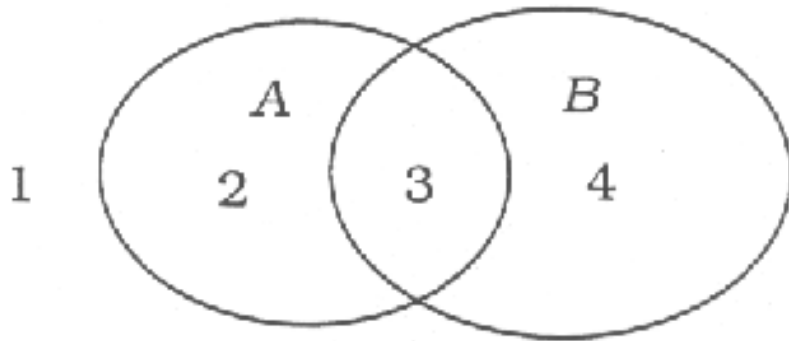
=

Road
line map



- **Polygon on polygon**





Intersect

- Boolean koncept – 16 možností

Intersection Concept

1	2	3	4	
1	1	1	0	A.OR.(NOT B)
1	1	1	1	NOT NULL
1	1	0	0	NOT B
1	1	0	1	(NOT A).OR.(NOT B)
1	0	1	0	(A.AND.B).OR.((NOT A).AND.(NOT B))
1	0	1	1	(NOT A).OR.B
1	0	0	0	(NOT A).AND.(NOT B)
1	0	0	1	NOT A
0	1	1	0	A
0	1	1	1	A.OR.B
0	1	0	0	A.AND.(NOT B)
0	1	0	1	(A.AND.(NOT B)).OR.((NOT A).AND.B)
0	0	1	0	A.AND.B
0	0	1	1	B
0	0	0	0	NULL
0	0	0	1	(NOT A).AND.B

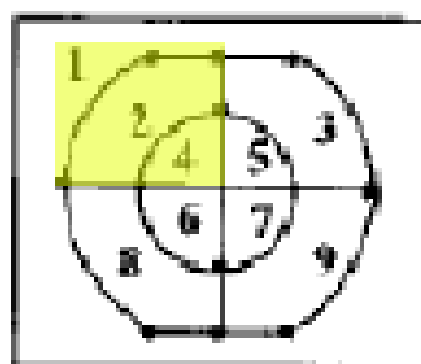
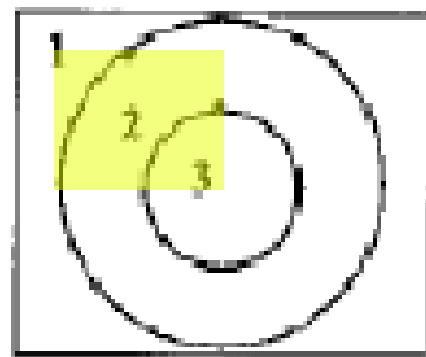
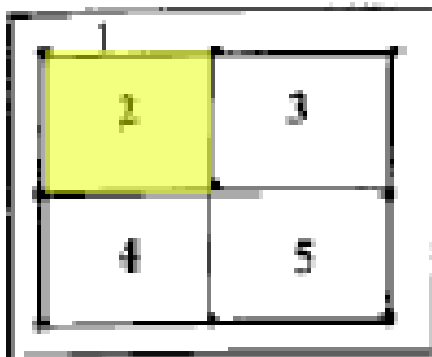
Overlay – hlavní rysy

- Při těchto operacích dochází k řešení vztahů bod, linie nebo polygon v polygonu (výjimkou je sjednocení, které mohou provádět pouze mezi dvěma polygonovými vrstvami).
- Z procesu topologického překrytí vznikají nové objekty (vrstvy), kterým jsou přiřazeny také atributy.
- Tím se topologická překrytí liší od prostorových dotazů, kde žádné nové vrstvy nevznikají.

Vstupní vrstva

Překrývající vrstva

Výstupní vrstva



Vstupní vrstva	
#	Atribut
1	
2	A
3	B
4	C
5	D

Překrývající vrstva	
#	Atribut
1	
2	102
3	103

Výsledná vrstva	Vstupní vrstva		Překrývající vrstva	
#	#	Atribut	#	Atribut
1	1		1	
2	2	A	2	102
3	3	B	2	102
4	2	A	3	103
5	3	B	4	103
6	4	C	4	103
7	5	D	5	103
8	4	C	3	102
9	5	D	4	102



Další topologické operace

Dalšími případy topologických operací jsou: **CLIP** a **ERASE, UPDATE** a **SPLIT**

- mají tu vlastnost, že **atributy** nejsou spojovány, ale **přejímány ze vstupní vrstvy** (jedna vrstva je vždy vstupní a druhá na ní provádí výše uvedené operace).
- Tyto funkce je možné zařadit i do kategorie **restrukturalizace** dat.

Do topologických operací je možné zařadit i úlohy typu **DISSOLVE** ("rozpuštění" hranic objektů na základě stejného atributu) **MERGE** (spojení dvou vrstev do jedné a odstranění hranic mezi objekty se stejnými atributy),

- opět spíše patří do kategorie **restrukturalizace** dat.

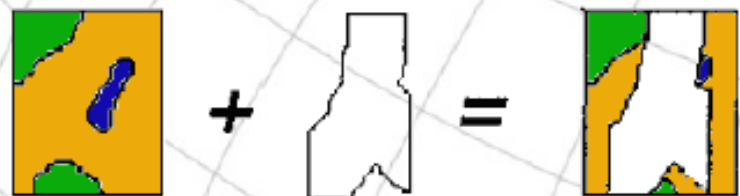
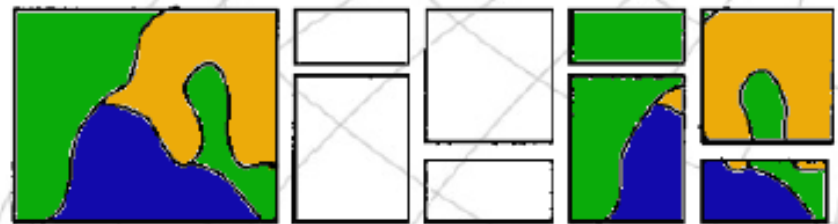
Další topologické operace

UPDATE - vyjme tu část vstupní vrstvy, která bude aktualizovaná druhou vrstvou a místo ní vloží prvky z druhé vrstvy.

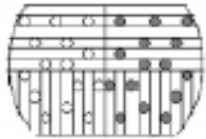

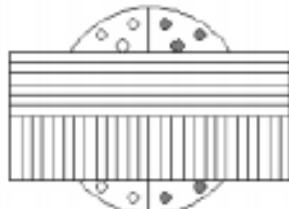

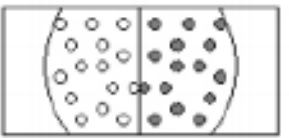
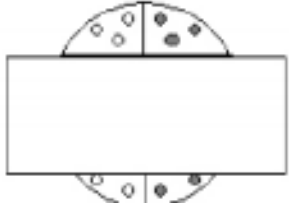
CLIP - ořízne vstupní vrstvu pomocí definovaných polygonů v druhé vrstvě.

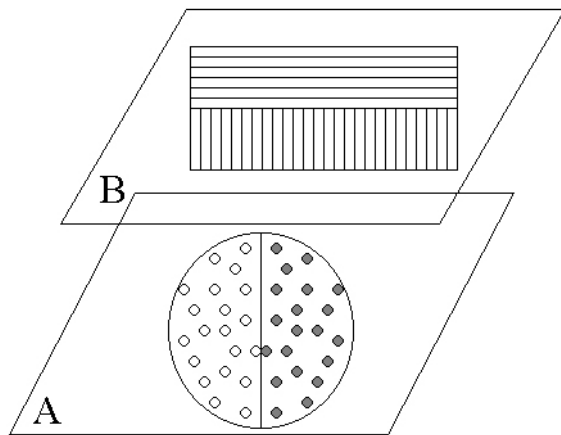
SPLIT - rozdělí vstupní vrstvu na části pomocí hranic definovaných polygony ve druhé vrstvě.

ERASE - opak CLIP odstraní části vstupní vrstvy pomocí polygonů definovaných v druhé vrstvě.

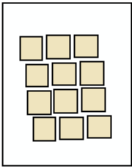
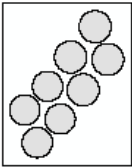

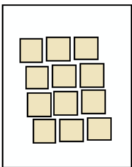
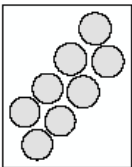
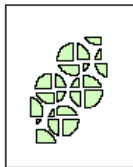
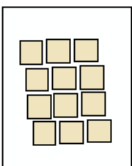
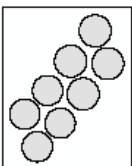
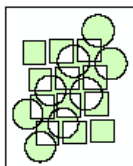
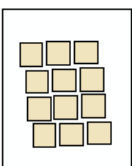
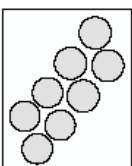
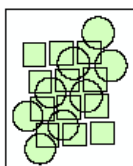
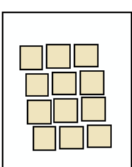
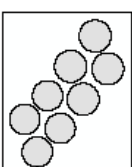
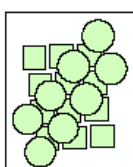


Hlavní typy overlay

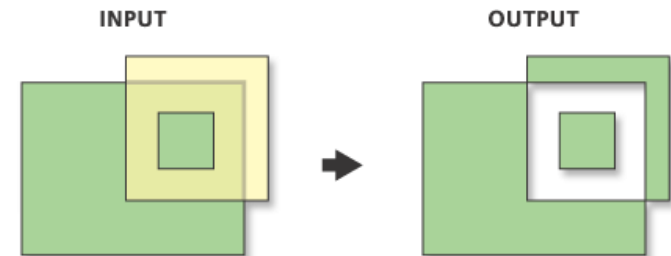
Polygon Overlay	Logic Expression	Geometric Change	Result
Intersect	A .AND. B	Only features in the area common to both coverages will be preserved.	
Union	A .OR. B	All polygons from both coverages will be split at their intersections and preserved in the output coverage	
Update	(A .AND. (NOT B)) .AND. B	Replaces the input coverage areas with the update coverage polygons using a cut-and-paste operation	
Identity	A .OR. (A .AND. B)	All features of the input coverage, as well as those features of the overlay coverage that overlap with the input, are preserved.	
Clip	(A .AND. B) .OR. B	Features from the input coverage that overlap with the overlay coverage.	
Erase	A .AND. (NOT B)	Erase the input coverage features that overlap with the overlay coverage.	

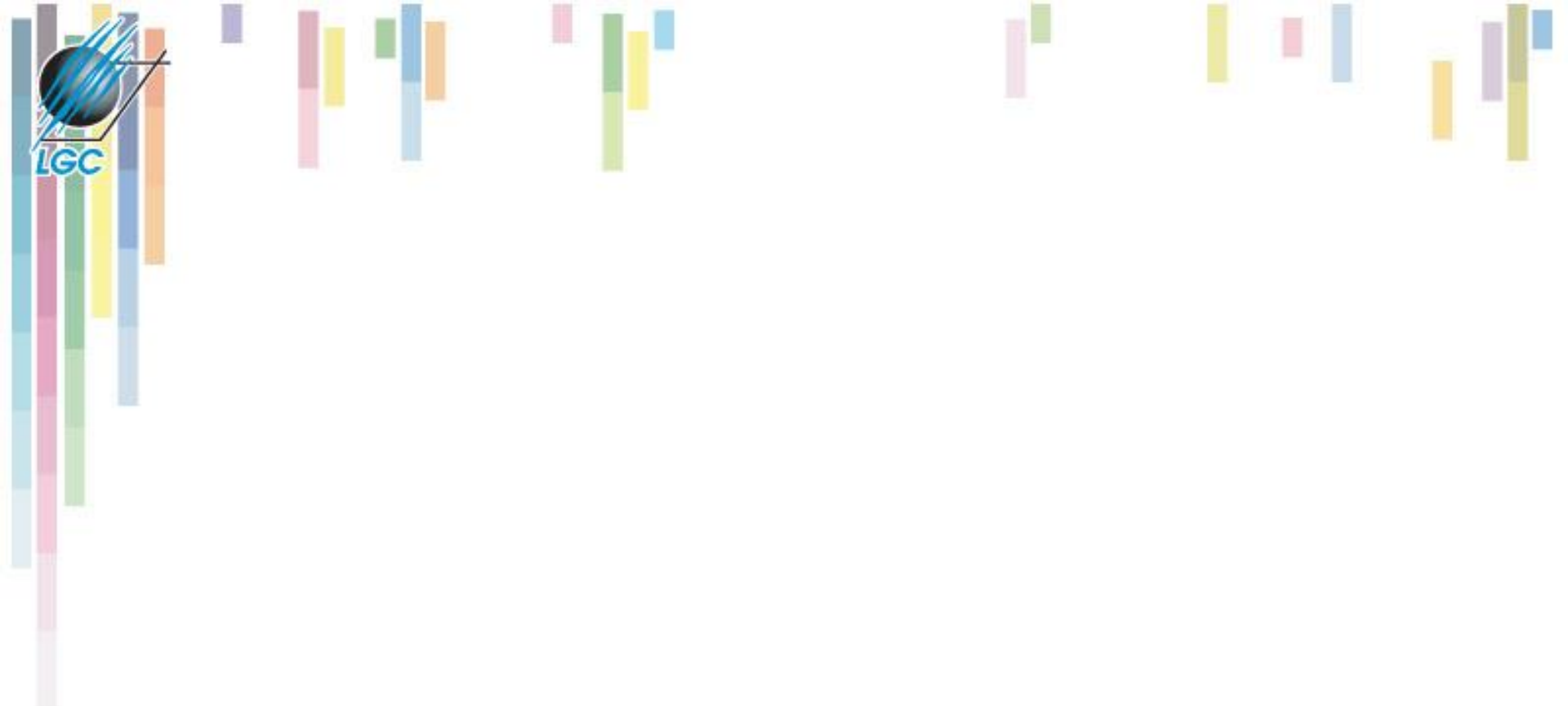


Overlay operace v ArcGIS

Input features	Overlay features	Operation	Result
		Identity	
		Intersect	
		Symmetrical difference	
		Union	
		Update	

Symmetrical difference

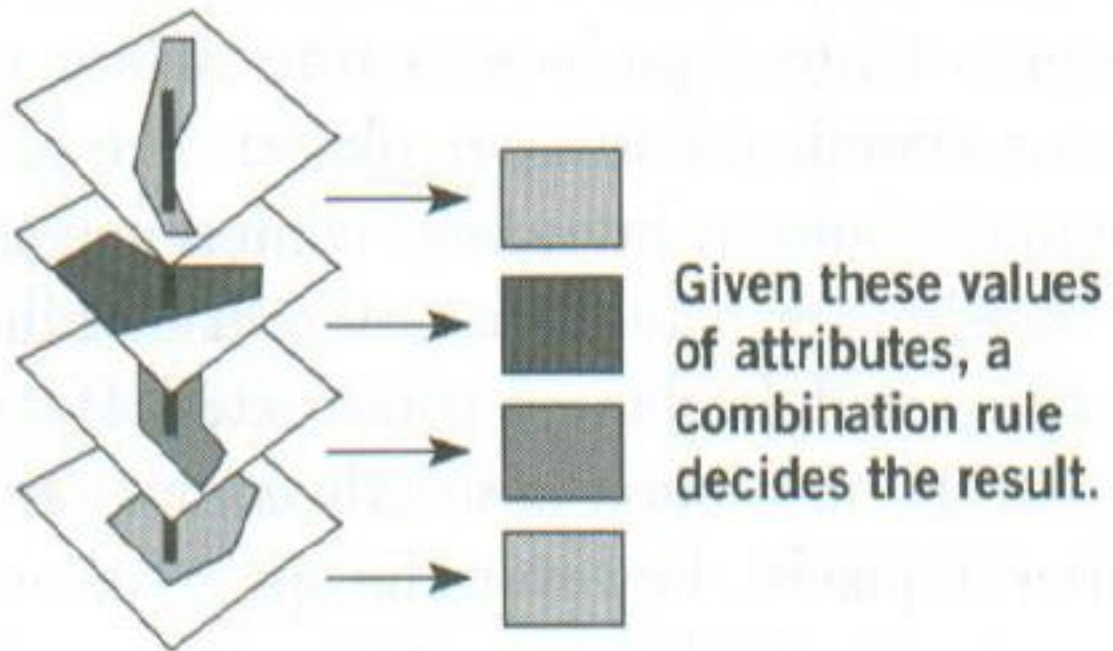




... A CO ATRIBUTY??

Chrismanova taxonomie pro atributy

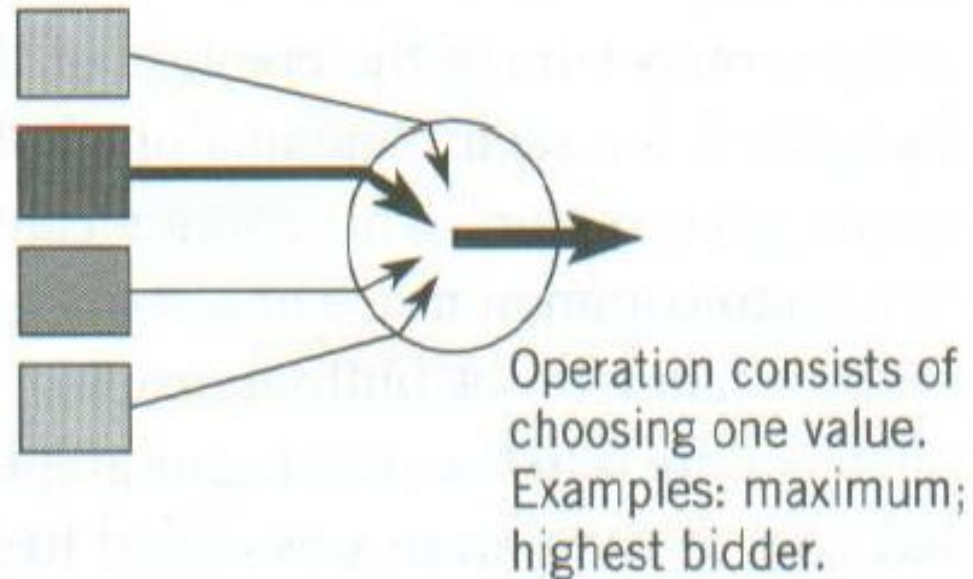
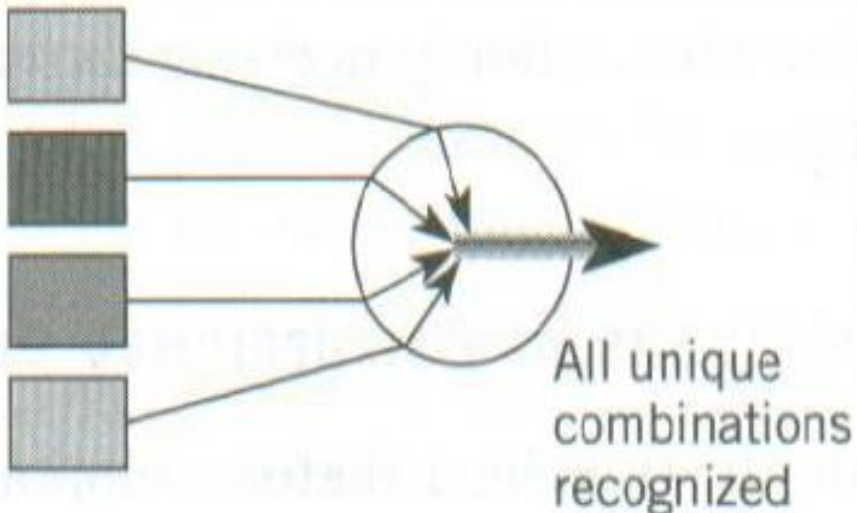
- Sada atributů pro oblast výzkumu – vychází z předpokladu, že potřebujeme zjistit všechny atributy pro všechny oblasti výzkumu



- Traditional McHarg's Polygon Overlay is Contributory method only.
- Modern GIS expands the attribute determination to Enumeration, Dominance, Contributory, and Interaction.

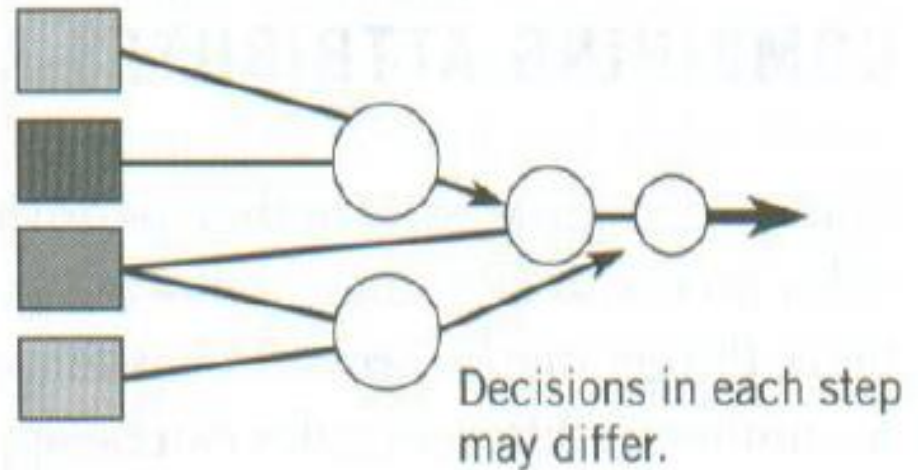
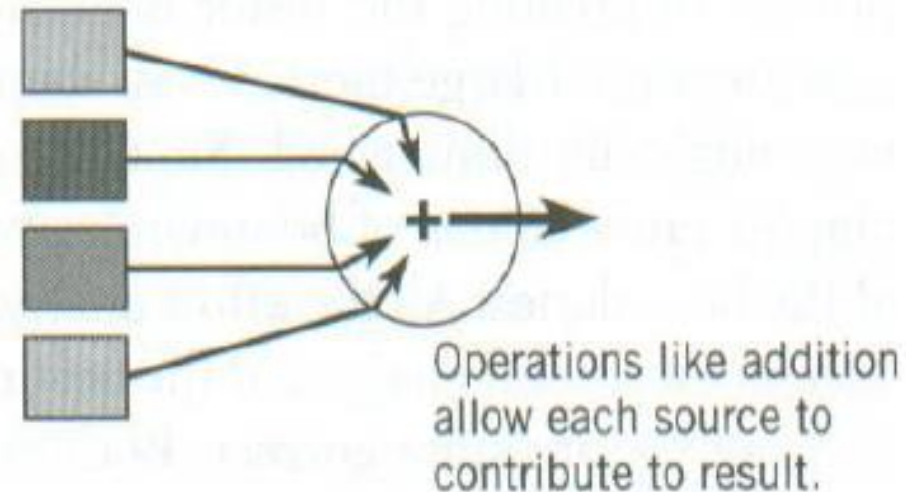
Základní pravidla (1)

- Pravidlo **výčtu** (enumeration) – všechny atributy jsou zachovány pro výstup
- Pravidlo **dominance** – pouze vybraná hodnota je zachována pro výstup



Základní pravidla (2)

- Pravidlo **příspěvkové** – všechny atributy přispějí k výsledku
- Pravidlo **interakce** – vždy dvě hodnoty přispějí do výsledku



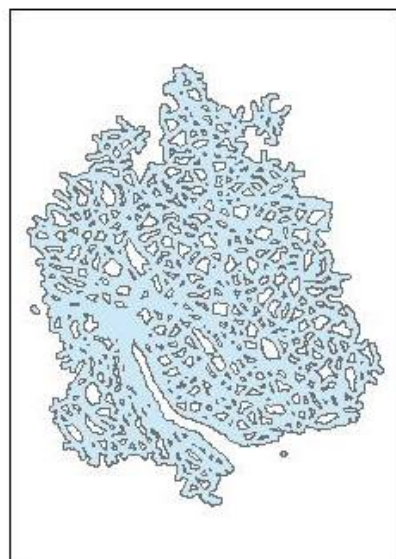
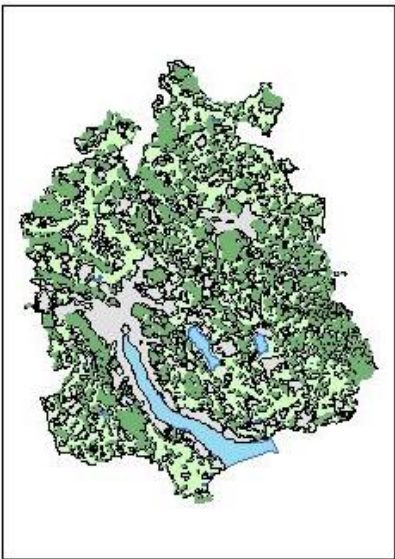
Pravidlo dominance

- Pro nově vzniklou oblast je vybrána pouze jedna hodnota, ostatní jsou ignorovány.
- Jakmile najdeme vylučovací hodnotu, není potřeba hledat další.
- Použití Boolean pravidel
- Často užitá při analýze vhodnosti (suitability analysis).

- Najděte oblasti vhodné pro výuku lyžování
- **Musí splnit následující kritéria:**
 - Land cover v kategorii „open“
 - Do vzdálenosti 400 m od silnice (přístupnost).
 - Svažitost mezi 10° a 20° (optimální pro lyžařské svahy).
- Pokud **kterékoliv** z kritérií není splněno, pak není území vhodné pro dané využití.
- Provedeme overlay všech tří datových sad a následně využijeme operace „AND“ na attributech nových polygonů, abychom našli vhodnou oblast.

Landcover

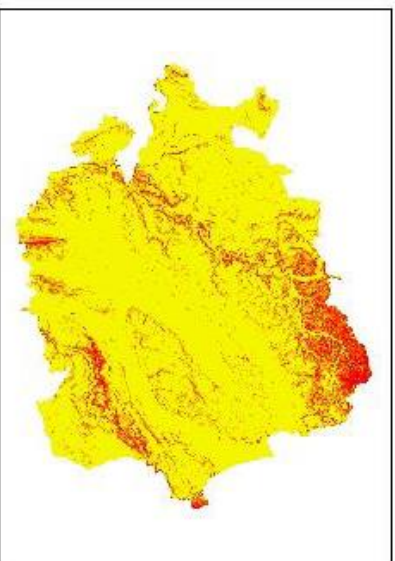
- Sonstiges
- Obstanlage
- Reben
- See
- Siedl
- Stadtzentr
- Stausee
- Wald



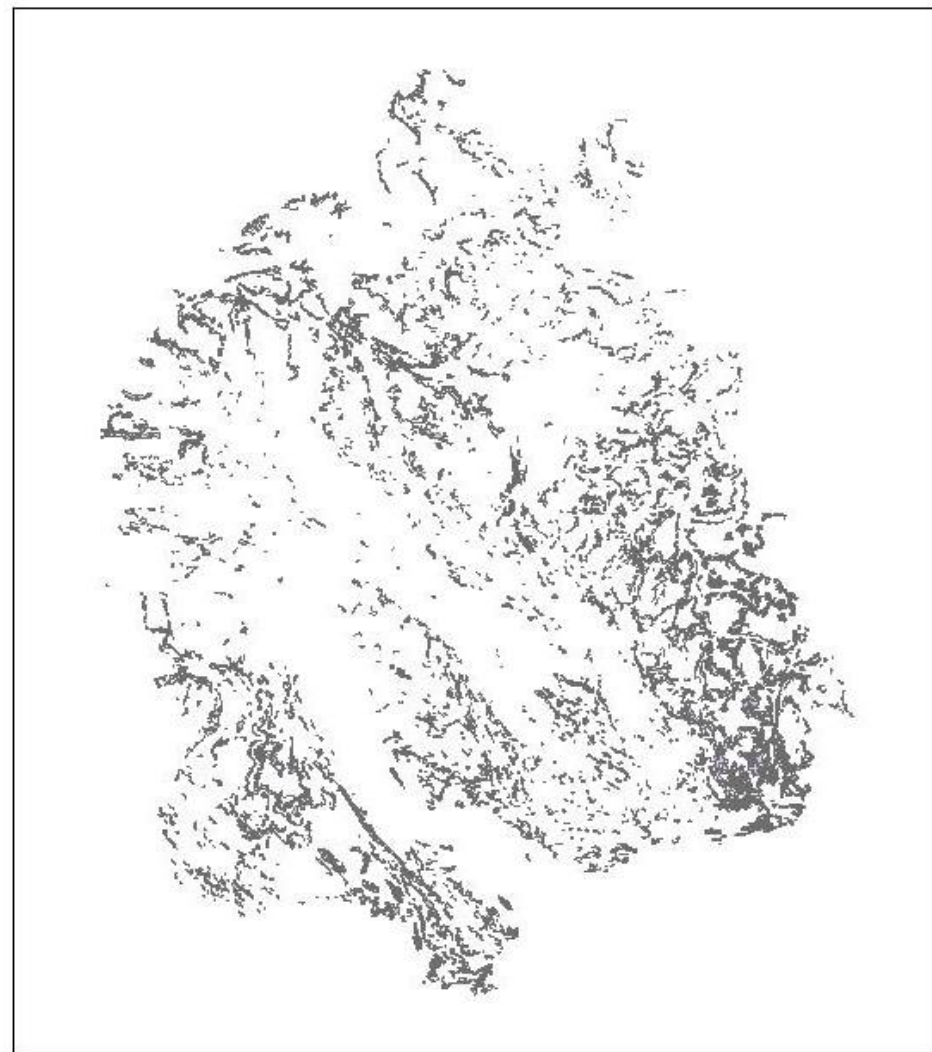
Within 400m of roads

Slope

- 5 - 10
- 11 - 15
- 16 - 20
- 21 - 30
- 31 - 55



AND

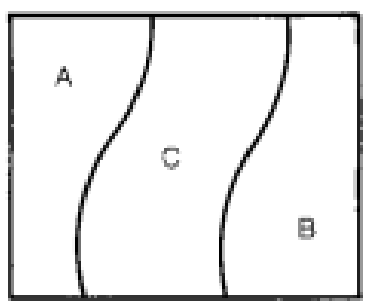


Areas within 400m of roads, which are open and between 10 and 20 degrees

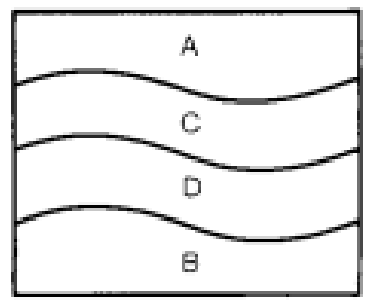
Pravidlo příspěvku (contributory)

- Využity hodnoty ze všech vstupních vrstev.
- Hodnoty jsou následně kombinovány pomocí vybrané aritmetické operace (obvykle součet)
- Předpokládáme, že hodnoty jsou nezávislé
- Výsledek závisí na tom, jak jsou příspěvky počítány – nezávisle či s vahami.
- Odlišné kombinace mohou dávat stejné výsledky:
Př: $1 + 1 + 2 + 2 = 6 = 1 + 1 + 1 + 3$
– **Otázka relevance hodnot a jejich vah**
- Pravidlo může využívat i jiné funkce (násobení).

Factor 1 types map



Factor 2 types map

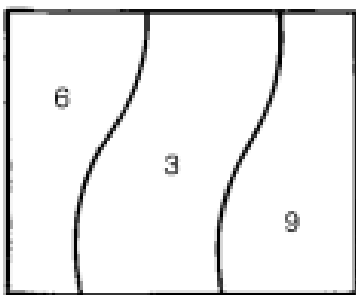


Factor types	Land uses				•	•	•
	R1	R2	R3	R4			
Factor 1 weight	3						
Type A	2	•	•	•			
Type B	3	•	•	•			
Type C	1	•	•	•			
Factor 2 weight	5						
Type A	2	•	•	•			
Type B	3	•	•	•			
Type C	1	•	•	•			
Type D	2	•	•	•			

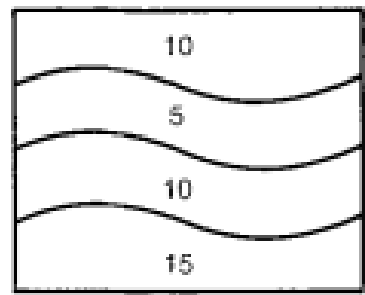
Step 1: map data factors by type

Step 2: rate each type of each factor and weight each factor for each land use

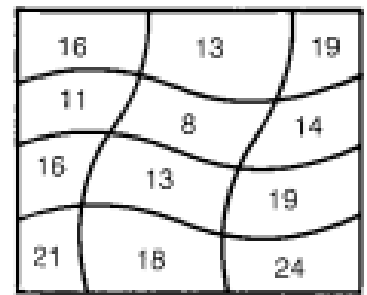
Factor 1 suitability map



Factor 2 suitability map



Composite suitability map



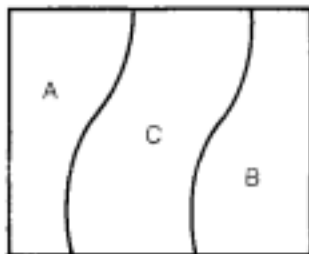
Step 3: map ratings for each land use, one set of maps for each land use

Step 4: overlay single-factor suitability maps to obtain composite, one map for each land use

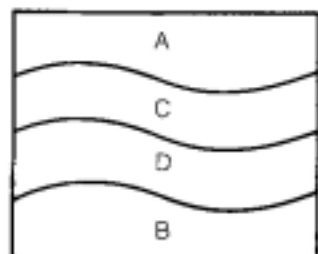
Pravidlo interakce

- V reálném světě je většina faktorů vzájemně provázání (předchozí pravidlo to přehlížejí).
- Zde předpokládáme, že vrstvy jsou **závislé**.
 - Přístup 1 – vyzkoušíme všechny možné kombinace a ohodnotíme je – problém s počtem a nepřehledností ($10 \times 4 \times 3 \times 4 = 480$ pro 4 vrstvy s 10, 4, 3 a 4 proměnnými).
 - Reálně je počet kombinací menší v důsledku prostorové autokorelace (Toblerův zákon).
 - Nejsou příliš časté – velká komplexita.

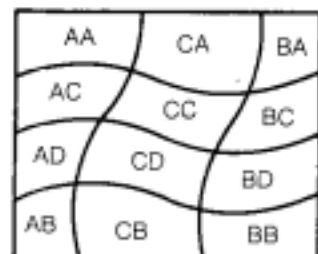
Factor 1 types map



Factor 2 types map



Composite land types map



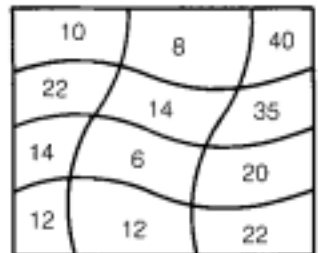
Step 1: map data factors by type

Step 2: intersect factor types maps to obtain composite

Nalezení
možných
kombinací a
jejich
následné
ohodnocení

Regions	Land uses			
	R1	R2	R3	R4
AA	10.0	•	•	•
AB	12.0	•	•	•
AC	22.0	•	•	•
AD	14.0	•	•	•
BA	40.0	•	•	•
BB	22.0	•	•	•
BC	35.0	•	•	•
BD	20.0	•	•	•
CA	8.0	•	•	•
CB	12.0	•	•	•
CC	14.0	•	•	•
CD	6.0	•	•	•

Composite suitability map



Step 3: rate each region for each land use

Step 4: map suitability ratings for each land use, one map for each land use