

2018 -01- 03 MB.ate.

Prof. dr. Krzysztof Stasiewicz
Centrum Badań Kosmicznych PAN,
ul. Bartycka 18A
00-716 Warszawa
krzy.stasiewicz@gmail.com

Recenzja pracy doktorskiej
mgr. Katarzyna Maria Misiura,
Numeryczne symulacje ewolucji rzek jedno- i wielokorytowych na Ziemi i
Tytanie

Przedstawiona do recenzji praca jest monografią oparta jest na jednej publikacji w *Geological Quarterly* (Misiura & Czechowski, 2015), co spełnia minimalny warunek ustawowy do wszczęcia postępowania doktorskiego.

Tekst rozprawy liczy 119 stron, w tym zawartych jest 56 rysunków, 11 tabel i 3 załączniki. W pierwszym rozdziale przedstawiona jest dotychczasowa wiedza o *Tytanie*, księżycu Saturna pozyskana głównie z misji *Cassini-Huygens* oraz parametry morfometryczne i klasyfikacja rzek ziemskich, które będą porównawczym odniesieniem dla symulacji komputerowych wykonanych dla rzek na Tytanie. Dwa następne rozdziały to 2. *Parametry użyte w symulacjach* i 3. *Równania modelu numerycznego* po których następują 4. *Wyniki*, 5. *Dyskusja wyników* i 6. *Szczegółowe wnioski*.

Głównym celem wyżej wymienionej rozprawy jest modelowanie i porównywanie procesów ewolucji rzek na powierzchni Tytana wykrytych przez lądownik Huygens i kamery umieszczone na sondzie Cassini oraz rzek na Ziemi.

Modelowanie oparte jest na numerycznym rozwiązywaniu zredukowanych równań typu Naviera-Stokesa opisujących przepływ płynów, połączonych z równaniami konwekcyjno-dyfuzyjnymi do opisu transportu osadów. Wykorzystany jest tutaj pakiet symulacyjny CCHE2D używany w wielu ośrodkach zajmujących się podobną tematyką jak również w praktycznych zastosowaniach inżynierskich. Wyniki symulacji przedstawione są jako dwuwymiarowe mapy z kodowaną kolorem wysokością osadów rzecznych i jako profile dla wybranych parametrów.

W Rozdziale 1 podsumowana jest dotychczasowa wiedza na temat parametrów i warunków panujących na powierzchni Tytana, a w szczególności składu materiałów występujących na powierzchni i w atmosferze, oraz rodzaju płynów występujących w jeziorach i rzekach zaobserwowanych na tym księżycu. Autorka opisuje też modele litosfery i atmosfery Tytana, rozważa trzy prawdopodobne modele cieczy występujących na powierzchni oraz możliwe źródła osadów i materiałów luźnych, które mogą być poddane procesowi transportu rzecznoego. Dyskutowane są także typy i parametry morfometryczne rzek występujących na Ziemi. Ta wstępna prezentacja jest bardzo informatywna, bogato ilustrowana, logiczna, na wysokim poziomie.

W Rozdziale 2 opisany jest model numeryczny wykorzystany w symulacjach, parametry substancji będących nośnikami transportu rzeczno oraz materiałów transportowanych, a także geometria i warunki początkowe symulacji. W symulacjach występuje wiele parametrów: geometria rzek, rodzaj podłoża, jego szorstkość, nachylenie (s), natężenie przepływu (Q), średnica unoszonego ziarna (d), transport denny i zawieszinowy, lepkość cieczy i wiele innych parametrów, tworzących wielowymiarową przestrzeń symulacji, która musi być wypełniona wynikami. Autorka dobrze porusza się w tej hyper-przestrzeni projektując parametry wejściowe do symulacji i organizując wyniki w tabele, kolorowe mapy i jednowymiarowe wykresy.

Otrzymane rezultaty dla wielu różnych konfiguracji parametrów i w dwóch wariantach (a) krótkim i (b) długim czasowo, przedstawione są w Rozdziale 4 i obszernie dyskutowane w Rozdziale 5.

Autorka przedstawia imponującą listę wniosków na stronach 98-101. Ze względu na dużą liczbę parametrów wpływających na wyniki, zewnętrzny czytelnik jest zagubiony ogromem możliwych wpływów tych parametrów na wyniki symulacji i może mieć problem z identyfikacją najbardziej istotnych parametrów modelu. Doktorantka skoncentrowała się na analizie ewolucji rzek o większym spadku ($s = 0.01-0.04$ rad) niż inni autorzy i uzyskała tu oryginalne i ciekawe wyniki. Najbardziej interesującą znajduję analizę porównawczą wyników dla Ziemi i Tytana, które różnią się przyspieszeniem grawitacyjnym, ciśnieniem atmosferycznym, płynącą cieczą (woda, węglowodory), oraz rodzajem materiału sedymentacyjnego. W dyskusji wyników doktorantka znajduje fizyczne wyjaśnienie dla otrzymanych różnic między rzekami na Ziemi i Tytanie.

Uwagi szczegółowe:

Przedłożona praca doktorska napisana jest niezwykle starannie i jest logicznie zorganizowana. Mam tylko jedną (drobną) uwagę szczegółową: brak opisu do obrazów w załącznikach 1-3 na końcu pracy.

Uwagi ogólne:

Pakiet numeryczny CCHE2D używany do symulacji przez doktorantkę oparty jest na zredukowanych równaniach Naviera-Stokesa (NS). Uproszczone równania NS używał także E. Lorenz w pracy z roku 1963, która zapoczątkowała rozwój teorii chaosu. Nasuwa się więc pytanie czy rozwiązania uzyskiwane w tej symulacji też wykazują chaotyczny charakter, w sensie dużej wrażliwości na warunki początkowe i czy zbiegają do jakiegoś atraktora?

Autorka pisze na stronie 102 o planach przeprowadzenia doświadczeń w basenie sedymentacyjnym w celu weryfikacji rozwiązań numerycznych uzyskanych przez program CCHE2D. Gorąco popieram to zamierzenie.

Do prezentacji tej pracy chciałbym zasugerować sporządzenie filmu pokazującego ewolucję czasową i tworzenie się struktur sedymentacyjnych w korycie rzeki.

W podsumowaniu, krytyczna analiza pracy doktorskiej przedstawionej przez mgr. K. M. Misiura pokazuje że autorka ze swobodą łączy dużą wiedzę o parametrach fizycznych mierzonych lub wydedukowanych z obserwacji na Tytanie z możliwościami pakietu numerycznego używanego w hydrologii i w rezultacie uzyskała interesujące wnioski porównawcze dotyczące ewolucji rzek na Ziemi i na tak egzotycznym obiekcie jak Tytan, gdzie woda występuje tylko w postaci lodu, padają metanowe deszcze, a w rzekach płyną węglowodory.

Uważam, że przedstawiona rozprawa mgr K.M. Misiura spełnia wymogi wymagane Ustawą odnośnie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk fizycznych i wnioskuję o dopuszczenie jej do dalszych etapów procedury.



Prof. dr Krzysztof Stasiewicz

Warszawa, 28 grudnia 2017