



**MUNI**

# **Kartografické modelování V – analýzy viditelnosti**

**jaro 2021**

**Petr Kubíček**

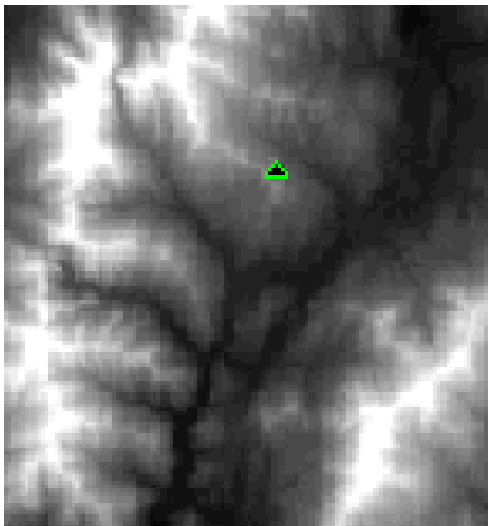
**kubicek@geogr.muni.cz**

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

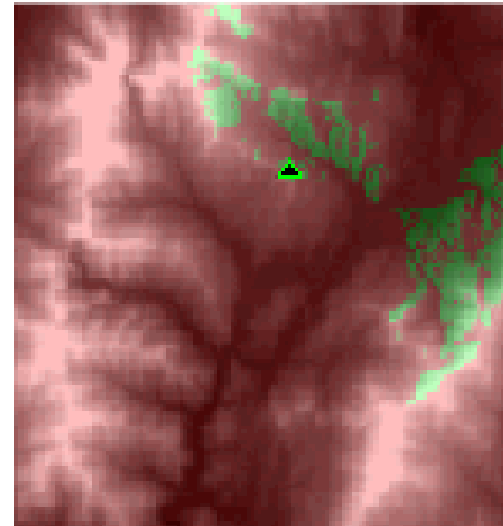


# Analýza viditelnosti - proč

- Identifikace oblastí viditelných z určitého místa.
- Řada aplikačních úloh



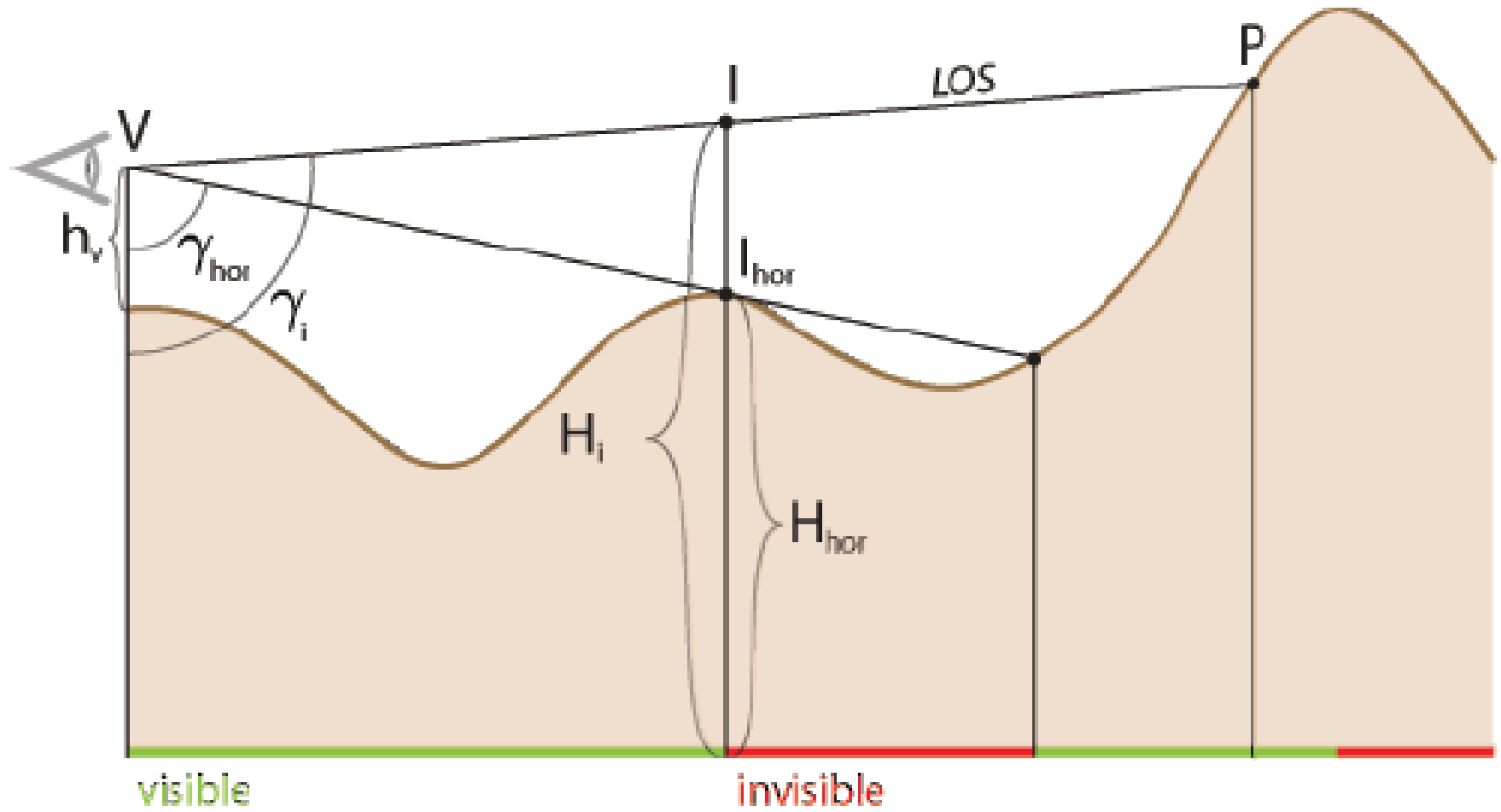
Input surface with  
observer point



Output viewshed



# Analýza viditelnosti – jak?



Kartografické modelování



# Viditelnost mezi body (Line of Sight LoS)

**Point-to-Point Visibility** [X]

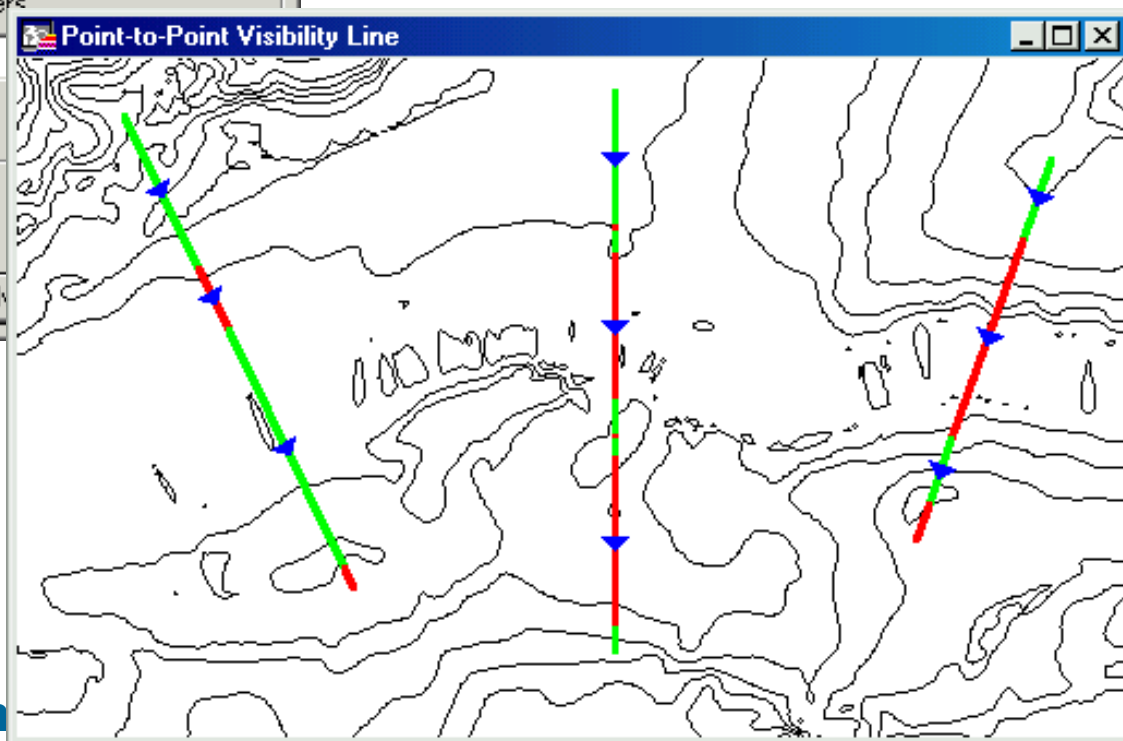
Grid:

Viewing parameters

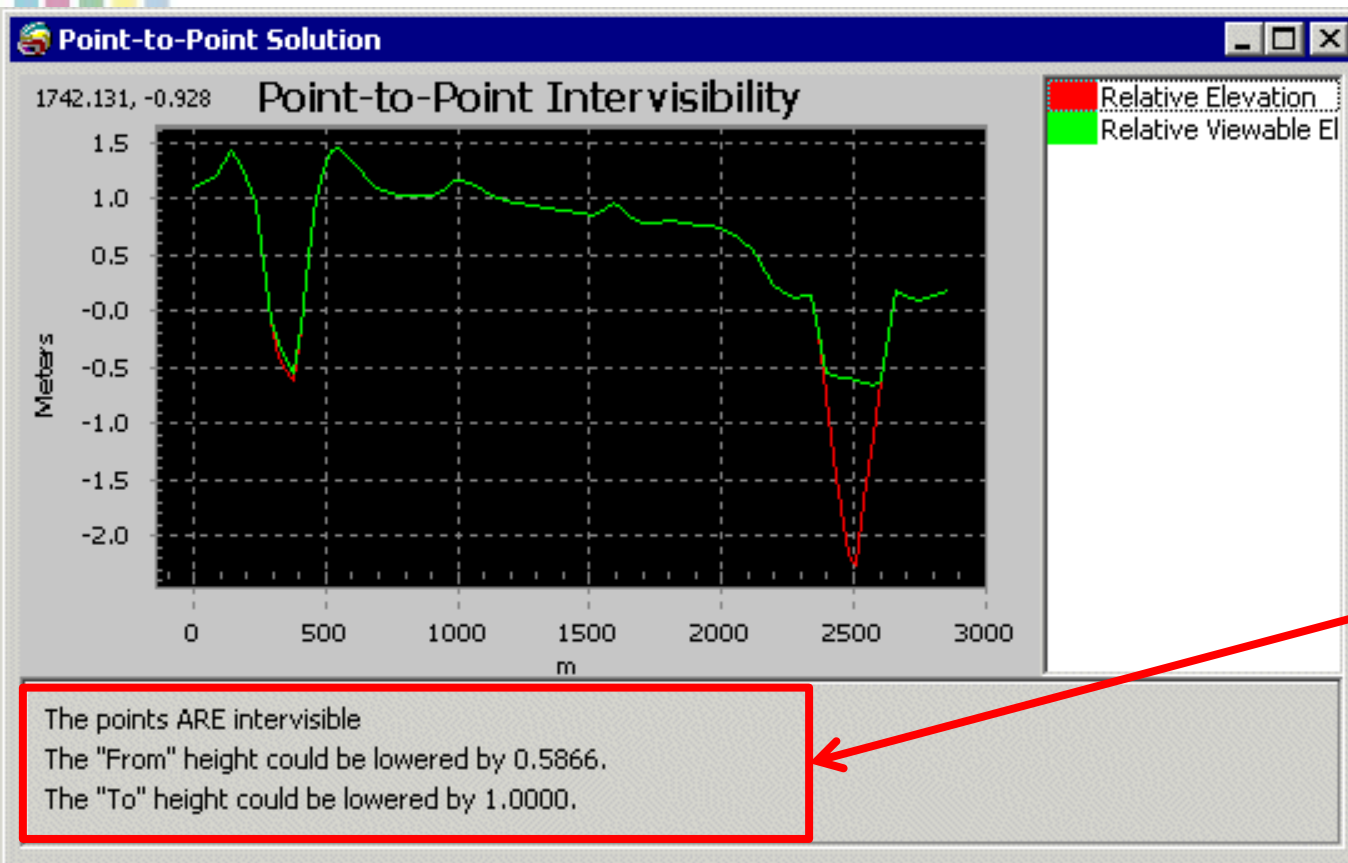
Looking from:	X: <input type="text" value="496,045.936251"/>	Y: <input type="text" value="4,996,263.545007"/>
Height above surface:	<input type="text" value="10"/>	Meters
Looking to:	X: <input type="text" value="514,437.162273"/>	Y: <input type="text" value="5,006,017.999516"/>
Height above surface:	<input type="text" value="1.000000"/>	Meters
Earth curvature model:	<input type="text" value="Normal Earth Curvature"/>	
Number of samples:	<input type="text" value="100"/>	

Plot on map       Create results table



# Profil pro viditelnost mezi body



- Profil terénu
- Viditelnost vybraných bodů terénu.
- Možnost zvýšení/snížení bodů.



# Viditelnost (Multiple Viewshed)

- „Která místa jsou z daných pozorovatelem viditelná?“
- „Z kolika pozorovatelem je viditelný daný objekt/místo?“
- Rozdělení území podle toho, z kterých míst je viditelné.
- Situace pro 5 pozorovacích míst. Atributová tabulka rástrové vrstvy obsahuje sloupce pro každý pozorovací bod a pomocí hodnot „1“ a „0“ rozlišuje, zda jsou místa označená danou hodnotou z tohoto bodu viditelná.

## Attributes of vis\_3

Rowid	VALUE ^	COUNT	OBS1	OBS2	OBS3	OBS4	OBS5
0	0	751275	0	0	0	0	0
2	2	3466	0	1	0	0	0
4	4	18274	0	0	1	0	0
6	6	35514	0	1	1	0	0
8	8	17715	0	0	0	1	0
10	10	4044	0	1	0	1	0
12	12	8916	0	0	1	1	0
14	14	11357	0	1	1	1	0
16	16	34197	0	0	0	0	1
18	18	64	0	1	0	0	1
20	20	12	0	-	-	-	-
22	22	26	0	-	-	-	-
24	24	43368	0	-	-	-	-



**Kartografické modelování**



# Ovládání a nastavení analýzy viditelnosti

- **9 nastavitelných proměnných:**
  - SPOT,
  - OFFSETA,
  - OFFSETB,
  - AZIMUTH1,
  - AZIMUTH2,
  - VERT1,
  - VERT2,
  - RADIUS1,
  - RADIUS2





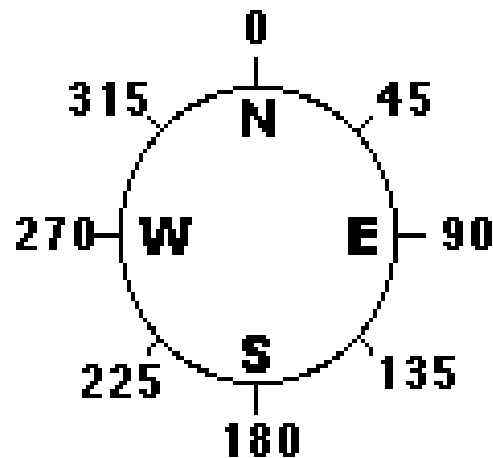
# Nastavení SPOT a Offset

- **SPOT** – definuje nadmořskou výšku pozorovatele (přímo x z DMT).
- **OFFSET** – vertikální vzdálenost v jednotkách měření (m), která je přidána k hodnotě „z“ v místě měření (SPOT).
- **OFFSETA** – pozorovatel, atribut x DMT, 1.
- **OFFSETB** – analyzovaná místa atribut, 0.



# Nastavení azimutu

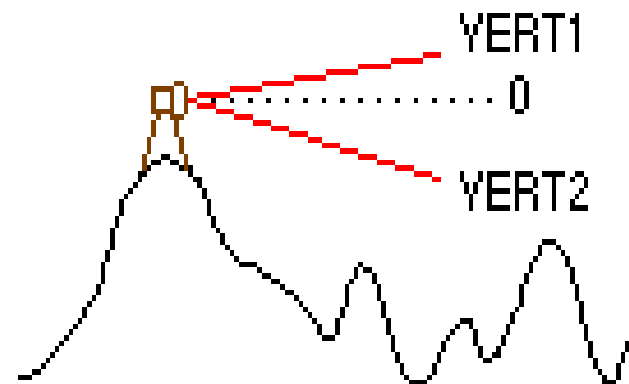
- **Definuje horizontální rozpětí analýzy viditelnosti, probíhá ve směru hodinových ručiček 0 – 360, 0=sever.**
- **AZIMUTH1 – počáteční, atribut, 0.**
- **AZIMUTH2 – koncový, atribut, 360.**





# Nastavení - vertikální úhel

- **Definuje vertikální omezení analýzy viditelnosti,  $\pm 90$  st. Horizontální rovina je určena nadmořskou výškou pozorovatele ( $z + \text{offset1}$ ). Oba úhly mohou být negativní (!).**
- **VERT1 – (horní)úhel nad horizontální rovinou, atribut, 90.**
- **VERT2 – spodní úhel,  $\text{VERT2} < \text{VERT1}$ , atribut, -90.**

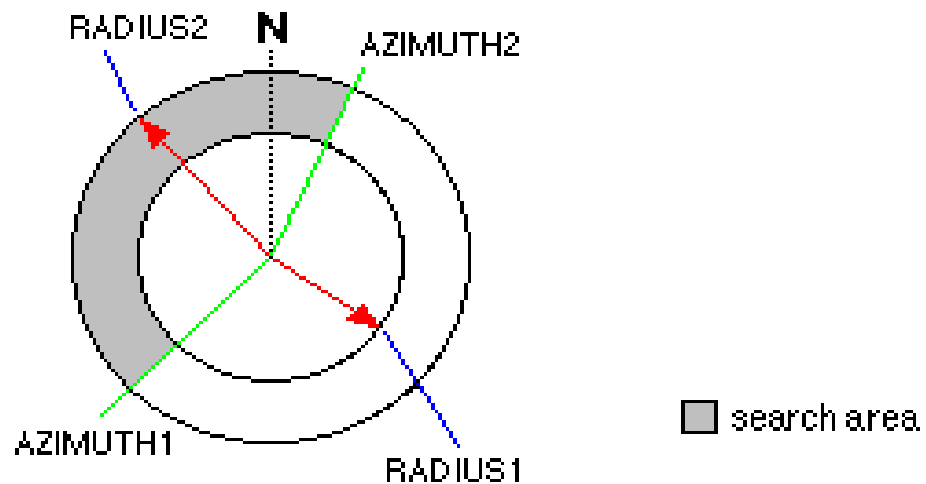


# Nastavení - RADIUS

- **Definuje a omezuje vzdálenost, ve která bude analýza viditelnosti provedena. Umožňuje vyloučit z analýzy buňky mimo radius.**
- **RADIUS1 – definuje počáteční hodnotu analýzy viditelnosti, buňky bližší než RADIUS1 nebudou viditelné ve výsledcích, ale stále budou součástí analýzy, atribut, 0.**
- **RADIUS2 – koncová vzdálenost, RADIUS2 > RADIUS1, atribut, nekonečno (rozsah souboru ☺).**

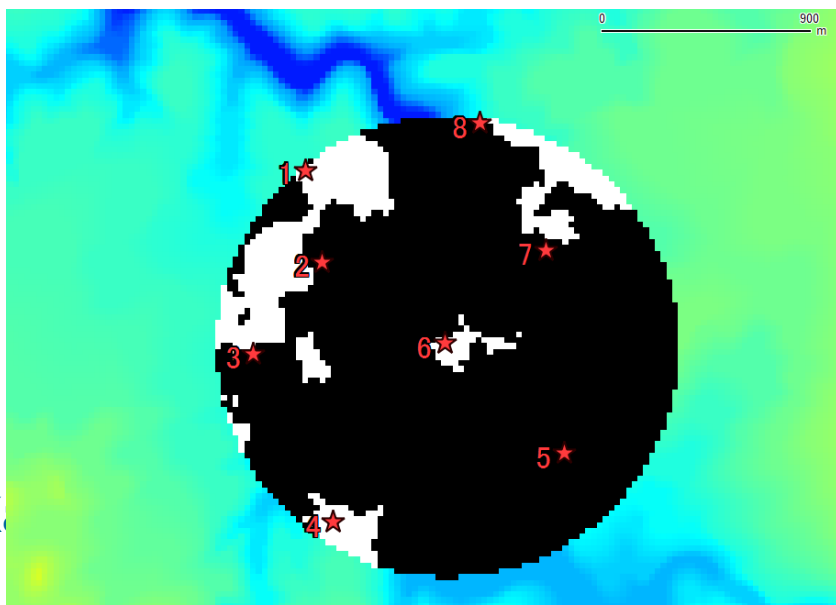
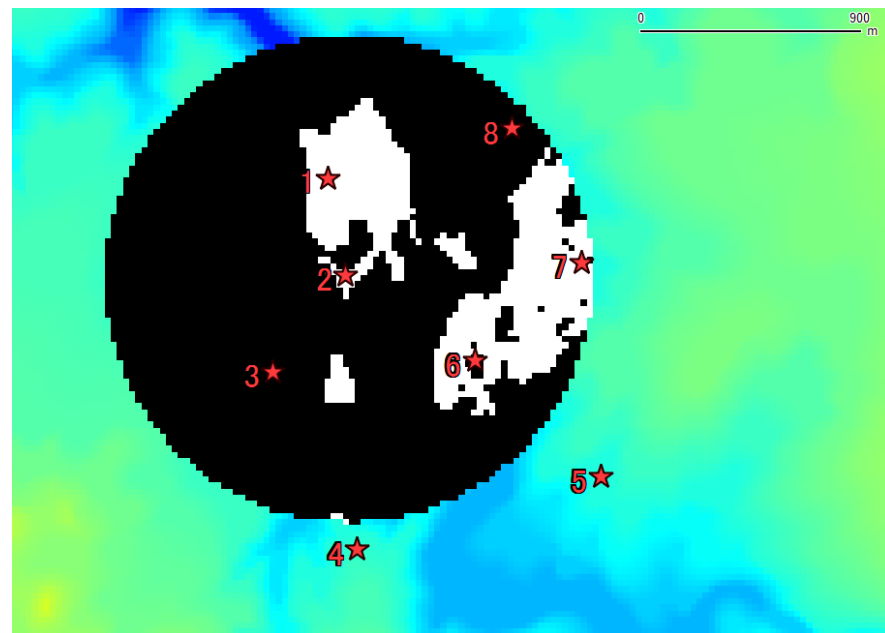
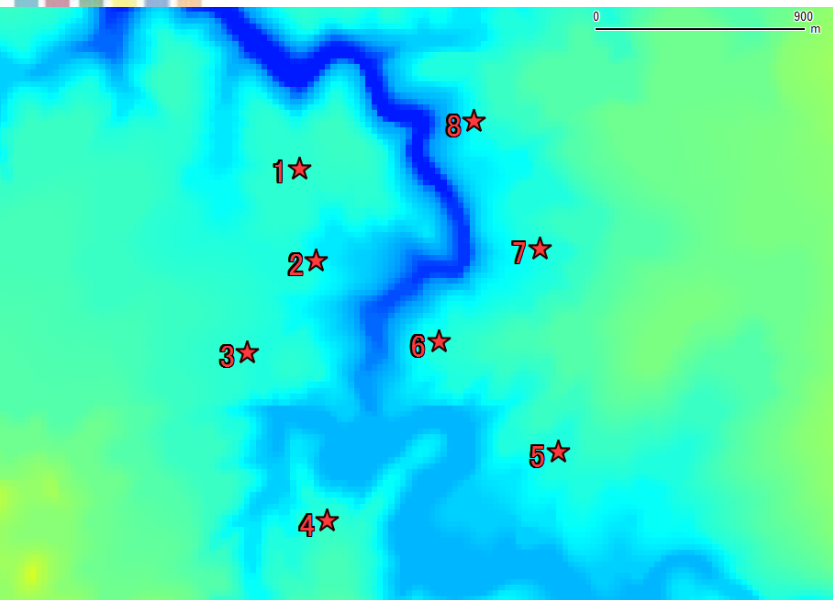
# Nastavení RADIUS

- Měření vzdálenosti – 3D a planimetrické (zakřivení Země)
- Default – 3D
- Horizontální a vertikální jednotky musí být nastaveny stejně (m)
- Pro planimetrické měření – záporné znaménko před RADIUS 1 a RADIUS2.



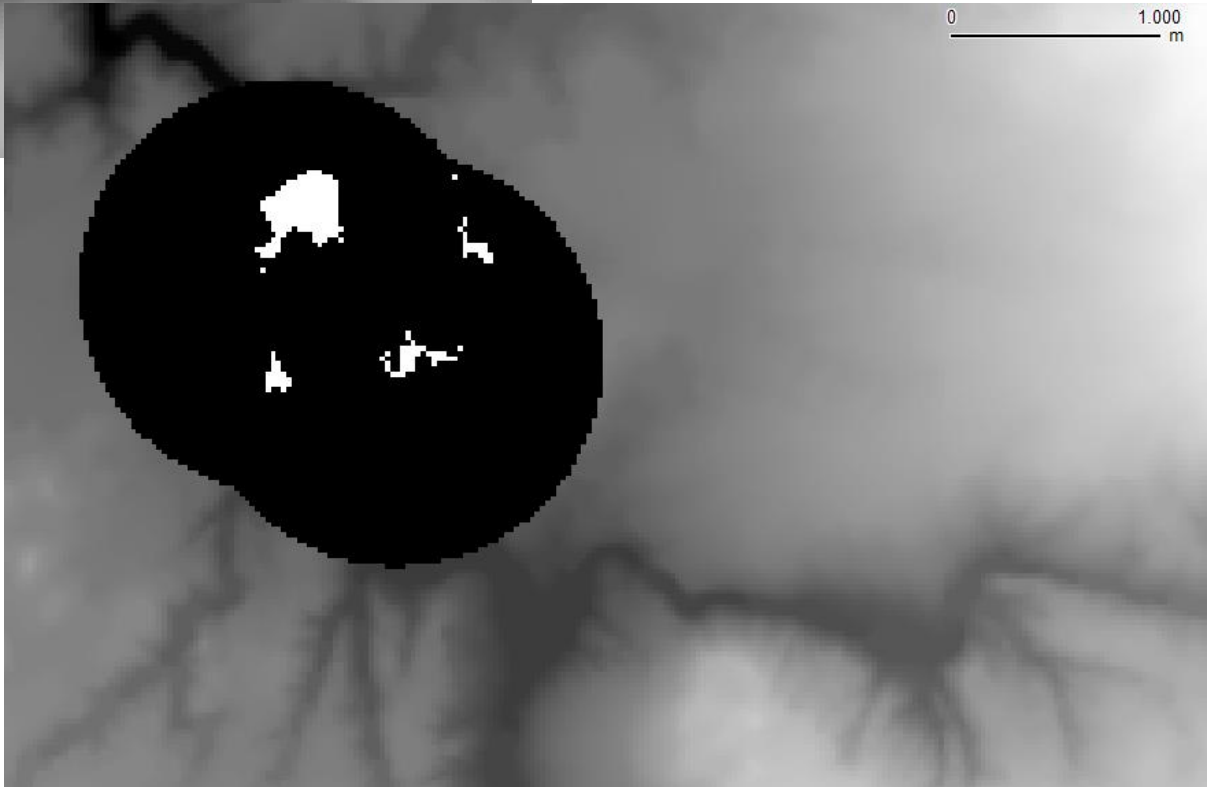


# Analýza viditelnosti z více bodů





**AND**



**OR**

**Kartografické modelová**



# Viewshed – jednoduché a komplexní výpočty

**Viewshed** [X]

Grid: Blake\_area\_DEM.grd

Viewshed method

Simple calculation (classified grid: visible / invisible)

Complex calculation ( +/- height to make JUST visible)

Viewing parameters

Looking From: X: 396,749.561697 Y: 3,781,162.765256

Viewpoint height: 1.000000 metres

Viewshed offset: 1.000000 metres

Viewing radius: 48,925.524136 m

Earth curvature: Normal Earth Correction

Description: [ ]

File name: C:\Program Files\deciBel Planner Tutorial Data\Tu [Browse...]

OK Cancel

- **Binární výstup** (viditelné a neviditelné)
- **Komplexní výstup** – výška, o kterou lze danou buňku snížit či zvýšit, aby byla právě viditelná z pozorovacího bodu.

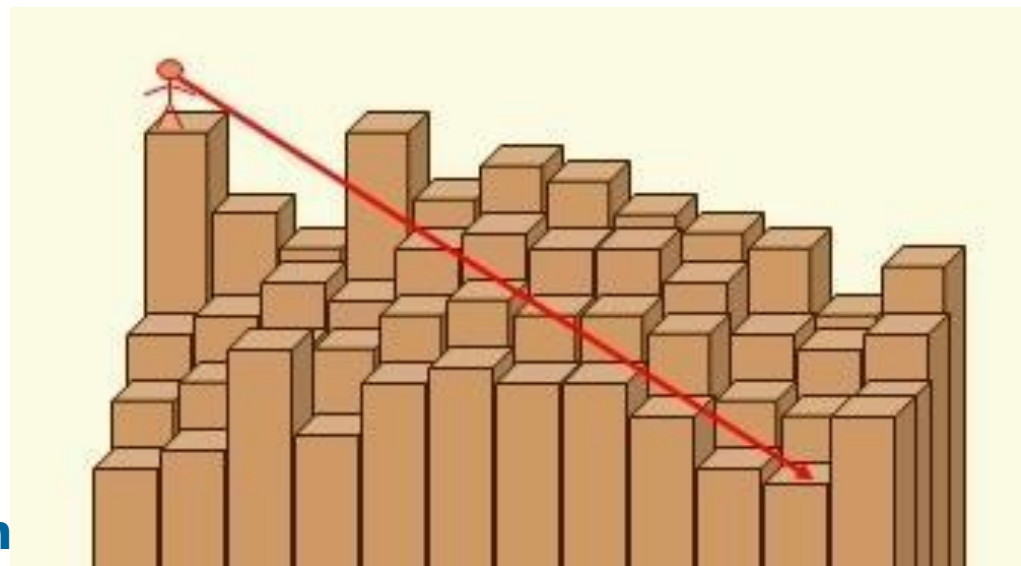
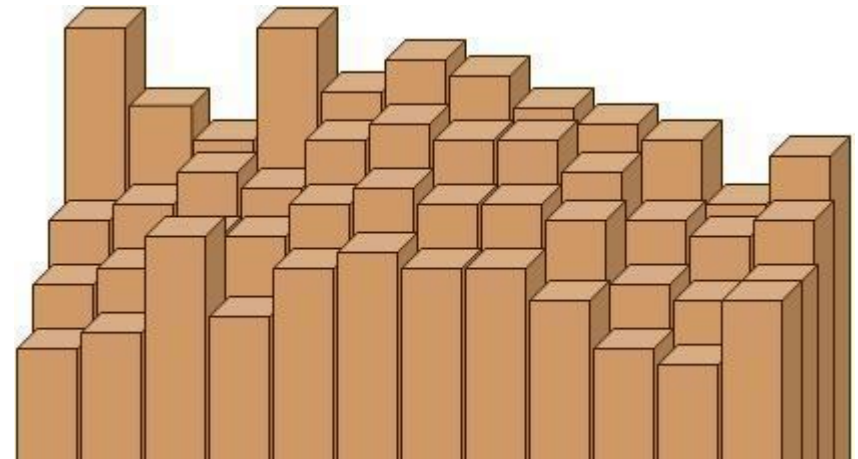




# Výpočet viditelnosti

		Columns								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Rows	0	20.0	19.6	19.4	19.5	19.4	19.1	18.8	18.5	18.0
	1	19.9	19.7	19.3	18.3	19.2	18.9	18.5	18.2	17.9
	2	19.5	19.5	19.1	18.9	18.8	18.7	18.3	18.0	17.8
	3	18.9	18.5	17.9	17.4	17.0	16.5	16.1	16.4	17.0
	4	18.1	18.2	17.3	17.1	16.6	16.1	15.5	15.5	15.9
	5	17.5	17.1	17.0	16.6	16.0	15.5	14.7	14.9	15.0

← ΔX →

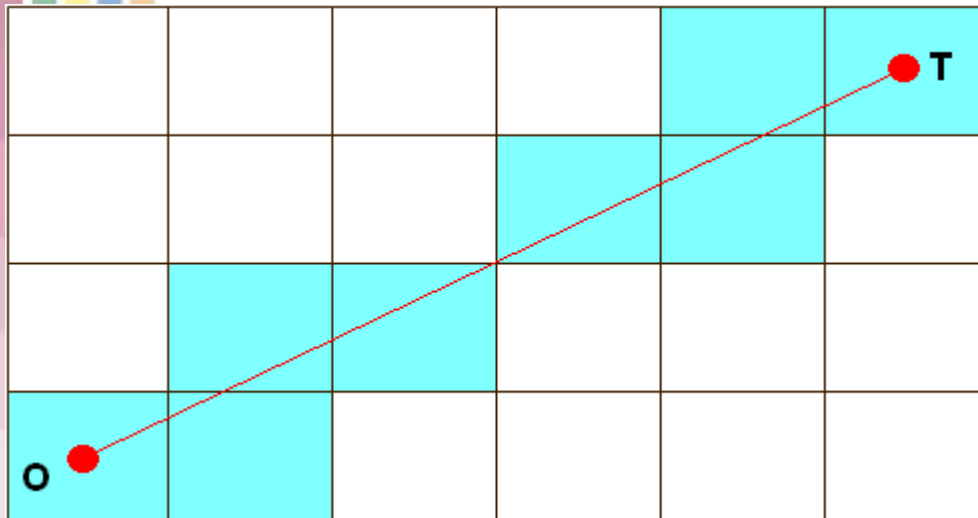


**Záleží na směru LoS,  
Jak postupovat v  
případě  
diagonálního LoS?**

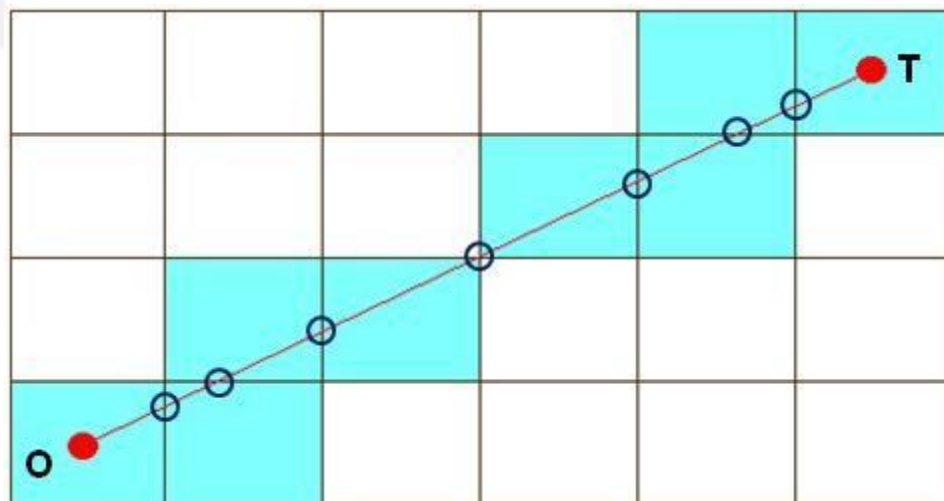
**Kartografické modelován**



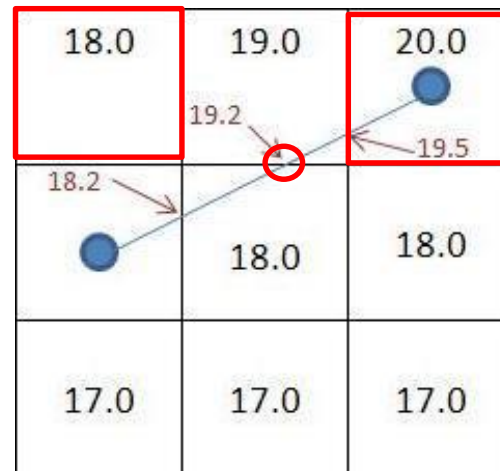
# Bresenhamův algoritmus (1965)



- Určení buněk v LoS.
- Z-hodnota buněk tvoří hlavní směr viditelnosti.
- Lineární interpolace průsečíků – vlevo, vpravo pak nad a pod; nahoru, dolů pak vlevo a vpravo 😊.



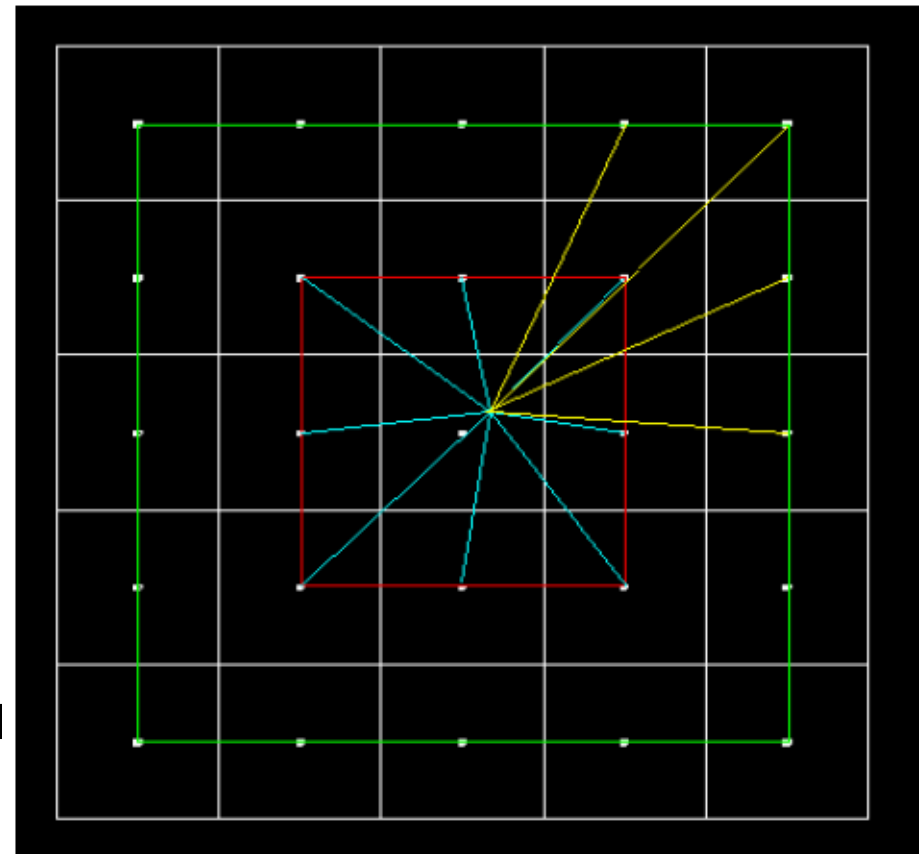
Kartografické modelování





# Algoritmus výpočtu ArcGIS

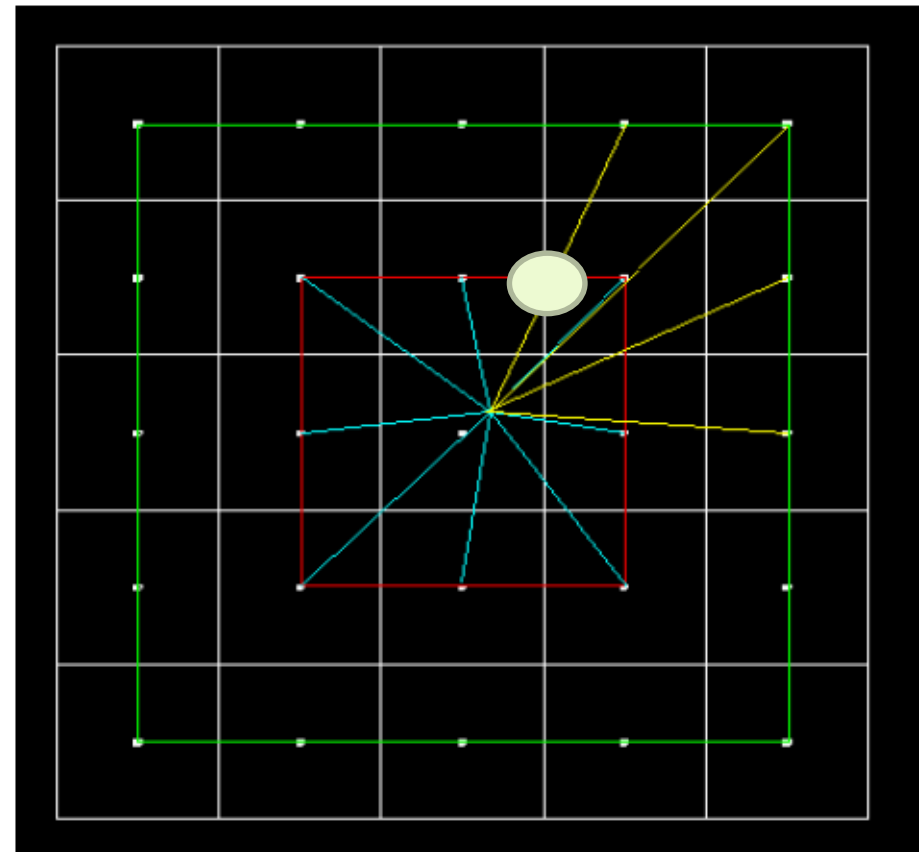
- **Místo pozorovatele – LoS přilehlých buněk**
- **Porovnání nadmořské výšky a určení viditelnosti přilehlých buněk (stejná nebo vyšší).**
- **Binární označení (0,1).**
- **Uložení výškového úhlu rozdílu středů buněk a přechod k dalším buňkám.**



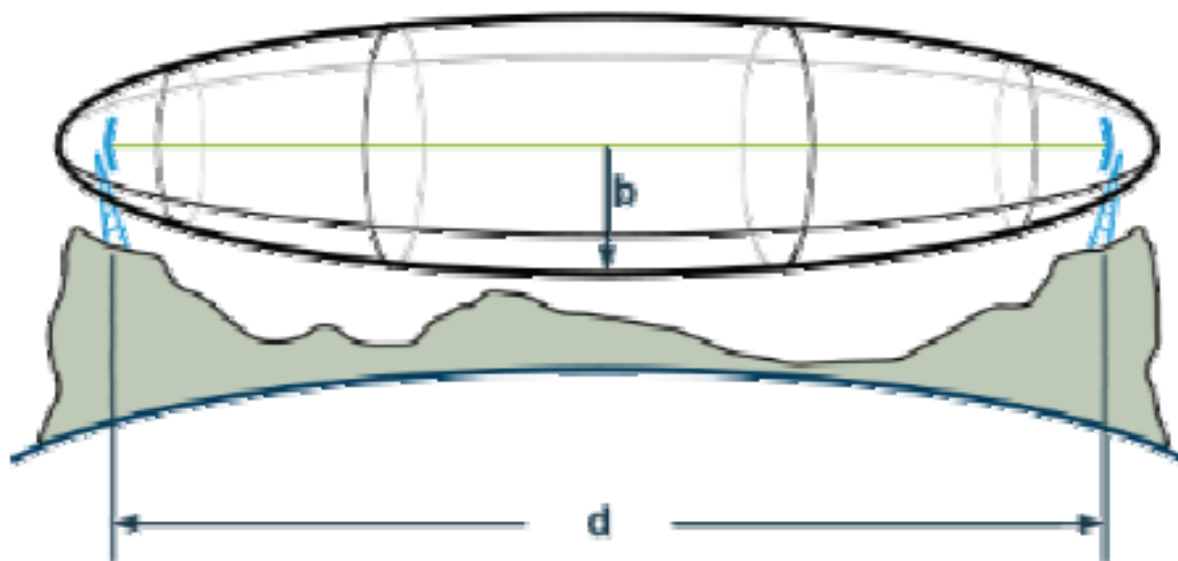


- LoS počítán pro každou buňku pomocí průsečíku s původním horizontem (○), je zaznamenán úhel a druhý (vertikální) úhel tvoří počátek a cílový bod v zeleném horizontu. Porovnáním úhlu je buňka označena  $(0,1)$ , v případě většího úhlu je ten zapsán.
- Iterace pokračuje.

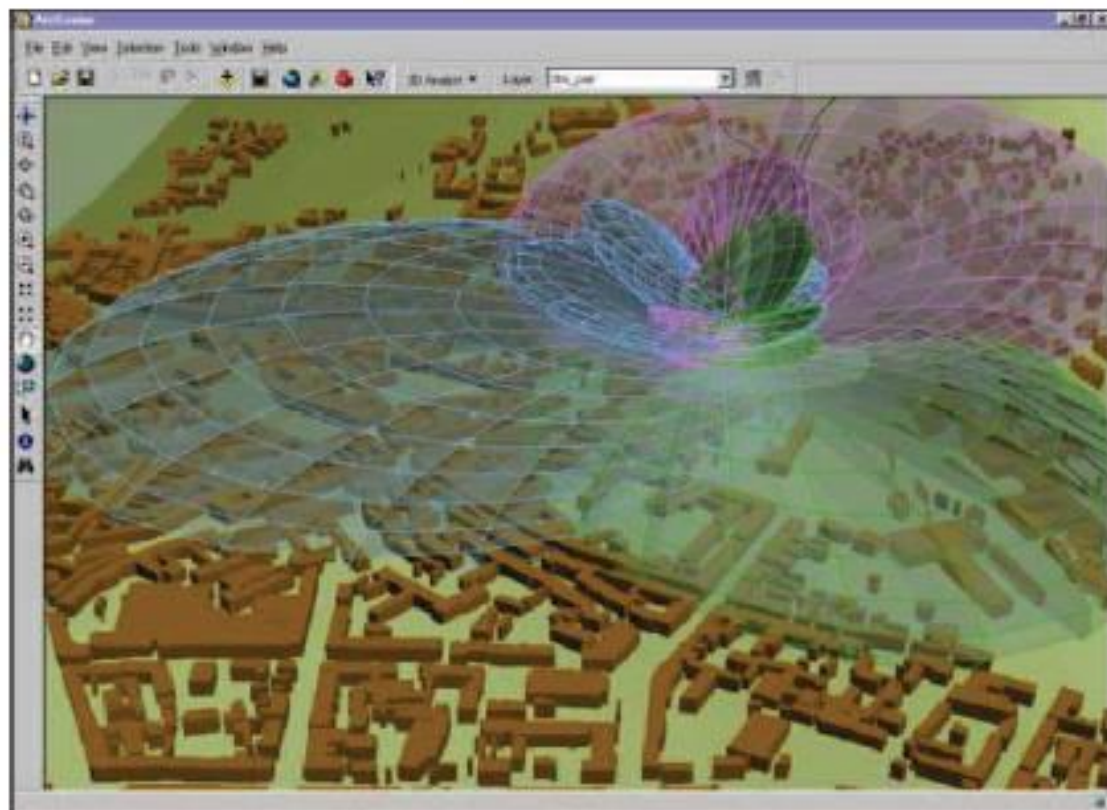
## Algoritmus



# Využití



Kartografické modelování



# Srovnání SW možností (Peňák 2017)

Tab. 1: Types of supported analyses in commercial software

	ArcGIS 10.4	Global Mapper 17.2	TNTmips Free 2016	MapInfo Pro 15.2
point-to-point/s	✓/✓	✓/✗	✗/✗	✗/✗
point-to-area	✓	✓	✓	✓
line-to-area	✓	✗	✗	✗
multiple visibility	*	✓	✗	✗
cumulative visibility	✓	✓	✓(boolean)	✓(boolean)
horizon	✓(vector)	✗	✗	✗

Tab. 2: Types of supported analyses in open-source software

	Visibility analysis for QGIS 0.4.1	GRASS GIS 7.0	SAGA GIS 2.2.4	gvSIG 2.2 with SEXTANTE
point-to-point/s	✓/✓	✗/✗	✗/✗	✓/✗
point-to-area	✓	✓	✓	✓
line-to-area	✗	✗	✗	✗
multiple visibility	✓	✓	✗	✗
cumulative visibility	✓	✓	✓(boolean)	*
horizon	✓(raster)	✓(raster)	✗	✓(vector)





# Specifické možnosti komerčních nástrojů – Global Mapper

View Shed Setup

Description:

Transmitter Elevation  
 METERS above

Receiver Elevation  
 Use an explicit height value for the receiver elevation  
 METERS above   
 Use a transmission angle from the transmitter for receiver elevation  
 degrees above the horizon  
 Use a transmission angle range to view where beam hits surface  
 to  degrees above the horizon  
Check at  meters above

Select Elevation Layers to Base Transmitter/Receiver Heights On...

View Angle (0 North, 90 East, 180 South, 270 West)  
Start Angle  Swept Angle

Earth Curvature  
 Ignore Earth Curvature  
Atmospheric Correction:   
The earth curvature settings are used to simulate the curvature of the earth when performing view shed analysis. For short distances, the curvature typically doesn't affect the results much, but the effect over large distances can be significant.  
Atmospheric correction is used to account for the effect the earth's atmosphere has on different kinds of transmissions. For example, a value of 1.333 is often used to emulate how microwave transmissions travel through the atmosphere.

Generate Area Features in Covered Areas  
 Display Hidden Rather Than Visible Areas  
 Treat Missing Elevations as Ocean (Zero Elevation)

View Radius  
 Kilometers  
(Minimum view radius:  )

Sample Spacing  
The sample spacing controls the interval at which elevation samples are examined to determine visibility. Smaller values result in more accurate, but more slowly generated, view sheds.  
X-axis:  meters  
Y-axis:  meters  
If you wish to change the ground units that the spacing is specified in, you need to change the current projection by going to Config->Projection.

Fresnel Zone Specification  
 Check Clearance with Respect to First Fresnel Zone  
Frequency (GHz):  Percent Clear:  to

Free Space Path Loss Calculation  
 Calculate and Display Free Space Path Loss  
Power With All Gains/Losses (dB):   
Frequency (GHz):   
 Save Calculated Signal Strength (dB) to Separate Grid Layer

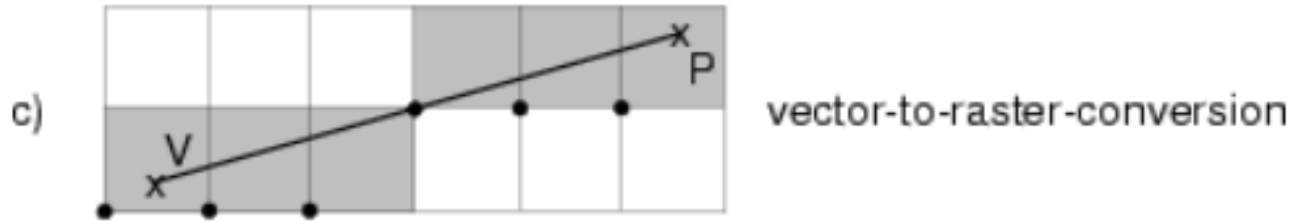
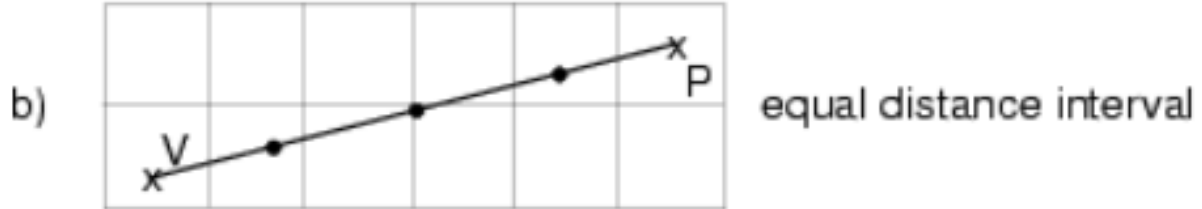
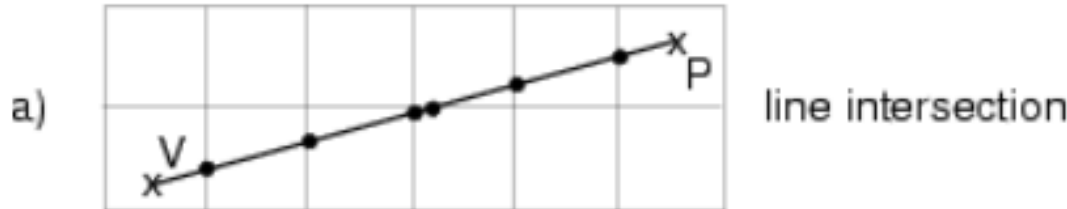
Obstructions from Vector Data (i.e. buildings/fences)  
 Use Vector Features with Heights  
 Heights of Vector Features Relative to Ground  
 Obstruction Area Features Always Hidden

observers.shp



# Otevřené otázky analýzy viditelnosti

- › **Způsob určení průsečíku LoS a interpolační výpočet.**



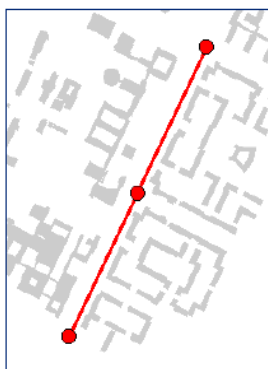
V = viewpoint  
P = evaluated endpoint of Line-of-sight profile



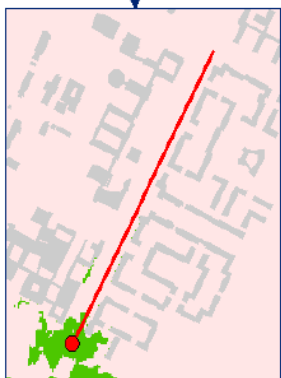


# Viditelnost z linie

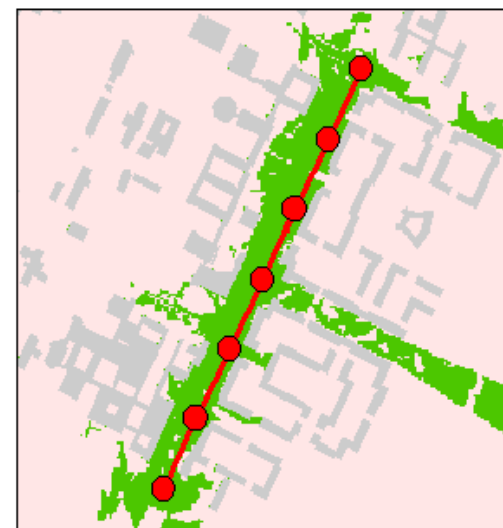
Vliv definice linie  
a její  
generalizace na  
výslednou  
viditelnost



- Viditelné
- Neviditelné
- Vrchol
- Linie
- Budova

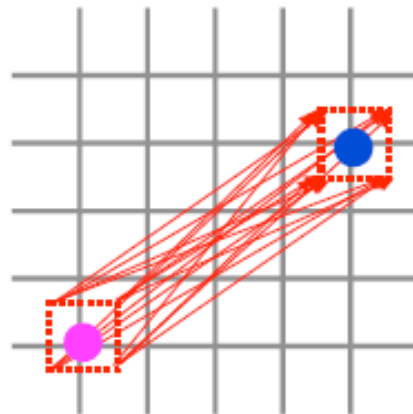
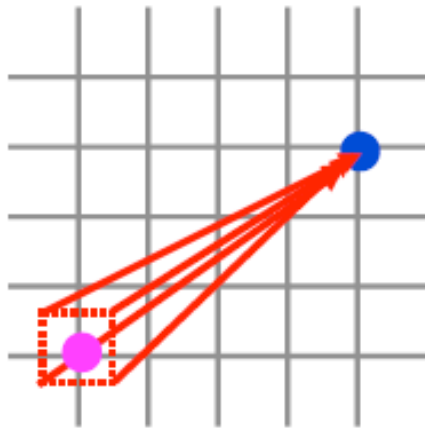
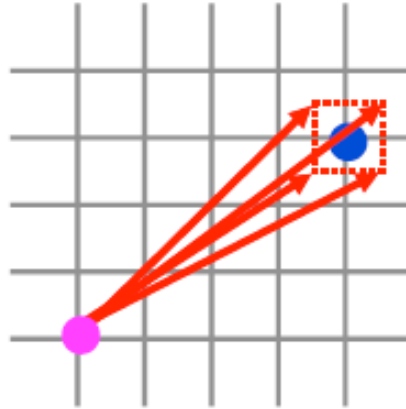
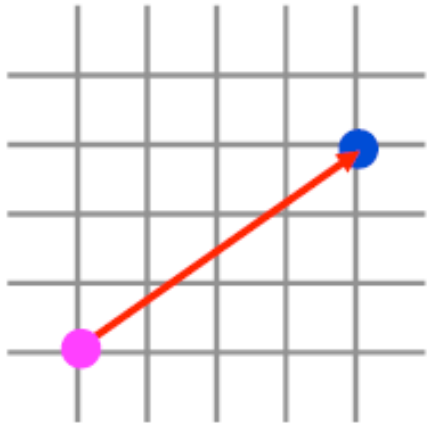


- Viditelné
- Neviditelné
- Vrchol
- Linie
- Budova



Kartografické modelování

# Otevřené otázky analýzy viditelnosti



- Způsob nakládání s pozorovacím a cílovým bodem.

- **Bod x buňka** ovlivňuje komplexitu výpočtu a jeho přesnost.

- **4 možnosti:**

- bod – bod
- bod – buňka
- buňka – bod
- buňka – buňka

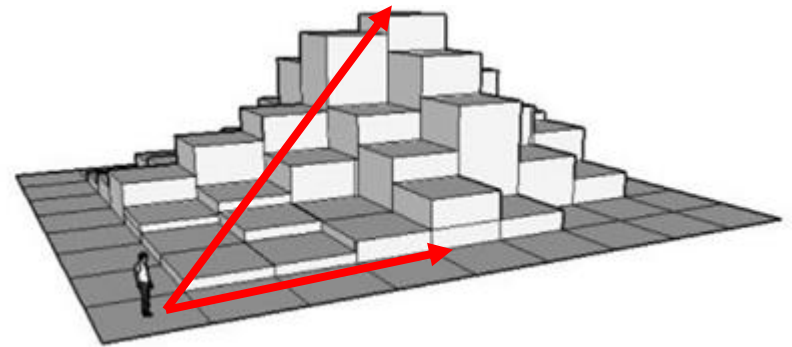
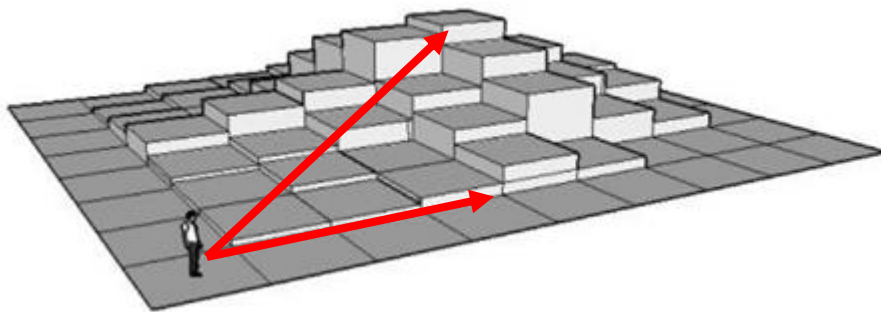
- **4<sup>2</sup>** možností, postupné potvrzení či vyloučení.



# Vertical Visibility Index (Nutsford et al. 2015)

**2 ovlivňující faktory:**

- **Vertikální rozdíl – sklon, orientace, nadmořská výška**
- **Vzdálenost od pozorovatele**



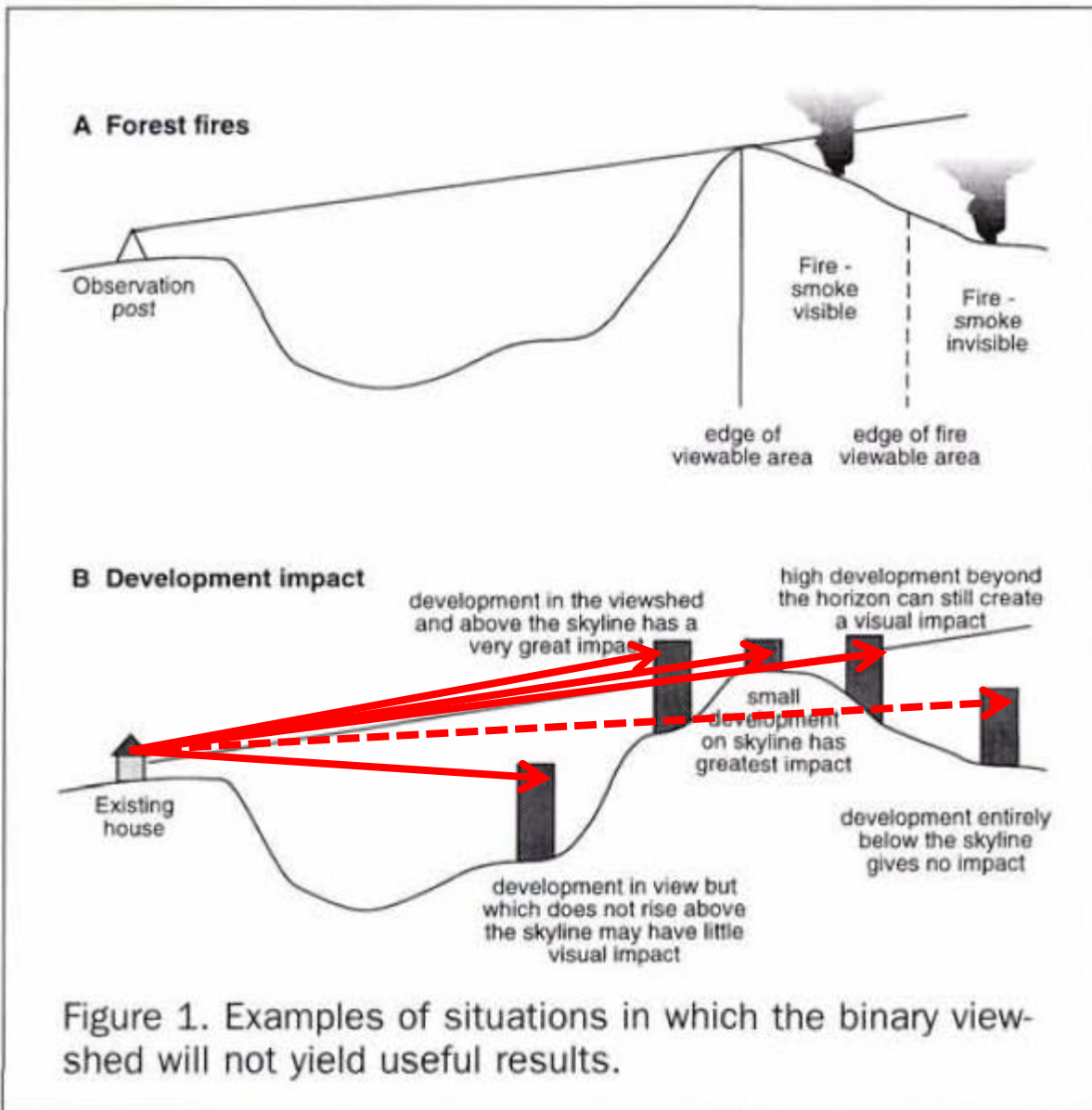
**Viewshed values ale zůstávají stejné.**

**VVI – počítá vertikální úhel mezi dolním a horním okraje viditelné buňky – vizuální významnost.**

**Kartografické modelování**

# Fischer - kritika binárního pohledu

- Prosté (0,1) není dostatečné pro skutečné aplikační úlohy.





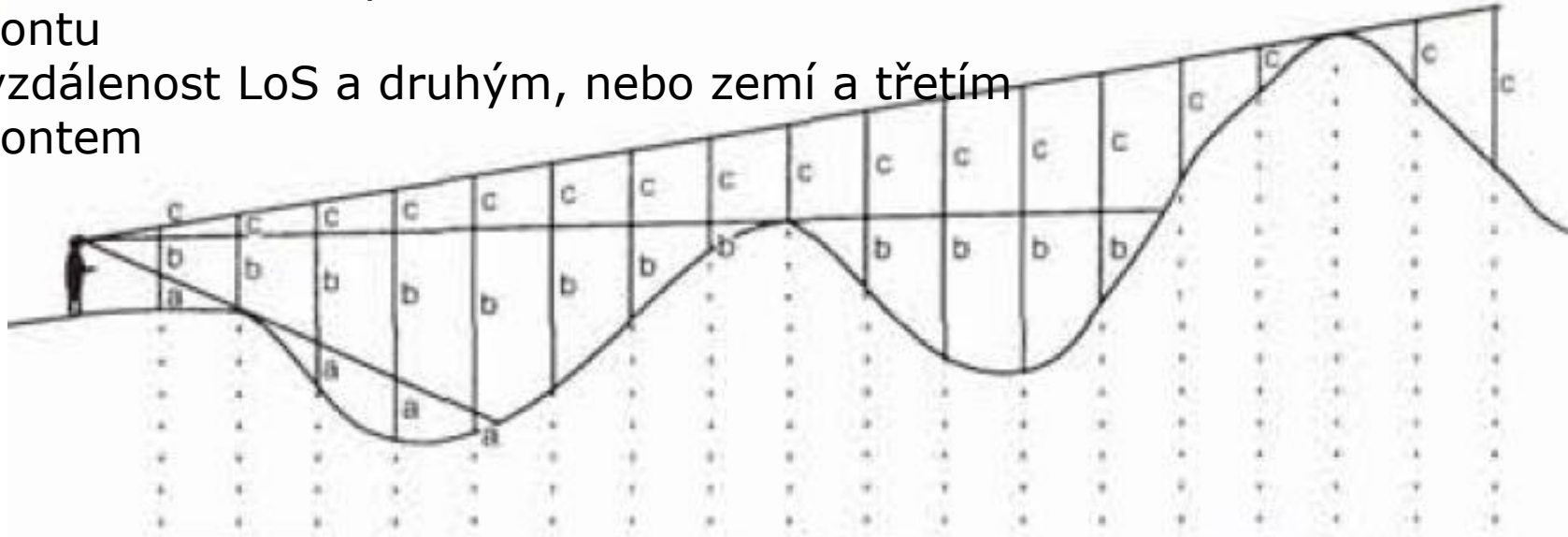
# Alternativní metody (Fischer)

- **A - binární viditelnost**
- **B – viditelnost horizontů:**
  - 1 – viditelný
  - 2 – lokální horizont – místní hranice viditelnosti.
  - 3 – globální horizont (skyline)
  - 0 – neviditelná
- **C – lokální offset - +- nad nebo pod nejbližším horizontem.**
- **D – globální offset - +- nad nebo pod globálním horizontem (skyline).**



# Fischer – alternativní viditelnost

- a – vertikální vzdálenost od povrchu k LoS
- b – vzdálenost mezi povrchem/LoS k druhému horizontu
- c - vzdálenost LoS a druhým, nebo zemí a třetím horizontem



Binární  
Viditelnost  
horizontů  
Lokální  
posun  
Globální  
posun

A	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
B	1	2	0	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	1	1	3	0	0
C	a	0	-a	-a	-a	b	b	b	0	-b	-b	-b	-b	c	c	0	-c	-c
D	a + b + c	b + c	a + b + c	a + b + c	a + b + c	b + c	b + c	b + c	c	b + c	b + c	b + c	b + c			0	-c	-c

Kartog