

Kartografické modelování

VIII – Modelování vzdálenosti

jaro 2014

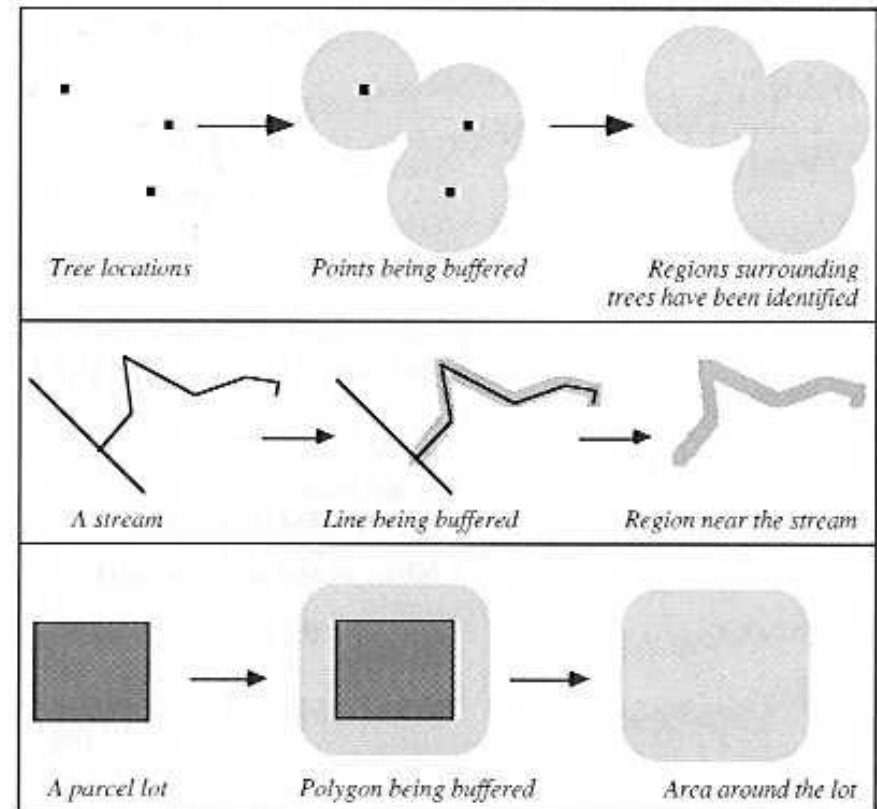
Petr Kubíček

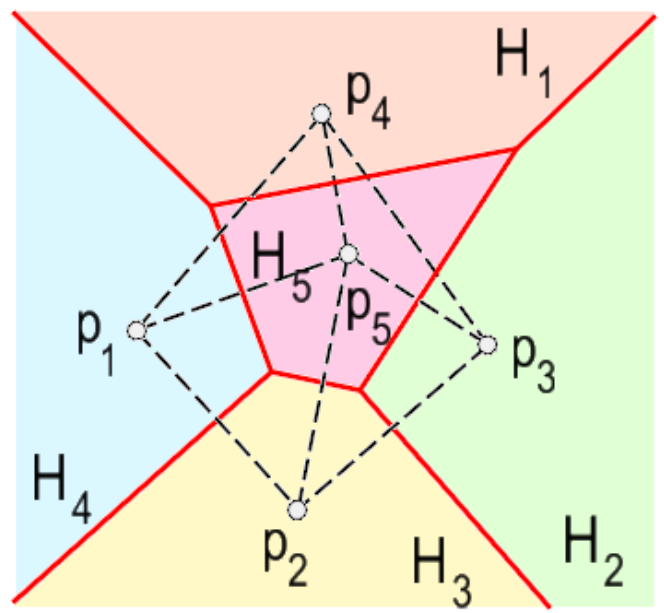
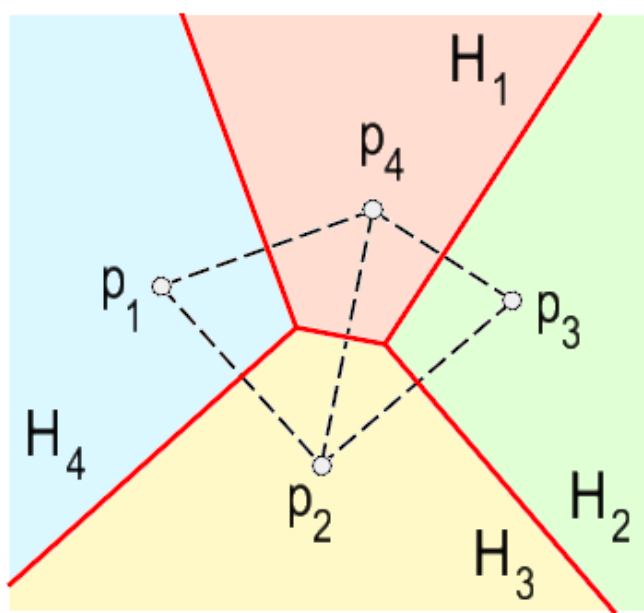
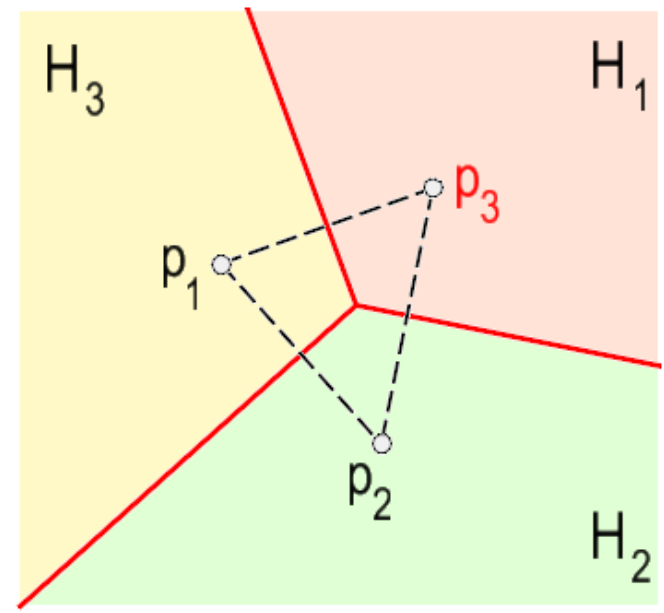
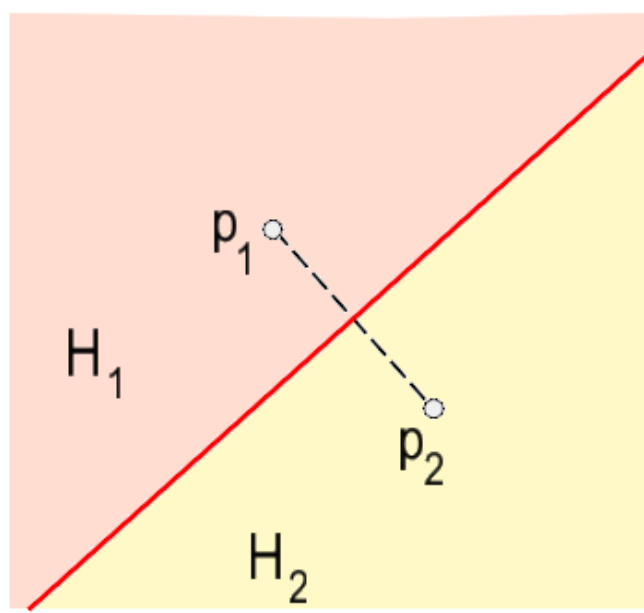
kubicek@geogr.muni.cz

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

Analýza vzdáleností - opakování

- Tvorba obálek (buffer)
- Analýzy sousedství (Proximity analysis) – Thiesen polygons, Voronoi – konstrukce??





Vzdálenostní funkce

VEKTOR

RASTR

- Základem je Euklidovská vzdálenost

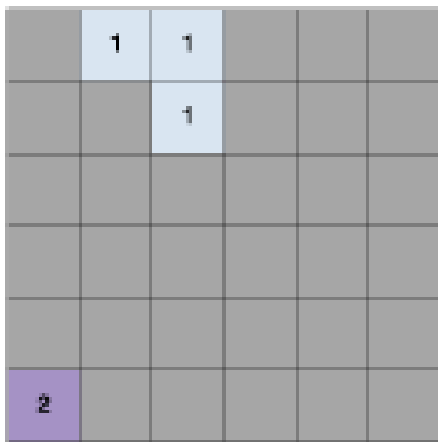
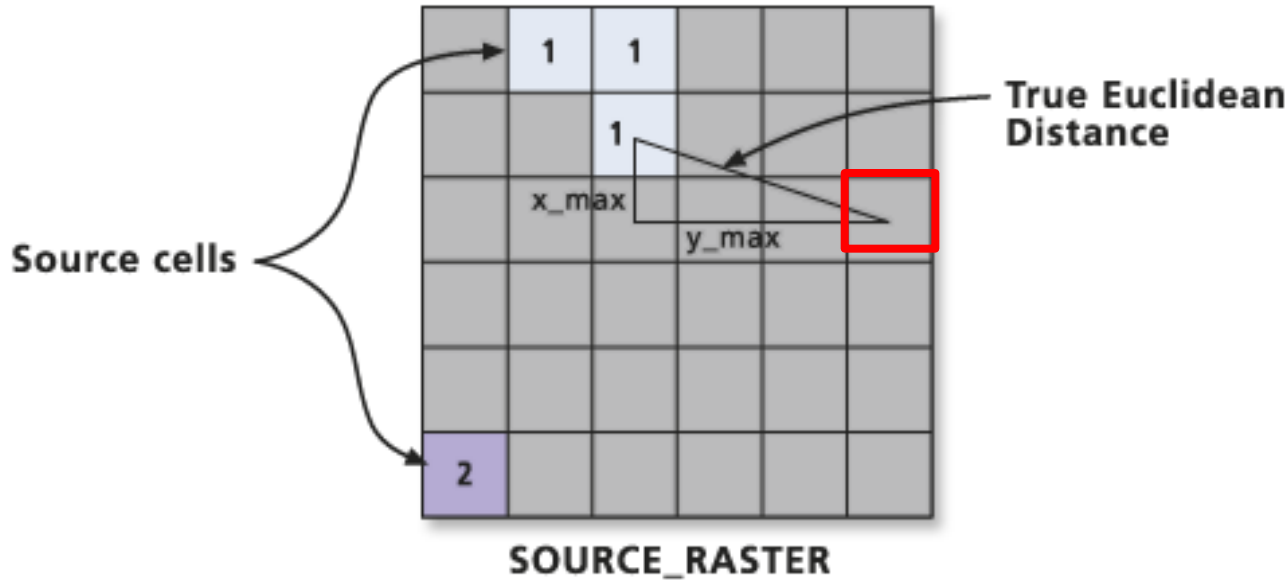
- Matice vzdáleností
- Identifikace nejbližšího souseda

- **Nárazníková zóna**

- **Nárazníková zóna – buffer**
- **Nákladové vzdálenosti**
 - Funkce šíření a proudění



Euklidovské vzdálenosti



=



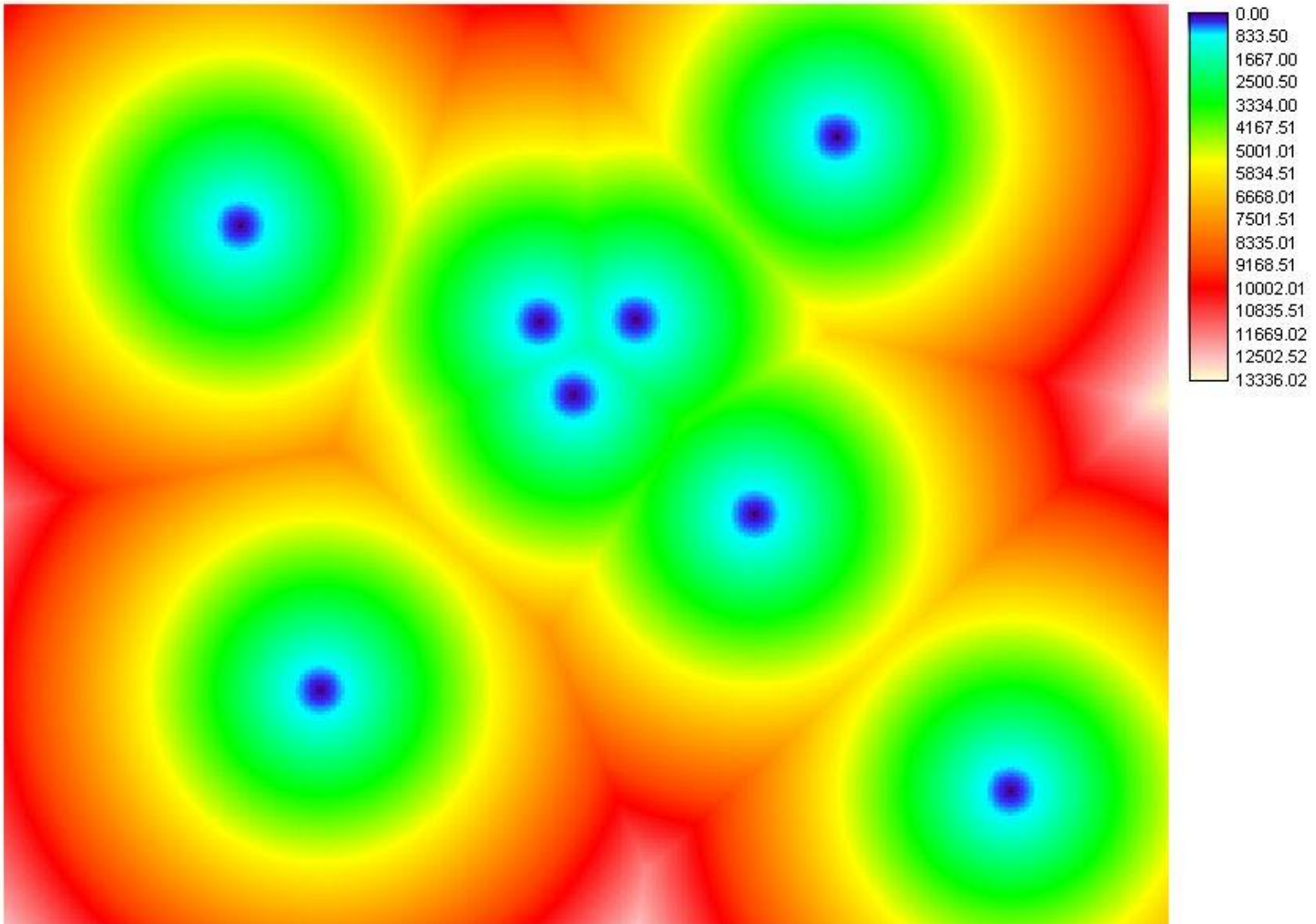
Value = NoData

Kartog

Source_Ras

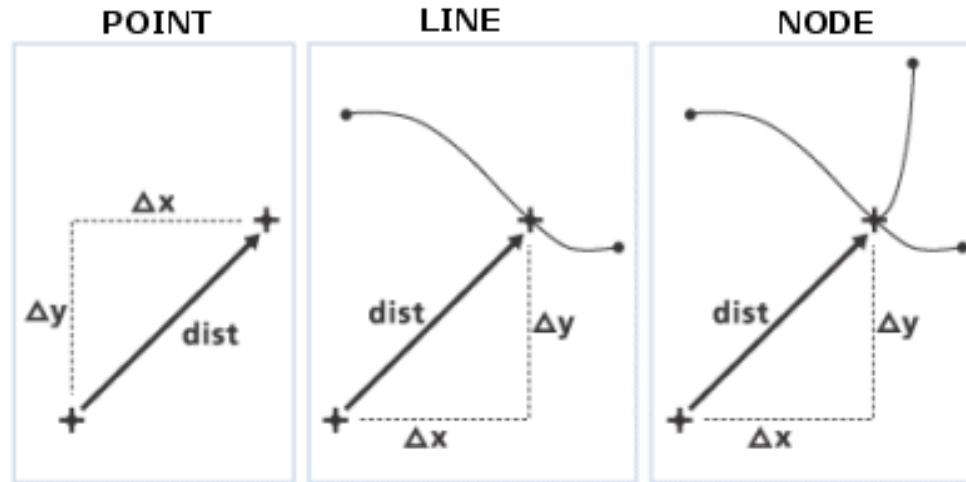
Euc_Dist

Euklidovské vzdálenosti (2)

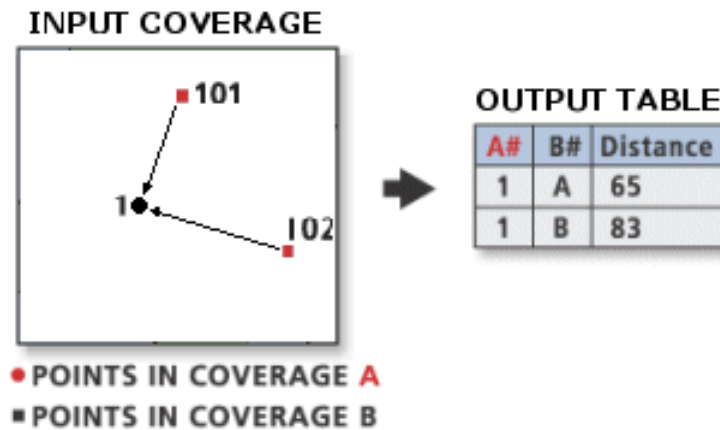


Vzdálenost objektů

- **Nejbližší objekt**



- **Vzdálenost všech objektů**



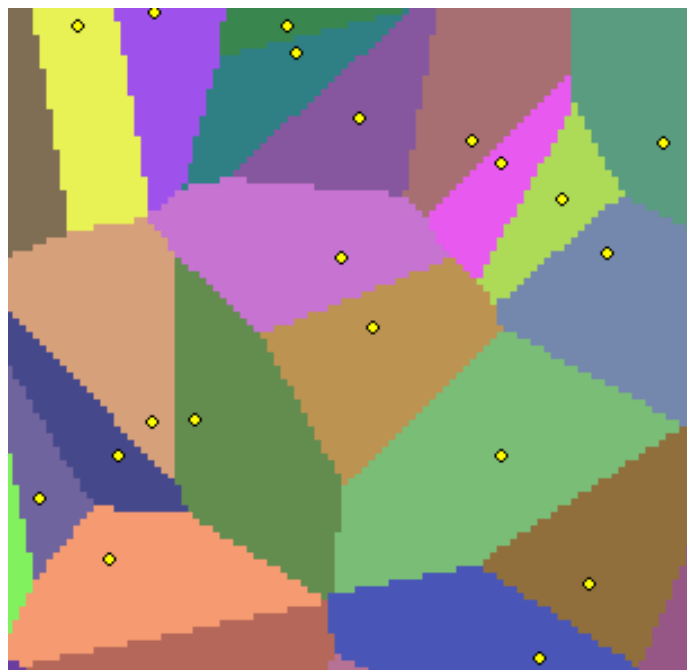
Další eukleidovské míry

- **Směr k nejbližšímu zdroji** – úhel ve stupních k nejbližšímu zdroji.
- 360 st., 0=S,



Přiřazení nejbližšího zdroje

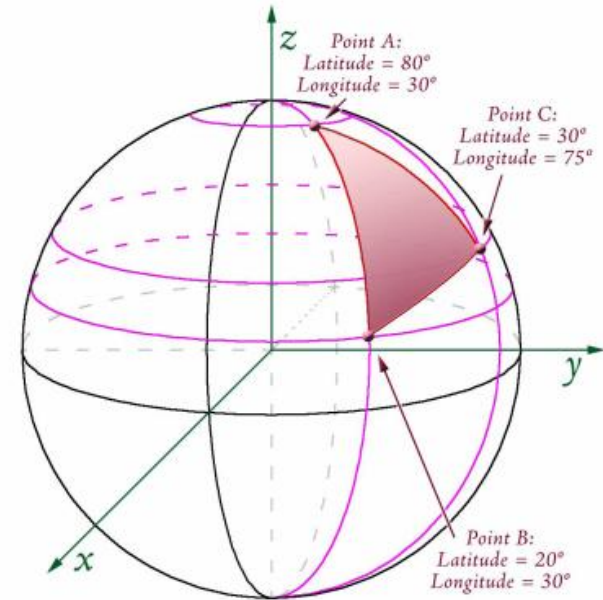
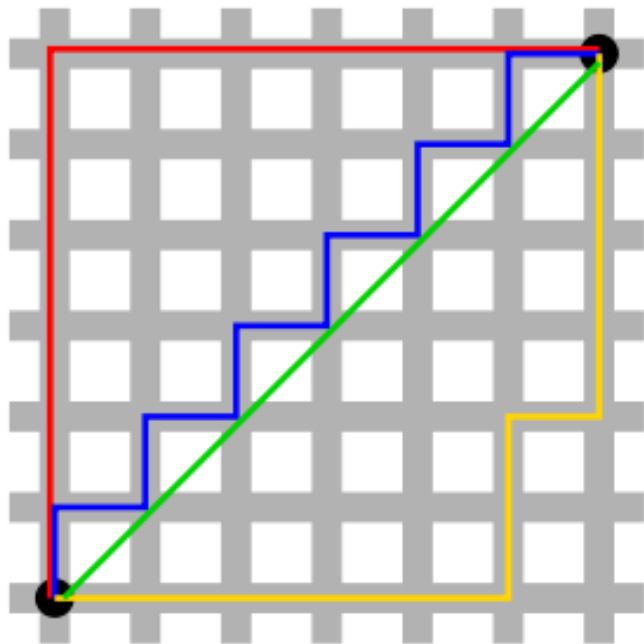
- Každá buňka je přiřazena ke zdroji, ke kterému je nejbliže na základě eukleidovské vzdálenosti.
- Buňce je přiřazena hodnota podle cílové buňky.





Neuklidovské vzdálenosti

- Sférická vzdálenost
- Manhattan distance
- Nákladové vzdálenosti



$$\sqrt{72} \approx 8.4853$$

Kartografické modelování

Vážené vzdálenosti

- Vážená vzdálenost si všímá jedné podstatné vlastnosti, a to, že při běžných vzdálenostních analýzách se vůbec neuvažují vlivy okolí, vše je měřeno **vzdušnou čarou** za ideálních podmínek.
- V reálném světě ale tento model zdaleka **neodpovídá skutečnosti**.



Vážené vzdálenosti

- **Reálná vzdálenost často neodpovídá vzdálenosti „vzdušnou čarou“.**
 - Má na ni vliv tvar terénu (do kopce se jde hůře než z kopce), tvar komunikační sítě, povrch a jeho prostupnost a další.
 - Tyto faktory lze do analýzy zahrnout právě pomocí vážené vzdálenosti.
- **Nejprve se vytváří povrch nákladů / nákladový vzdálenostní povrch (cost surface).**
 - Tento povrch zahrnuje všechny možné vlastnosti reálného světa - faktory, které mohou ovlivnit reálnou vzdálenost (lépe řečeno dobu přepravy) mezi dvěma objekty. Lze jej charakterizovat jako povrch, jehož „**každá buňka ví, jak drahé je její překonání**“.
 - Jeho správná tvorba je klíčová pro to, aby následující analýzy dávaly reálné výsledky.



Faktory ovlivňující vzdálenost

- **Vlastnosti reálného světa ovlivňující reálnou vzdálenost:**
 - objekty (antropogenní prvky, krajinný pokryv) nacházející se na povrchu,
 - průběh terénu, s ním související převýšení,
 - převládající směr větru,
- **následně se modelují jako faktory ...**
- **Faktory modelující vlastnosti reálného světa:**
 - frikční povrch,
 - faktor terénu (reliéfu),
 - vertikální faktor,
 - horizontální faktor,
- **se skládají do výsledného povrchu nákladů (nákladového vzdálenostního povrchu)**

Kartografické modelování



Frikční povrch („povrch odporu krajinného pokryvu“)

- vzniká reklasifikací DMÚ (/využití půdy – Land Use) podle nákladovosti na překonání jednotlivých buněk,
- každé buňce se přiřadí informace o tom jak snadno či obtížně se po ní lze pohybovat,
- zohledňuje objekty (antropogenní prvky, krajinný pokryv) nacházející se na povrchu.

Legenda:

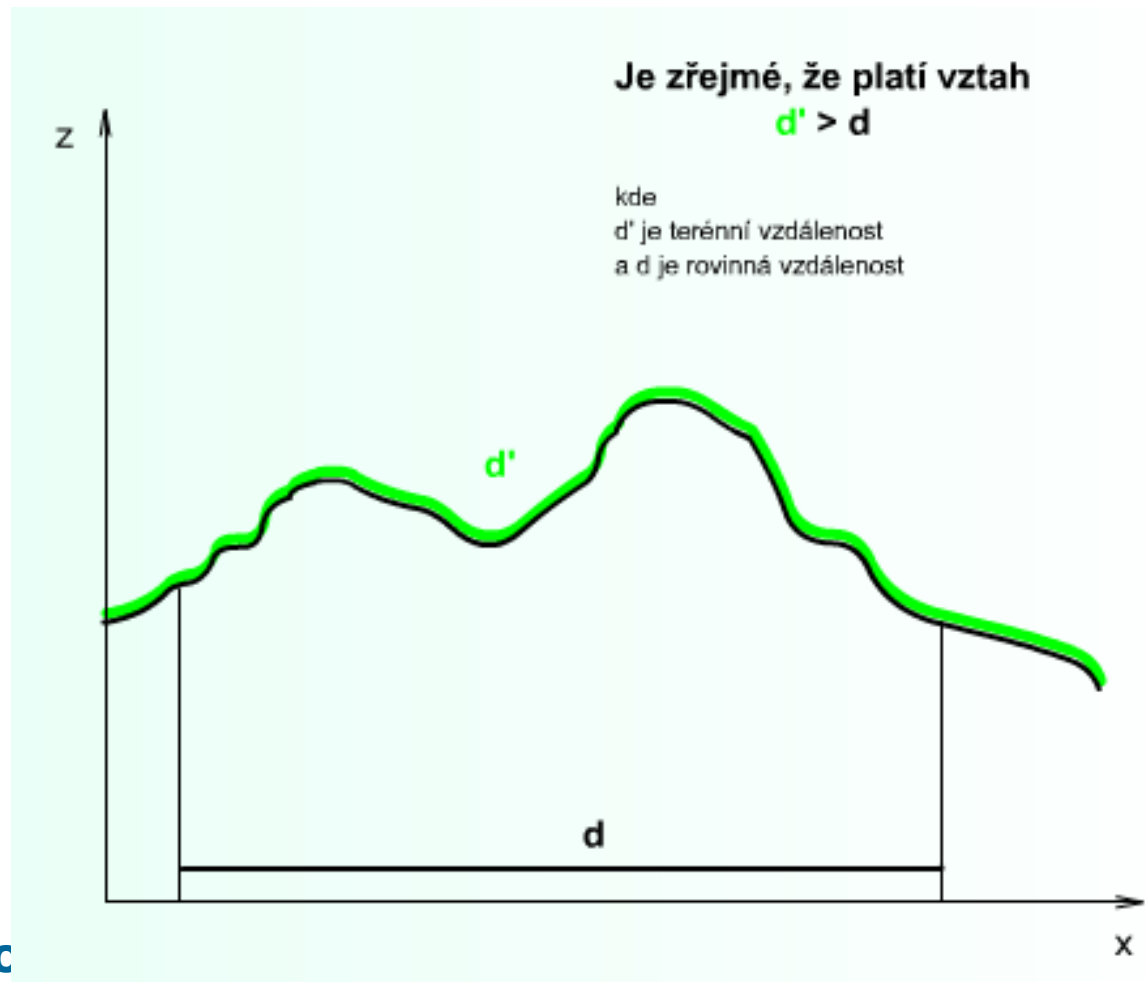
1	Silnice
10	Louka
15	Orná půda
20	Lesy - stromy
25	Lesy - křoviny

25	25	25	25	25	25	25	25	25	10
25	25	25	25	25	25	25	25	25	10
25	25	20	20	20	20	20	20	20	10
20	20	10	10	10	10	10	10	10	10
20	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	1	1	1	1	1	1
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	15	10	10	10	10	10	10	10

Kartografické modelování

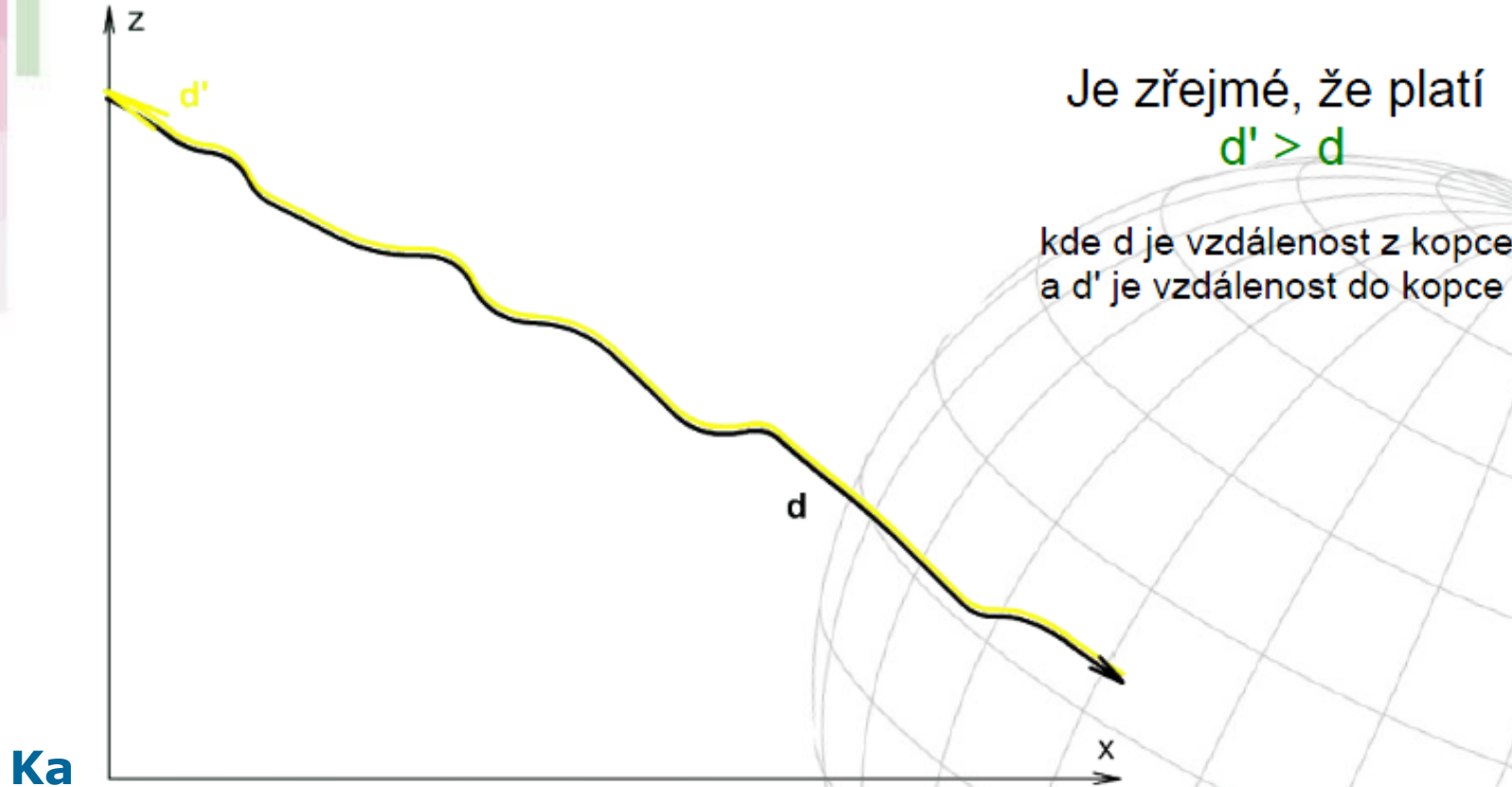
Faktor terénu (reliéfu)

- izotropní, nezáleží na směru pohybu (počítá se z DMR).



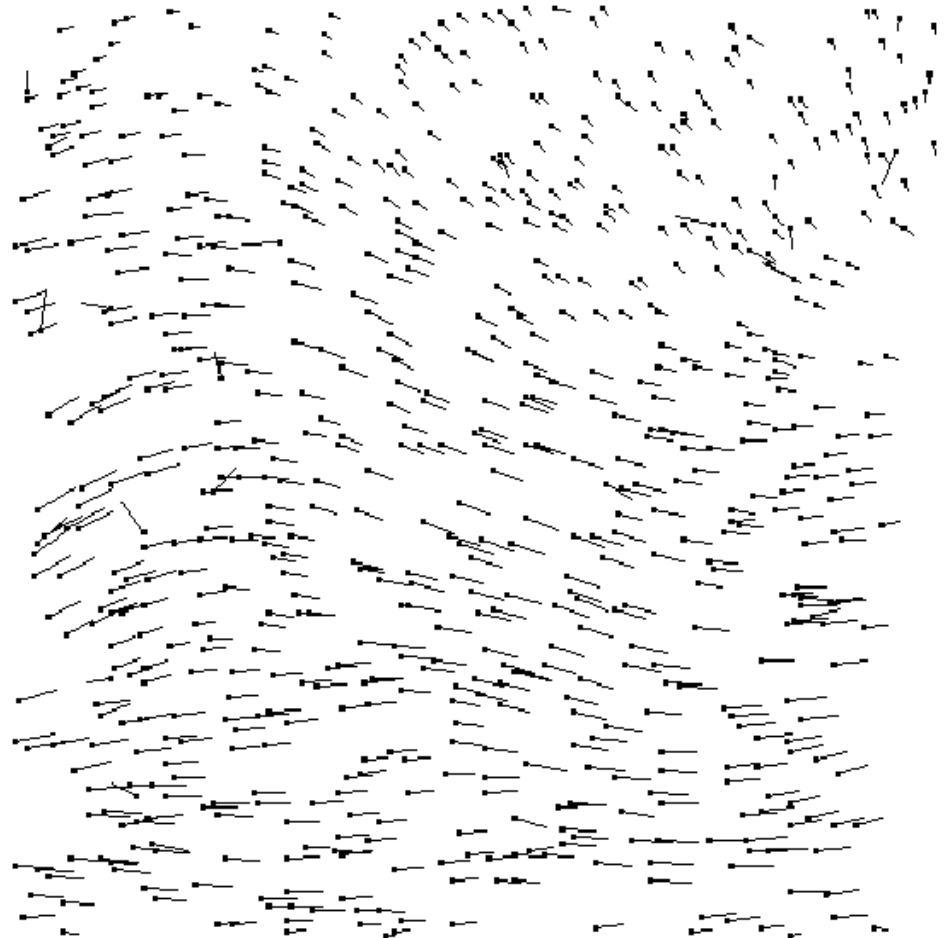
Vertikální faktor

- anizotropní, záleží na směru pohybu (počítá se ze sklonů svahů).



Horizontální faktor

- anizotropní
- účinek převládajícího horizontálního směru působení faktoru na energii, kterou musíme vynaložit abychom překonali buňku.



Povrch nákladů

- **Je pak počítán jako funkce všech faktorů.**
- **Každý z modelovaných faktorů má jiný rozsah hodnot.**
 - *Např. metry pro rovinnou vzdálenost mohou mít jinou váhu než, metry pro převýšení (vertikální vzdálenost). S metry je dále třeba sjednotit jednotky z frikčního povrchu.*
- **Obecně nejtěžší část geografických analýz – dokázat vymyslet takový vztah (funkci) aby analýza skutečně dobře fungovala.**

Povrch nákladů lze charakterizovat jako povrch, jehož každá buňka ví, „jak drahé je její překonání“.

- **Zanedbáme-li všechny další faktory, můžeme za základní povrch nákladů považovat i frikční povrch.**



Povrch vážené vzdálenosti

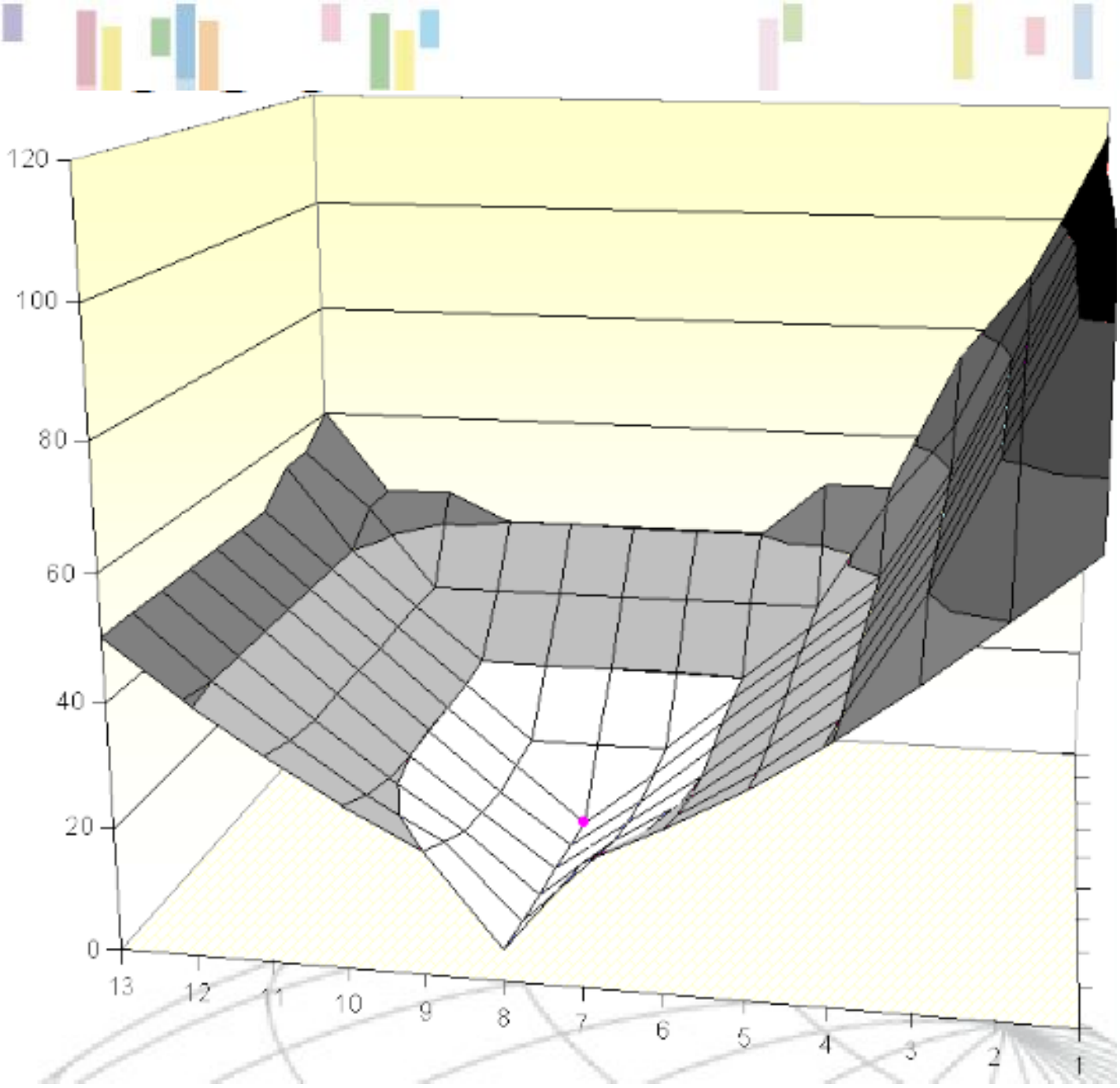
- počítá se z povrchu nákladů
- lze jej charakterizovat, jako povrch, který má minimum v cílovém bodě a každá jeho buňka ví kudy se dostat do cílového bodu nejrychleji.
- lze jej popsat jako "hrbolatý trychtýř", jehož ústím je právě cílový bod.

Legenda:

1	Silnice
10	Louka
15	Orná půda
20	Lesy - stromy
25	Lesy - křoviny

25	25	25	25	25	25	25	25	25	10
25	25	25	25	25	25	25	25	25	10
25	25	20	20	20	20	20	20	20	10
20	20	10	10	10	10	10	10	10	10
20	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	1	1	1	1	1	1
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	10	10	10	10	10	10	10	10
15	15	15	10	10	10	10	10	10	10

115	110	110	110	110	110	110	110	110	70
90	90	85	85	85	85	85	85	85	60
75	65	60	60	60	60	60	60	60	50
50	50	40	40	40	40	40	40	40	41
50	30	30	30	30	30	30	30	31	33
40	30	20	20	20	20	20	21	23	26
40	30	20	10	10	10	11	13	16	20
40	30	20	10	0	1	2	3	4	5
40	30	20	10	10	10	11	13	16	20
40	30	20	20	20	20	20	21	23	26
45	30	30	30	30	30	30	30	31	33
45	45	40	40	40	40	40	40	40	41
60	55	55	50	50	50	50	50	50	50

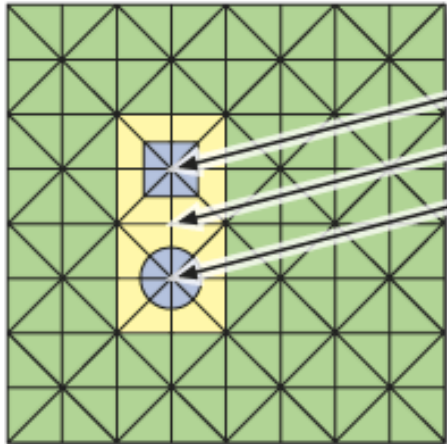




Výpočet frikčního povrchu (cost distance)

- Ve výstupním rastru jsou buňkám přiřazeny hodnoty **akumulované vzdálenosti k nejbližší zdrojové buňce**.
- Výpočet používá **teorii grafů – hrana a uzel** (střed buňky a jejich spojnice).
- Každá **spojnice** má určitý **odpor** závisející na hodnotě váhy buněk. Odpor se odvozuje z buněk na obou koncích hran.
- **Výpočet** závisí na:
 - **Velikosti buňky** (v základních měřících jednotkách – pixel)
 - **Prostorové orientaci uzlů** – přímý x šikmý.

Výpočet ceny pro sousední buňky



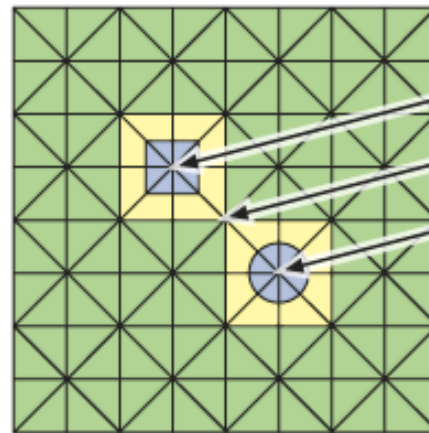
Starting point (cost 1)

a1

End point (cost 2)

$$a1 = \frac{\text{cost 1} + \text{cost 2}}{2}$$

Horizontal and vertical node calculations



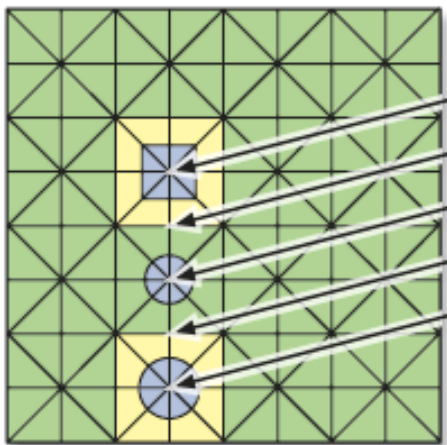
Starting point (cost 1)

a1

End point (cost 2)

$$a1 = 1.4142 \frac{\text{cost 1} + \text{cost 2}}{2}$$

Horizontal and vertical node calculations



Starting point (cost 1)

a1

Mid point (cost 2)

a2

End point (cost 3)

$$a2 = \frac{\text{cost 2} + \text{cost 3}}{2}$$

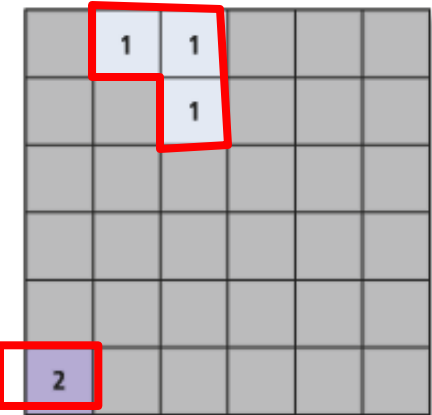
Accumulative cost node calculations

$$\text{accum_cost} = a1 + a2$$

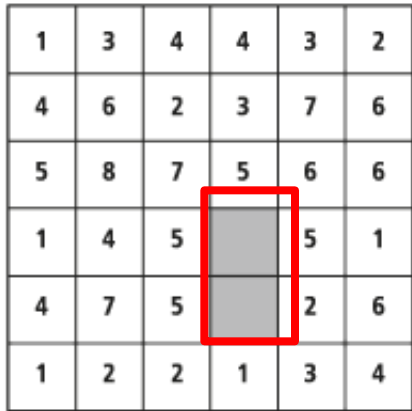
• 1,142??



Příklad vytváření



SOURCE_RASTER

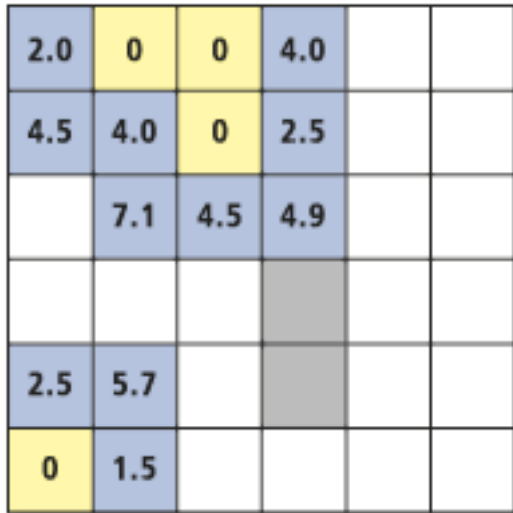


COST_RASTER

Value = NODATA

- Vstupní rastry – zdroje a váhy (ceny).

- První přiblížení – pro okolní buňky.
 - 0 = zdroj
- Kartografické mode



INPUT_RASTER

Active accumulative cost cell list							
1.5	2.0	2.5	2.5	4.0	4.0	4.5	4.5
4.9	5.7	7.1					

Value = NODATA Cells on active cost list






Source cell

Příklad výpočtu pokračování

2.0	0	0	4.0		
4.5	4.0	0	2.5		
	7.1	4.5	4.9		
2.5	5.7	6.4			
0	1.5	3.5			

INPUT_RASTER

Active accumulative cost cell list							
1.5	2.0	2.5	2.5	4.0	4.0	4.5	4.5
4.9	5.7	7.1					

-  Value = NODATA
-  Cells on active cost list
-  Source cell
-  Allocated cells to cost distance
-  New neighborhood cells to be added to active list

- Vybrána buňka s nejnižší hodnotou a ta je přiřazena k výstupnímu rastru.
- Je rozšířen seznam aktivních buněk (žlutá) a proběhne další iterace.



Příklad výpočtu pokračování

2.0	0	0	4.0		
4.5	4.0	0	2.5		
	7.1	4.5	4.9		
2.5	5.7	6.4			
0	1.5	3.5			

INPUT_RASTER

Active accumulative cost cell list							
2.0	2.5	2.5	3.5	4.0	4.0	4.5	4.5
4.9	5.7	6.4	7.1				

- Value = NODATA
- Cells on active cost list
- Source cell
- Allocated cells to cost distance

- Pokračující iterace.
- Zapojení dalších buněk do výpočtu.

2.0	0	0	4.0	6.7	
4.5	4.0	0	2.5	7.5	
11.0	7.1	4.5	4.9	8.9	
5.0	7.5	10.5		10.6	
2.5	5.7	6.4			
0	1.5	3.5	5.0		

INPUT_RASTER

Active accumulative cost cell list							
4.9	5.0	5.0	5.7	6.4	6.7	7.1	7.5
7.5	8.9	10.5	11.0				

- Value = NODATA
- Cells on active cost list
- Source cell
- Allocated cells to cost distance
- New neighborhood cells to be added to active list



Výsledek Cost distance

	1	1			
		1			
2					

Source_Ras

1	3	4	4	3	2
7	3	2	6	4	6
5	8	7	5	6	6
1	4	5		5	1
4	7	5		2	6
1	2	2	1	3	4

Cost_Ras

=

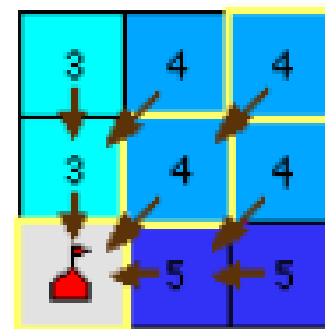
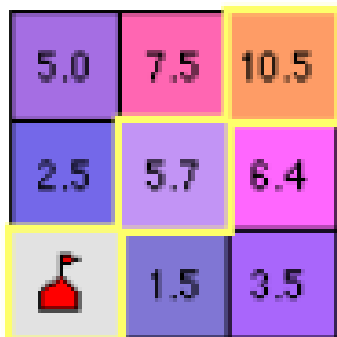
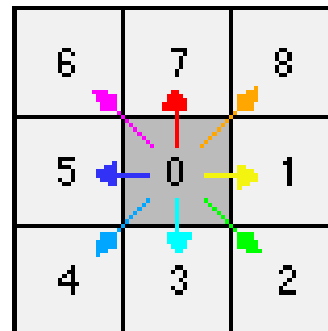
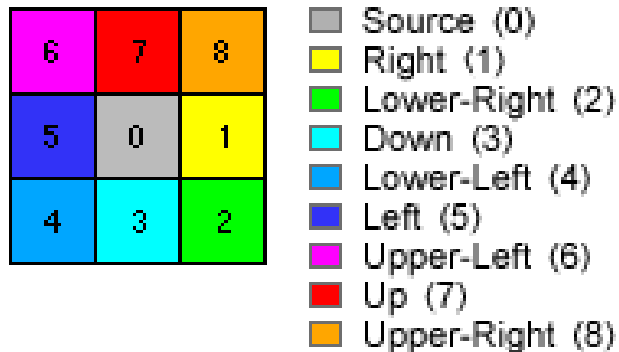
2.0	0.0	0.0	4.0	7.5	10.0
6.0	2.5	0.0	4.0	9.0	13.9
8.0	7.1	4.5	5.0	10.5	12.7
5.0	7.5	10.5		10.6	9.2
2.5	5.7	6.5		7.1	11.1
0.0	1.8	3.5	5.0	7.0	10.5

Cost_Dist



Cesta k nejbližšímu zdroji – backlink rastr

- Identifikuje „nejlevnější“ cestu mezi buňkou a nejbližším zdrojem.
- Využívá algoritmu podobnému D8



Kartograf *Cost-weighted distance* í

Cost back link output



Cost backlink vstupy a výstup

	1	1			
		1			
2					

Source_Ras

1	3	4	4	3	2
7	3	2	6	4	6
5	8	7	5	6	6
1	4	5		5	1
4	7	5		2	6
1	2	2	1	3	4

Cost_Ras

=

1	0	0	5	5	5
7	1	0	5	5	6
3	8	7	6	5	3
3	5	7		3	4
3	4	4		4	5
0	5	5	5	5	5

Cost_BackLink



Nalezení nejlevnější cesty

- **Povrch vážené vzdálenosti a hledání nejlevnější cesty**
- **V praxi je hledání nejlevnější cesty řešeno nad povrchem vážené vzdálenosti tak, že z vybrané buňky se postupuje vždy do té buňky z jejího okolí, do které je to „nejvíce z kopce“ (D8).**
- **Využívá výsledků cost distance and back link raster.**
- **Příklad – hořlavost povrchového materiálu, znečištění ovzduší...**