

# **155ADKG: Digitální model terénu a jeho analýzy**

Datum odevzdání: 7.1.2018

**Petra Millarová, Oleksiy Maybrodskyy**

## Contents

# 1 Zadání

## Úloha č. 3: Digitální model terénu

*Vstup:* množina  $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ ,  $p_i = \{x_i, y_i, z_i\}$ .

*Výstup:* polyedrický DMT nad množinou  $P$  představovaný vrstevnicemi doplněný vizualizací sklonu trojúhelníků a jejich expozicí.

Metodou inkrementální konstrukce vytvořte nad množinou  $P$  vstupních bodů 2D Delaunay triangulaci. Jako vstupní data použijte existující geodetická data (alespoň 300 bodů) popř. navrhnete algoritmus pro generování syntetických vstupních dat představujících významné terénní tvary (kupa, údolí, spočinek, hřbet, ...).

Vstupní množiny bodů včetně níže uvedených výstupů vhodně vizualizujte. Grafické rozhraní realizujte s využitím frameworku QT. Dynamické datové struktury implementujte s využitím STL.

Nad takto vzniklou triangulací vygenerujte polyedrický digitální model terénu. Dále proveďte tyto analýzy:

- S využitím lineární interpolace vygenerujte vrstevnice se *zadaným krokem* a v *zadaném intervalu*, proveďte jejich vizualizaci s rozlišením zvýrazněných vrstevnic.
- Analyzujte sklon digitálního modelu terénu, jednotlivé trojúhelníky vizualizujte v závislosti na jejich sklonu.
- Analyzujte expozici digitálního modelu terénu, jednotlivé trojúhelníky vizualizujte v závislosti na jejich expozici ke světové straně.

Zhodnot'te výsledný digitální model terénu z kartografického hlediska, zamyslete se nad slabinami algoritmu založeného na 2D Delaunay triangulaci. Ve kterých situacích (různé terénní tvary) nebude dávat vhodné výsledky? Tyto situace graficky znázorněte.

Zhodnocení činnosti algoritmu včetně ukázek proveďte alespoň na tři strany formátu A4.

### Hodnocení:

Krok	Hodnocení
Delaunay triangulace, polyedrický model terénu.	10b
Konstrukce vrstevnic, analýza sklonu a expozice.	10b
Triangulace nekonvexní oblasti zadané polygonem.	+5b
Výběr barevných stupnic při vizualizaci sklonu a expozice.	+3b
Automatický popis vrstevnic.	+3b
Automatický popis vrstevnic respektující kartografické zásady (orientace, vhodné rozložení).	+10b
Algoritmus pro automatické generování terénních tvarů (kupa, údolí, spočinek, hřbet, ...).	+10b
3D vizualizace terénu s využitím promítání.	+10b
Barevná hypsometrie.	+5b
<b>Max celkem:</b>	<b>65b</b>

Čas zpracování: 3 týdny

## 2 Popis a rozbor problému

Výstupem je program, který dokáže vytvořit nad prostorovou množinou DMT pomocí triangulace, vrstevnice a vizualizovat sklon terénu a jeho expozici.

## 3 Popisy algoritmů

### 3.1 Delaunay triangulace

Delaunay triangulace je nejčastěji používanou triangulací v oblasti GIS, lze jí provádět jak plošně, tak prostorově.

#### Podmínky DLT

- Uvnitř kružnice v libovolném trojúhelníku triangulace neleží žádný jiný bod množiny.
- Tato triangulace maximalizuje minimální úhel v trojúhelníku, avšak neminimalizuje maximální úhel.
- Je lokálně i globálně optimální vůči kritériu minimálního úhlu.
- Triangulace je jednoznačná, pokud žádné čtyři body neleží na kružnici.

Triangulace byla realizována metodou inkrementální konstrukce. Tato metoda je založena na postupném přidávání bodů do již vytvořené triangulace. Hledá se takový bod, který má spolu s dvěma body triangulace nejmenší opsanou kružnici. Každá hrana trojúhelníku je orientována a body hledáme pouze vlevo od ní.

Pokud je nalezen vyhovující bod, jsou do výsledné triangulace přidány orientované hrany nového trojúhelníku. Pokud neexistuje žádný takový bod, změníme orientaci hrany a hledání opakujeme.

Pro ukládání hran se používá tzv. *Active Edge List*. Tato struktura obsahuje hrany, ke kterým hledáme třetí bod. Když je třetí bod k hraně nalezen, hrana je odebrána ze seznamu. Následně se kontroluje, zda není v AEL tato hrana již přítomna s opačnou orientací. Pokud je, je z tohoto seznamu odstraněna. Pokud není, je hrana do AEL naopak přidána. V každém případě je ale hrana přidána do výsledné triangulace. Takto se v algoritmu postupuje, dokud není AEL prázdný.

### 3.2 Vrstevnice

Vrstevnice byly počítány pomocí lineární interpolace. U lineární interpolace je rozestup mezi dvěma body konstantní, spád terénu taktéž.

Princip spočívá ve vyhledání průsečnice roviny určené postupně každým trojúhelníkem a roviny vodorovné se zadanou výškou  $h$ , ve které chceme bod vrstevnice nalézt.

Zda protíná rovina stranu trojúhelníku lze zjistit jednoduchým testem:  $(z - z_i)(z - z_{i+1}) < 0$ .

Pokud je průsečnicí těchto rovin úsečka, vypočítají se souřadnice jejích bodů následovně:

$$x_a = \frac{(x_3 - x_1)}{z_3 - z_1}(z - z_1) + x_1,$$

$$y_a = \frac{(y_3 - y_1)}{z_3 - z_1}(z - z_1) + y_1,$$

$$x_b = \frac{(x_2 - x_1)}{z_2 - z_1}(z - z_1) + x_1,$$

$$y_b = \frac{(y_2 - y_1)}{z_2 - z_1}(z - z_1) + y_1.$$

### 3.3 Počítání sklonu

Výpočet sklonu se provádí nad každým trojúhelníkem v DMT. Trojúhelník je jasně daný dvěma vektory, odchylka  $\varphi$  dvou rovin se spočte následovně:

$$\varphi = \arccos\left(\frac{n_1 n_2}{|n_1 n_2|}\right).$$

### 3.4 Orientace svahu

Orientace svahu v bodě je definována jako azimut  $A$  průřezu gradientu  $\nabla\rho(x_0, y_0, z_0)$  do roviny  $xy$ , který se spočte jako

$$A = \arctan\left(\frac{n_1}{n_2}\right), A \in \langle 0, 2\pi \rangle,$$

kde  $n_1, n_2$  jsou vektorové součiny vektorů, které tvoří daný trojúhelník.

## 4 Vstupní data

Do programu lze načíst soubor ve formátu *\*.txt*, který na každém řádku obsahuje XYZ souřadnice jednoho vkládaného bodu:

54625.84 23547.74 250.5

54826.52 23580.78 266.7

54752.66 23612.32 245.8

.  
. .  
.

## 5 Výstupní data

Program načte vstupní data a po stisku tlačítka *Delaunay triangulation* vykreslí body a jejich triangulaci. Při každém vykreslení triangulace se aktualizuje šířka okna a podle té se pak body natransformují a zobrazí.

Poté si uživatel může zvolit, zda chce vizualizaci vrstevnic (tlačítko *Contour lines*) - zde je potřeba si nastavit požadovaný interval a rozmezí, ve kterém se vrstevnice generují (pro orientaci vidí uživatel výšku nejnižšího a nejvyššího z načtených bodů). Také lze barevně zobrazit sklon terénu (*Slope*) a jeho orientaci (*Orientation*). Pro vyčištění plochy a ponechání pouze načtených bodů slouží tlačítko *Clear*.

## 6 Ukázky aplikace

Vzhledem k nejasné chybě v algoritmu pro triangulaci je tato kapitola omezená jen na ukázkou vzhledu UI a vykreslení vrstevnic.

## 7 Závěr

Byla vytvořena aplikace, která nad Delaunay triangulací počítá a zobrazuje sklon, vrstevnice a orientaci svahu. Aplikace má pár nedostatků, které již bohužel autoři nestihli opravit.

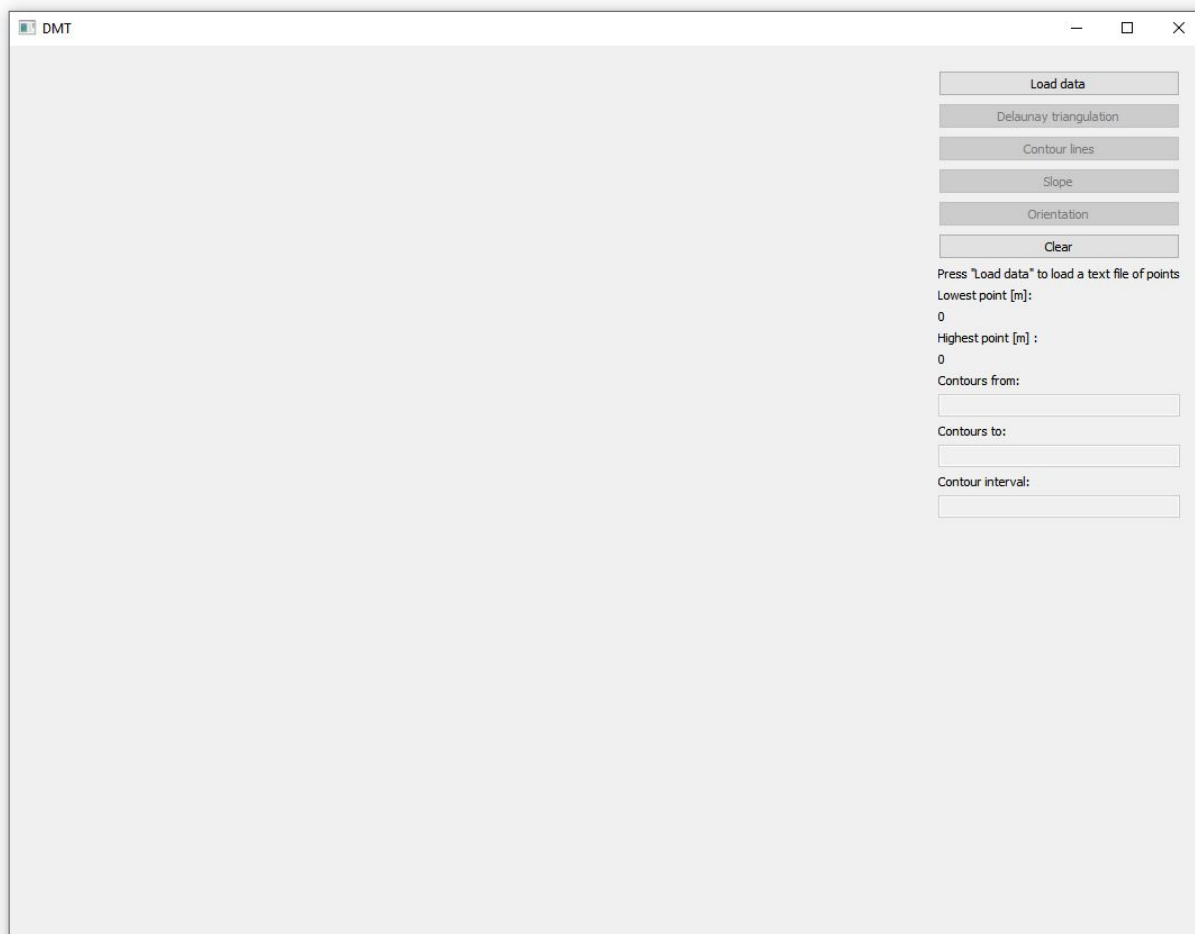


Figure 1: Vzhled aplikace při otevření

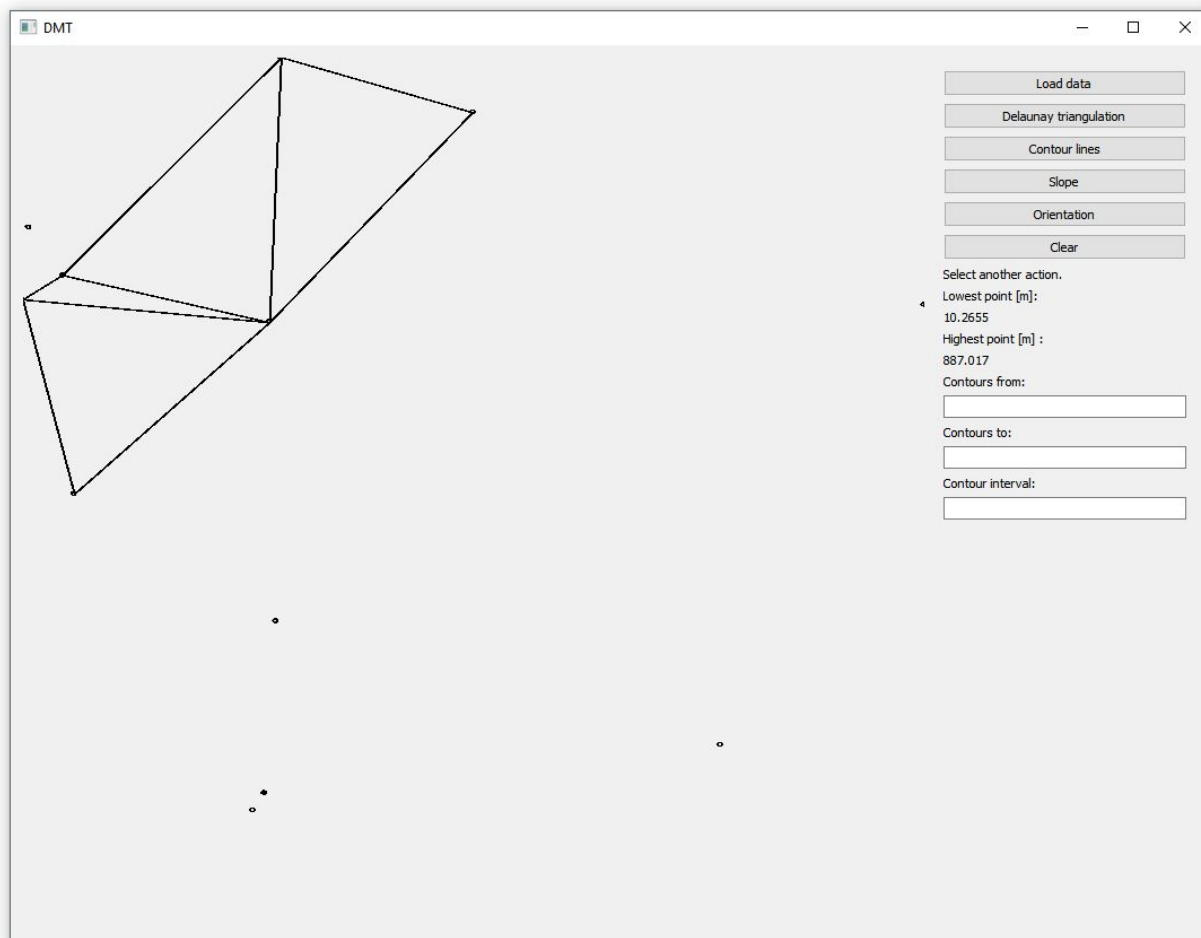


Figure 2: Aplikace po provedení triangulace

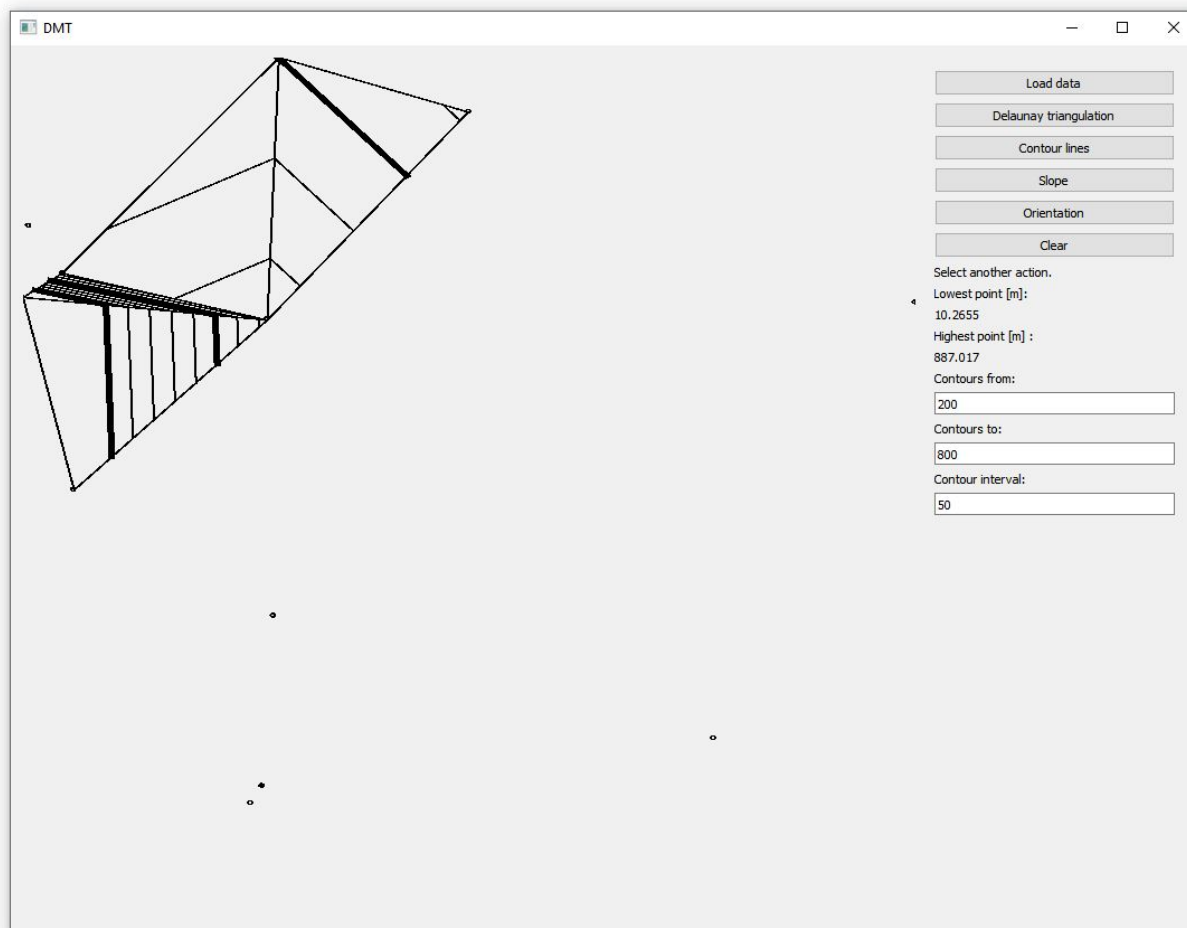


Figure 3: Aplikace po zobrazení vrstevnic



## 7.1 Náměty na vylepšení

V aplikaci je několik problému, které jsou vyřešeny špatně a bohužel nezbyl čas je opravit. Mezi tyto chyby patří:

- Špatné počítání sklonu - barva by se měla údajně měnit v různých stupních šedi.
- Špatný výpočet orientace - při každém překreslení dává jiné výsledky.
- Špatné zadávání velkého množství dat - z autorce neznámého důvodu program zvládá načíst menší soubor s ručně psanými daty, ale data převzatá od kolegy Bc. Bucka a upravená autorem načíst nelze. Autorka se domnívá, že je problém buď ve formátu převzatých dat nebo v načítání, které by mohlo být zbytečně pomalé a zdlouhavé. Bohužel nezbyl čas na to zjistit, o kterou z těchto dvou příčin by se mohlo jednat.