



Kartografické modelování

VII – Modelování vzdálenosti

jaro 2022

Petr Kubíček

kubicek@geogr.muni.cz

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

Vzdálenostní funkce

VEKTOR

RASTR

- Základem je Euklidovská vzdálenost

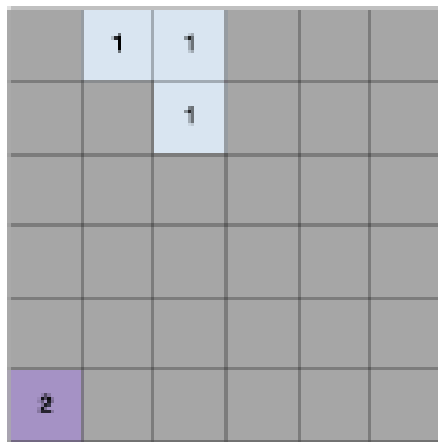
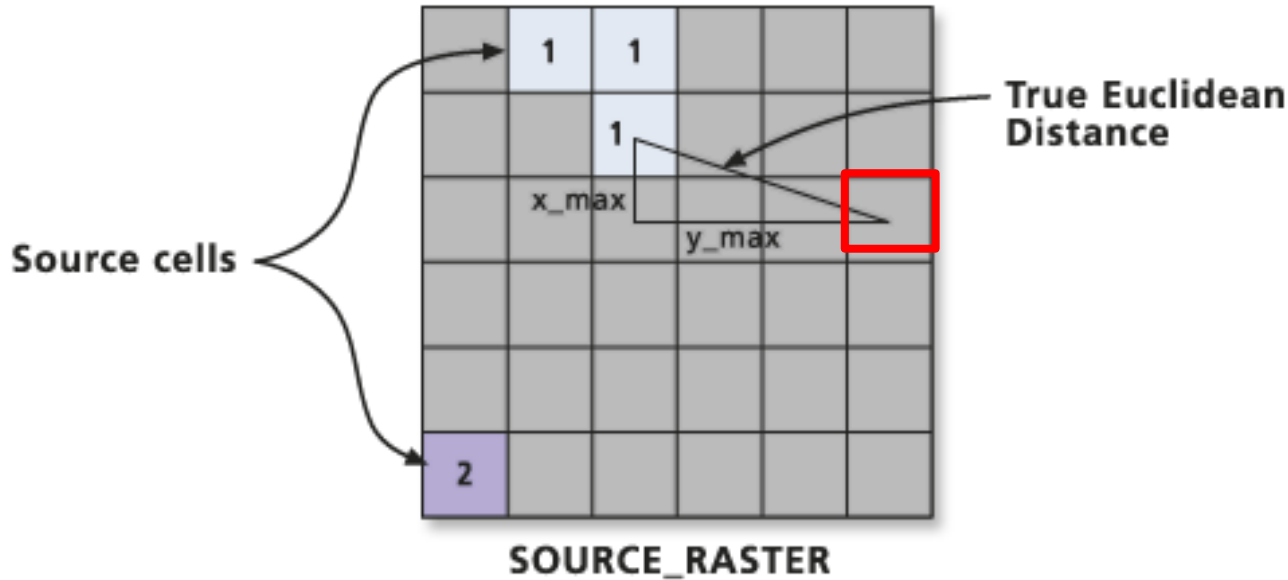
- Matice vzdáleností
- Identifikace nejbližšího souseda

- **Obalová/Nárazníková zóna**

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



Euklidovské vzdálenosti



Source_Ras

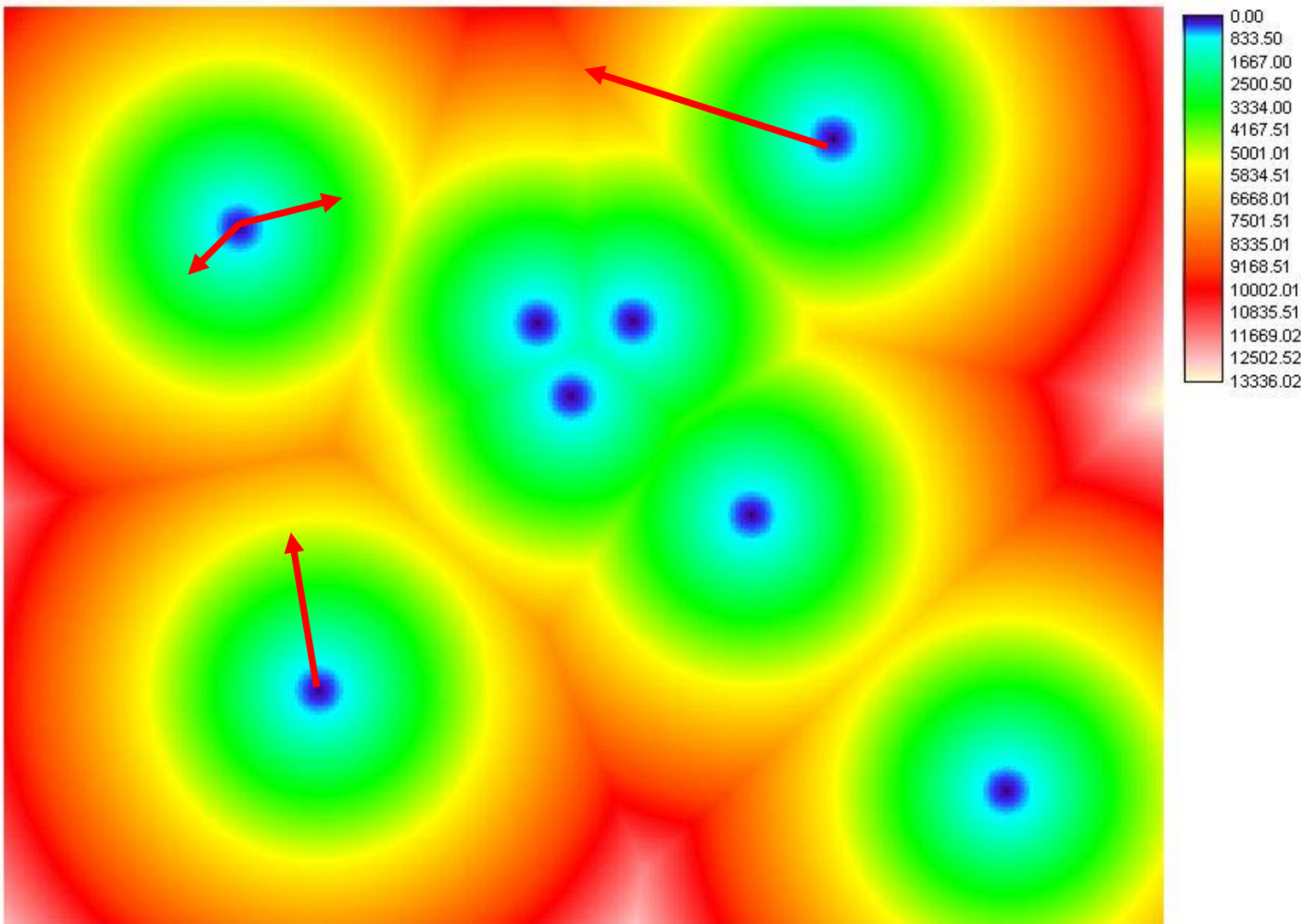
=



Euc_Dist

Value = NoData

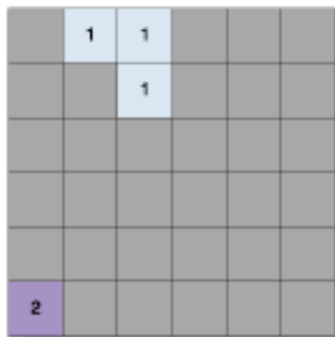
Euklidovské vzdálenosti (2)





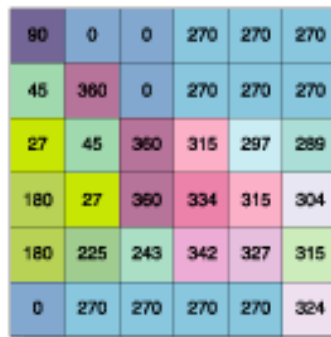
Další eukleidovské míry

- **Eukleidovský směr (Euclidean direction)** - pro každou buňku vypočítá směr k nejbližšímu zdroji – úhel ve stupních k nejbližšímu zdroji.
- 360 st., 0=S,



Source_Ras

=



Euc_Dir

Euc_Dir = EucDirection(Source_Ras)

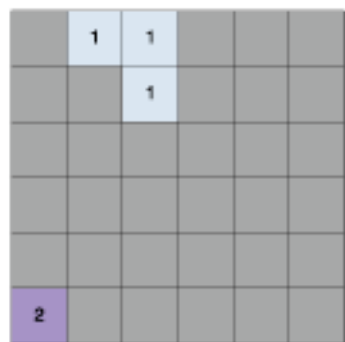
Kartografické modelování





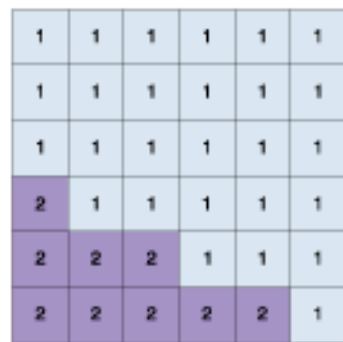
Přiřazení nejbližšího zdroje

- Eukleidovské přiřazení (Euclidean allocation) - každá buňka je přiřazena ke zdroji, ke kterému je nejbliže na základě eukleidovské vzdálenosti.
- Buňce je přiřazena hodnota podle cílové buňky.



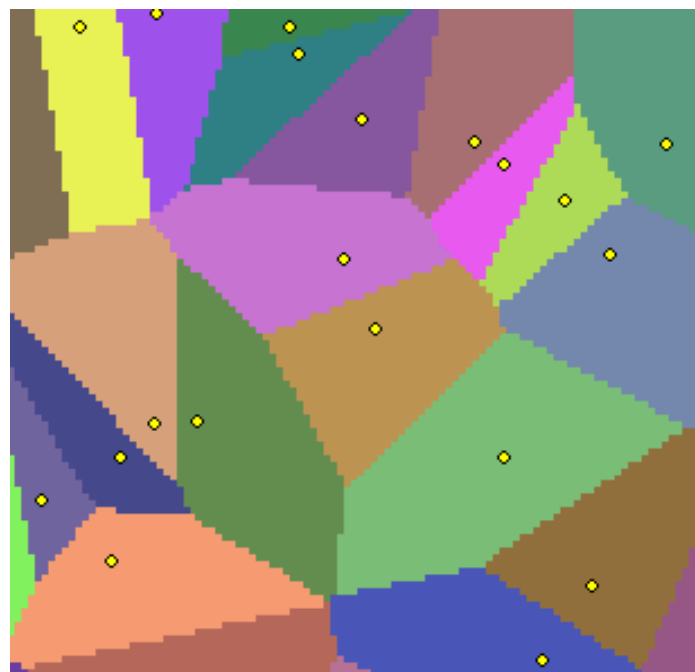
Source_Ras

=



Euc_Alloc

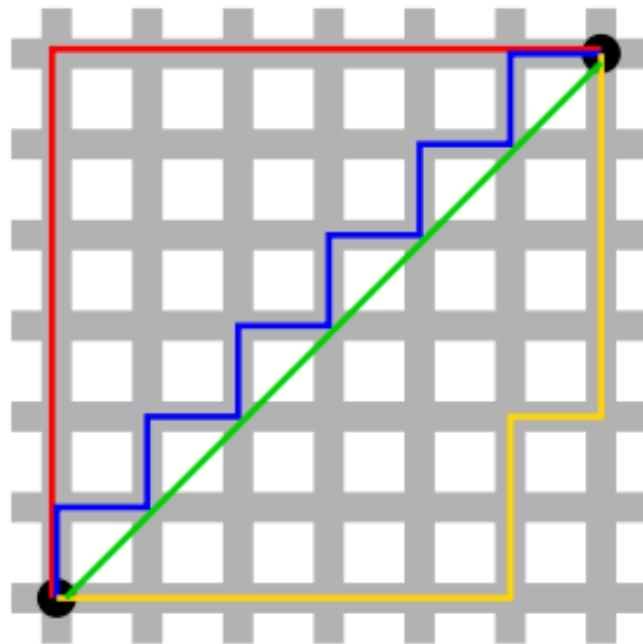
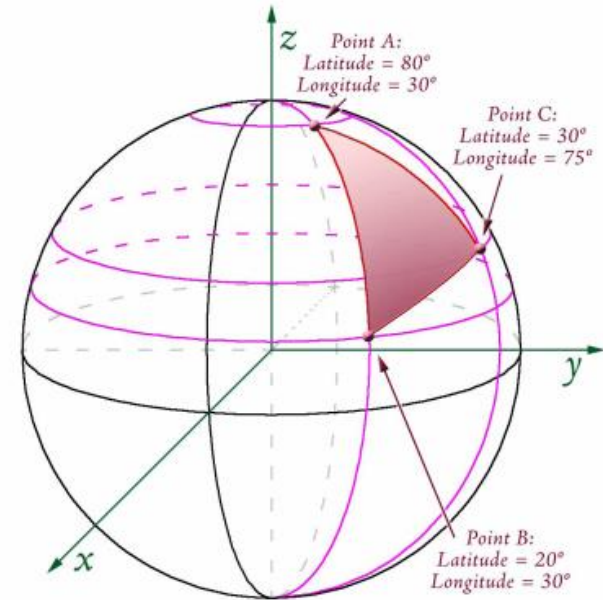
Euc_Alloc = EucAllocation(Source_Ras)





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“ („as the crow flies“).**
 - 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

- **Faktory modelující vlastnosti reálného světa:**
 - frikční povrch,
 - faktor terénu (reliéfu),
 - vertikální faktor,
 - horizontální faktor,
- **se skládají do výsledného povrchu nákladů (nákladového vzdálenostního povrchu)**



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:

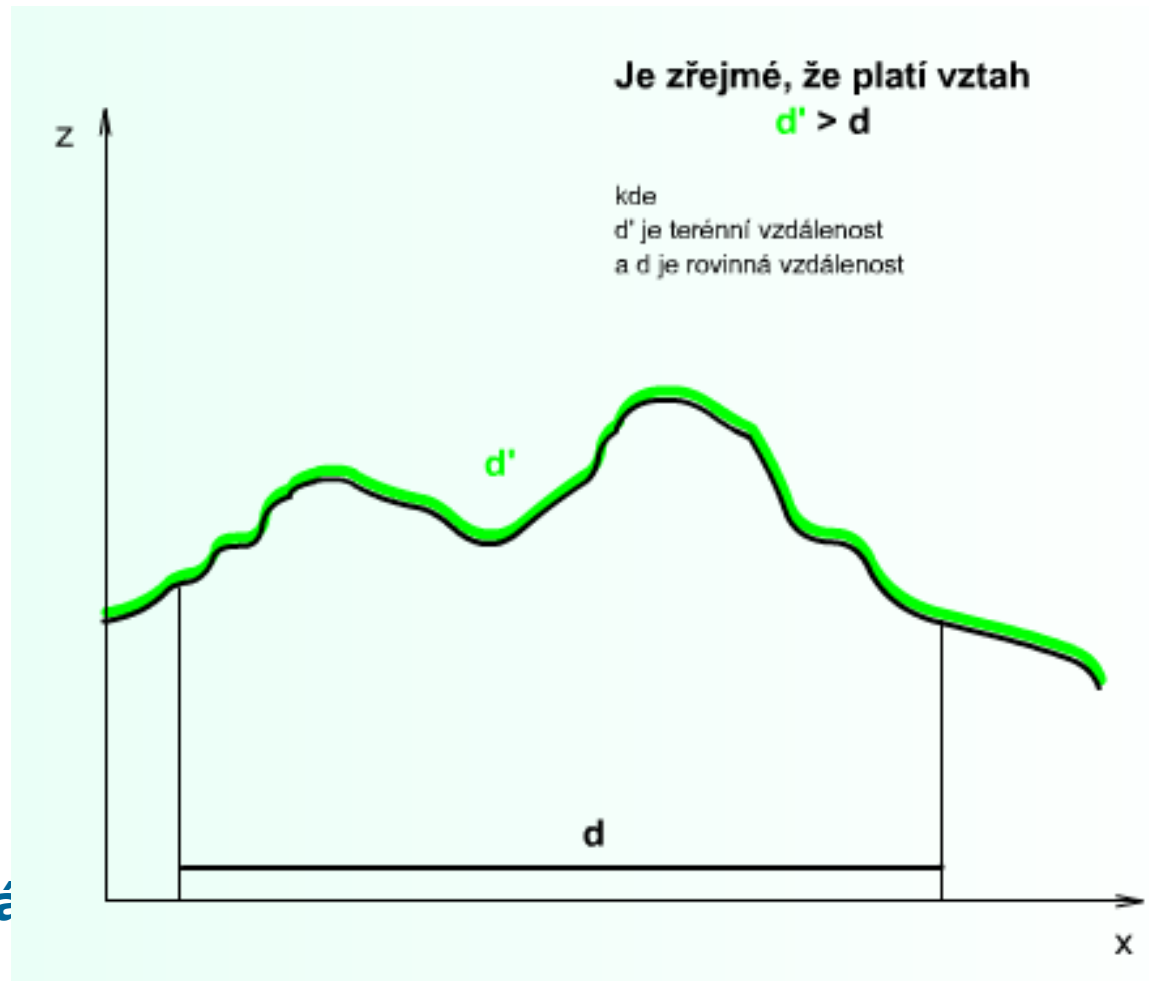
1	Silnice
10	Louka
15	Orná půda
20	Lesy - stromy
25	Lesy - křoviny

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

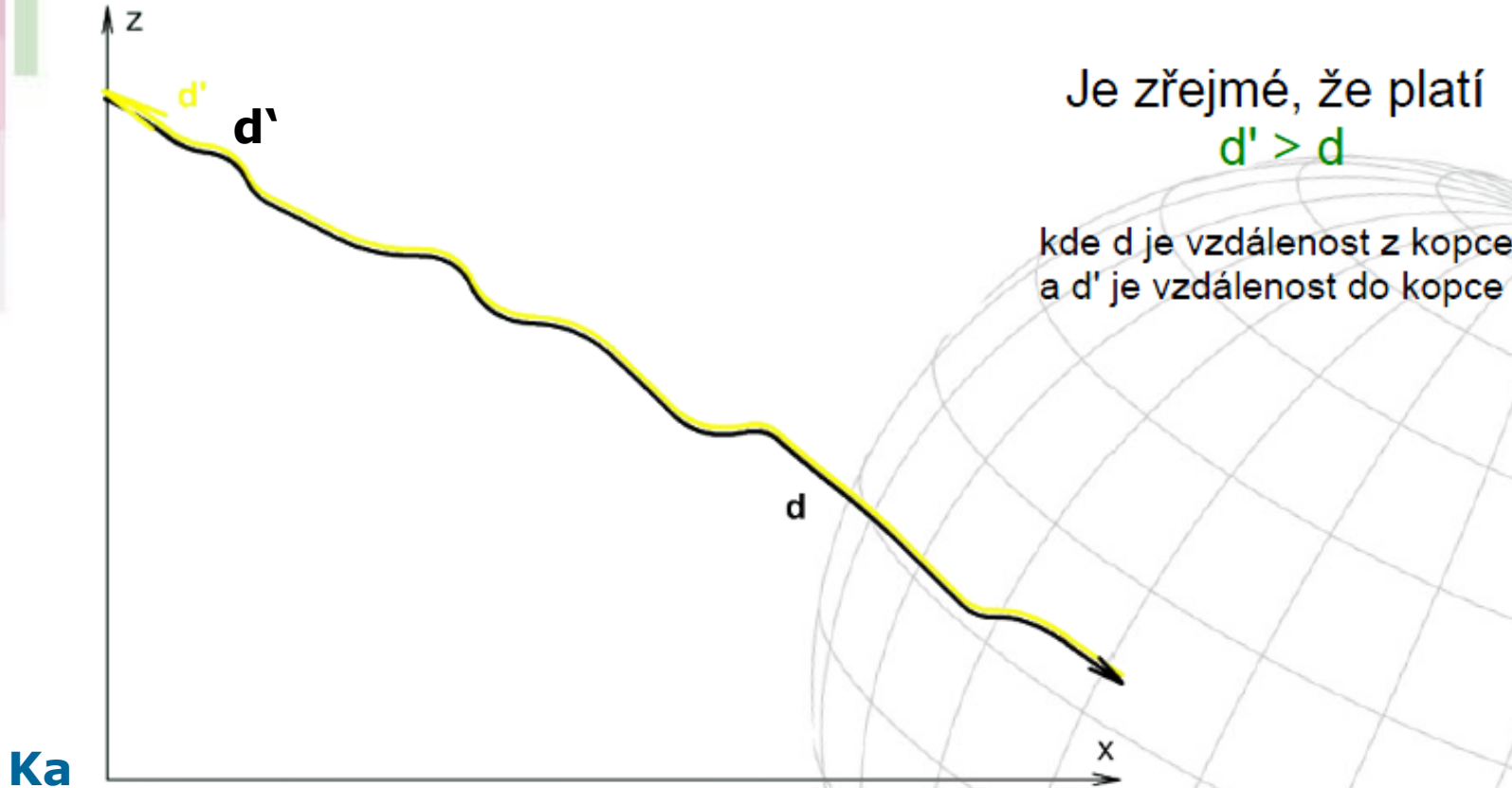
Faktor terénu (reliéfu)

- **Izotropní (nezávislá na směru), nezáleží na směru pohybu (počítá se z DMR).**



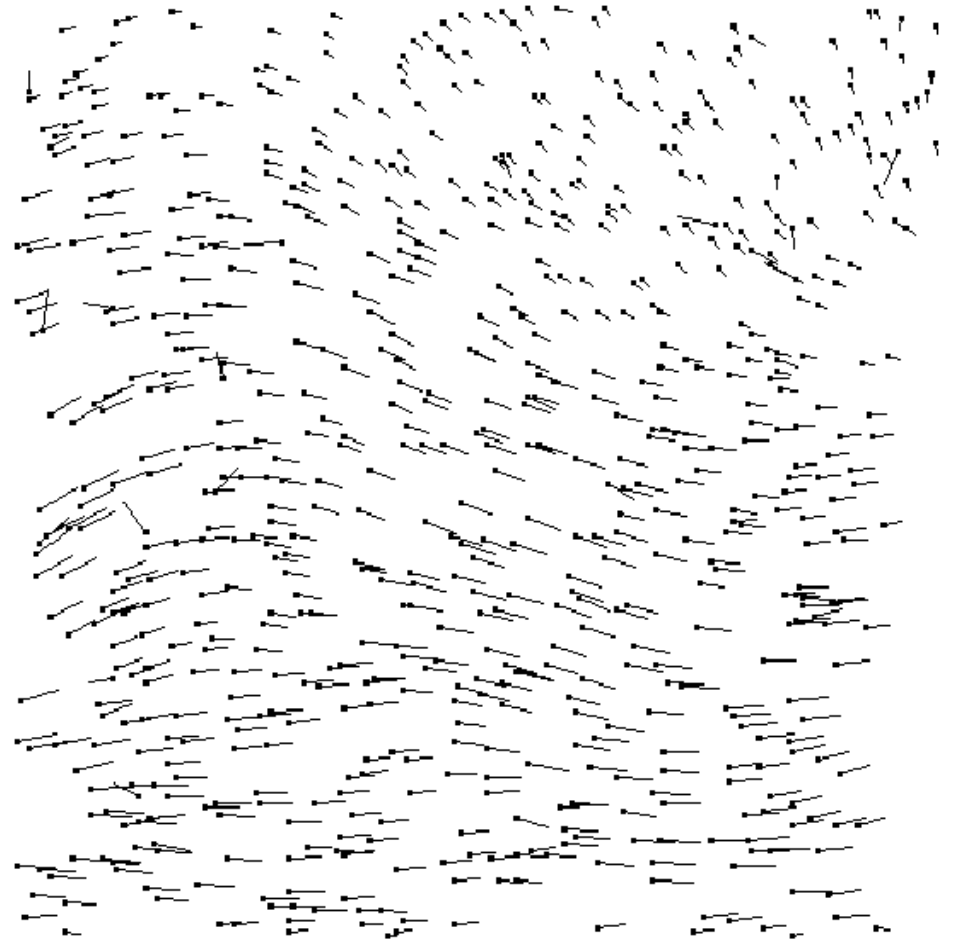
Vertikální faktor

- 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.

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

Legenda:

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

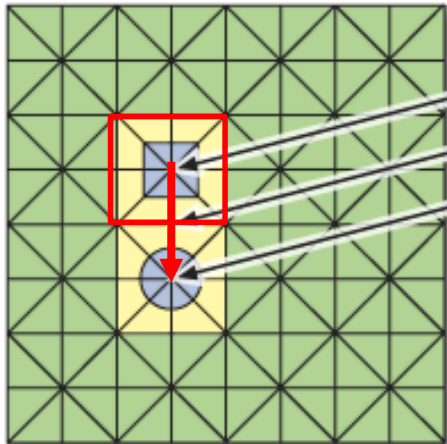
115	110	110	110	110	110	110	110	110	70
90	90	85	85	85	85	85	85	85	60
75	65	60	60	60	60	60	60	60	50
50	50	40	40	40	40	40	40	40	41
50	30	30	30	30	30	30	30	31	33
40	30	20	20	20	20	20	21	23	26
40	30	20	10	10	10	11	13	16	20
40	30	20	10	0	1	2	3	4	5
40	30	20	10	10	10	11	13	16	20
40	30	20	20	20	20	20	21	23	26
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 nákladového povrchu (cost distance)

- Ve výstupním rastru jsou buňkám přiřazeny hodnoty **akumulované vzdálenosti k nejbližší zdrojové buňce**.
- **Je pak počítán jako funkce všech faktorů.**
- Výpočet používá **teorii grafů – hrana a uzel** (střed buňky a jejich spojnice).
- Každá **spojnice** má určitý **odpor** závisející na hodnotě váhy faktorů 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



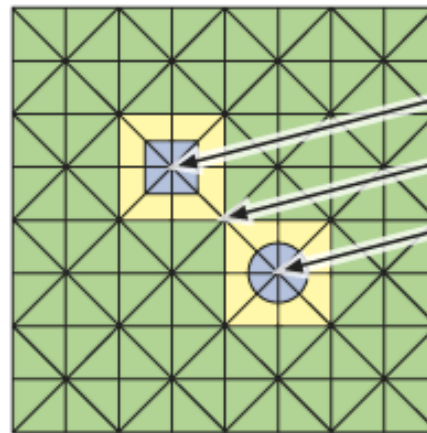
Starting point (cost 1)

a1

End point (cost 2)

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

Horizontal and vertical node calculations



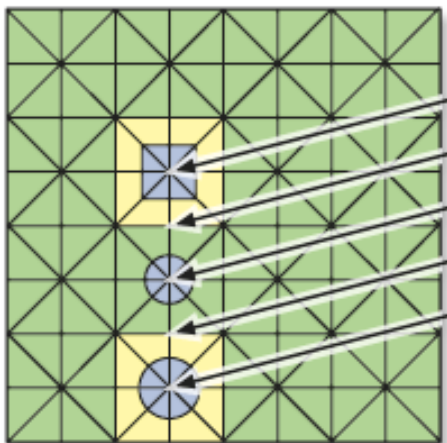
Starting point (cost 1)

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)

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

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

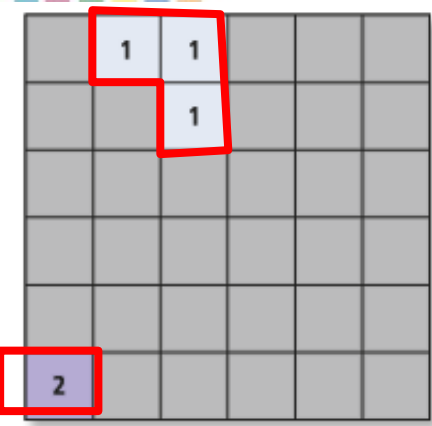
Accumulative cost node calculations

• 1,4142??

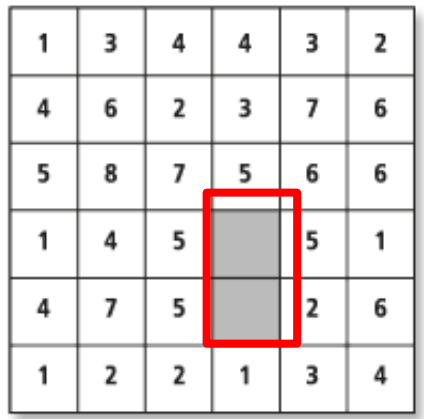


Příklad vytváření

- **Vstupní rastry – zdroje a váhy (ceny).**



SOURCE_RASTER

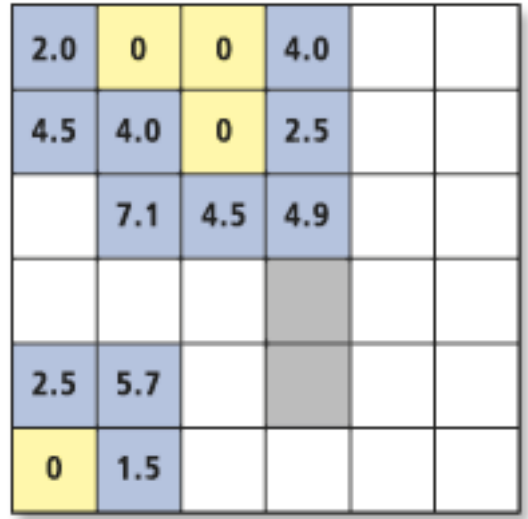


COST_RASTER

Value = NODATA

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

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



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






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

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

- 0 – je pro zdrojové buňky.
- No data – zůstávají bez hodnot.

1.0	0.0	0.0	1.0	2.0	3.0
1.4	1.0	0.0	1.0	2.0	3.0
2.2	1.4	1.0	1.4	2.2	3.2
2.0	2.2	2.0	2.2	2.8	3.6
1.0	1.4	2.2	3.2	3.6	4.2
0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

Eukleid

	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

=

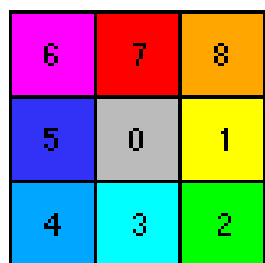
2.0	0.0	0.0	4.0	7.5	10.0
6.0	2.5	0.0	4.0	9.0	13.9
8.0	7.1	4.5	5.0	10.5	12.7
5.0	7.5	10.5		10.6	9.2
2.5	5.7	6.5		7.1	11.1
0.0	1.5	3.5	5.0	7.0	10.5

Cost_Dist

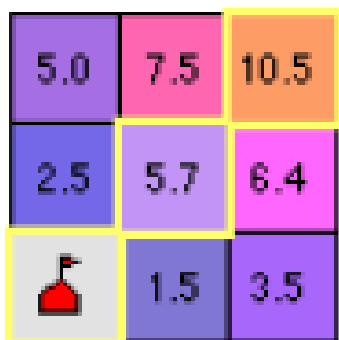
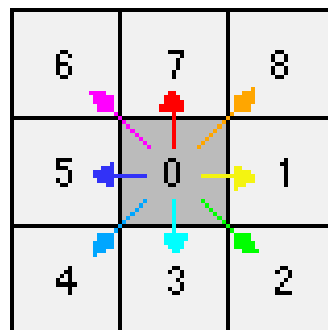


Cesta k nejbližšímu zdroji – backlink rastr

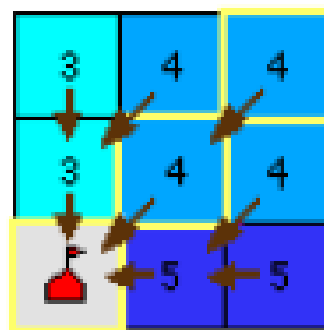
- „Road map“ - identifikuje „nejlevnější“ cestu mezi buňkou a nejbližším zdrojem.
- Využívá algoritmu podobnému D8



- Source (0)
- Right (1)
- Lower-Right (2)
- Down (3)
- Lower-Left (4)
- Left (5)
- Upper-Left (6)
- Up (7)
- Upper-Right (8)



Kartografická Cost-weighted distance í



Cost back link output

6	7	8
5	0	1
4	3	2

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

Kartografické modelování

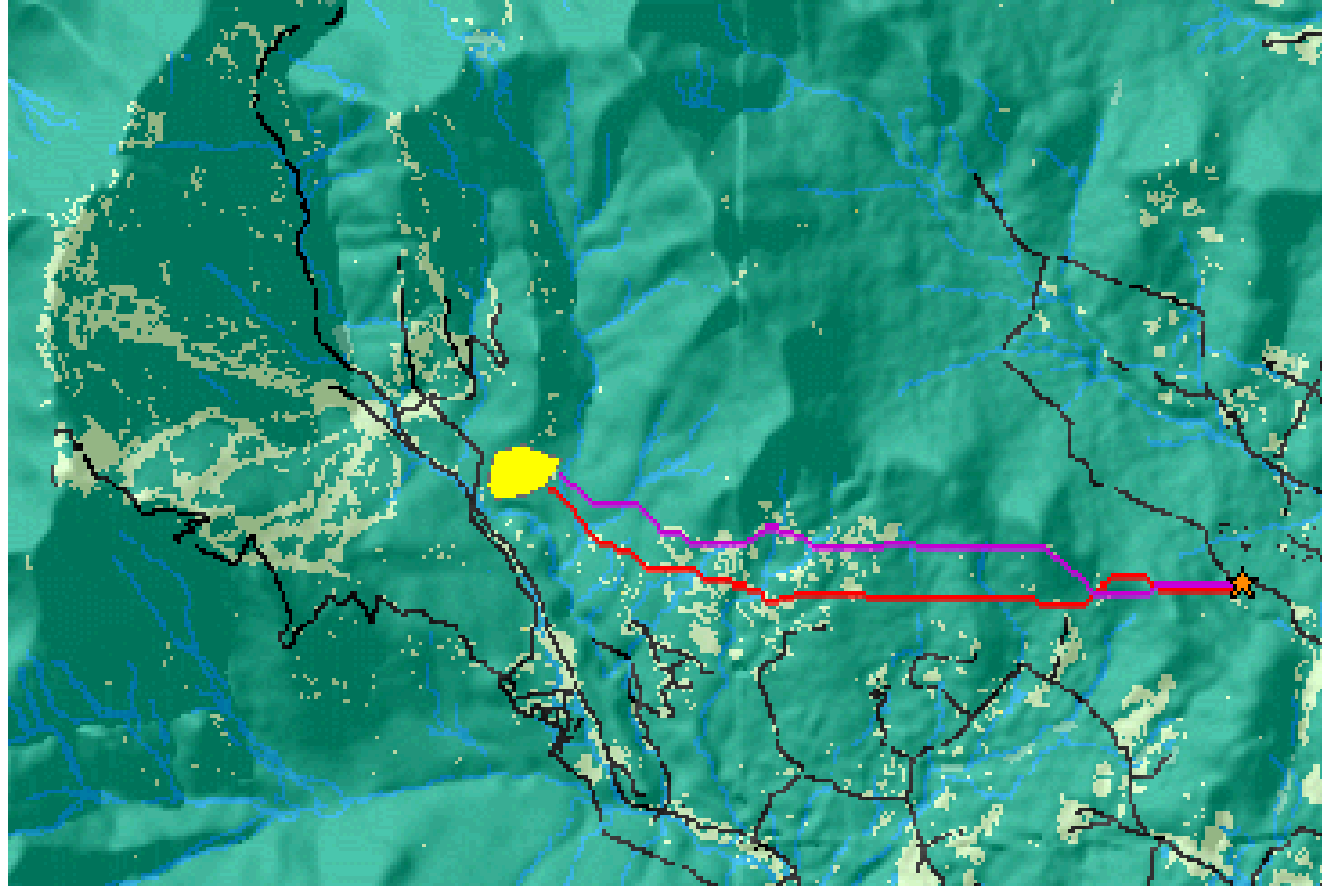


Nalezení nejlevnější cesty

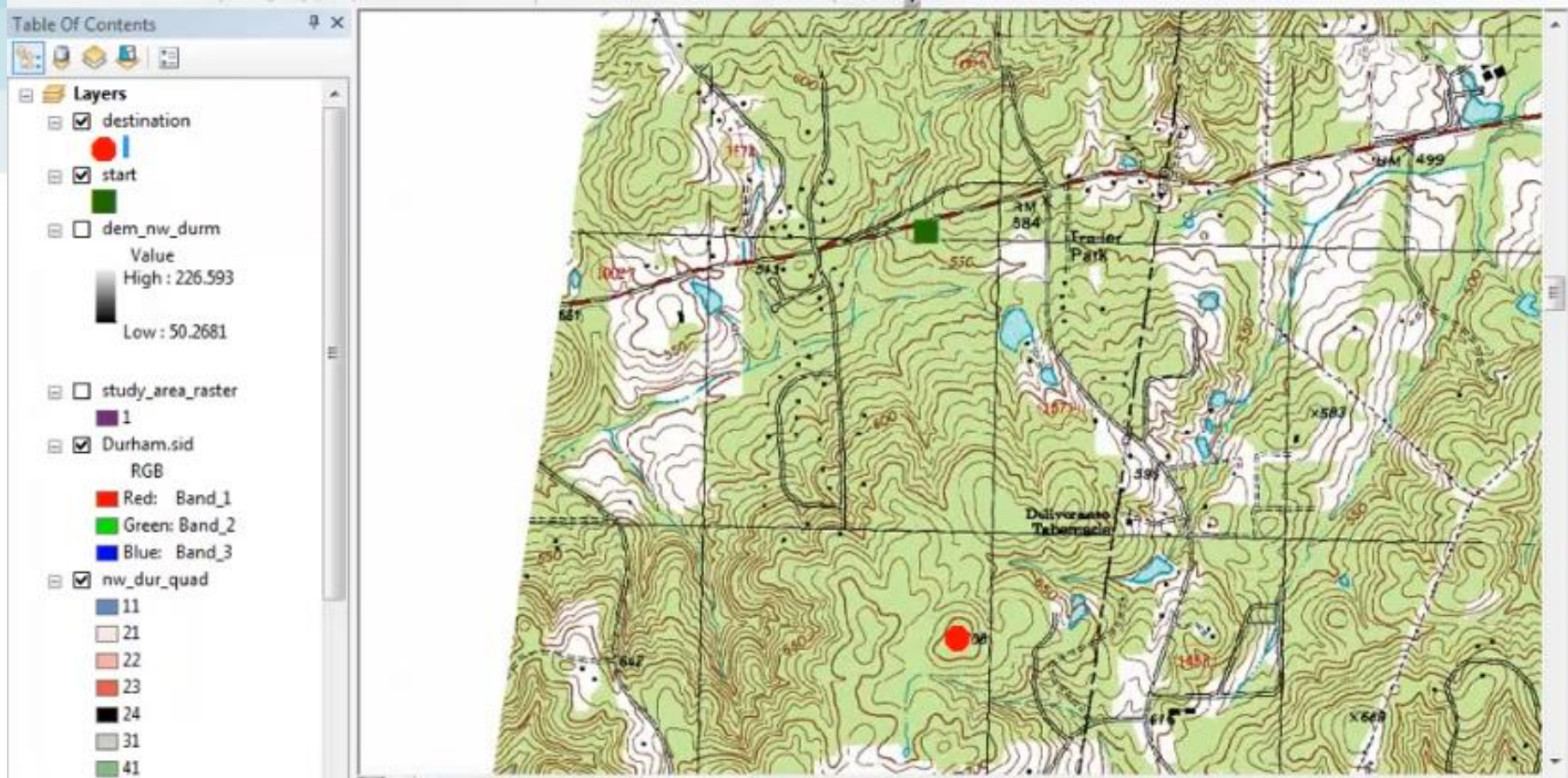
- Povrch vážené vzdálenosti a hledání nejlevnější cesty
- V praxi je hledání nejlevnější cesty řešeno nad povrchem vážené vzdálenosti tak, že z vybrané buňky se postupuje vždy do té buňky z jejího okolí, do které je to „nejvíce z kopce“ (D8).
- Cesta je jeden pixel široká.
- Využívá výsledků **cost distance**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

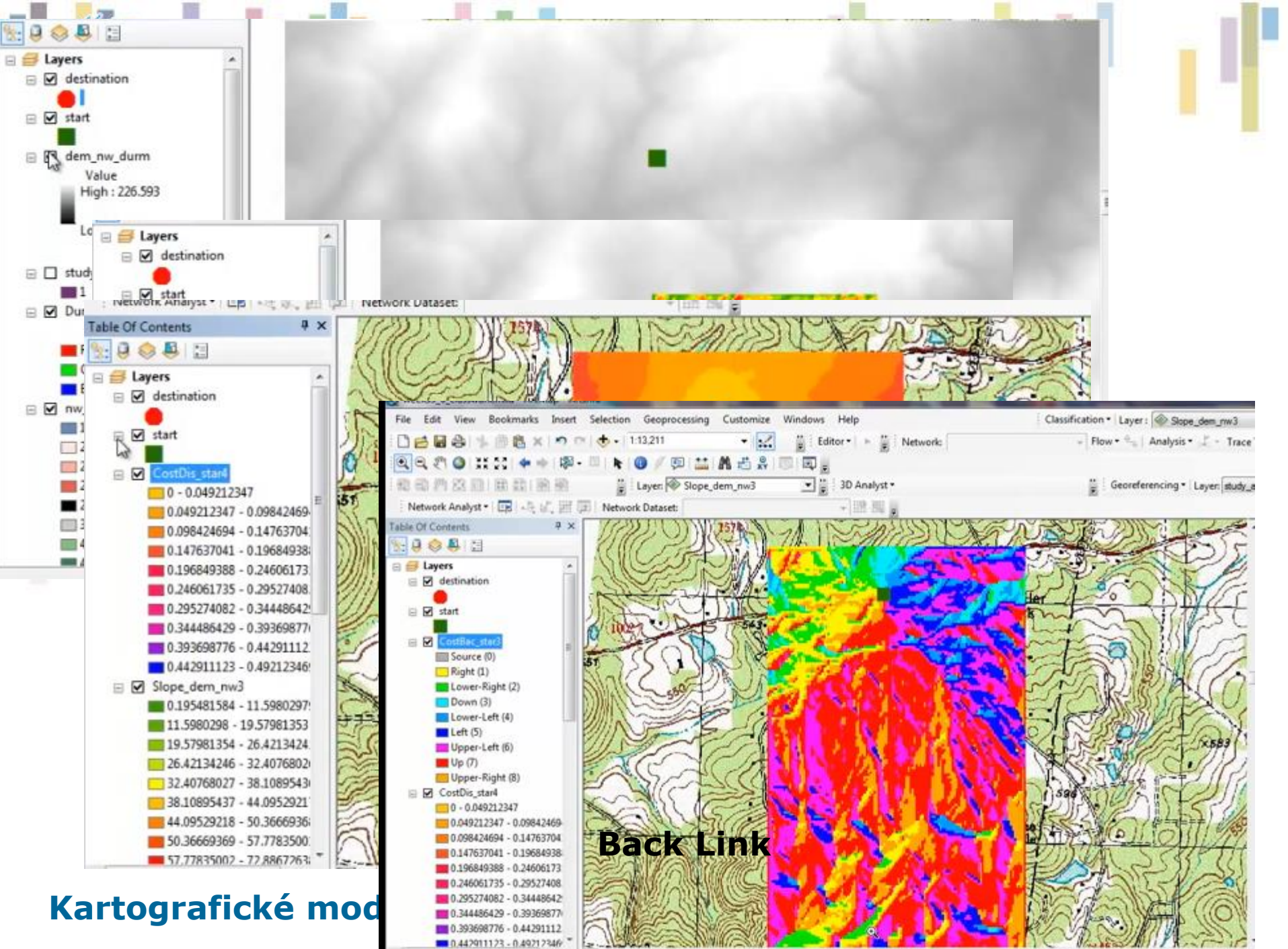
Nalezení nejlevnější cesty

- Alternativy v závislosti na váze jednotlivých faktorů.
- **Frikční povrch** (land use) + **sklon svahu** (vertikální faktor) – výsledek závisí na jejich vahách.

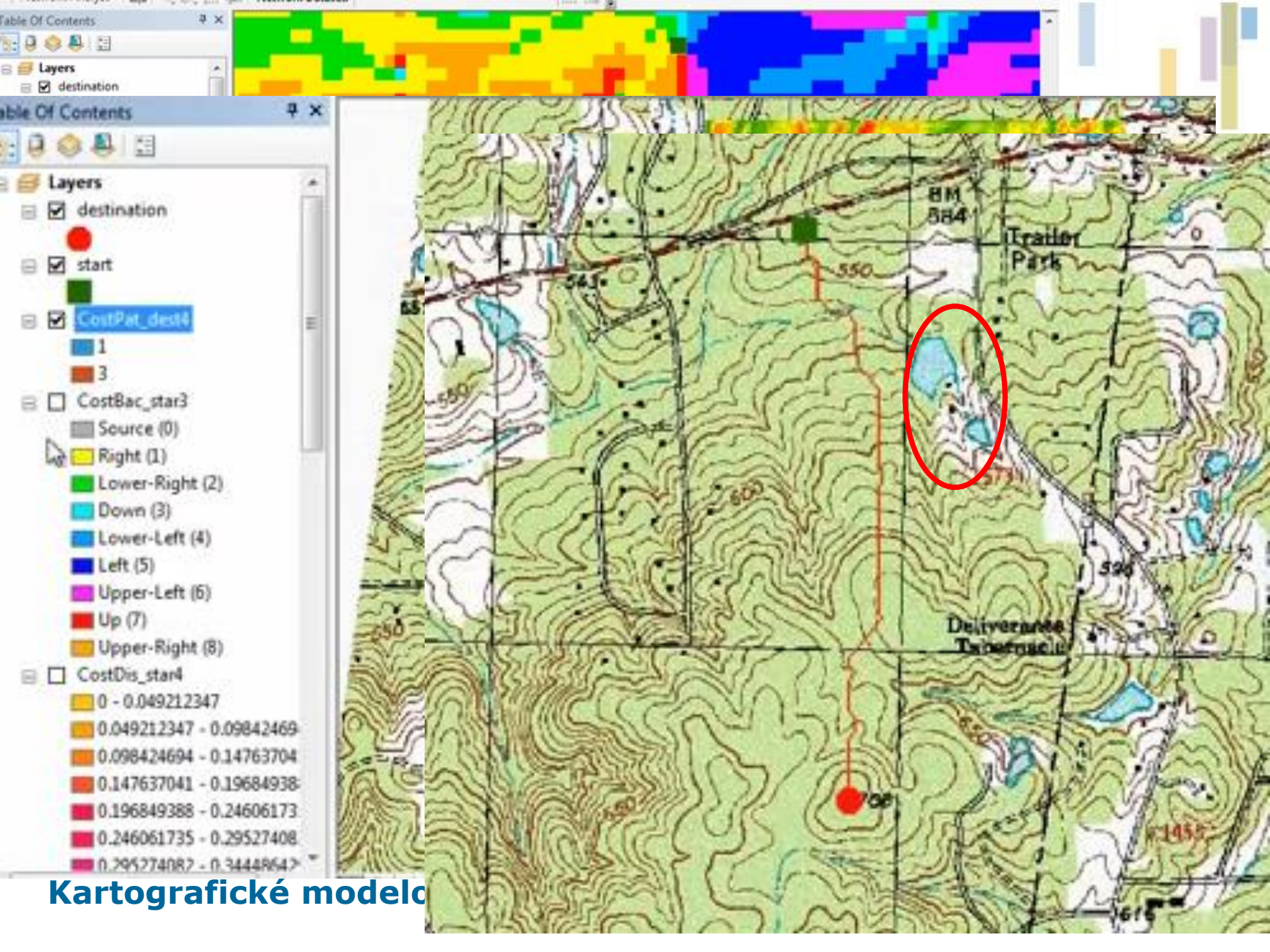


- Cesta s mezi dvěma body minimálním sklonem (jedu na kole s vozíkem 😊).





Kartografické mod



Kartografické modely