

Recenzja

pracy doktorskiej **mgr inż. Małgorzaty Mendeli** pt. „Metodyka aktualizacji Bazy Danych Obiektów Topograficznych z wykorzystaniem danych lotniczych skaningu laserowego”.

Podstawą formalną recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z dnia 13 lipca 2015 r.

Recenzowana rozprawa doktorska - przedstawiona w postaci 200 stronicowego maszynopisu, zawiera wyniki przeprowadzonych badań nad możliwością zastosowania lotniczego skaningu laserowego ALS do aktualizacji bazy BDOT10k.

Na podstawie szczegółowego przeglądu literatury krajowej i zagranicznej, obejmującego ponad 190 pozycji, oraz własnych eksperymentów doktorantka opracowała podział obiektów BDOT10k na identyfikowalne i niemożliwe do rozpoznania wyłącznie na podstawie chmury punktów ALS. Dla każdego identyfikowalnego obiektu BDOT10k autorka przyporządkowała odpowiednie właściwości chmury punktów ALS, które mogą być wykorzystane do automatycznego rozpoznania. Pierwsza właściwość „pochłanianie impulsów laserowych przez wodę” umożliwia rozpoznanie 8 obiektów należących do 4 klas oraz utworzenie ich modeli wektorowych na podstawie chmury punktów ALS typu grunt. Druga właściwość „przenikanie impulsów laserowych przez warstwę roślinności” umożliwia rozpoznanie 96 obiektów należących do 32 klas, których kontury mogą być przesłonięte roślinnością. Trzecia właściwość „intensywność odbicia impulsów laserowych” – umożliwia rozpoznanie 48 obiektów należących do 18 klas. W tym przypadku w zbiorze danych poszukiwane są obszary ciemniejsze (drogi, lasy) lub jaśniejsze (plantacja) w stosunku do ich sąsiedztwa. Przy tym, obiekty wodne posiadają zerową wartość intensywności odbicia. Czwarta właściwość „numer echa sygnału laserowego” jest przydatna w rozpoznawaniu wszystkich obiektów. Wielokrotne odbicia są typowe dla obiektów należących do klas teren leśny i zadrzewiony, obszar Natura 2000 i obiekt

przyrodniczy. Ostatnie odbicia wydzielają chmurę punktów ALS klasy grunt na podstawie której rozpoznawane są obiekty takie jak woda stojąca, droga, wał przeciwpowodziowy i grobla. Pierwsze odbicia będące jednocześnie ostatnimi jak również pierwsze i ostatnie znajdują zastosowanie dla rozpoznawania obiektów wysokich takich jak budynki, wiata i zaporę. Ostatnia, piąta z analizowanych właściwości „rozkład wektorów normalnych wyznaczonych w punktach ALS” jest pomocna w rozpoznawaniu naturalnych i antropogenicznych obiektów topograficznych.

Do automatycznego wykrywania wykazanych identyfikowalnych obiektów BDOT10k na podstawie danych ALS doktorantka proponuje zastosowanie algorytmów eksploracji danych operujących na pierwotnych danych ALS oraz na rastrowych danych ALS. W pierwszym przypadku są to algorytm α -shape, algorytm K(kappa), algorytm centroidów, algorytmy oprogramowania Terrascan, rysowanie wielokątów, wektoryzacja budynków i wykrywanie przewodów, natomiast w drugim przypadku są to algorytmy rosnącego regionu, wododziałowy, D8 i snakes. W pracy przedstawione są szczegółowe charakterystyki podstawowych wersji tych algorytmów oraz ich autorskie modyfikacje i implementacje w środowisku Matlaba i Open Source wykorzystywane w obliczeniach eksperymentalnych.

W dalszej części pracy doktorantka przeprowadza szczegółowe badania tych algorytmów do wykrywania obiektów BDOT10k, typowych dla przypisanych poszczególnych właściwości. Są to woda stojąca, rzeka, zaporę, budynek, wiata lub altana, zbiornik techniczny, linia elektroenergetyczna najwyższego napięcia i droga.

Obiekt woda stojąca BDOT10k może być według klasyfikacji doktorantki rozpoznawany na podstawie 4 z 5 właściwości chmury punktów ALS, a szczególnie na podstawie „pochłaniania impulsów laserowych przez wodę”, ponieważ obszar ten jest pozbawiony punktów w chmurze ALS. W efekcie dyskusji stosowanych metod identyfikacji wód powierzchniowych w chmurach ALS doktorantka zaproponowała wykorzystanie trzech algorytmów numerycznych (α -shape, rysowania wielokątów, K-kappa) operujących na chmurze punktów klasy grunt i dwóch algorytmów graficznych (rosnącego regionu i wododziałowy) działających na rastrze DTM. Eksperymentalnie ustalone zostały zalecane wartości parametrów sterujących tych algorytmów zapewniających wysoką skuteczność rozpoznawania obiektu woda stojąca względem danych referencyjnych DBOT10k oraz wykonanych własnych pomiarów terenowych GPS, z wyróżnieniem algorytmu α -shape jako najbardziej skutecznego i efektywnego.

Obiekt rzeka BDOT10k może być według klasyfikacji doktorantki rozpoznawany przy wykorzystaniu wszystkich pięciu właściwości chmury punktów ALS. Po analizie metod stosowanych do identyfikacji rzek w chmurach ALS doktorantka zaproponowała wykorzystanie algorytmu numerycznego centroidy działającego na chmurze punktów grunt oraz algorytmu graficznego D8 ze wspomaganie narzędzi hydrologicznych ArcGIS działającego na rastrze DTM. Eksperymentalnie zostały ustalone zalecane wartości parametrów sterujących tych algorytmów zapewniających wysoką skuteczność rozpoznawania rzek względem danych referencyjnych BDOT10k, ze wskazaniem algorytmu centroidy jako bardziej efektywnego, pozwalającego zidentyfikować ze 100% skutecznością o 33% więcej obiektów.

Obiekt zaporą BDOT10k może być według klasyfikacji doktorantki rozpoznawany przy wykorzystaniu 4 z 5 właściwości chmury punktów ALS, szczególnie na podstawie „rozkładu wektorów normalnych wyznaczonych w punktach ALS”. Z przeglądu literaturowego doktorantki wynika, że dane ALS nie były dotychczas stosowane do wykrywania zapór. Zaproponowała zatem rozwiązania stosowane do wykrywania budynków na podstawie pierwotnej chmury punktów ALS. Eksperymentalnie ustalone zostały zalecane wartości parametrów rozwiązania opartego na wektorach normalnych dla liniowych i powierzchniowych modeli zapór. Stwierdzono spełnienie wymogów dokładnościowych BDOT10k utworzonych modeli liniowych zapór, oraz brak spełnienia tych wymogów w przypadku modeli powierzchniowych.

Obiekt budynek BDOT10k według klasyfikacji doktorantki może być rozpoznawany przy wykorzystaniu 3 z 5 właściwości chmury punktów ALS. Na podstawie analizy metod stosowanych do identyfikacji budynków na podstawie danych ALS doktorantka zaproponowała wykorzystanie algorytmów α -shape i wektoryzacji budynków. Danymi wejściowymi algorytmu wektoryzacji budynku są impulsy laserowe ISOK klasy budynek, natomiast algorytmu α -shape impulsy laserowe reprezentujące przyziemie budynku, wyodrębnione na podstawie autorskiej metody progowania pierwotnej chmury punktów ALS. Zaproponowana metoda progowania w połączeniu z algorytmem α -shape umożliwia identyfikację konturu będącego przybliżoną reprezentacją rzeczywistego przyziemia budynku, potencjalnie lepiej niż na podstawie chmury ostatnich odbić. Eksperymentalnie ustalone zostały zalecane wartości parametrów sterujących algorytmu α -shape w zależności od kształtu budynku oraz algorytmu wektoryzacji budynków w zależności od kształtu budynku i konstrukcji

dachu. Stwierdzono spełnienie wymogów dokładnościowych BDOT10k utworzonych modeli budynków w zabudowie zwartej jak i luźnej, przy czym, modele budynków utworzone za pomocą α -shape są bliższe reprezentacjom geometrycznym BDOT10k niż w przypadku wektoryzacji budynków, stąd metoda ta jest preferowana do aktualizacji BDOT10k.

Obiekt wiata lub altana BDOT10k jest reprezentowany w chmurze punktów ALS podobnie jak budynek, może więc być według doktorantki identyfikowany takimi samymi algorytmami. Na podstawie badań eksperymentalnych doktorantka ustaliła parametry sterujące i wykazała 100% skuteczność rozpoznawania za pomocą zaproponowanych algorytmów α -shape, rysowanie wielokątów i K (kappa), jednak ze wskazaniem na α -shape jako algorytmu bardziej efektywnego.

Obiekt zbiornik techniczny BDOT10k reprezentowany w chmurze punktów ALS punktami dwóch klas grunt i budynek, może być identyfikowany takimi samymi algorytmami jak zbiorniki wodne i budynki. Eksperymentalnie doktorantka ustaliła parametry sterujące zaproponowanych trzech algorytmów numerycznych (α -shape, rysowanie wielokątów i K(kappa)) oraz dwóch graficznych (rosnącego regionu i wododziałowego), zapewniających przystawanie rozpoznawanych obiektów do obiektów referencyjnych w granicach wymaganej dokładności BDOT10k, ze wskazaniem na α -shape jako algorytmu najbardziej efektywnego.

Obiekt linia elektroenergetyczna najwyższego napięcia BDOT10k może być identyfikowany w chmurze punktów ALS, jednak o dużej gęstości. Na podstawie badań eksperymentalnych, przy wykorzystaniu narzędzia wykrywania przewodów aplikacji Terrascan doktorantka wykazała brak możliwości efektywnego rozpoznania linii elektroenergetycznej na potrzeby BDOT10k, na podstawie aktualnie dostępnej chmury punktów ALS ISOK o gęstości 12 pkt/m².

Obiekt droga BDOT10k według klasyfikacji doktorantki może być rozpoznawany przy wykorzystaniu 4 z 5 właściwości chmury punktów ALS, szczególnie na podstawie intensywności odbicia impulsów laserowych. Na podstawie analizy metod stosowanych dotychczas do identyfikacji dróg na podstawie danych ALS doktorantka zaproponowała algorytm rosnącego regionu, operujący na danych rastrowych intensywności odbicia impulsów laserowych pozyskanych z chmury punktów klasy grunt. Eksperymentalnie zostały ustalone zalecane wartości parametrów sterujących algorytmu zapewniających wysoką skuteczność rozpoznawania dróg względem danych

referencyjnych BDOT10k.

Po uzyskaniu pozytywnych wyników badań w zakresie automatycznego wykrywania obiektów BDOT10k na podstawie danych ALS doktorantka opracowała koncepcję automatycznej kontroli i aktualizacji BDOT10k. W ramach tej koncepcji opracowała schemat aplikacyjny GML – przy wykorzystaniu oprogramowania Altova XMLSpy, dla obiektów testowych - zbiorników wodnych pozyskiwanych z danych ALS, jak również plik GML – przy użyciu Geomedia Professional, dla zbiornika wodnego utworzonego z danych ALS za pomocą implementacji algorytmu α -shape. Wyniki walidacji tych opracowań są pozytywne.

Podsumowanie

Przechodząc do ogólnej oceny recenzowanej rozprawy mogę stwierdzić, że zawiera ona dużą ilość ważnych i oryginalnych wyników badań, wnoszących znaczący wkład w rozpoznawaniu obiektów topograficznych na podstawie danych lotniczego skaningu laserowego. Praktycznym, niezwykle istotnym efektem tej pracy jest wykazanie, że chmura punktów ALS powinna stanowić dodatkowe nowe źródło automatycznego zasilania bazy BDOT10k, nie wykazane dotychczas w standardach technicznych opublikowanych w rozporządzeniu MSWiA z dnia 17 listopada 2011 roku. Stwierdzić można również, że doktorantka wykazała się dobrą znajomością w zakresie geodezji i analiz numerycznych, bardzo dobrze opanowała aparat matematyczny niezbędny do prowadzenia badań w tym obszarze, oraz biegle posługuje się zaawansowanymi metodami numerycznymi. Spośród wielu algorytmów zaliczanych do „metod eksploracji danych” doktorantka wybrała i zastosowała kilka, które pozytywnie rozwiązały postawione zadania identyfikacji obiektów BDOT10k. Jednym z nich jest algorytm grupowania k-średnich. Czy zdaniem doktorantki alternatywne algorytmy rozmyte c-średnich lub Gustafson-Kessel mogły by być bardziej niezawodne i skuteczne?. W odniesieniu do redakcji pracy należy podkreślić wyjątkową staranność, można znaleźć zaledwie kilka usterek maszynopisania.

Ocena końcowa

Stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska Pani mgr. inż. Małgorzaty Mendeli pt. „Metodyka aktualizacji Bazy Danych Obiektów Topograficznych z wykorzystaniem

danych lotniczego skaningu laserowego" stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego w rozumieniu art. 13, pkt 1. ustawy z 14 marca 2003 r. (DzU nr 65, poz. 595) „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”. Wykazuje również, że doktorantka ma wystarczający zasób wiedzy teoretycznej jak i specjalistycznej z zakresu uprawianej dyscypliny naukowej oraz posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z powyższym stawiam wniosek o dopuszczenie Pani mgr. inż. Małgorzaty Mendeli do publicznej obrony przedłożonej rozprawy doktorskiej.

E. Osada