

# APLIKOVANÁ GEOINFORMATIKA VIII

Digitální výškové modely



RNDr. Tomáš ŘEZNÍK, Ph.D.

Aplikovaná geoinformatika

Laboratoř geoinformatiky a kartografie

## DEM vs. DTM

DTM is a Deutsche Tourenwagen-Meisterschaft.

- Digitální výškový model (DEM) – digital elevation model
- Digitální model terénu (DTM) – digital terrain model
- Oba termíny se používají často jako synonymum, někdy ovšem pro odlišnou věc
- Pojetí záleží na autorovi, na literatuře, ze které čerpá
- Možná rozdílná chápání DEM / DTM:
  - pouze povrch bez /s objektů na něm (bez budov, stromů...)
  - XYZ / jiný jev zobrazený jako třetí souřadnice

Aplikovaná geoinformatika

## Zdroje výškových dat

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

Aplikovaná geoinformatika

## Struktura dat

- Rastr (grid)
- TIN – triangulated irregular network
- Vrstevnice
- Výškové body

Aplikovaná geoinformatika

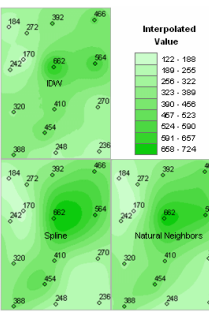
## Rastr

- Nejčastější způsob reprezentace
- Implicitní topologie
- Snadná implementace na PC
- Nároky na paměť
- Nároky na výpočty
- Vlastní kvalita dat – závislost na způsobu generování, interpolaci

Aplikovaná geoinformatika

## Tvorba rastru

- Interpolace výšek bodů rastru z nepravidelně či pravidelně rozmístěného bodového pole
  - IDW
  - Spline
  - Kriging
- Interpolace + zahrnutí dalších parametrů pro tvorbu hydrologicky korektního povrchu
  - např. metoda ANUDEM (Hutchinson, 1998) – implementováno do ArcGIS – nástroj Topo to Raster



Aplikovaná geoinformatika

## 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
- Connected drainage structure
- Correct representation of ridges and streams from input contour data
- Podrobnosti metody viz Help ArcGIS (heslo Topo to Raster)

Aplikovaná geoinformatika



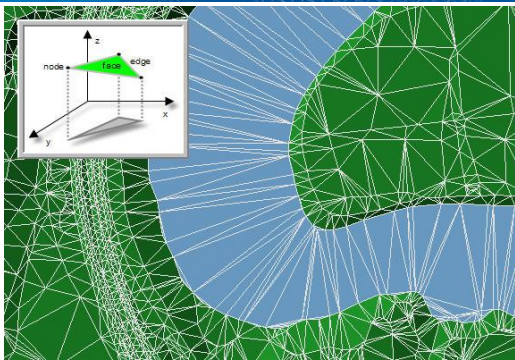
## TIN – Triangulated Irregular Networks

- Založeny na trojúhelníkových elementech – facetách, s vrcholy odpovídajícími vstupním výškovým bodům
- Facety jsou plošky - roviny trojúhelníků (spojující 3 příslušné body)
- Výběr bodů, které tvoří trojúhelník se nejčastěji řeší podle Delaunayho triangulace
- Řada dalších parametrů při tvorbě TINu

Aplikovaná geoinformatika



## TIN – Triangulated Irregular Networks



Aplikovaná geoinformatika



## TIN – vstupní body

- Body, které leží na všech důležitých singularitách → místa, kde se mění výrazně průběh terénní plochy tzv. peaks, ridges, breaks in slope – vrcholy, hrany, změny sklonu
- Digitalizované vrstevnice nejsou nejvhodnějším zdrojem, ale lze je použít
- Nepravidelné rozmístění bodů

Aplikovaná geoinformatika



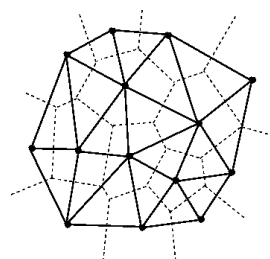
## Delaunay triangulace

- Pro účely triangulace - trojúhelníky by měly být co nejvíc rovnostranné
- Pravidlo, že v kružnici opsané daného trojúhelníka nesmí ležet další bod (princip algoritmu)
- Jestliže spojí středů opsaných kružnic (průsečíky os stran), dostanu Voronoi 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

Aplikovaná geoinformatika



## Delaunay triangulace



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

Aplikovaná geoinformatika

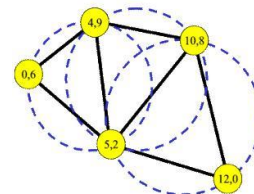
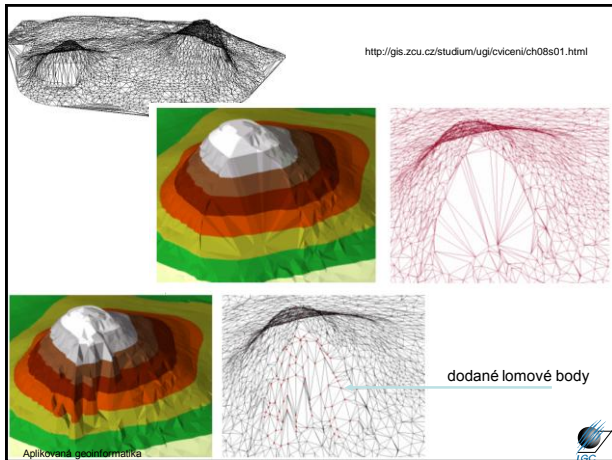


Figure 1.3. Delaunay triangulation.

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





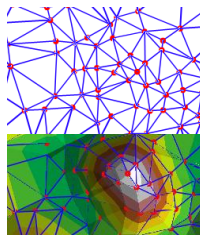
## Tvorba TINu z GRIDu

- Další možný postup
- Speciální případ konverze bodů do TINu
- Metody:
  - Výběr bodu GRIDu, 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 GRIDu jako vrcholy, dolíky, sedlové body, hřbetnice a údolnice.

Aplikovaná geoinformatika

## Tvorba TINu v ArcGIS

- Přes 3D Analyst
- Create TIN →
  - from features (např 3D Contours)
  - Hard line, soft line, mass points
    - Hard breaklines represent a discontinuity in the slope of the surface. Streams and road cuts could be included in a TIN as hard breaklines. Hard breaklines capture abrupt changes in a surface and improve the display and analysis of TINs.
    - Soft breaklines allow you to add edges to a TIN to capture linear features that do not alter the local slope of a surface. Study area boundaries could be included in a TIN as soft breaklines to capture their position without affecting the shape of the surface.
  - Mass points jsou body, které mají být jednoznačně body trojúhelníku



Aplikovaná geoinformatika

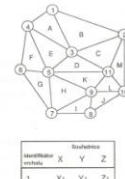
## Tvorba TINu z GRIDu

- Tvorba TINu z gridu →
- TIN – struktura (Tuček 1998)

Obr. 6.24.

Datová struktura nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN). (zpracováno podle Laurintha a Thompsona, 1992 a Aronoffa, 1989)

Identifikátor trojúhelníku	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



Identifikátor trojúhelníku	Vrcholy
A	1 3 4
B	1 2 3
C	2 3 11
D	3 4 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

b) Seznam hran

a) Souřadnice vrcholů

c) Seznam vrcholů

Aplikovaná geoinformatika

## 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
- Velká závislost na vstupních bodech

Aplikovaná geoinformatika

## 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

Aplikovaná geoinformatika

## Hodnocení kvality vytvořeného DEMu

- Existence falešných prohlubní
- Vizuální kontrola pomocí stínovaného reliéfu
- Odvození vrstevnic
- Kontrola pomocí existujících výškových bodů
- Nutná úvaha nad velikostí buňky výsledného DEMu (u rastru)

Aplikovaná geoinformatika



## Primární topografické atributy, které lze odvodit z DEMu (Wilson, Gallant, 2000)

- Výška
- Aspekt (orientace ke světovým stranám)
- Sklon (v % či °)
- Upslope area, length, slope
- Dispersal area, length, slope
- Catchment area – (the area of land from which water runs into the stream = povodí)
- Curvature – konkávní vs. konvexní povrch

Aplikovaná geoinformatika



## Topografické atributy, které lze odvodit z DEMu (Wilson, Gallant, 2000)

Skenované podklady:

- primární topografické atributy
- sekundární topografické atributy
- měřítka a aplikace DEM



TABLE 2.1. Spatial Resolution of Digital Elevation Models (DEMs) and Common Scales of Topographic Data for Generation of DEMs

Scale	Resolution	Common Topographic Data Sources	Hydrological and Ecological Applications
Five degrees	30-300 m	Coarse and coarse-resolution data from vector geospatial and existing topographic maps at scales from 1:5,000 to 1:250,000	Regional-scale hydrological modeling; Spatial analysis of soil properties; Topographic aspect estimates on coarsely spaced data
One degree	300 m to 1 km	Surface elevation point and contour line data obtained by ground control point (GCP) triangulation and/or satellite-based elevation data from GPS, GPS/GNSS, and laser altimetry	Topographic aspect effects on solar radiation; Topographic wetness indices; Hydrological flow separation patterns
Five minutes	30-300 m	Coarse and coarse-resolution data from vector geospatial and existing topographic maps at scales from 1:250,000 to 1:500,000	Regional-scale hydrological modeling; Hydrological modeling for large-scale planning; Hydrological modeling for assessment of land-use change
One minute	30 m to 300 m	Surface elevation point and contour line data digitized from existing topographic maps at scales from 1:50,000 to 1:250,000	Elevation-dependent representations of surface roughness and permeability; Topographic aspect effects on soil properties; Hydrological modeling on moderate scales; Hydrological modeling on moderate scales
30 seconds	15-150 m	Surface elevation point data digitized from existing topographic maps at scales from 1:250,000 to 1:500,000	Hydrological modeling on moderate scales; Hydrological modeling on moderate scales; Hydrological modeling on moderate scales

Aplikovaná geoinformatika



## Další využití DEMu

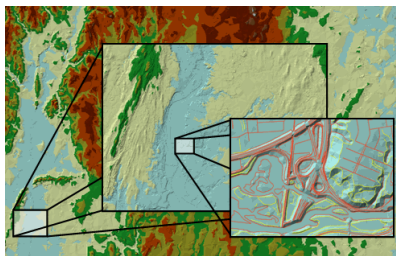
- Identifikace významných bodů a linií v terénu /hřebenů, údolnic – tzv. skeleton
- Rozpoznávání geomorfologických tvarů
- Modelování eroze
- Vstup do srážko-odtokových modelů
- Analýzy viditelnosti
- ...

Aplikovaná geoinformatika



## Terrain dataset v ArcGIS

- Víceměřítkový digitální model
- Založený na TINu
- Ukládání do geodatabáze



Aplikovaná geoinformatika

