

Posudek oponenta diplomové práce

Autor práce: Bc. Lukáš Feber

Název diplomové práce: *Návrh datové reprezentace s podporou spojitému modelování úrovní geometrického detailu prostorových objektů*

Diplomová práce Bc. Lukáše Febera se zabývá problematikou reprezentace 3D modelů prostorových dat na různých úrovních rozlišení, tzv. Level of Detail (LOD). Práce má výzkumný charakter, kombinuje přístupy používané v geoinformatice a digitální kartografii, formou a zpracováním s přesahem do oblasti teoretické informatiky.

Autor se soustředil na problematiku LOD1, kdy je objekt reprezentován jako „extended footprint“. Jedná se o blokový 3D model, tvořený přímkovými translačními plochami vzniklými spojitým pohybem půdorysu objektu ve vertikálním směru. Cílem diplomové práce bylo navrhnout datovou strukturu vhodnou pro reprezentaci modelů v různých úrovních LOD.

Předložená práce má 63 stran textu, je doplněna třemi obrazovými přílohami, vlastní text je rozdělen do osmi kapitol.

Kapitola 2 je věnována uvedení do problematiky, seznamuje s konceptem LOD, zahrnuje také rešerši řešené problematiky. Tato část je zpracována velmi detailně a to jak z pohledu (geo)informatiky, tak i počítačové grafiky. Autor se však nevyhnul některým drobným terminologickým či jazykovým nepřesnostem:

- „Hlavním primitivem této struktury je hrana, pro kterou se ukládá informace o ... incidenčních vrcholech a incidenčních plochách“ (str. 19).
- „... struktura ... dokáže ... popsat pouze 2D objekty ve 2D či 3D prostoru“ (str. 19); strukturu half-edge lze použít i pro popis pravidelných 3D objektů. Pro úplnost postrádám v rešerši popis dalších struktur, třeba Winged Edge.
- „každý dart, který vychází z určitého vertexu, je v linear cell complex struktury spojen reálnou geometrií daného vertexu...“ (str. 21). Věta připomíná spíše strojový překlad.

Místo termínů „dart“ by bylo vhodnější použít např. „orientovaná hrana“, u termínu „extruze“ v kontextu práce např. „translaci“.

Návrhu vlastní metodiky zaměřené na vývoj datové struktury umožňující uložit 3D modely v různé úrovni detailu společně s vazbami mezi odpovídajícími geometrickými objekty, se věnuje kapitola 3. Pro generalizaci budov jsou využity operace Minkowského suma a rozdíl. Autor pro reprezentaci původních a modelů navrhuje dvojici vlastních datových formátů OFF a OFF2 doplněných konverzní funkcí ve směru OFF \Rightarrow OFF2.

Vlastní generalizace modelů v úrovni LOD1 probíhá již v knihovně CGAL, zahrnuje načtení modelu, rekonstrukci 2D modelů ve 3D prostoru, nalezení odpovídajících si elementů (metoda nejbližších sousedů), vytvoření translační plochy a následnou vizualizace. Jedná se o poměrně náročnou technologickou linku, která by mohla být tématem kvalifikačních prací vyšších stupňů. Vzniká zde celá řada dílčích problémů, jejichž diskuze či řešení by byly nad rámec diplomové práce. Uvedme například problematiku vzniku více-násobných vazeb 1:N, které vznikají v důsledku různé míry podrobnosti obou modelů.

K této kapitole mám nejvíce poznámek a komentářů. Řešené téma diplomové práce je poměrně obtížné, klade na čtenáře vyšší nároky s ohledem na představivost, tomuto aspektu je potřeba přizpůsobit i vlastní výklad. V kapitole 3 proto postrádám systematictější vysvětlení, proč určitý krok provádíme, co je jeho cílem a jaký má přínos pro řešení problému. Text má píše popisný charakter, postrádá více přehlednějších obrázků (většinou jsou poměrně malé), čtenář se po chvíli v textu ztratí, ani zápisy algoritmů v pseudokódu

nejsou příliš nápomocné. Za největší nedostatek považují prolnutí obecného návrhu datové struktury s její konkrétní implementací v knihovně CGAL v rámci jedné kapitoly, navržené řešení je pak závislé na konkrétním softwarovém frameworku.

Připomínky jsou podobného charakteru jako v kapitole předchozí:

- Na str. 24 autor uvádí, že „... operace uzavření následované operací otevření... probíhají opakovanou aplikací Minkovského sumy polyhedronu a strukturního elementu“. K tomuto účelu je však potřeba i Minkovského rozdíl.
- „posléze generalizací pomocí Brýdlovy (2017) metody“, nevhodný způsob citace.
- Jak si na obr. 3.6 (str. 29) představit proces vzájemného linkování popisovaný v textu?
- Obr. 3.7 (str. 31) je poněkud matoucí, na vstupu i výstupu je stejná reprezentace v LOD0 i LOD1.

Na diplomanta mám následující **dotaz**: Z definice LOD1 vyplývá, že není tvořen pouze plochami vzniklými translací podstavy, horní podstava může být tvořena více objekty různou výškou, včetně objektů oblých. Je možné řešení prezentované v práci na tuto variantu problému adaptovat, popř. řeší jen nějakou podmnožinu reprezentací v LOD1?

Kapitola 4 obsahuje návod i uživatelské zkušenosti spojené s instalací a konfigurací knihoven CGAL, BOOST a CMAKE, což umožní potenciálnímu zájemci výrazně snížit čas potřebný pro instalaci a konfiguraci potřebného SW. Z koncepčního hlediska navrhuji přesunout do kapitoly implementace.

Významnou částí práce je kapitola 5, která se na zhruba 14 stranách věnuje implementaci vlastní metodiky popsané v předchozích kapitolách. Teprve zde čtenář, a to díky připojeným obrázkům, začíná detailněji chápat, jak navržený koncept funguje. Pro implementaci autor zvolil kombinaci jazyků C++ a Python, využívá pokročilé rysy obou jazyků, zdrojový kód je na vysoké úrovni, za což ho velmi chválím. Některé výpisy zdrojového kódu jsou však příliš rozsáhlé a směřoval bych je raději do příloh práce. Zajímavá je možnost plynulého přechodu mezi datovými reprezentacemi LOD0 a LOD1, která je ve formě LOD 0.25, 0.50 a 0.75 pěkně ilustrována na obr. 5.16 (str. 50). Vlastní vizualizace výsledků je realizována v prohlížeči CGAL.

Kapitola 6 prezentuje výsledky vizualizace v úrovni LOD1, avšak pouze pro jedno modelové území tvořené 124 budovami převážně jednoduchých tvarů. Dosažené výsledky jsou slibné a naznačují další potenciál této metody. Zde se nabízí možnost mnohem širšího zhodnocení funkcionality algoritmu ve specifických typech zástavby (intravilán, extravilán). Bylo by zajímavé analyzovat, jak se metoda vyrovná s komplikovaným průběhem zástavby v centrech měst, u moderních čtvrtí s netradiční architekturou, či u historických památek s významným převýšením mezi objekty, s řídkou zástavbou, atd. V práci také postrádám jakékoliv kartografické zhodnocení dosažených výsledků popř. srovnání s podobnými metodami.

Prosím diplomanta o **prezentaci výstupů** LOD1 pro 2-3 typy zástavby v průběhu obhajoby či následné diskuzi k práci.

Grafická úroveň práce včetně obrazových výstupů je na velmi dobré úrovni. Přehlednost textové části snižuje mnohdy spíše popisný charakter textu s kombinací přeložených a původních termínů v anglickém jazyce a menší počet grafických výstupů v kapitolách 1-3. Bylo by vhodné text lépe strukturovat, např. použitím mezititulků, odrážek. K práci s odbornou literaturou, počtu literárních zdrojů a způsobu jejich citací nemám žádné další připomínky.

Z pohledu oponenta autor věnoval větší pozornost infromatickému aspektu problému než jeho kartografickému rozměru. Řešenou problematiku autor nastudoval z mnoha zahraničních zdrojů samostatně, příslušné pasáže jsou v magisterském studiu diskutovány spíše okrajově.

Předložená diplomová práce řešila náročné téma, z pohledu geoinformatiky však vysoce aktuální, splňuje požadavky kladené na tento typ kvalifikačních prací. Navrženou metodu doporučuji publikovat v odborném

časopise a výsledky prezentovat odborným institucím (ČÚZK), a to s ohledem na připravované změny ve státním mapovém díle.

Zadané téma byla splněno, práce nevykazuje další formální či obsahové nedostatky. Na základě výše uvedeného doporučuji předloženou diplomovou práci k obhajobě a hodnotím ji stupněm

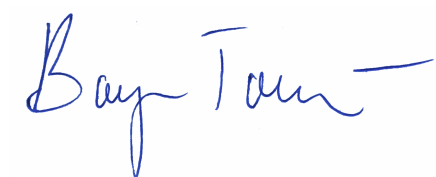
výborně - velmi dobře.

V Praze dne 11. září 2021

doc. Ing. Tomáš Bayer, Ph.D.

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy

A handwritten signature in blue ink that reads "Bayer Tomáš". The signature is written in a cursive style with a horizontal line at the end.