

# Posudek oponenta diplomové práce

*Autor práce: Bc. Jan Pícek*

*Název práce: Tvorba kartograficky správných vrstevnic z dat LLS v rovinatém terénu*

Cílem diplomové práce Bc. Jana Pícku představoval vývoj algoritmu pro konstrukci kartograficky korektních vrstevnic v oblastech s malým převýšením. Zvolené téma je aktuální a představuje významný problém, se kterým se setkáváme v rovinatých oblastech, kdy jsou stávajícími algoritmy generovány vrstevnice nepřirozených tvarů s vysokou mírou oscilace. Diplomová práce je zaměřena do oblasti digitální kartografie, je prací teoretickou.

Předložená diplomová práce má 64 stran, je doplněna 5 přílohami ilustrujícími výstup generalizačních algoritmů.

Úvodní část práce je věnována popisu základních pojmů souvisejících s řešeným tématem práce. Autor se věnuje problematice laserového skenování, vlastnostem vrstevnic, požadavkům na ně kladeným. Za cennou považuji část věnující se požadavkům na výškovou a tvarovou přesnost vrstevnic. Popisuje také některé generalizační a vyhlazovací algoritmy. K této části práce mám několik připomínek. Autor se v řadě nedrží existující terminologie, snaží se vytvářet definice vlastní. Použitá terminologie není jednotná, autor střídá kartografický pohled s pohledem inženýrským, a to i v jedné definici. Výklad některých pojmů z oblasti kartografie (zejména z oblasti generalizačních algoritmů) je mnohdy obtížněji pochopitelný, připomíná strojový překlad a vede k otázce, zda autor algoritmus pochopil, či mu dělá problémy správně formulovat jeho princip. Některé připomínky a nepřesnosti uvádím:

- str. 13: „...hloubnice ... spojují místa s totožnou zápornou výškou“. Použít vhodnější formulaci, proč by výška měla nabývat záporných hodnot?
- str. 13: „Vrstevnicový interval pro celou mapu se zpravidla označuje jako ekvidistance mapy“. Pojem ekvidistance je v kartografii vícevýznamový, jeho použití v tomto kontextu není typické, vyhnul bych se proto příslovečnému určení „zpravidla“.
- str. 14: „Základní vrstevnice ... mají nadmořskou výšku dělitelnou základním vrstevnicovým intervalem“. Není přesné, jejich výška je celočíselným násobkem základního intervalu (např. 12 je dělitelné 5, ale nikoliv beze zbytku).
- str. 15: Co znamená nadtržení ve vzorci?
- str. 16: „Na českých mapových dílech (např. ZABAGED, technicko-hospodářské mapy) je závislá výšková přesnost podle řady kritérií...“. Lépe formulovat.
- str. 16: „V dnešní době je díky kvalitním datům výšková přesnost samozřejmostí“. Věta nedává smysl.
- str. 17: „Interpolací rozumíme dopočítání hodnot z bodů“. Takto uvedená definice je chybná, geoinformatik by se měl vyjádřit odborněji.
- str. 17: „Mezi nejčastější interpolace patří: lineární interpolace, polynomická interpolace, spline, kriging, IDW, Topo to Raster“. Které z těchto interpolací jsou „polynomické“?
- str. 18: „Při generalizaci malých tvarů je nutno dodržovat poloměr křivosti vrstevnic“. Co je chápáno jako poloměr křivosti vrstevnice?
- str. 21: „Na rozdíl od výběru nebo zjednodušení je při agregaci generována nová lokalita bodů“. Věta nedává smysl.

- str. 22: „...snaha o redukci systematické odchylky od původní křivky (ani v rámci tolerance)“. Věta nedává smysl.
- str 23: „V dalším kroku je pro každý bod v daném koridoru vypočítána vertikální vzdálenost od spojnice bodu začátku a konce.“ DP algoritmus nepracuje s vertikální (tj. s výškovou) charakteristikou bodu.
- str. 25: „V prvním kroku zjišťujeme počet uzlů vrstevnice“. Pokud chápeme uzel jako bod stupně 3, tak takovými body vrstevnice zpravidla nedisponují (kromě některých specifických terénních tvarů).
- str. 26. Kapitola 4.2.5: Nejedná se o generalizaci, ale vyhlazení.

Otázkou je, proč autor vybral právě tyto algoritmy, jejich výběr není zdůvodněn a přijde mi poněkud chaotický. Domnívám se, že DP algoritmus nemusí být preferovaným přístupem pro generalizaci vrstevnic, jeho typickou vlastností je uchování tvaru, avšak méně již křivosti. Při jeho aplikaci mohou vznikat nepřirozené lomy na prvcích, proto nebývá používán např. pro generalizaci komunikací; pro tento účel je zpravidla preferován např. bend simplify.

Těžiště práce představují kapitoly 5 a 6, které se zabývají vývojem generalizačních algoritmů. Autor vyvinul tři metody generalizace, prezentované myšlenky i postupy jsou původní a dosahují zajímavých výsledků. Výhradu mám k počtu citací zahraničních publikací, které se týkají problematiky generalizace vrstevnic, a k absenci popisu algoritmů formálním jazykem.

První metoda zvaná „lokální“ je založena na rasterizaci území s následnou aplikací nízkofrekvenčního filtru. Autor si všímá faktorů, které ovlivňují oscilaci vrstevnic. Jedná se o sklon terénu a měřítko mapy, které lze kvantifikovat, a stanovit pro území lokální koeficienty generalizace. Součástí předzpracování je rozdělení území na podmnožiny (např. dlaždice), na které je aplikována sekvenčně. Metoda nezaručuje  $C^0$  spojitost generalizovaných vrstevnic na rozhraní dlaždic, tento fakt autor správně poznamenává.

Druhá metoda zvaná „koridorová“ je iterativní. Vychází z myšlenky, že ke každé vrstevnici lze stanovit dvě ekvidistanty s výškovou chybou  $\pm \Delta h$ . Mezi nimi může být tvar vrstevnice zjednodušen, aniž by došlo k překročení výškové chyby. Autor používá metodu založenou na výpočtu příček ekvidistant, jejichž středové body představují generalizovanou vrstevnici. Pro generalizovanou vrstevnici jsou následně hledány ekvidistanty a celý postup se opakuje. Tato metoda je elegantní, dosahuje dobrých výsledků, v některých případech však může vést k topologickým problémům.

Třetí metoda, označená jako „koridorová“, je modifikací metody předchozí. K oběma ekvidistantám hledá střední osu, jejíž tvar je aproximován s využitím Voronoi diagramu. Metoda poskytuje zajímavé výsledky, odstraňuje problémy topologického rázu, avšak střední osa je poměrně citlivá k oscilacím. Lepší výsledky by poskytl straight skeleton, popř. také chordal axis.

Kapitola 6 je věnována testování navržených metod na vybraných lokalitách včetně porovnání se stávajícím stavem v datech ZABAGED. Prvním hodnotícím kritériem zohledňujícím složitost tvaru vrstevnice představuje počet vrcholů na jednotku délky. Aplikací generalizačních algoritmů se hodnota tohoto kritéria zmenšila cca 15x a dosahuje zhruba 5x lepšího výsledku než v datech ZABAGED. Pro testování vztahu generalizované a původní polylinie jsou často používána kritéria positional displacement (PD) a aerial displacement (AD). AD hodnotí, zda se orientace fragmentů generalizované polylinie (vlevo, vpravo) vůči původní linii střídá, a generalizovaná linie není jednostranně orientována. Bylo by zajímavé ověřit, jak se generalizační algoritmy chovají vzhledem AD.

Dalším testovacím kritériem byla výšková přesnost generalizovaných vrstevnic, která činila cca 27 cm a dosahuje o cca 10 cm horší hodnoty než data DMR 5G; autor tento fakt zdůvodňuje v textu práce. V další části kapitoly 6 je provedeno hodnocení geometrických parametrů vrstevnic a negativních

důsledkům generalizačních algoritmů (tzv. self-intersections, nepřírozené tvary). Navržená kritéria podávají základní informace o chování generalizačních metod, avšak doporučuji provést detailnější testování na vybraných terénních tvarech.

Grafická část diplomové práce je na dobré úrovni, obrazové výstupy generalizačních algoritmů by mohly být přehlednější a četnější. Jazyková úroveň práce je její Achillovou patou, autorovi činí problémy formulovat vlastní myšlenky, často zbytečně vymýšlí vlastní definice běžných kartografických pojmů.

Zadané téma byla splněno, práce nevykazuje vážnější formální či obsahové nedostatky. Autor se tvůrčím způsobem pokusil navrhnout řešení kartograficky zajímavého a aktuálního problému. Navržená řešení jsou původní, poskytují slibné výsledky a jsou použitelná i pro státní mapové dílo. Klady práce však snižuje jazyková stránka práce. Na základě výše uvedeného hodnocení doporučuji předloženou diplomovou práci k obhajobě a hodnotím ji stupněm

-velmi dobře-.

V Praze dne 1. září 2017

doc. Ing. Tomáš Bayer, Ph.D.

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy

Handwritten signature of Tomáš Bayer in blue ink.