

Warszawa 8 lipiec 2017

Prof dr hab. Katarzyna Dąbrowska – Zielińska  
Instytut Geodezji i Kartografii  
02-679 Warszawa  
27 Modzelewskiego

### **Recenzja Rozprawy Doktorskiej mgr Damiana Śliwińskiego**

#### **Tytuł pracy:**

#### **Wpływ danych wejściowych na dokładność modelowania typowej zlewni rolniczej**

Praca doktorska mgr Damiana Śliwińskiego powstała w Instytucie Technologiczno – Przyrodniczym w Oddziale Kłudzienko pod kierunkiem profesora dr hab. inż. Aleksandra Szeptyckiego. Recenzowana praca liczy 113 stron, 9 stron spisu literatury (87 pozycje), 2 strony spisu treści, spis rysunków i tabel, spis oznaczeń i skrótów.

Na podstawie szczegółowej analizy stanu wiedzy z zakresu modelowania zlewni rolniczej i wykorzystania modelu SWAT (Soil and Water Assessment Tool) do oceny odpływu zanieczyszczeń oraz wyznaczania obszarów stanowiących krytyczne źródła zanieczyszczeń dla wód powierzchniowych, Doktorant sformułował problem badawczy. Stwierdził, że modele zlewni wykonywane są z zastosowaniem danych wejściowych pochodzących z różnych źródeł. Uzyskana dokładność modelowania ma zasadnicze znaczenie do planowania zarządzania zlewnią rolniczą.

Doktorant postawił trzy problemy badawcze i zawarł je w postaci trzech pytań:

1. jak szczegółowość danych wejściowych dotyczących ukształtowania terenu (Cyfrowy Model Terenu – DEM) wpływa na dokładność wyznaczania granic zlewni i modelowania przepływów w profilu zamykającym zlewnię użytkowaną rolniczo
2. jak szczegółowość danych wejściowych dotyczących ukształtowania terenu (DEM) wpływa na dokładność wyznaczania parametrów zlewni i cieków na terenie zlewni użytkowanej rolniczo?
3. Jak szczegółowość danych wejściowych dotyczących ukształtowania terenu (DEM) wpływa na dokładność modelowania zawartości wody w glebie i ewapotranspiracji na terenie zlewni użytkowanej rolniczo

Celem naukowym pracy było zbadanie zależności dokładności modelowania małej zlewni intensywnie użytkowanej rolniczo od szczegółowości wykorzystanego do tego celu cyfrowego modelu terenu - DEM.

Doktorant postawił sobie za cel stworzenie informacji, które zaspokoją użytkowników w podjęciu decyzji związanej z jakością modelu w stosunku do podjętych działań związanych z pracochłonnością.

Doktorant analizował cyfrowe modele terenu z trzech źródeł o rozdzielczości terenowej od 1 do 90 m.:

1. z Międzynarodowej Misji (SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission)
2. satelity ASTER
3. z badań lidarowych

Doktorant postawił następujące kryteria: łatwa dostępność danych, darmowe dane pozwalające na szybkie uzyskanie wyników nawet dla zlewni o dużej powierzchni.

Jako obszar badań wybrał zlewnię górnego odcinka rzeki Zgłowiączki na terenie województwa kujawsko – pomorskiego w powiecie radziejowskim. Granice zlewni w dużym stopniu pokrywają się z obszarem szczególnie narażonym na zanieczyszczenia rolnicze. Powierzchnia zlewni jest płaska o niewielkiej różnicy wysokości dochodzącej do 44 m. Takie ukształtowanie jest trudne w procesie modelowania hydrologicznego. Duże znaczenie mają uprawy warzywne, intensywnie nawadniane i nawożone, co powoduje, że nadmiar azotu trafia do wód powierzchniowych i podziemnych.

Doktorant przeprowadził analizę wielu modeli uwzględniających odpływ zanieczyszczeń. Do swoich rozważań Doktorant przyjął model SWAT (Soil and Water Assessment Tool). W modelu tym wykorzystuje się informacje o ukształtowaniu terenu oraz typie gleb, wilgotności, sposobie pokrycia terenu, gatunku roślin, dawki nawożenia i terminach nawożenia jak również informacje o danych meteorologicznych. Do modelu wprowadza się dane, które tworzą niezależne warstwy :jak: Cyfrowy Model Terenu (DEM), hydrografia, dane meteo itd.. Dane mogą być pozyskiwane z wielu źródeł. Cyfrowy Model Terenu, mapa pokrycia terenu, mapa gleb oraz dane o dobowych opadach i ekstremalnych dobowych temperaturach są niezbędne do uruchomienia modelu. Pierwszą warstwą wprowadzaną jest Cyfrowy Model Terenu, na podstawie którego wyznaczona jest granica zlewni. Na jego podstawie dla każdego punktu zlewni wyznaczony musi być kierunek nachylenia terenu.

Doktorant rozpoczął pracę nad modelowaniem zlewni wyznaczając jej granice. Błędne wyznaczenie granic może powodować zmniejszenie lub zwiększenie powierzchni zlewni co może spowodować błędne wyniki dotyczące objętości wody odprowadzanej do zlewni. Doktorant wyznaczył granice zlewni dla różnych rozdzielczości DEM. Dokładność wyznaczenia granicy zlewni w zależności od rozdzielczości Doktorant wyznaczył początkowo wizualnie i wyznaczył współczynnik różnic pomiędzy wyznaczonymi zlewniami a zlewnią na Mapie Podziału Hydrologicznego Polski (MHPH) i wprowadził współczynnik wskazujący na obszar błędnie zakwalifikowany w stosunku do zlewni wzorcowej. Tę procedurę wykonał dla rozdzielczości DEM 1,9,90 m i skonstruował, że dla mniejszych rozdzielczości błędy są znacznie większe. Następnie Doktorant analizował średni spadek terenu zlewni, długość maksymalnej ścieżki spływu. Te parametry obliczone z DEM o różnej rozdzielczości mogą ulegać zmianom. Wobec trudności zastosowania wzorca, Doktorant przyjął założenie, że DEM o rozdzielczości 1 m. pozwoli na najdokładniejsze wyznaczenie tych parametrów. Tutaj Doktorant otrzymał zasadnicze różnice dla średniego spadku terenu w podzlewniach, gdzie dla DEM z pomiarów lidarowych o rozdzielczości 1m spadek jest większy od 5%, a dla DEM o rozdzielczości 90 m spadek wynosi 0.5%. Jednak Doktorant podsumował, że zmniejszenie rozdzielczości DEM nie wpływa w dużym stopniu na spadki wyznaczonych cieków, długości cieków i maksymalnych ścieżek spływu w podzlewniach, różnice są niewielkie.

Wielkość przepływu wody w zlewni jest bardzo istotna w modelowaniu hydrologicznym., gdzie zasadniczą rolą jest wielkość i drogi przepływu wody. Doktorant założył, że model wykonany z wykorzystaniem DEM o największej rozdzielczości jest najdokładniejszy i do niego porównał wyniki modeli utworzonych z wykorzystaniem DEM o różnych rozdzielczościach i pochodzących z różnych źródeł. Różnice przepływów zwiększają się wraz ze zmniejszaniem rozdzielczości DEM. Istotnym elementem w modelowaniu jest retencja glebowa. Jednak modelowana ilość wilgoci przy mniejszej dokładności DEM z danych SRTM została znacznie zaniżona. W wyniku analizy, Doktorant wskazał na dużą wagę rozdzielczości DEM, ale jego dokładność ma znaczenie drugorzędne.

Następnie Doktorant zbadał błędy dotyczące wyznaczenia ewapotranspiracji, która odgrywa dużą rolę w modelowaniu hydrologicznym. Doktorant zbadał, że ewapotranspiracja w okresie jej największych wartości ma największe błędy niezależnie od wykorzystanego cyfrowego modelu terenu.

Doktorant przeprowadził dyskusje nad błędami interpretacji na DEM o dużej rozdzielczości z zastosowaniem oprogramowania. Analizę przeprowadził przy

zmniejszającej się rozdzielczości. Na podstawie interpretacji DEM o rozdzielczości 1m i w połączeniu z fotomapami wykonał zmniejszenie wysokości powierzchni, aby uniknąć błędów przy automatycznym wyznaczaniu dróg przepływu wód.

W kolejności, Doktorant analizował błędy które mogą powstać wskutek błędów w pokryciu terenu np. terenów pokrytych lasem, co wpływa na wyznaczenie prawidłowej wysokości. Przedstawił błędną interpretację obrazu radarowego terenu zalesionego. Wysokość została znacznie zawyżona. Błędy mogą wynikać z interpretacji DEM z SRTM i Lidaru. Interpretacja powierzchni przez te dwa urządzenia jest inna. Doktorant proponuje zmniejszenie rozdzielczości DEM lidarowego z 1 do 90m. Uzyskany wynik może być znacznie lepszy i niezależny od stosowanego oprogramowania .

Doktorant zbadł jakie są błędy modelowania zawartości wody w glebie i udowodnił, że błędy rosną wraz ze zmniejszaniem rozdzielczości cyfrowej modelu terenu DEM i zauważył, że ich rozkład w przeciągu roku jest znacznie zróżnicowany.

Wysnuł wniosek, że przyczyną może być różny typ zasilania w wodę, jak np. transport wody z roztopów jest podporządkowany ukształtowaniu terenu, podczas gdy wody opadowe są niezależne od transportu dopóki nie pojawia się spływ powierzchniowy. Doktorant wysnuł istotny wniosek, że związek istnieje ze zróżnicowanymi glebami i przy tak niewielkich spadkach nawet nie duże zróżnicowanie gleb ma znaczenie w szybkości infiltracji czy retencyjności .

Stąd Doktorant wysnuł wniosek, że nawet przy niewielkich spadkach, większa rozdzielczość DEM może decydować o poprawie odwzorowania rozkładu wilgotności.

Istotnym celem badań Doktoranta, jest wykazanie uzyskania lepszych wyników w modelowaniu zlewni rolniczej w aspekcie wzrostu dokładności i szczegółowości danych o ukształtowaniu terenu (DEM). Doktorant dowiódł, że wyniki modelowania hydrologicznego z wykorzystaniem urządzenia ASTER są znacząco słabe. To wykazuje, że większa rozdzielczość danych nie prowadzi do dokładniejszego modelowania granic zlewni. Doktorant postawił bardzo istotną tezę, że do oceny przydatności modelu terenu do modelowania hydrologicznego potrzebna jest nie tylko informacja o wielkości piksela i średnim błędzie wysokości ale również jest istotny, nie brany do tej pory pod uwagę, wskaźnik przestrzennego rozkładu błędów. Doktorant w dyskusji zwrócił uwagę, że w przypadku pojawienia się możliwości wykorzystania DEM z nowego źródła (do tej pory nieznanego) wskazane jest dokładne zbadanie jego możliwości zastosowania dla modelowania zlewni i konieczności, obok interpretacji automatycznej, zastosowania również interpretacji wizualnej. Doktorant zbadł tendencję zmian dokładności wyznaczenia granic zlewni

w zależności od danych wejściowych i wykazał że istnieją odstępstwa od tej szczegółowości i pokazał na jej przyczynę.

Po przeprowadzeniu badań i analiz Doktorant wskazał na niezwykle skomplikowany system jakim jest zlewnia i wpływ czynników na dokładność modelowania nie jest jeszcze całkowicie znany. Jednak, przy rozdzielczości DEM 30m dokładność modelowania może być zadowalająca.

W przytoczonych badaniach nad modelowaniem SWAT znajomość wpływu danych wejściowych na wyniki modelowania, może przyczynić się do zwiększenia ich dokładności. Praca mgr Damiana Sliwińskiego może być kamieniem milowym w wyznaczaniu dokładności modelowania i dostarczenia informacji o niedoskonałości modelowania zlewni rolniczej w różnych warunkach i różnymi danymi wejściowymi.

Oprócz numerycznego modelu terenu, w przyszłości mogą być bardzo przydatne inne zobrazowania satelitarne i zastosowanie danych pochodzących z radarowych satelitów z zastosowaniem interferometrii radarowej.

Tematyka rozwinięta przez Doktoranta jest bardzo istotna i wpisuje się w najnowsze badania nad wykorzystaniem modeli. W pracy jednak są zbyt rozwinięte opisy samego modelu SWAT, co powoduje znaczne zmniejszenie istoty własnych analiz i utrudnienie analizy prac wykonanych przez Doktoranta. Trzeba jednak przyznać, że temat jest trudny, obecnie uważa się że modelowanie powinno być w pełni zautomatyzowane co jak wykazał Doktorant nie jest wystarczające i powinna być wprowadzona wizualna interpretacja.

Doktorant wykazał się znakomitą wiedzą o modelu SWAT i zacytował liczną literaturę przedmiotu.

Po analizie wszystkich wymienionych w przedstawionej recenzji uwag stwierdzam, że przedłożona mi do oceny rozprawa spełnia warunki określonych w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki zamieszczonej w Dzienniku Ustaw nr 65 poz. 595 Art. 13.1 i Rozporządzeniu Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzania czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora zamieszczonego w Dzienniku Ustaw Nr 15 poz. 128. Wniosuję, zatem o dopuszczenie mgr Damiana Sliwińskiego do publicznej obrony tej pracy.



Prof. dr hab. Katarzyna Dąbrowska - Zielińska