

Identifikácia kvapľov v 3D modeli jaskyne Domica

Antónia Matisová

3Ib, 2017 - 2018

Abstrakt. Ako vo väčšine oblastí dnešného sveta aj pri analyzovaní 3D modelu jaskyne Domica máme veľké množstvo dát, z ktorých by bolo dobré automaticky získavať informácie. V práci sa preto venujeme algoritmom na identifikáciu kvapľov v 3D modeli. Návrh a implementácia rôznych prístupov by mala prispieť k lepšej automatizácii pri analýze veľkého množstva dát, ktoré 3D model jaskyne poskytuje.

Kľúčové slová: 3D model, graf, kvapľ, lokálne minimum, súbor PLY

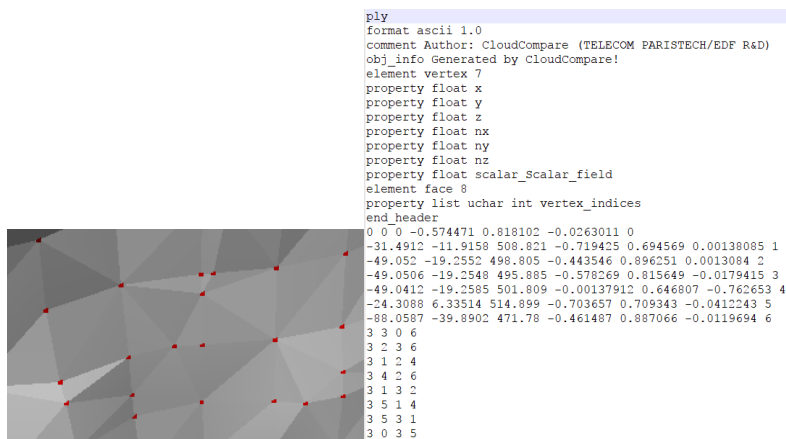
1 Úvod

Rozsiahlosť jaskýň a podmienky v nich sťažujú ich skúmanie. Jedným zo spôsobov ako skúmať jaskynné útvary mimo prostredia jaskyne je napríklad naskenovanie jaskyne laserovým skenerom a z týchto naskenovaných dát vyrobiť 3D model, ktorý je možné ďalej analyzovať.

Naša práca sa preto zaoberá algoritmami na identifikácii kvapľov v 3D modeli jaskyne. Pri algoritmoch využívame fakt, že 3D model je reprezentovaný ako graf. Tento graf, s ktorým pracujeme je uložený v súbore formátu PLY. Na zobrazenie 3D modelu a výstupov naprogramovaných algoritmov, ktoré tiež ukladáme do súboru formátu PLY používame program MeshLab.

Cieľom našej práce je prieskum doterajších riešení danej problematiky a následný návrh algoritmov, ktoré prispedia k identifikácii kvapľov v 3D modeli. Po implementácii algoritmov ich otestujeme na testovacom 3D modeli a vyhodnotíme ich výstupy.

1.1 3D model jaskyne a jeho uloženie v súbore formátu PLY



Obrázok 1. Vľavo je priblíženie 3D modelu a vpravo je štruktúra súboru formátu PLY

Ako sme už spomínali 3D model je reprezentovaný ako graf. Tento graf má steny ohraničené vždy tromi hranami grafu, takže steny tvoria trojuholníky. Táto štruktúra sa dá uložiť napríklad do súboru formátu PLY, ktorý plánujeme v rámci práce používať pre tento účel. V tomto súbore je táto štruktúra uložená tak, že sú tu zapísané informácie o vrcholoch a stenách grafu. Ako je vidieť na obrázku vyššie za hlavičkou súboru kde sú uložené informácie o poradí stĺpcov z jednotlivými parametrami vrcholov grafu a informácie o počte vrcholov a stien nasledujú riadky s hodnotami jednotlivých vrcholov a stien grafu. Steny sú zapísané tak, že prvá hodnota charakterizuje počet vrcholov, ktoré ju tvoria a nasledujúce sú indexy týchto vrcholov v zozname vrcholov.

1.2 Identifikácia kvapľov popisovaná v literatúrach

Spôsobov ako identifikovať kvaple v 3D modely je niekoľko. Napríklad v článku [1] je popísaný algoritmus na hľadanie lokálnych miním v 3D modely, za lokálne minimum tento algoritmus označí vrchol, ktorý má menšiu súradnicu z než všetci jeho susedia. Tieto lokálne minimá sú potom považované za konce kvapľov.

Algoritmus 1. Nájdenie lokálnych miním v 3D modely z článku [1]

VSTUPY: graf $G = (V, E)$

VÝSTUP: zoznam lokálnych miním L_m

L_m := prázdny zoznam;

for $v \in V$ **do**

$N(v)$:= zoznam susedov v ;

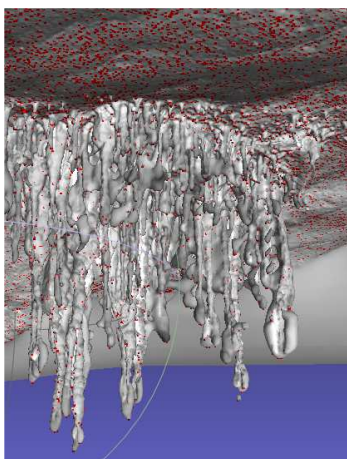
if $(z_v \leq z_{v_i}) \wedge (n_z < 0)$ pre všetky $v_i \in N(v)$ **then**
 pridanie v do L_m ;

end
end

Iný prístup na nájdenie kvapľov je popisovaný v článku [2] kde sa zaoberali identifikáciou stalagmitov pomocou porovnávania súradníc stredov elíps, ktoré vznikli z 3D modelu po jeho rozčlenení vodorovnými plochami. Za jeden stalagmit sú potom považované tie elipsy, ktorých súradnice stredov sú od seba bližšie než zadaná vzdialenosť.

2 Návrh riešenia

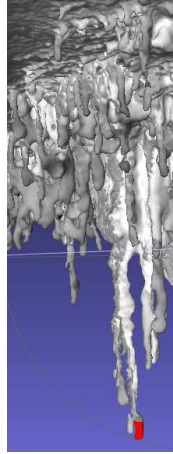
Ako východiskový sme si zvolili algoritmus na nájdenie lokálnych miním popisovaný v článku [1].



Obrázok 2. Lokálne minimá podľa algoritmu z článku [1]

2.1 Algoritmus na nájdenie kvapľa po prvé rozvetvenie

Keďže máme vrcholy, v ktorých je lokálne minimum kvapľa tak sme navrhli algoritmus, ktorý oddelí jeden kvapeľ až po jeho prvé rozvetvenie a začne vo vrchole jeho lokálneho minima. To, že nastalo rozvetvenie zistí algoritmus tak, že sused vybraného vrcholu, ktorý ešte nebol v rade má menšiu súradnicu z než vrchol vybraný z radu, lebo z radu sa vyberá od najmensej súradnice z takže ak by to nebolo rozvetvenie tak tento sused by už bol spracovaný dakedy skôr.



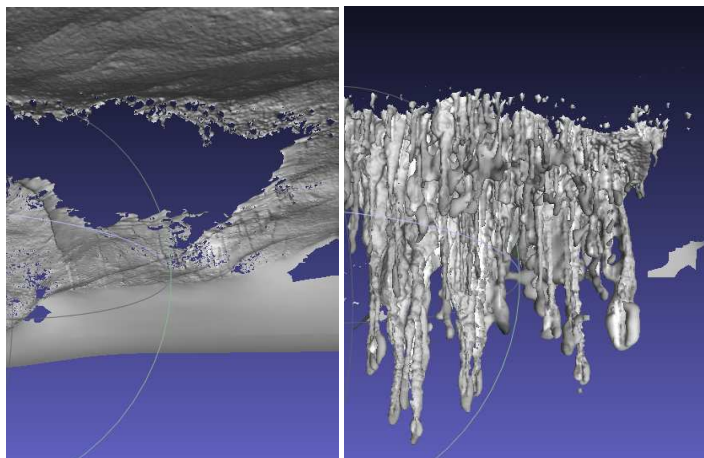
Obrázok 3. Jeden kvapľ po prvé rozvetvenie

Algoritmus 2. Na nájdenie kvapľa po jeho prvé rozvetvenie

VSTUPY: graf $G = (V, E)$, vrchol minima kvapľa v_m
VÝSTUP: zoznam vrcholov prislúchajúcich kvapľu L_k
 L_k := prázdny zoznam;
 // na vrcholy usporiadané od najmenšej súradnice z
 Rad := prázdny zoznam;
 // na vrcholy, ktoré už boli v Rad
 Bol := prázdny zoznam;
 $NastalOhyb$:= false;
 Rad pridať v_m ;
 Bol pridať v_m ;
while ($NastalOhyb = false$) $\wedge$ (je niečo v Rad) **do**
 $v \leftarrow Rad$;
 L_k pridať v ;
 $N(v)$:= zoznam susedov v ;
 for $s \in N(v)$ **do**
 if ($NastalOhyb = true$) **then**
 break;
 end
 if $s \notin Bol$ **then**
 Rad pridať s ;
 Bol pridať s ;
 if $z_s < z_v$ **then**
 $NastalOhyb := true$;
 end
 end
 end
end

2.2 Algoritmus na oddelenie stropu od kvapľov

Ďalším algoritmom, ktorý budeme popisovať je algoritmus na oddelenie stropu od kvapľov. Vráti zoznam vrcholov 3D modelu, ktoré podľa tohto algoritmu patria stropu. Za strop sú považované tie vrcholy, ktoré patria niektorej stene 3D modelu a táto stena má odchýlku od vodorovnej roviny menšiu ako zadany uhol a steny stropu spolu tvoria ucelenú plochu, ktorá obsahuje zadany vrchol, ktorý patrí stropu.



Obrázok 4. Vľavo je strop jaskyne, ktorý vrátil algoritmus pri maximálnom uhle stropu 40° a vpravo sú kvaple po odstránení stropu

Algoritmus 3. Na nájdenie vrcholov, ktoré patria stropu

VSTUPY: graf $G = (V, E)$, vrchol zo stropu v_s , maximálny uhol stropu u_m
VÝSTUP: zoznam vrcholov prislúchajúcich stropu L_s
 $L_s :=$ prázdny zoznam; $Rad :=$ prázdny zoznam;
 L_s pridaj v_s ; Rad pridaj v_s ;
while (je niečo v Rad) **do**
 $v \leftarrow Rad$;
 $L_{steny} :=$ steny obsahujúce v ;
 for $s \in L_{steny}$ **do**
 if (všetky $v_i \in s$, $v_i \neq v$) ($v_i \in L_s$) **then**
 continue;
 end
 $uhol :=$ uhol odchýlky s od vodorovnej roviny
 if $uhol \leq u_m$ **do**
 for $v_i \in s$ **do**
 if ($v_i \notin L_s$) **then**
 L_s pridaj v_i ;
 Rad pridaj v_i ;
 end
 end

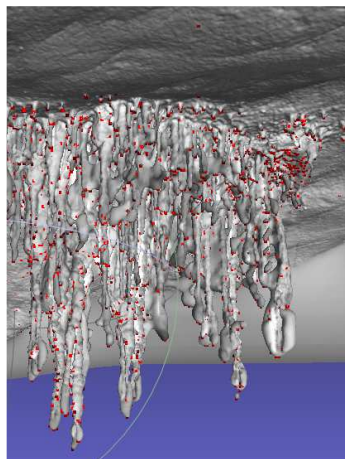
```

end
end
end
end

```

2.3 Algoritmus na nájdenie lokálnych miním, ktoré nepatria stropu

Tento algoritmus vráti tie lokálne minimá 3D modelu, ktoré neboli označené, že patria stropu. Ako je na obrázku nižšie vidieť lokálnych miním, ktoré boli spôsobené len miernym zvlnením stropu je podstatne menej ako pri pôvodnom algoritme na hľadanie lokálnych miním.



Obrázok 5. Lokálne minimá nepatriace stropu

Algoritmus 4. Na nájdenie lokálnych miním, ktoré nepatria stropu

```

VSTUPY: graf  $G = (V, E)$ , vrchol zo stropu  $v_s$ , maximálny
uhol stropu  $u_m$ 
VÝSTUP: zoznam lokálnych miním, ktoré nepatria stropu  $L_m$ 
 $L_m :=$  prázdny zoznam;
 $L_{minima} :=$  všetky lokálne minimá  $G$ ;
 $L_{strop} :=$  vrcholy, ktoré patria stropu;
for  $v \in L_{minima}$  do
    if  $v \notin L_{strop}$  do
         $L_m$  pridaj  $v$ ;
    end
end

```

3 Záver

Popisované algoritmy testujeme na skúšobnom 3D modeli a porovnávame ich výstupy s očakávaným výsledkom. Plánujeme stretnutia so zástupcami z ústavu geografie, na ktorých si ešte ujasníme niektoré otázky ohľadom geografickej stránky riešenej problematiky. Na základe tohto ujasnenia plánujeme upraviť doterajšie a navrhnúť ďalšie algoritmy na identifikáciu kvapľov v 3D modeli jaskyne Domica.

Literatúra

1. Silvestre I., Rodrigues J.I., Figueiredo M. and Veiga-Pires C., 2014. High-resolution digital 3D models of Algar do Penico Chamber: limitations, challenges, and potential. International Journal of Speleology, 44 (1), 25-35. Tampa, FL (USA) ISSN 0392-6672
<http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.44.1.3>
2. Stéphane Jaillet, Benjamin Sadier, Souhail Hajri, Estelle Ployon, Jean-Jacques Delannoy: Une analyse 3D de l'endokarst: applications lasergrammétriques sur l'aven d'Orgnac (Ardèche, France)
<https://geomorphologie.revues.org/9594#tocto2n9>
3. T. Rabbani, F. A. van den Heuvelb, G. Vosselmanc: SEGMENTATION OF POINT CLOUDS USING SMOOTHNESS CONSTRAINT
http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part5/paper/RABB_639.pdf