

APLIKOVANÁ GEOINFORMATIKA VII

Digitální výškové modely



RNDr. Tomáš ŘEZNÍK, Ph.D.

Aplikovaná geoinformatika, jaro 2009

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

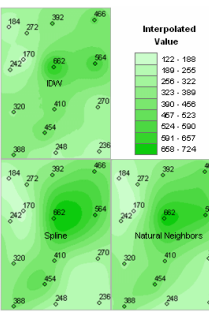
Rastr

- 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



Interpolated Value

| |
|-----------|
| 122 - 188 |
| 189 - 255 |
| 256 - 322 |
| 323 - 389 |
| 390 - 456 |
| 457 - 523 |
| 524 - 590 |
| 591 - 657 |
| 658 - 724 |

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 9.2 (heslo Topo to Raster)

Aplikovaná geoinformatika



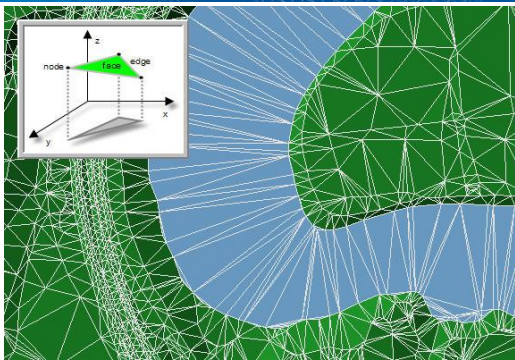
TIN – Triangulated Irregular Networks

- 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 spojíme středy opsaných kružnic (průsečíky os stran), dostaneme 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

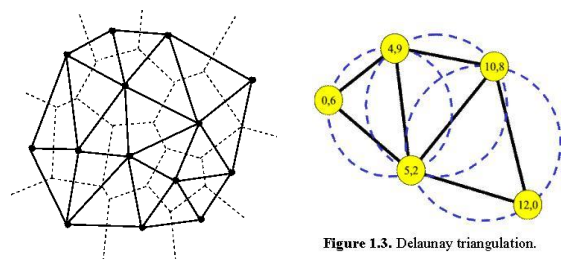


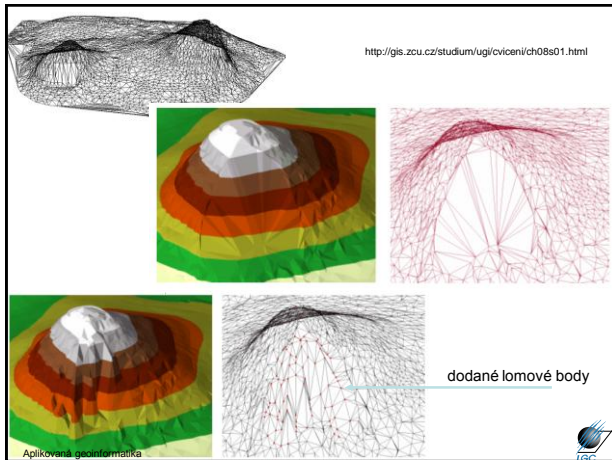
Figure 1.3. Delaunay triangulation.

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

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

Aplikovaná geoinformatika





Tvorba TINu z GRIDu

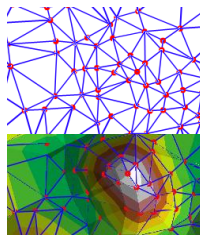
- Další možný postup
- Speciální případ konverze bodů do TINu
- Metody:
 - Výběr bodu GRIDu, který se ponechá nebo zruší → jednotlivým bodům přiřazena důležitost, ponechány ty body, kde je největší rozdíl mezi sousedními body
 - Body se ruší skokově – nepočítá se důležitost, rozhodnout, kdy zastavit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

Aplikovaná geoinformatika



Tvorba TINu v ArcGIS 9.2

- 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 jednoznačné body trojúhelníku

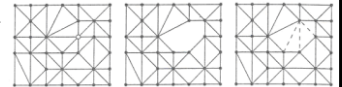


Aplikovaná geoinformatika



Tvorba TINu z GRIDu

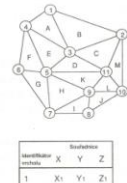
- Tvorba TINu z gridu →
- TIN – struktura (Tuček 1998)



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 5 |
| 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) Seznam 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 Network Attributes of Digital Elevation Models (DNMs) and Common Names 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 satellite photography 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 | 300-300 m | Surface-spectra, point, and contour line data obtained by ground survey using GPS, ranging systems and geographic information system (GIS) data | Topographic aspect effects on solar radiation; Topographic site selection; Watershed delineation |
| Quarter degree | 300-300 m | Coarse and coarse-resolution data from satellite photography and existing topographic maps at scales from 1:250,000 to 1:500,000 | Regional-scale hydrological modeling; Watershed delineation; Hydrological modeling; Watershed delineation; Watershed delineation |
| 15 minutes | 300-300 m | Surface-spectra, point, and contour line data digitized from existing topographic maps at scales from 1:500,000 to 1:2,500,000 | Elevation-dependent representations of surface roughness and permeability; Topographic aspect effects on soil properties; Watershed delineation; Watershed delineation |
| 30 seconds | 300-300 m | Surface-spectra, point, and contour line data digitized from existing topographic maps at scales from 1:2,500,000 to 1:5,000,000 | Watershed delineation; Watershed delineation; Watershed delineation |

Aplikovaná geoinformatika



Další využití DEMu

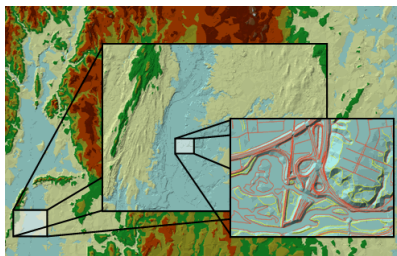
- Identifikace významných bodů a linií v terénu /hřebenů, údolnic – tzv. skeleton
- Rozpoznávání geomorfologických tvarů
- Modelování eroze
- Vstup do srážko-odtokových modelů
- Analýzy viditelnosti
- ...

Aplikovaná geoinformatika



Terrain dataset v ArcGIS 9.2

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



Aplikovaná geoinformatika

