

Prof. dr hab. Piotr Migoń
Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
Uniwersytet Wrocławski

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Magdaleny Makowskiej
Mechanical modelling of deep-seated gravitational slope deformation in selected areas of
Valles Marineris, Mars

Uwagi wstępne

Rozprawa doktorska mgr Magdaleny Makowskiej wpisuje się w stale rozwijany nurt badań nad ruchami masowymi, którego istotą jest numeryczne modelowanie deformacji podłoża skalnego, w tym przemieszczeń typu osuwiskowego. W podejściu tym parametrami modeli są ukształtowanie terenu (profil topograficzny stoku w przypadku przestrzennych układów dwuwymiarowych), budowa geologiczna podłoża i jego cechy wytrzymałościowe. Zmieniając niektóre z tych parametrów i przeprowadzając serie eksperymentów można określić, w jakich warunkach dojdzie do utworzenia jednolitej powierzchni ścięcia i osunięcia gruntu, a w jakich forma wypukła (grzbiet, stok) będzie pozostawał stabilny. Zadaniem, która postawiła sobie doktorantka, było przeprowadzenie takiego modelowania w odniesieniu do przejawów deformacji stoków w obszarze Valles Marineris na Marsie. Zostały tam wyróżnione dwa główne rodzaje deformacji: znacznych rozmiarów osuwiska oraz bardziej subtelne przejawy głęboko zakorzenionych deformacji grawitacyjnych (DSGS), które nie wyewoluowały do etapu osuwiska. Przeprowadzone próby miały dać odpowiedź na pytanie, w jakich warunkach mogło dojść do deformacji różnego typu, a więc również, jaka jest prawdopodobna struktura wewnętrzna grzbietów w rejonie Valles Marineris. Modelowanie zostało przeprowadzone za pomocą metody elementów skończonych.

Wielkość i struktura rozprawy

Recenzowana rozprawa jest opracowaniem dość zwięzłym, liczącym 88 stron tekstu zasadniczego, uzupełnionego zajmującą 8 stron bibliografią (w recenzowanym egzemplarzu zabrakło 4 stron, numerowanych 93–96) i aneksem dokumentującym graficznie efekty

modelowania komputerowego deformacji grawitacyjnych. W tekst wkomponowano 49 ilustracji oraz 1 tabelę.

Rozprawa została podzielona na 5 rozdziałów. Rozdział 1 ma charakter przeglądu i dotyczy ruchów masowych, ze szczególnym uwzględnieniem głęboko zakorzonego rozciągania grawitacyjnego, będącego głównym przedmiotem rozprawy. W rozdziale 2 jest wprowadzenie do sytuacji na Marsie, znów skoncentrowane na przejawach głęboko zakorzonego rozciągania grawitacyjnego, sygnalizowanego już we wcześniejszych pracach. W tym rozdziale, w randze rozdziału 2. rzędu, znalazło się wyszczególnienie celów rozprawy (s. 42). Rozdział 3 zawiera prezentację danych wykorzystywanych do modelowania deformacji grawitacyjnych oraz opisuje założenia, konstrukcję i działanie modeli numerycznych wykorzystanych przez autorkę. W rozdziale 4 zostały przedstawione rezultaty modelowania, natomiast końcowy rozdział 5 to dyskusja i uwagi końcowe. Jakkolwiek ten sposób ujęcia spełnia podstawowy warunek rozprawy naukowej, czyli wyraźne oddzielenie założeń, faktów (w tym przypadku – wyników modelowania) oraz interpretacji połączonej z dyskusją, to ma swoje istotne mankamenty. Zabrakło Wstępu, który byłby wprowadzeniem w problem, zawierał pokazanie jego naukowej wagi i relacji do innych prac już wykonanych bądź prowadzonych, ale w innym kontekście przestrzennym. Zamiast niego, czytelnik rozpoczyna od przeglądu podstawowej typologii ruchów masowych, nie mając jeszcze orientacji, w którą stronę rozprawa zmierza. Niewłaściwym posunięciem było wskazanie celów pracy dopiero na s. 42, a więc w połowie rozprawy. Przedstawienie hipotez i celów pracy powinno znaleźć się w części początkowej, a po przeglądzie literatury można je tylko uszczegółowić. W strukturze pracy powinny się znaleźć wyraźnie wyodrębnione konkluzje i wnioski końcowe, które mają tylko rangę podrozdziału.

Zakres potraktowania niektórych zagadnień jest w mojej ocenie zbyt powierzchowny i w zaprezentowanym ujęciu właściwie nic nie wnosi do zagadnienia. Dotyczy to przede wszystkim poszczególnych części rozdziału 1.1, w którym opisy różnych kategorii ruchów masowych zostały sprowadzone do 0,5–1,5 strony, bez uwzględnienia znacznej złożoności zagadnienia. Podobnie bardzo pobieżnie opisano mechanizm głęboko zakorzonego rozciągania grawitacyjnego (tylko 1 strona), a w celu jego zilustrowania przytoczono tylko cztery przykłady (ponownie bardzo skrótowo przedstawione), bez uzasadnienia dlaczego akurat te zostały wybrane i na ile są reprezentatywne dla zjawiska DSGS. W rozprawie doktorskiej można było oczekiwać znacznie obszerniejszego, a przy tym krytycznego przeglądu literatury. Identyczna uwaga dotyczy mającego niecałe dwie strony opisu tak rozległego systemu morfologicznego na Marsie, jakim jest Valles Marineris (s. 32, 34).

Niejasna jest wreszcie pozycja rozdziału 2.2, zatytułowanego „DSGS on Mars”, gdyż nie wiadomo, czy ma on charakter opracowania opartego na źródłach publikowanych, czy jest wynikiem własnych obserwacji autorki (na co może wskazywać brak powołań na literaturę, za wyjątkiem jednej pracy Lucas et al.). Jeśli to drugie, to rozdział taki powinien się znaleźć w części rozprawy prezentującej wyniki własnych badań.

Ocena celów pracy i stopnia ich realizacji

Cele naukowe rozprawy autorka przedstawia czytelnikowi dopiero na s. 42 rozprawy, ale czyni to niezbyt przejrzysto. Zabrakło jednoznacznego sformułowania głównego celu rozprawy, którym jest – jak można sądzić – określenie uwarunkowań głęboko zakorzenionych deformacji grawitacyjnych rejonu Valles Marineris przy pomocy modelowania numerycznego. Dopiero z tego głównego celu wypływają cele szczegółowe, wymienione w pięciu podpunktach na s. 42, które de facto są wariantami procedury modelowania, uwzględniającymi takie czynniki jak symetria lub asymetria nachyleń grzbietu, asymetria wysokościowa lub obecność struktur poziomych w budowie podłoża. Nie postawiono również hipotezy roboczej, która byłaby weryfikowana na drodze modelowania numerycznego. Jakkolwiek zasadniczego celu pracy można się względnie łatwo domyśleć, z punktu widzenia konstrukcji rozprawy doktorskiej jest to uchybienie.

Niemniej jednak, lektura dalszej części rozprawy pozwala stwierdzić, że zarówno cel główny został osiągnięty, jak i zadania szczegółowe zostały zrealizowane. Autorka przeprowadziła serie eksperymentów dla różnych parametrów wyjściowych i w sposób czytelny pokazała, analizując rozkład przestrzenny odkształceń w masywie skalnym, w jakich uwarunkowaniach strefy głęboko zakorzenionych deformacji rozwijają się, w jakich ich rozwój jest powstrzymany, oraz w jakich szczególnych warunkach może dojść do dalszej ewolucji strefy deformacji i przemieszczeń typu osuwiskowego. Wyniki modelowania zostały następnie odniesione do rzeczywistych sytuacji na Marsie, a interpretacje autorki są generalnie spójne z obrazem morfologicznym analizowanego obszaru.

Sposób prezentacji metodyki i materiału faktograficznego

W tej części recenzji odnoszę się do sposobu prezentacji materiału w rozdziałach 3 i 4, zawierających omówienie podstaw metodycznych i wyników modelowania. Generalnie problematyka została przedstawiona w sposób właściwy, a ryciny dobrze uzupełniają tekst,

jednak w niektórych miejscach rozprawa znów traci na jakości przez skróty myślowe i lakoniczne podawanie informacji, bez głębszego wytłumaczenia. Przykładowo, nie pojawia się informacja, dlaczego zastosowano model reologiczny Druckera-Pragera (s. 51), ani bliżej nie przedstawiono jego istoty. Na s. 47 autorka odwołuje się do koncepcji wytrzymałości masywu skalnego (RMS – *rock mass strength*), nie podając ani jej założeń, ani nie przytaczając nazwiska osoby, która tę koncepcję wprowadziła do literatury. W innym miejscu znajdujemy odwołanie do klasyfikacji RMR (*rock mass rating*), która nie jest tożsama z RMS, ale nigdzie nie wyjaśniono różnic między nimi. Opisy rozmieszczenia przejawów deformacji stoków są miejscami niejasne (np. s. 55 – „*Failure plane of the landslide followed through the crestal graben on the southern ridge side and the mass moved to the north*”), a mało czytelne ryciny nie ułatwiają odbioru tekstu. Do takich mało czytelnych, a ważnych rycin należą 4.1a (skala pozioma nieczytelna), 4.4b (za ciemna, napisy są nieczytelne), 4.5 (części b i c błędnie podpisane – zob. tekst na s. 57). Rycina 4.2 powtarza rycinę 2.2b, a rycinę 4.16 trudno odnieść do ryc. 4.4, na której powinna się pojawić ramka wskazująca na lokalizację zbliżenia. Na s. 81 czytelnik jest kierowany do nieistniejącej ryc. 4.3d. Przedstawione graficznie wyniki modelowania (ryc. 4.6 do 4.17) zostały natomiast dobrze przedstawione i nie pozostawiają wątpliwości, jakie efekty uzyskała autorka dla różnych wariantów inicjalnych.

Uwagi dyskusyjne

W zakresie interpretacji uzyskanego materiału, rozwijanej w kilku punktach (podrozdziałach) w rozdziale 5, mam niewiele uwag dyskusyjnych. Autorka właściwie zauważa, że w wielu przypadkach rozkład odkształceń nie sprzyja wytworzeniu ciągłej powierzchni poślizgu i głęboko zakorzenione deformacje grawitacyjne są końcowym etapem ewolucji stoków poddanych deglacji (czy będących pod wpływem innych czynników zewnętrznych). Dalej prawidłowo formułuje trzy hipotezy potencjalnie wyjaśniające różnice między Coprates Chasma i Geryon Montes, mimo zakładanych podobieństw w budowie geologicznej. Nie mam również zastrzeżeń do prób odtworzenia sekwencji zjawisk w Coprates Chasma, choć pozostawienie genezy osuwiska nr 2 bez jakiegokolwiek wyjaśnienia (s. 82) pozostawia niedosyt, podobnie jak brak opisów na ryc. 5.3, co każe się domyślać, które osuwiska są w jakich miejscach zlokalizowane. Interesujące są rozważania na temat możliwości odniesienia wyników modelowania do ziemskich analogów, ale właściwie zostały one wyłącznie zasygnalizowane (pół strony tekstu). Warto było rozwinąć tę problematykę i

przyczyć odpowiednie prace na ten temat z Wyżyny Tybetańskiej i Andów (których istnienie autorka wydaje się sugerować na s. 83). Podobnie na szerszą dyskusję zasługiwał rozdział 5.5, a różne koncepcje ze starszych prac można było porównać graficznie do wyników przeprowadzonego modelowania.

Nie mogę natomiast zgodzić się z końcowym stwierdzeniem w pracy, że jeśli obserwowane struktury są podobne, to mechanizmy inicjujące przemieszczenia są zapewne również podobne. Co upoważnia do takiego postawienia sprawy? Ponadto w pracy nie analizowano mechanizmów inicjujących (*triggers*), tylko uwarunkowania (*controls*) i można odnieść wrażenie, że autorka nie do końca rozróżnia te dwa pojęcia. Przykładowo, na s. 4 znajdujemy stwierdzenie, że wśród mechanizmów inicjujących (w tym przypadku przewracanie) jest siła grawitacji – ona nie może być mechanizmem inicjującym, bo jest czymś uniwersalnym.

Uwagi techniczne

W pracy pojawiły się pewne usterki techniczne, częściowo wymienione powyżej. Spora część z nich jest związana z niedoskonałościami języka angielskiego, a strona językowa powinna być znacznie lepiej dopracowana (liczne są na przykład przypadki niezgodności gramatycznej formy podmiotu z orzeczeniem). Odnotowałem także nieścisłości w cytowaniu literatury, polegające na błędnej pisowni nazwisk (np. poprawne formy to m.in. Easterbrook, Gutierrez, McCalpin) i niekompletnych zapisach bibliograficznych. Z kolei w tekście błędnie zapisano nazwiska Hungr (s. 2).

Konkluzja

Recenzowana rozprawa ma zarówno silne, jak i słabe strony. Nie mam jednak wątpliwości, że silne strony przeważają, a uzyskane rezultaty modelowania numerycznego są wartościowe i poszerzają naszą wiedzę o uwarunkowaniach głęboko zakorzenionych ruchów masowych i możliwości ich ewolucji w stronę przemieszczeń osuwiskowych. Pewnych kwestii autorka nie rozwiązała do końca, pozostawiając je na etapie hipotez roboczych, ale biorąc pod uwagę obiekt badań (nieдоступny Mars), nie była w stanie tego zrobić. Niektóre zagadnienia warto rozwinąć w przyszłości, może na szerszym materiale obserwacyjnym, zarówno z Marsa, jak i z Ziemi. Postawiony problem naukowy autorka rozwiązała.

W ostatecznej konkluzji stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska Pani mgr Magdaleny Makowskiej spełnia wymogi określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. i wnioskuję o dopuszczenie jej autorki do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Prof. Mizgocí

Wrocław, 20 września 2015