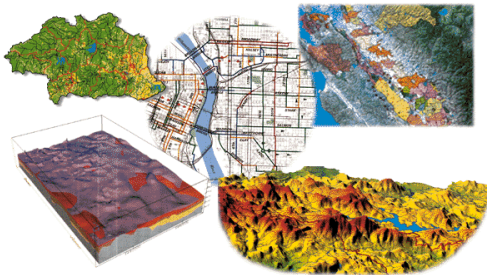


APLIKOVANÁ GEOINFORMATIKA IX



Digitální výškové modely

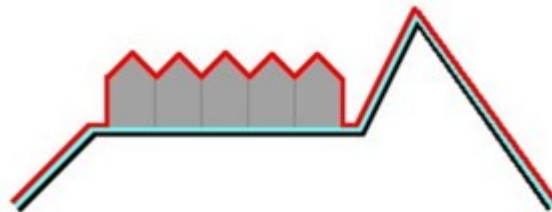


Aplikovaná geoinformatika

DEM vs. DTM vs. DSM

- Digitální výškový model (DEM) – digital elevation model
- Digitální model terénu (DTM) – digital terrain model
- Digitální model povrchu (DSM) – digital surface model
- Termíny se používají často jako synonymum, někdy ovšem chybně
 - DTM – pouze povrch bez /s objektů na něm (bez budov, stromů...)
 - DSM – povrch i s objekty (tak, jak ho měří DPZ)
 - DEM – chápání se liší:
 - a) nadřazený pojem k DSM a DTM
 - b) synonymum k DTM

DSM
DTM



Zdroje výškových dat

- Výsledek zpracování dat DPZ (fotogrammetrie – stereopáry, radary – interferometrie)
- Vrstevnice – zvektorizované z analogových map
- Terénní mapování – vstup z GPS

Struktura dat

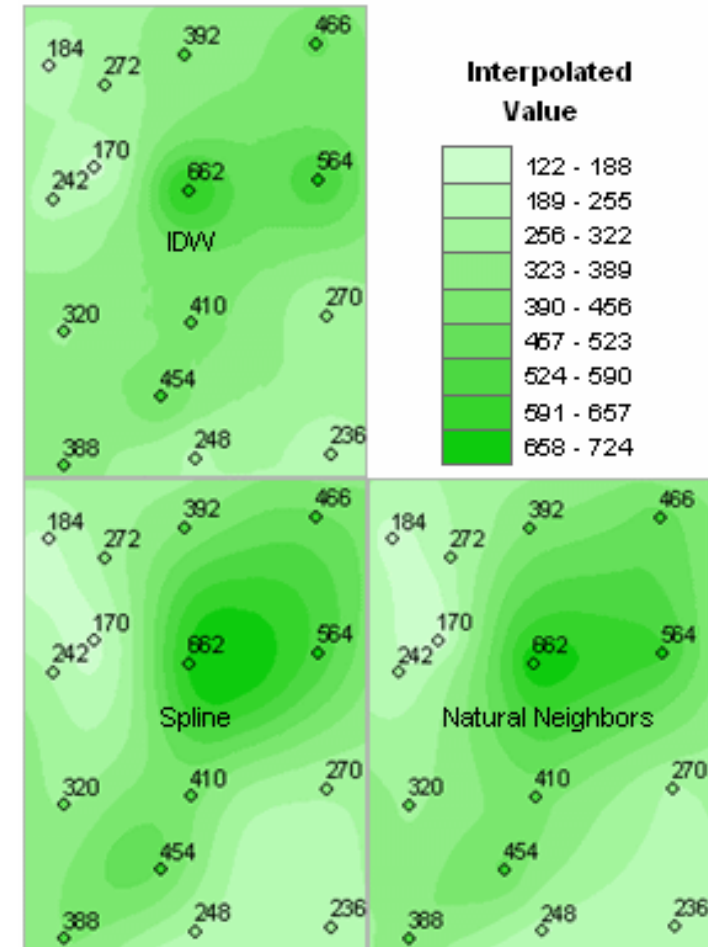
- Rastr (grid) – pravidelné dělení prostoru
- TIN – triangulated irregular network – nepravidelné dělení prostoru
- Vrstevnice
- Výškové body

Rastr – pro a proti

- Nejčastější způsob reprezentace
- Ideální pro data z DPZ – taky rastry
- Nároky na paměť – velký objem dat
- Pravidelná struktura – jednoduché výpočty
- Vlastní kvalita dat – závislost na způsobu generování, typu interpolace
- Přesnost výpočtu a grafiky omezena velikostí buňky – měříme li sklon z bodů vzdálených 30 m bude výsledek jiný, než když budou od sebe 10 m.
- Když mluvíme o nějaké výsledné hodnotě (např. sklonu), měli bychom uvést pro jaké rozlišení rastru byla počítána. Ve cvičení na to nezapomínejte.

Tvorba rastru

- Interpolace výšek bodů rastru z nepravidelně či pravidelně rozmístěného bodového pole
 - IDW
 - Spline
 - Kriging
- Lze zahrnout i další parametry → např. metoda ANUDEM (Hutchinson, 1998) – implementováno do ArcGIS – nástroj Topo to Raster



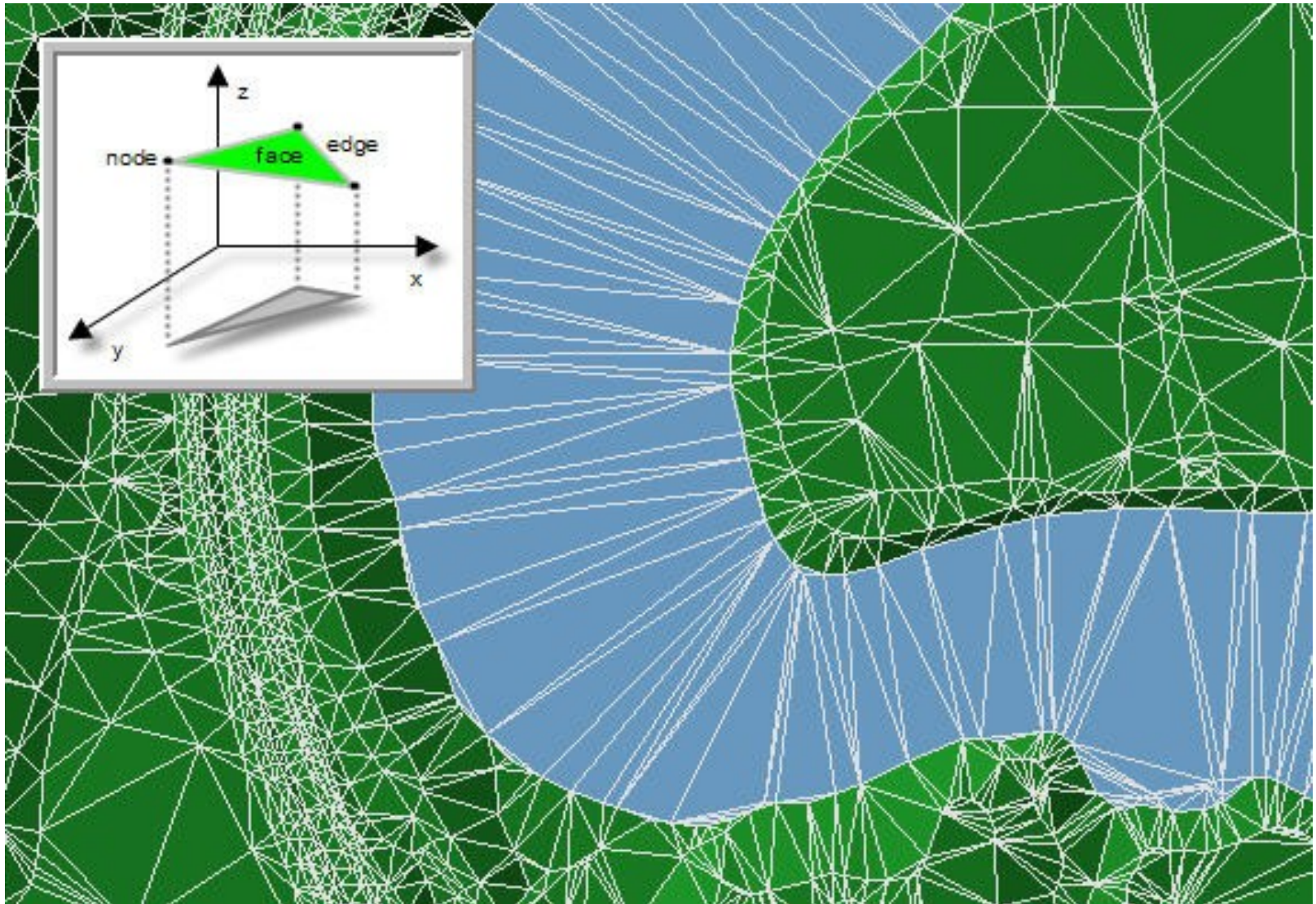
Topo to raster

- „Topo to Raster is based on the ANUDEM program developed by Michael Hutchinson (1988, 1989).“
- Jako vstup mohou sloužit nejen výškové body, ale i vrstevnice, vodní toky, vodní plochy, „sinks“ – prohlubně a hranice zájmového území
- Výsledkem hydrologicky korektní rastr
- Podrobnosti metody viz Help ArcGIS (heslo Topo to Raster)

TIN – Triangulated Irregular Networks

- Založeno na vektorové reprezentaci
- Založeny na trojúhelníkových elementech – facetách, s vrcholy odpovídajícími vstupním výškovým bodům
- Facety jsou plošky – roviny trojúhelníků (spojující tři příslušné body)
- Výběr bodů, které tvoří trojúhelník se nejčastěji řeší podle Delaunayho triangulace
- Řada dalších parametrů při tvorbě TIN
- TIN je hustější v místech členitějšího terénu

TIN – Triangulated Irregular Networks



Tvorba TIN – výběr vstupních bodů

- Body, které leží na všech důležitých singularitách → místa, kde se mění výrazně průběh terénní plochy (vrcholy, hrany, změny sklonu)
- Digitalizované vrstevnice tedy nejsou nejvhodnějším zdrojem, ale lze je použít
- Nepravidelné rozmístění bodů

Delaunay triangulace

- Pro účely triangulace – trojúhelníky by měly být co nejvíc rovnostranné
- Pravidlo, že v kružnici opsané danému trojúhelníku nesmí ležet další bod (princip algoritmu)
- Jestliže spojím středy opsaných kružnic (průsečíky os stran), dostanu Voroného diagram (Thiessenovy polygony)
- Thiessenovy polygony ohradí všechny body oblastí, ve které jsou všechny místa bližší k danému bodu než k jinému bodu z dané množiny bodů

Delaunay triangulace

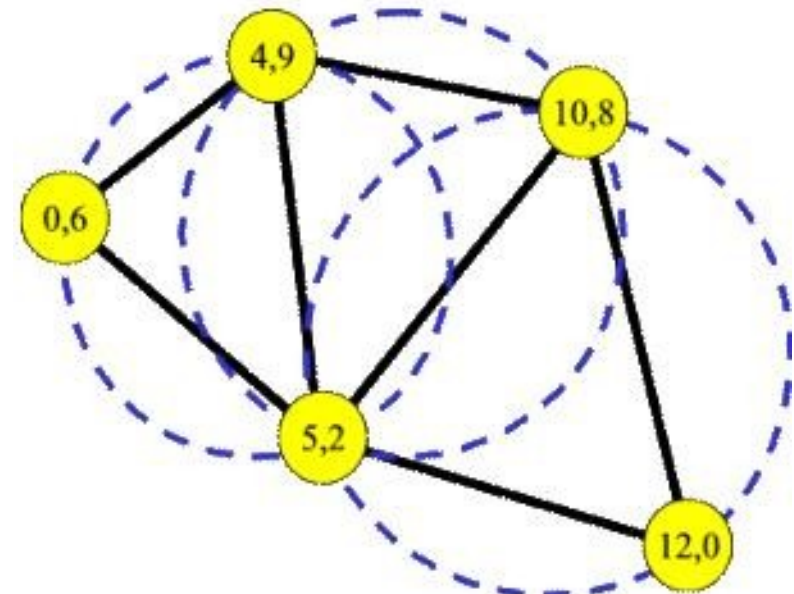
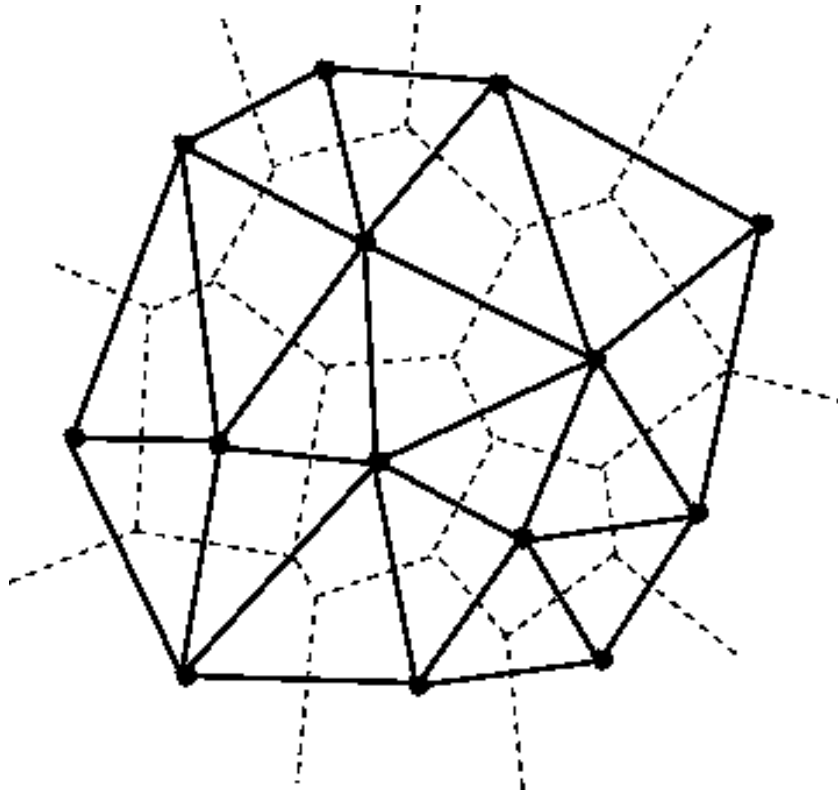
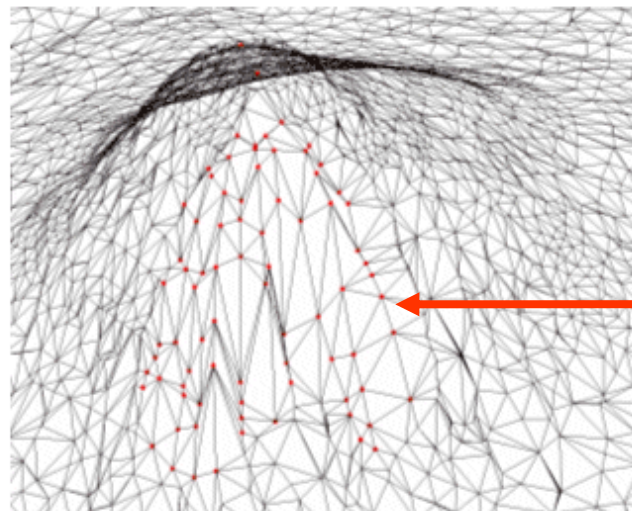
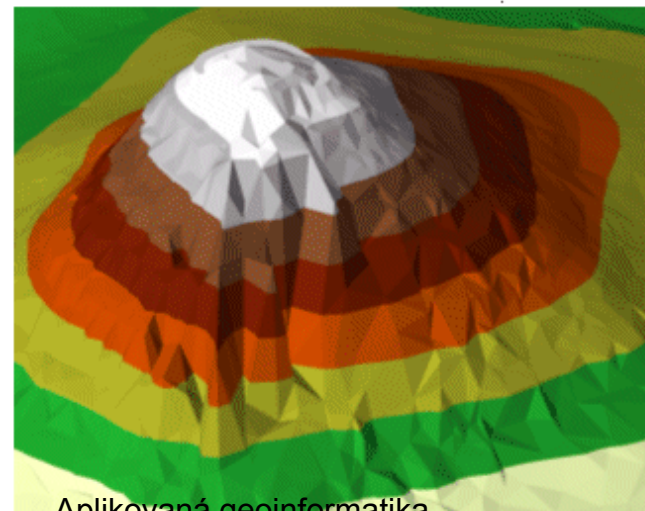
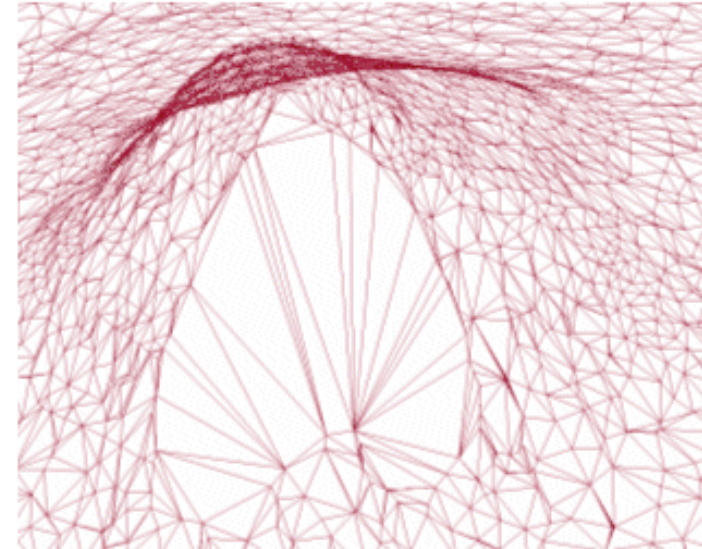
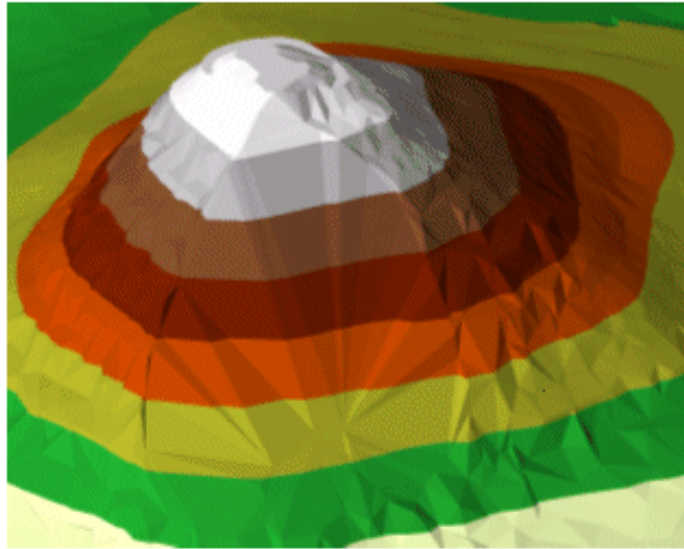
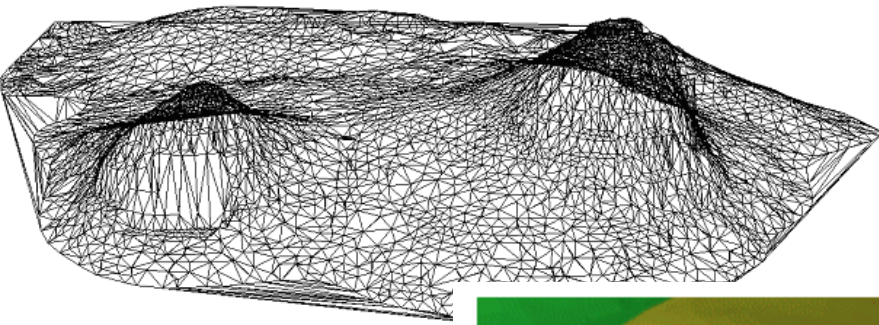


Figure 1.3. Delaunay triangulation.

<http://www.comp.lancs.ac.uk/~kristof/research/notes/voronoi/dt.gif>

<http://www.cs.virginia.edu/~mngroup/hypercast/designdoc/Chp1-Overview/chp1-pic3.jpg>



dodané lomové body

Tvorba TIN v ArcGIS

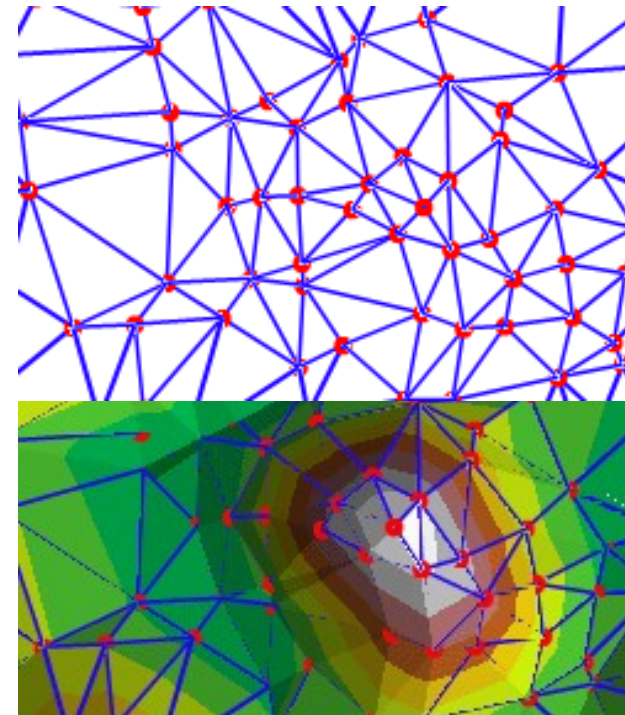
3D Analyst – TIN Management – Create TIN

- from features (např 3D Contours)
- Hard line, soft line, mass points

Hard breaklines represent a **discontinuity in the slope** of the surface (e.g. streams, road cuts).

Soft breaklines allow you to add edges to a TIN to capture **linear features that do not alter the local slope** of a surface. (e.g. study area boundaries).

Mass points jsou body, které mají být jednoznačně nody trojúhelníku.

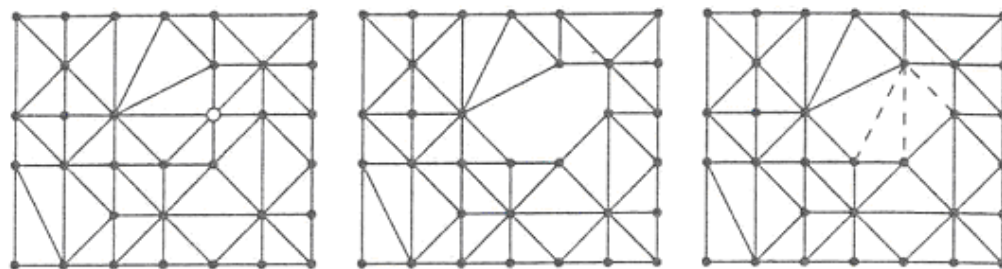


Tvorba TIN z GRID

- Další možný postup
- Speciální případ konverze bodů do TIN
- Metody:
 - Výběr bodu GRID, který se ponechá nebo zruší → jednotlivým bodům přiřazena důležitost, ponechány ty body, kde je největší rozdíl mezi sousedními body.
 - Body se ruší skokově – nepočítá se důležitost, rozhodnout, kdy zastavit vybírání a rušení bodů.
 - Detekce specifických tvarů terénu GRID jako vrcholy, dolíky, sedlové body, hřbetnice a údolnice.

Tvorba TIN z GRID

- Tvorba TIN z gridu →
- TIN – uchováno coby topologie (Tuček 1998)



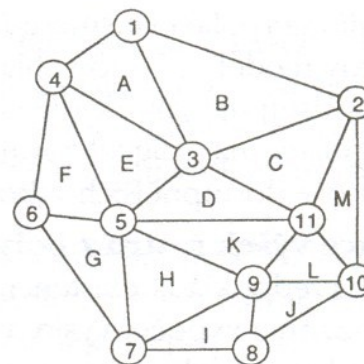
Obr. 6.24.

Datová struktura nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN).

(zpracováno podle Lauriniho a Thompsona, 1992 a Aronoffa, 1989)

Identifikátor trojúhelníka	Sousední trojúhelníky
A	B E
B	A C
C	B D M
D	C E K
E	A D F
F	E G
G	F H
H	G I K
I	H J
J	I L
K	D H L
L	J K M
M	C L

b) Seznam hran



Identifikátor vrcholu	Souřadnice		
	X	Y	Z
1	X ₁	Y ₁	Z ₁
2	.	.	.
3	.	.	.
⋮	.	.	.
11	X ₁₁	Y ₁₁	Z ₁₁

a) Souřadnice vrcholů

Identifikátor trojúhelníka	Vrcholy		
A	1	3	4
B	1	2	3
C	2	3	11
D	5	3	11
E	3	4	5
F	4	5	6
G	5	6	7
H	5	7	9
I	7	8	9
J	8	9	10
K	5	9	11
L	9	10	11
M	2	10	11

c) Seznam vrcholů

TIN – pro a proti

- Menší objem uložených dat než u rastrů – hustota trojúhelníků může být různá podle členitosti terénu
- Umožňuje vypočítat výšku terénu pro jakýkoliv bod (nelimitováno mřížkou rastru)
- Lépe postihuje diskontinuity terénu
- Složitá struktura – složité výpočty
- Velká závislost na vstupních bodech

Shrnutí

- Struktura výškových dat již není tak limitující jako dřív – existují metody, jak převést jednu na druhou, pouze nutnost minimalizace nechtěných artefaktů
- Výběr struktury závisí též na charakteru studovaného terénu
- Vždy platí, že nejvíce se musí dbát na kvalitu vstupních dat

Hodnocení kvality vytvořeného DEM

- Existence falešných prohlubní
- Vizuelní kontrola pomocí stínovaného reliéfu
- Odvození vrstevnic
- Kontrola pomocí existujících výškových bodů
- Úvaha nad velikostí buňky výsledného DEM

Nástroje v ArcGIS

Tvorba rastrů

- 3D Analyst, Spatial Analyst - interpolace
- 3D Analyst, Spatial Analyst - TopoToRaster

Tvorba TIN

- 3D Analyst – Create TIN

Vzájemné převody TIN a rastrů

- 3D Analyst – RasterToTIN, TINToRaster

Terrain dataset v ArcGIS

- Formát ESRI
- Víceměřítkový digitální model
- Založen na TIN
- Pro povrchy s milióny bodů – např. LIDAR
- Vizualizace optimalizována podle měřítka – malé měřítko využívá jen některé body

