

prof. dr hab. inż. Jarosław Bosa
Instytut Geodezji i Geoinformatyki
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Jarząbek-Rychard
na temat:

**„Modelowanie 3D zabudowy na podstawie danych lotniczego skaningu
laserowego”**

1. Podstawa formalna.

Formalną podstawą recenzji jest pismo Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu prof. dr hab. inż. Bernarda Kontnego Nr IDd.4000.118.2015 z dnia 1 kwietnia 2015r. przekazujące Uchwałę Rady Wydziału z dnia 25 marca 2015 roku, w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy.

2. Ogólna charakterystyka pracy.

Rozprawa doktorska obejmuje łącznie 119 stron maszynopisu, podziękowania (strona 120) spis ilustracji (strony 121-125), spis tabel (strona 126) oraz 2 załączniki (strony 127-128). Tekst rozprawy podzielono na 7 numerowanych rozdziałów merytorycznych. W pracy zawarto 94 ilustracje w formie rysunków i wykresów oraz 18 tabel. Spis literatury obejmuje 146 pozycji, w większości wydanych w języku angielskim.

Rozdział 1 p.t. „Wstęp” zawiera w pierwszej części krótkie wprowadzenie do modelowania zabudowy 3D, opis standardu CityGMS, poziomów dokładności i szczegółowości modeli budynków LOD (Level of Detail), informację o danych

wykorzystywanych do modelowania zabudowy oraz szczegółową motywację do podjęcia przedmiotowych badań. W części drugiej i trzeciej autorka przedstawiła opis celu i zakresu pracy. Rozdział 2 zawiera opis metod identyfikacji zabudowy z chmury punktów reprezentującej numeryczny model terenu (NMT) i numeryczny model pokrycia terenu (NMPT). Ważnym elementem jest zaprezentowana w pracy własna automatyczna metodyka identyfikacji. W rozdziale 3 autorka przedstawiła metody segmentacji danych na podstawie najnowszej literatury, akcentując wyraźnie także swój udział w tym obszarze badań i autorską metodę segmentacji danych przedstawiających odrębne budynki. Rozdział 4 zawiera autorską propozycję metodyki rekonstrukcji konturów budynku, poprzedzoną wnikliwą analizą najnowszych metod na podstawie literatury. W rozdziale 5 przedstawiono autorską metodę rekonstrukcji geometrii 3D budynku, w szczególności modelowania dachów. Rozdział 6 dotyczy oceny jakości zaproponowanych w poprzednich rozdziałach autorskich rozwiązań. Ocena została przeprowadzona względem danych referencyjnych i oparta jest na wieloaspektowych testach numerycznych. Najważniejsze wnioski wynikające z pracy przedstawiono w rozdziale 7, p.t. „Wnioski”.

3. Ocena merytoryczna pracy.

Lotniczy skaning laserowy (ALS) jest aktualnie jedną z podstawowych technik pozyskiwania informacji do budowy Numerycznych Modeli Terenu (NMT) i Numerycznych Modeli Pokrycia Terenu (NMPT). Podjęcie badań związanych z automatyzacją procesu modelowaniem 3D zabudowy na podstawie danych ALS wpisuje się z jednej strony w obszar aktualnie prowadzonych na świecie badań (np. w ramach ISPRS), jak i bezpośrednio w potrzeby gospodarki w tym zakresie (np. projekt Polska 3D+ w ramach Programu Polska Cyfrowa 2014-2020). Zaproponowane w pracy algorytmy mogą bowiem być bezpośrednio zaimplementowane w komercyjnych systemach.

W pracy Autorka opracowała własną metodę automatycznej rekonstrukcji zabudowy 3D obejmującą wszystkie etapy procesu modelowania:

- 1) identyfikacji zabudowy 2D (rozdział 2) przez wstępną identyfikację obszarów zabudowanych z wykorzystaniem kombinacji filtra poziomego i pionowego,

usunięcie fragmentów roślinności z zastosowaniem operatorów morfologicznych i wyodrębnienie poszczególnych budynków przez iteracyjne odfiltrowanie punktów budynku od terenu i roślinności;

- 2) segmentacji danych (rozdział 3) obejmującej ustalenie topologii w zbiorze, przygotowania danych mającego na celu określenie dla każdego punktu zbioru wskaźników sąsiedztwa, parametrów płaszczyzny lokalnej oraz miar wpasowania: odległości od płaszczyzny i odchylenia standardowego. Tak przygotowane dane pozwoliły na identyfikację płaszczyzn z wykorzystaniem algorytmu ekspansji płaszczyzny i ich połączenie w segmenty;
- 3) rekonstrukcji konturów zabudowy (rozdział 4) obejmującej identyfikację punktów krawędziowych z wykorzystaniem zmodyfikowanego algorytmu otoczki wypukłej (w zależności od gęstości punktów), dalej upraszczanie konturów algorytmem grupowania punktów na segmenty wyznaczające linie proste oraz regularyzację konturu;
- 4) rekonstrukcji płaszczyzn 3D (rozdział 5) tworząc topologiczny schemat budynku, bibliotekę elementarnych struktur dachu, rozpoznawanie struktur dachu przez dekompozycję grafu topologii dachu, dalej modelowanie struktur elementarnych i konstrukcja modelu 3D przez połączenie zrekonstruowanych struktur elementarnych w jeden obiekt.

Zaimplementowała powyższą metodę w podejściu hybrydowym, co pozwoliło na podniesienie jej skuteczności w rozpoznawaniu struktur dachów w oparciu o dane dopasowane do bazy zawierającej biblioteki elementarnych struktur dachu. Na podkreślenie zasługuje fakt utrzymania 100% poprawności topologicznej i związanej z tym jednoznaczności oraz jakości na etapie wizualizacji. Niezwykle istotnym osiągnięciem w kontekście metodyki badań naukowych jest weryfikacja (validacja) osiągniętych wyników. W pracy Autorka wykonała szereg analiz jakościowych (rozdział 6), a co najważniejsze, poddała swoje algorytmy niezależnej weryfikacji zewnętrznej. Ocena jakościowa została bowiem wykonana według metod walidacji standaryzowanych przez ISPRS, a osiągnięte wskaźniki (załącznik 1 i 2) są na wysokim poziomie: 8 pozycja w zakresie identyfikacji i 10 w przypadku rekonstrukcji zabudowy 3D (ISPRS, 2015).

Istotnym osiągnięciem Autorki jest stworzenie własnego oprogramowania w języku C++ do modelowania (z własnymi bibliotekami), analizy wyników i interfejsem graficznym.

W końcowym rozdziale Autorka podsumowuje wyniki badań, trafnie podkreślając wagę osiągniętych wyników i możliwość ich praktycznego wykorzystania. Potrafi także krytycznie spojrzeć na swoje wyniki zaznaczając problemy związane z automatyzacją procesu budowy modeli 3D bardzo gęstej zabudowy. Zaznacza jednak wyraźnie, że jest to jeden z elementów motywujących ją do dalszej pracy badawczej i doskonalenia własnego warsztatu.

Praca napisana jest w sposób bardzo przejrzysty, czytelny, a zawarte przykłady pokazują, że tematykę związaną z prowadzonym eksperymentem badawczym Autorka rozumie i poprawnie interpretuje. Czytelność pracy w znacznym stopniu podnoszą także licznie zamieszczone w treści schematy blokowe algorytmów.

Konwencja budowy pracy polegająca na wkomponowywaniu własnych rozwiązań względem innych we wszystkich rozdziałach merytorycznych pracy osiągnęła bardzo dobry skutek, gdyż czytelnik ma łatwą możliwość weryfikacji autorskich osiągnięć przez bezpośrednie porównania.

4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne.

Z uwagi na bardzo dobrze udokumentowane w rozprawie elementy eksperymentu badawczego, odniesienia do aktualnej literatury i wyczerpujący opis wyników wraz z ich weryfikacją nie mam do pracy uwag krytycznych.

W związku z otrzymanymi wynikami pojawiają się natomiast następujące zagadnienia do dyskusji:

- 1) Jaka jest wartość progowa generalizacji szczegółów w rekonstrukcji konturów zabudowy w zależności od rozdzielczości danych?
- 2) Czy na podstawie aktualnego stanu wiedzy doktorantki można podnieść wskaźniki oceny jakościowej dla zaproponowanych w pracy algorytmów rekonstrukcji zabudowy 3D?

- 3) W jakim kierunku powinna iść modyfikacja zaproponowanych w pracy algorytmów, aby mogły być z powodzeniem stosowane w modelowaniu 3D zabudowy zwartej?
- 4) W wnioskach (str. 110) Doktorantka pisze „Niemniej jednak, w opracowanych w ramach niniejszej pracy rozwiązaniu algorytmicznym tkwi potencjał dalszych modyfikacji ...”. Na czym zdaniem doktorantki może polegać zwiększenie elastyczności wykorzystywanych struktur parametrycznych, pozwalających na ich lepsze dopasowanie do nietypowych kształtów?
- 5) Czy włączenie do procesu opracowania danych z naziemnego skaningu laserowego może poprawić jakiś etap modelowania 3D zabudowy?

5. Uwagi szczegółowe.

W pisaniu prac naukowych obowiązuje zasada, że najpierw przytaczany jest rysunek (tabela), potem jest umieszczany w tekście i następuje omówienie. Może ta reguła być zachwiana ograniczeniami edytora tekstu (np. MS Word). Autorka jednak w wielu przypadkach (str. 20, 27, 47, 54, 73, 90) odstępuje od tej reguły, co utrudnia czytanie i interpretację szczególnie gdy jest to koniec jakiejś części pracy.

Duża liczba rysunków zamieszczonych w pracy spowodowała także pewne mankamenty związane z ich czytelnością. Szczególnie jest to widoczne w przypadku rysunków, gdzie z jednej strony mamy dane, a z drugiej wyniki. Gdyby je powiększyć (np. 3.2, 3.3, 3.7, 4.1, 4.2 itd.) tak, aby zajmowały nie 0.5 a 0.75 – 1.0 szerokości strony, to byłyby czytelniejsze.

6. Wniosek końcowy

Reasumując stwierdzam, że Doktoranta wykazała się bardzo dobrą wiedzą teoretyczną, zastosowała zaawansowany aparat matematyczny, wykonała implementację autorskich metod w środowisku programistycznym C++, zweryfikowała własne algorytmy na zewnętrznych danych testowych ISPRS uzyskując bardzo dobre wyniki w skali światowej. Doktorantka posiadała tym samym umiejętność samodzielnego prowadzenia eksperymentu naukowego i właściwego interpretowania jego wyników. Wyniki badań zaprezentowane w pracy zasługują na **wyróżnienie** i powinny być jak najszybciej opublikowane w

czasopismach wyróżnionych w JCR. Z punktu widzenia kariery naukowej Doktorantki trochę żal, że przy tak wysokim poziomie badań naukowych żaden z zacytowanych w pracy artykułów doktorantki nie został do tej pory opublikowany w czasopiśmie wyróżnionym w JCR.

**Recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania zawarte w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku (tj. Dz.U. z 2014 r., poz. 1852) „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”.
Stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Małgorzaty Jarząbek-Rychard do publicznej obrony swojej pracy.**

Wrocław, 17 maja 2015r.