



Kartografické modelování

VII – Modelování vzdálenosti

jaro 2021

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

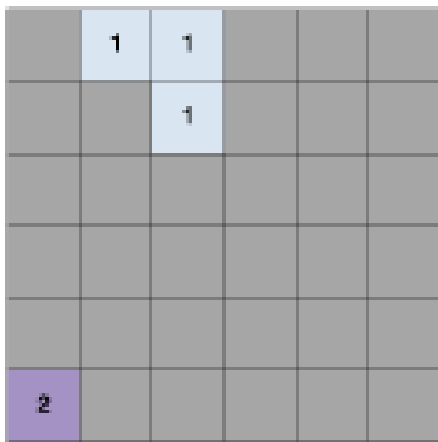
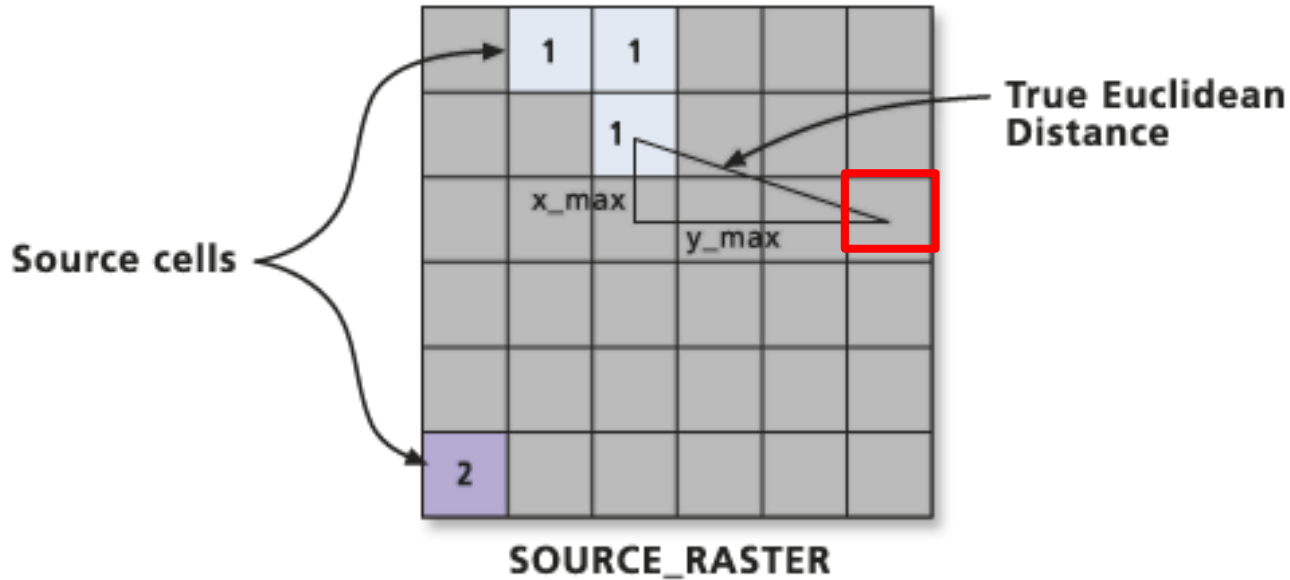
- Matice vzdáleností
- Identifikace nejbližšího souseda

- **Obalová/Nárazníková zóna**

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



Euklidovské vzdálenosti



Source_Ras

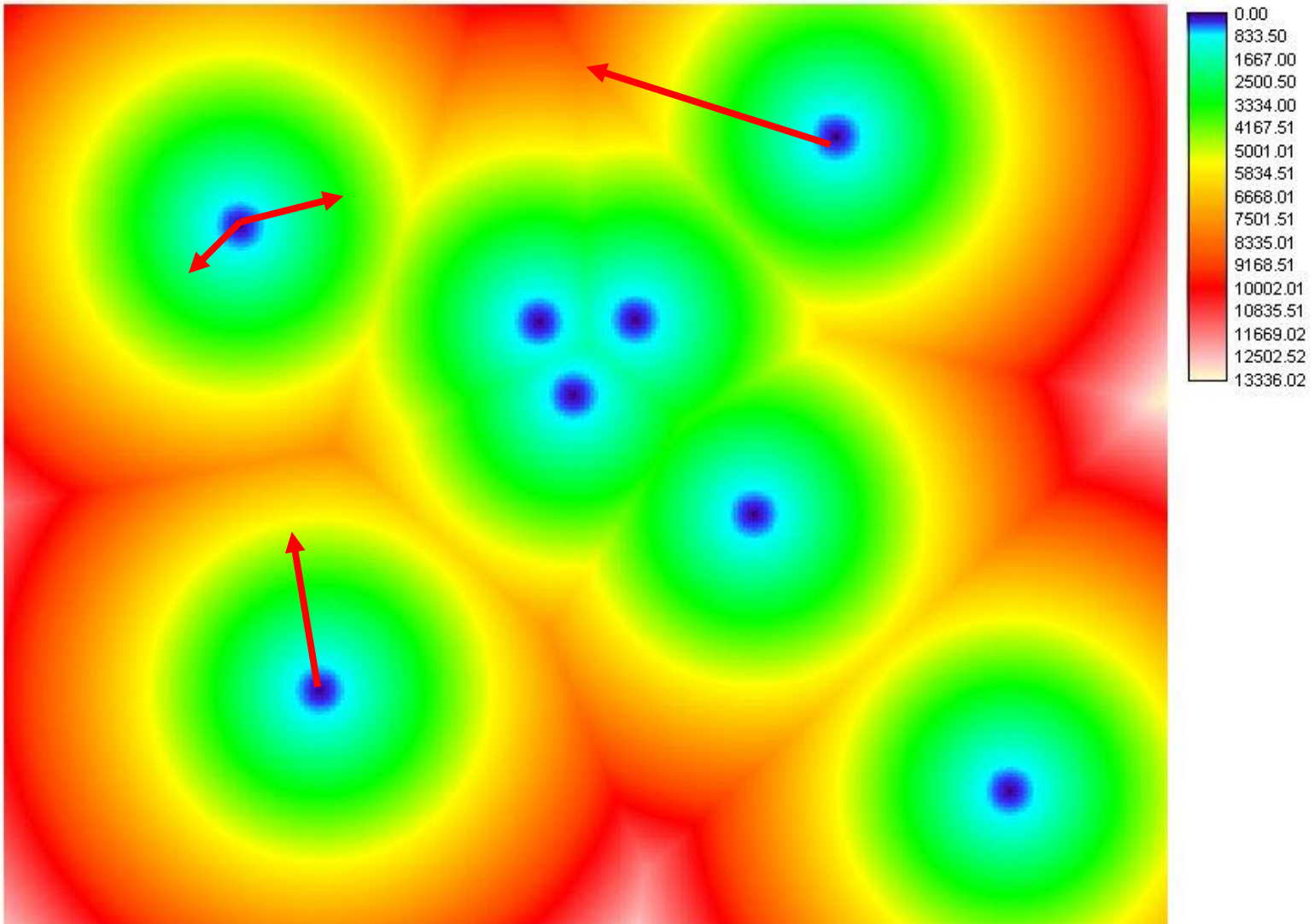
=



Euc_Dist

Value = NoData

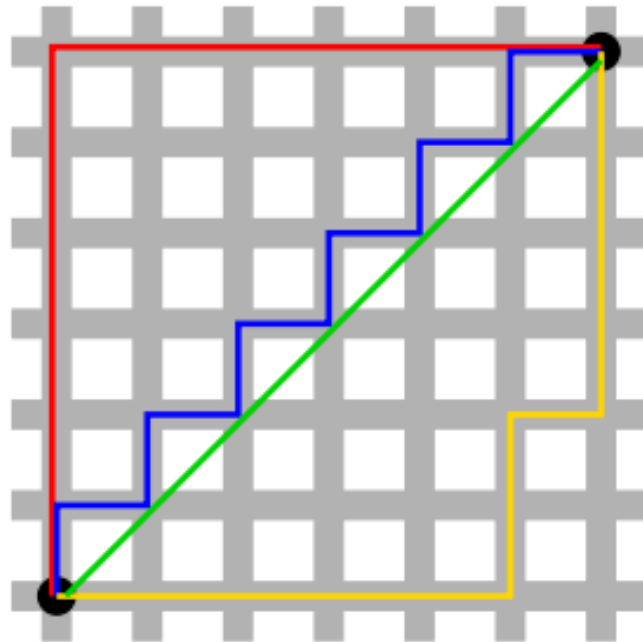
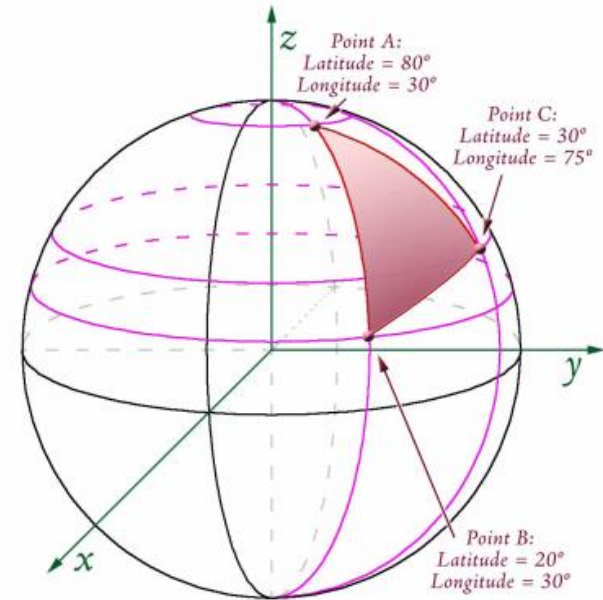
Euklidovské vzdálenosti (2)





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**.



Ruler

Line Path

Length: 0,64 Kilometers

Mouse Navigation

Navigation controls including a compass rose with 'N' for North, zoom in (+) and zoom out (-) buttons, and a full-screen button.

0,64 km



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:

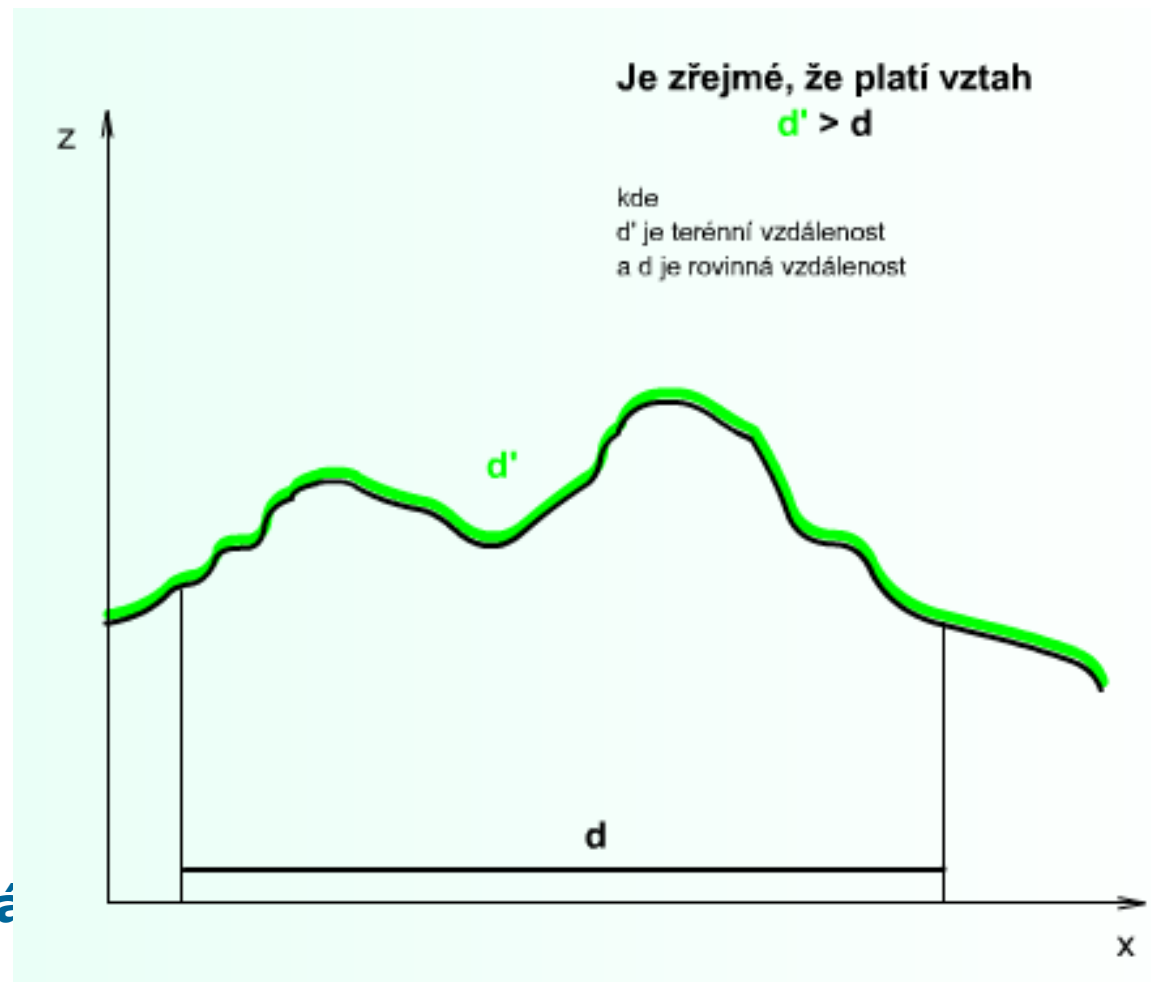
| | |
|----|----------------|
| 1 | Silnice |
| 10 | Louka |
| 15 | Orná půda |
| 20 | Lesy - stromy |
| 25 | Lesy - křoviny |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 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

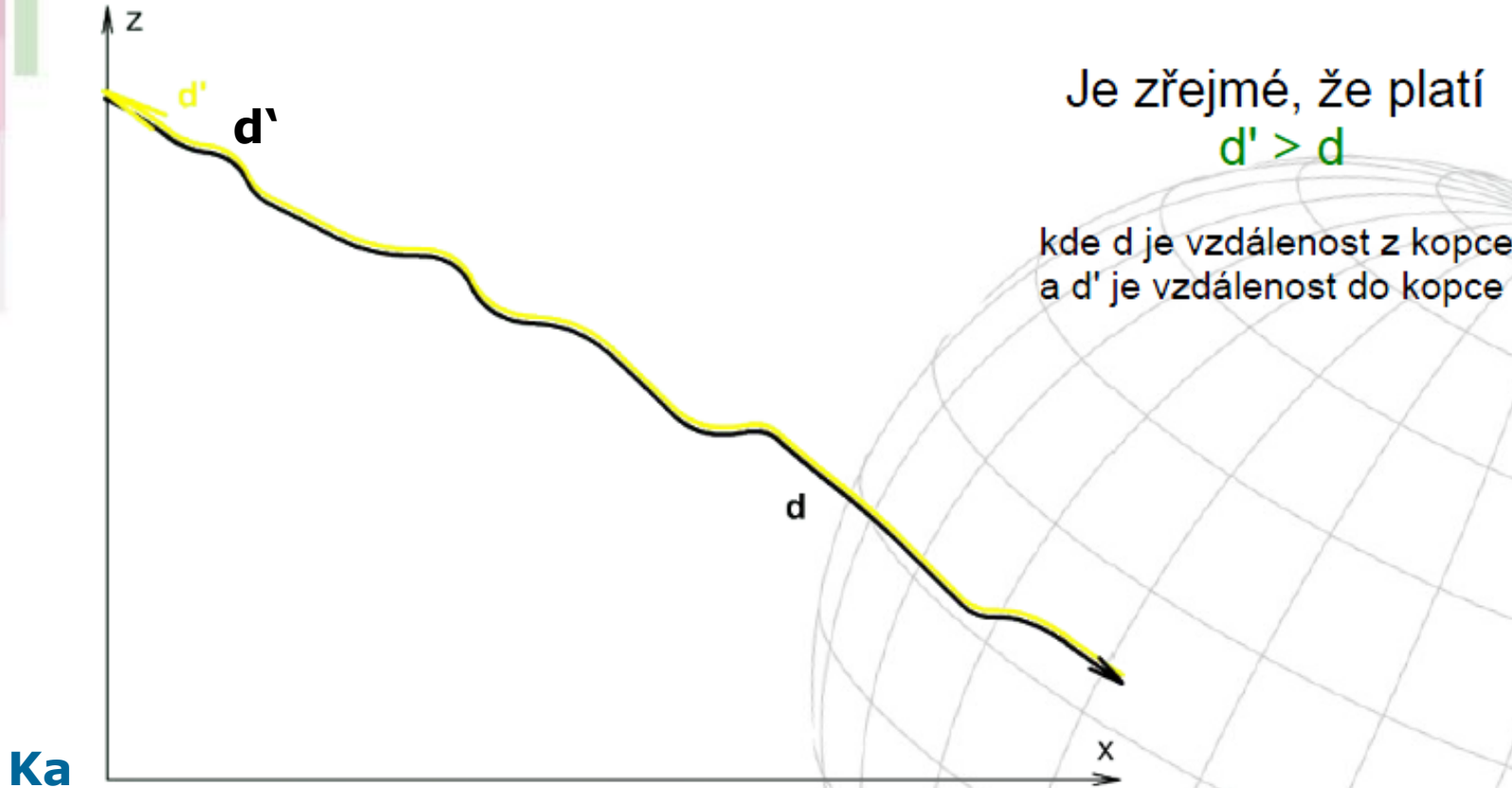
Faktor terénu (reliéfu)

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



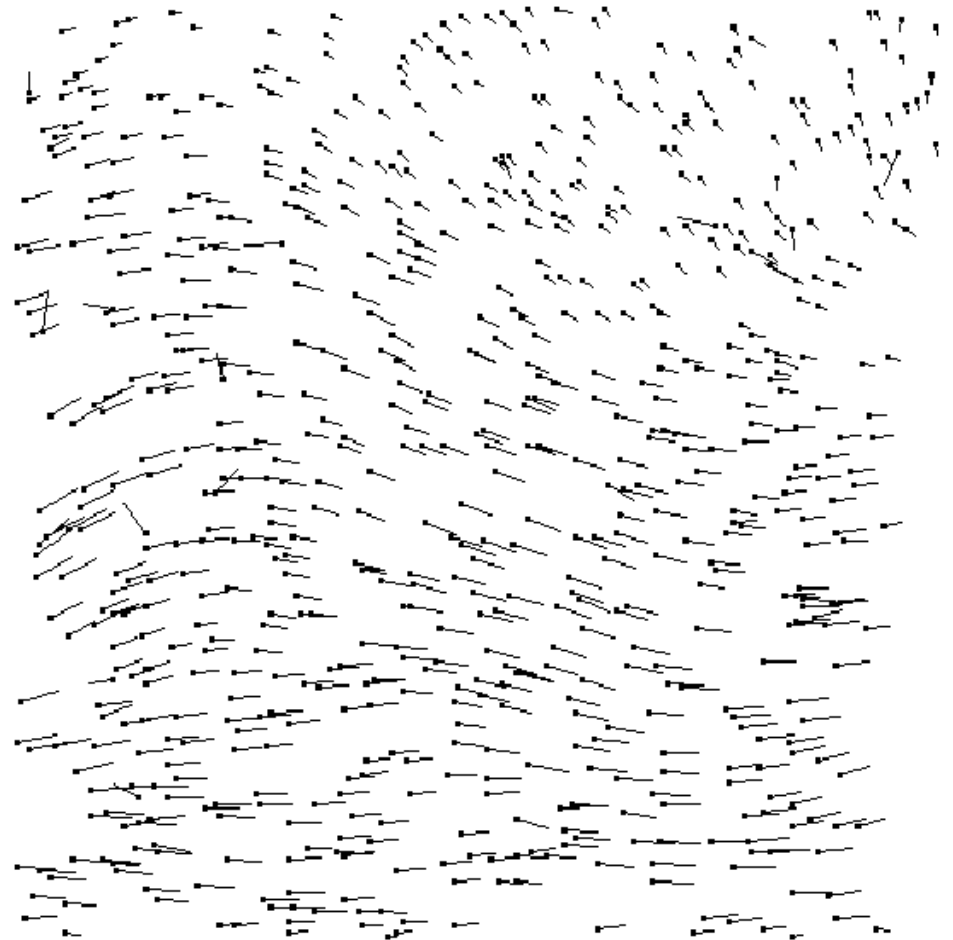
Vertikální faktor

- 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“.

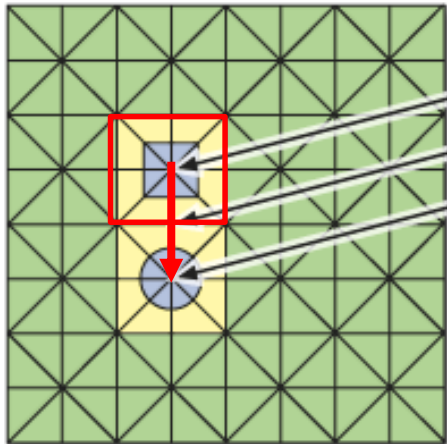
- **Zanedbáme-li všechny další faktory, můžeme za základní povrch nákladů považovat i frikční povrch.**



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



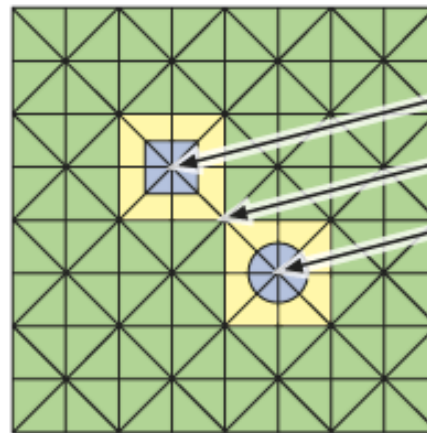
Starting point (cost 1)

a1

End point (cost 2)

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

Horizontal and vertical node calculations



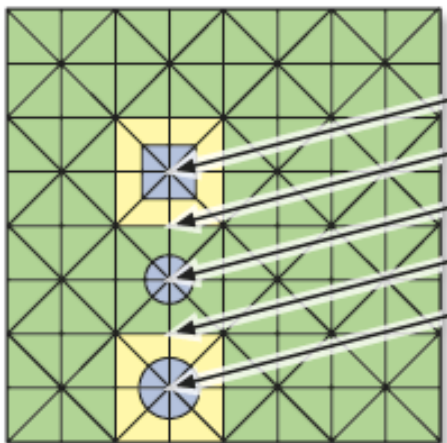
Starting point (cost 1)

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)

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

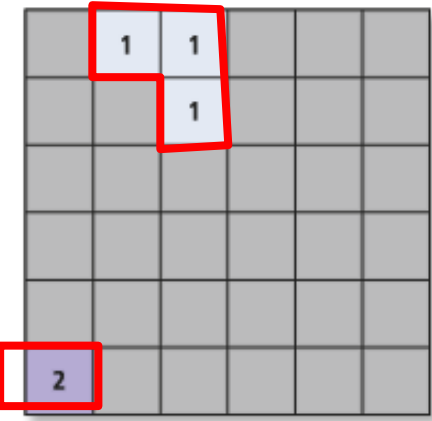
$$\text{accum_cost} = a1 + a2$$

Accumulative cost node calculations

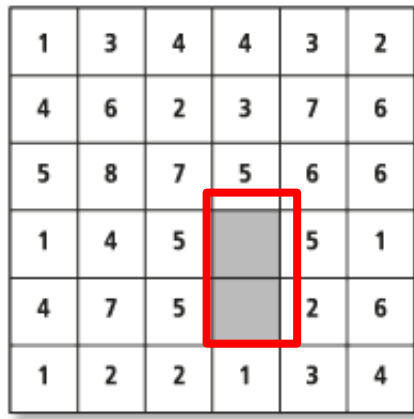
• 1,4142??



Příklad vytváření



SOURCE_RASTER

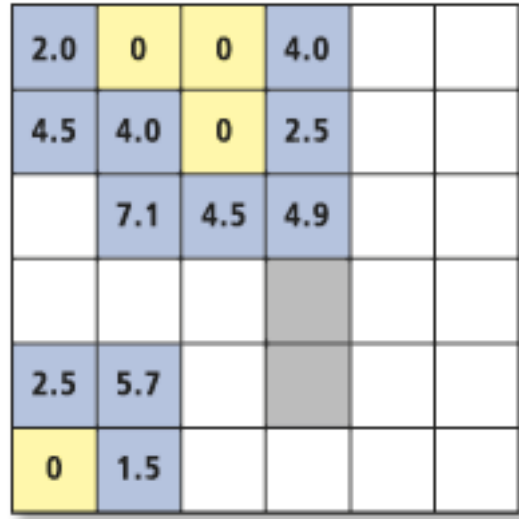


COST_RASTER

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

- 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

=

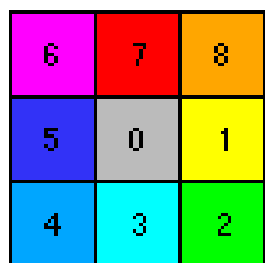
| | | | | | |
|-----|-----|------|-----|------|------|
| 2.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 7.5 | 10.0 |
| 6.0 | 2.5 | 0.0 | 4.0 | 9.0 | 13.9 |
| 8.0 | 7.1 | 4.5 | 5.0 | 10.5 | 12.7 |
| 5.0 | 7.5 | 10.5 | | 10.6 | 9.2 |
| 2.5 | 5.7 | 6.5 | | 7.1 | 11.1 |
| 0.0 | 1.5 | 3.5 | 5.0 | 7.0 | 10.5 |

Cost_Dist

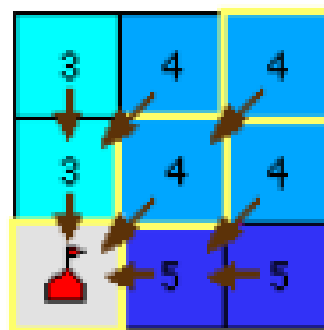
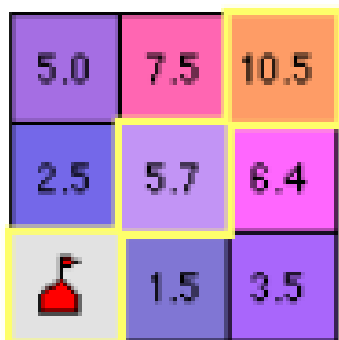
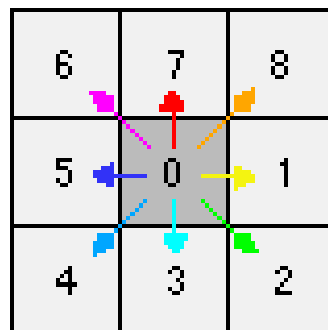


Cesta k nejbližšímu zdroji – backlink rastr

- „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)



Kartograf *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...