

prof. dr hab. inż. Leszek Wojnar

- ul. Bielańska 21, 32-070 Dąbrowa Szlachecka
- Katedra informatyki Stosowanej
Politechnika Krakowska
al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr **Jakuba KAMIŃSKIEGO** pt.
Komputerowa symulacja własności mechanicznych tkanki kostnej na
podstawie biomechanicznego modelu kości w oparciu o pomiary
mikrotomograficzne kości zwierzęcych

Recenzja została wykonana na podstawie zlecenia Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 12.11.2024 r. nr WFILS-b.510-27/551/24, a jej podstawą prawną jest Art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595.

Przedstawiona do recenzji rozprawa została opracowana na wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie pod kierunkiem dwóch osób: promotora dr hab. inż. Jacka Tarasiuka, prof. AGH oraz promotora pomocniczego, dr hab. inż. Sebastiana Wrońskiego, prof. AGH.

Sposób przygotowania pracy, która jest bardzo obszerna, gdyż liczy ogółem 212 stron, należy uznać za nowoczesny. Dysertacja zawiera spis literatury liczący 219 pozycji, z których zdecydowana większość została wydana po roku 2000. Niemal wszystkie pozycje literaturowe zostały zaopatrzone w adresy internetowe lub numery doi, które pozwalają na pobranie publikacji lub, w większości przypadków, dostęp do streszczenia. Ponieważ do pracy załączono dysk CD z wersją elektroniczną, dostęp do poszczególnych pozycji literatury jest bardzo łatwy i szybki. W pracy zawarto również 28 tabel i 91 rysunków.

Praca została przygotowana starannie pod względem edytorskim, choć jednocześnie jest dość męcząca w czytaniu ze względu na wielość stron pozbawionych materiału ilustracyjnego i tekst sformatowany z brakiem odstępu między akapitami. Strona językowa nie budzi większych zastrzeżeń, choć tekst często sprawia wrażenie nieco „napompowanego”, z użyciem zdań wielokrotnie złożonych i wieloma nadmiarowymi określeniami.

W pracy znajduje się bardzo ważny rozdział, zatytułowany: Cel i zakres pracy. Autor zamieścił w nim następujące sformułowanie tego celu: *Głównym celem pracy była*

wieloskalowa symulacja komputerowa własności mechanicznych kości na podstawie modelu uśredniającego właściwości na bazie pomiarów wołowych kości udowych z mikrotomografii. Niestety, takie sformułowanie celu pracy jest niejasne i budzące wątpliwości. Wydaje się bowiem, że celem pracy była nie tyle symulacja, ile opracowanie metody symulacji pozwalającej na podstawie pomiarów mikrotomograficznych przewidzieć własności kości zgodne z rzeczywistymi. Ponadto symulacja własności mechanicznych była prowadzona raczej na podstawie modelu struktury kości opartego na wynikach badań mikrotomograficznych, a nie na podstawie pomiarów.

Największą objętość rozdziału opisującego cel i zakres rozprawy zajmują opisy wartościujące pracę, co nie powinno mieć miejsca. Ocena, czy bazowano na nowoczesnym podejściu do modelowania lub czy praca rzeczywiście stanowi oryginalny wkład w dyscyplinę naukową, powinna należeć do innych osób. Sugerowanie takich ocen w pracy stanowiącej narzędzie do uzyskania stopnia naukowego przez jej autora uważam za niezręczne. O ile można byłoby takie podejście zaakceptować np. we wstępie, o tyle nie ma ono nic wspólnego z celem i zakresem pracy. Dopiero w ostatnim zdaniu rozdziału: Cel i zakres pracy autor bardzo ogólnie opisał jej zakres.

Z zadowoleniem zauważyłem, że w pracy nie sformułowano tezy, która jest obecna w większości prac doktorskich, ale w praktyce nie wnosi niczego wartościowego do pracy. Tezę można bowiem sformułować na podstawie tytułu pracy doktorskiej bez jakiegokolwiek analizy jej treści. W tym przypadku teza miałaby zapewne brzmienie zbliżone do następującego: *Możliwa jest komputerowa symulacja własności tkanki kostnej na podstawie badań mikrotomograficznych*

Struktura pracy bardziej przypomina monografię o mocno sformalizowanej strukturze, niż klasyczną rozprawę doktorską. O ile w klasycznym ujęciu pracy zdominowanej przez doświadczenia mamy układ treści typu: analiza literatury – rozważania teoretyczne – plan badań – przebieg i wyniki badań – analiza wyników – wnioski, o tyle w pracy mgr inż. Jakuba Kamińskiego mamy szereg równorzędnych rozdziałów, z których każdy tworzy jak gdyby osobną pracę o nieco mniejszym zakresie. Poszczególne rozdziały mają swój wstęp, analizę teoretyczną i wyniki, choć niekiedy nie widać opisu badań. Taki układ treści pozwala niewątpliwie na bliskie sąsiedztwo opisów podstaw teoretycznych oraz wyników badań i analiz prowadzonych zgodnie z tym opisem teoretycznym. Z drugiej jednak strony nie jest zbyt komfortowy dla czytelnika, gdyż utrudnia śledzenie postępów badań, a w szczególności śledzenie logicznych powiązań poszczególnych etapów analiz. Ponadto sporo zamieszania wprowadza określenie badań mikrotomograficznych jako pomiarów, podczas gdy jest to po prostu etap pozyskiwania wstępnych danych do dalszych analiz, w tym również, po odpowiednim przetworzeniu danych, do pomiarów.

Niewątpliwie słusznym rozwiązaniem było podjęcie badań na kościach zwierzęcych, choć docelowo opracowywane metody mają one służyć do badania kości ludzkich *in vivo*. Nie znalazłem jednak wyjaśnienia, dlaczego wybrano akurat kości wołowe, a nie na

przykład wieprzowe. Przeprowadzenie równoległych analiz dla kości wołowej i wieprzowej mogłoby wskazać na systematyczne różnice, których analiza stanowiłaby punkt wyjścia do opracowania metod dopasowanych do specyfiki kości ludzkich. Autor zwrócił uwagę, że kości wołowe mają inną budowę od kości ludzkich między innymi z powodu różnic w masie ciała człowieka i krowy. W tej sytuacji kości wieprzowe mogłyby być bardziej zbliżone pod względem budowy do kości ludzkich. Poza tym już sam tytuł rozprawy sugeruje, że analizie mogły być poddane kości należące do różnych zwierząt.

W rozdziale pierwszym, zatytułowanym Wprowadzenie, autor opisuje budowę i funkcje kości oraz podaje cel i zakres pracy, jak również jej zawartość w postaci bardzo syntetycznej charakterystyki poszczególnych rozdziałów. Rozdział 1 kończy całostronicowy rys. 1.6, który w interesującej, graficznej formie, przedstawia całość koncepcji badań. Rozdział ten jest potrzebny i dobrze napisany, ale ciąży na nim maniera używania słów niezbyt zrozumiałych, ale sugerujących zajmowanie się bardzo zaawansowanymi zagadnieniami. Przykładami mogą być (str. 1): nakreślenie kontekstu połączenia pomiarów eksperymentalnych i symulacji komputerowych lub przegląd literatury ze szczególnym uwzględnieniem aspektu modelowania. Można było opisać to znacznie prościej, np.: opisanie celowości połączenia (...) lub ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień modelowania. Warto pamiętać, że pisanie w sposób prosty i zrozumiały nie obniża, wbrew pozorom, wartości naukowej pracy.

Rozdział 2 zawiera wstęp do zagadnień opisu i modelowania podstawowych własności mechanicznych, wprowadza do metody elementów skończonych oraz podaje zestawienie wyników badania modułu Younga struktur kostnych dostępnych w doniesieniach literaturowych.

Rozdział 3 opisuje preparatykę kości oraz przeprowadzone w skali mezo i skali makro badań mikrotomograficznych. Drugą część rozdziału zajmują testy ściskania dostarczające danych do późniejszego porównania z wartościami symulowanym.

Rozdział 4 poświęcono zagadnieniom obróbki surowych danych pochodzących z badań mikrotomograficznych, które prowadzą do otrzymania obrazów 3D badanych struktur kostnych.

Rozdział 5 poświęcono zagadnieniom binaryzacji obrazów 3D oraz pomiarom morfometrycznym. Odpowiedni sposób binaryzacji jest kluczowy dla dalszych analiz, gdyż jego błędy mogą prowadzić do generowania struktur, które nie stanowią wiernego odzwierciedlenia badanej rzeczywistej struktury. Binarna postać obrazów 3D jest niezbędna do wyznaczania parametrów morfometrycznych, czyli ilościowych charakterystyk geometrii struktury kostnej.

Rozdziały 6 i 7 poświęcono zagadnieniom symulacji z wykorzystaniem metody elementów skończonych, która pozwala na przewidywanie własności mechanicznych oraz rozkładów naprężeń w kościach pod wpływem różnych obciążeń. Zamieszczono tam również

porównanie wyników na bazie metody elementów skończonych oraz wartości z modelu Zysseta-Curniera. Niestety, po raz kolejny wartościowe wyniki zostały zaprezentowane w sposób mało czytelny. Wykresy są niewielkich rozmiarów, z często nieczytelnymi opisami, w dodatku zgrupowano obok siebie aż 14 wykresów (s. 131-133), podczas gdy najbardziej czytelne jest umieszczanie słownego opisu każdego wykresu w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Cennym elementem bardzo obszernej pracy jest rozdział zatytułowany Podsumowanie. Omówiono w nim przeprowadzone badania i użyte narzędzia obliczeniowe oraz, co jest bardzo cenne, scharakteryzowano zastosowania i perspektywy rozwoju. Ale i w tej, bardzo cennej części rozprawy mgr inż. Jakuba Kamińskiego znalazły się elementy ewidentnie niedopracowane, choć trudno jest zrozumieć przyczyny takiego stanu rzeczy. Konsekwencją omawianego na początku recenzji, momentami niezbyt szczęśliwego, sformułowania celu pracy jest nieco rozczarowujące najbardziej syntetyczne podsumowanie, zatytułowane: *Najważniejsze osiągnięcie pracy*. Zostało ono opisane następująco: *Główny cel pracy został osiągnięty dzięki słuszności przyjętych założeń. Rezultat ten pokazuje, że jedynie prawidłowe uwzględnienie podczas symulacji opisywanych kluczowych aspektów modelowania (...) pozwala na uzyskanie obciążenia struktur kosztnych zgodnego z danymi pomiarowymi i stanem wiedzy w literaturze*. Przytoczone powyżej sformułowania są mocno barokowe i bardzo ogólnikowe. Podczas czytania odnosi się wrażenie, że wyniki są dobre, bo wszystko dobrze (poprawnie) zrobiono. Ale dalej nie wiadomo, co takiego zostało skutecznie rozwiązane. Wykonane przez mgr inż. Jakuba Kamińskiego analizy i badania dostarczyły dużej ilości materiału, który zasługuje na jego zdecydowanie lepsze podsumowanie.

Do pracy autor dołączył na jej końcu elementy dokumentacji składanej we wnioskach dotyczących awansu naukowego, a mianowicie spisy własnych publikacji zgodnych z tematyką pracy i zestawienie wskaźników bibliometrycznych, a ponadto życiorys. Elementy te nie są wymagane, ale poszerzają informacje dotyczące doktoranta bez potrzeby ich wyszukiwania. Pragnę jednak zwrócić uwagę, że przesadą jest pisanie życiorysu autora z użyciem trzeciej osoby liczby pojedynczej, czyli opisywanie samego siebie jak obcej osoby.

W tak obszernej pracy, jak recenzowana dysertacja, trudno jest od razu znaleźć miejsce najbardziej interesujące dla danego czytelnika. Dlatego cennym elementem jest skrótowa charakterystyka opisana na st. 13 jako rozdział 1.5 Zawartość pracy. Dokonano tam bardzo syntetyczne charakterystyki poszczególnych rozdziałów. Niestety, tytuły rozdziałów w spisie treści oraz w rozdziale 1.5 są różne. Wydaje się mało prawdopodobne, aby był to celowy zabieg autora pracy. Prawdopodobnie jest to błąd wynikający z wielokrotnego modyfikowania treści rozprawy, co wiązało się również z pewnymi modyfikacjami tytułów rozdziałów.

W niniejszej recenzji zawarłem sporą liczbę uwag krytycznych, które jednak odnoszą się przede wszystkim do sposobu prezentacji wyników prac prowadzonych przez mgr inż. Jakuba Kamińskiego, bez podważania ich wartości naukowej. Przedstawione uwagi są w dużym stopniu podyktowane faktem, że każda osoba zajmująca się nauką ma prawo do własnej koncepcji badań oraz interpretacji wyników. Struktura prac doktorskich nie jest ograniczana sztywnymi zasadami, co odróżnia je od publikacji naukowych, które często muszą spełniać rygorystyczne, nie zawsze najlepsze z możliwych, zalecenia redakcyjne.

Niewątpliwie autor przeprowadził bardzo dużo wartościowych badań. Ich opis połączył z rozbudowaną analizą literaturową. W całości praca ta stanowi bardzo wartościowy materiał źródłowy dalszych analiz lub podejmowania analogicznych badań przez osoby o mniejszym doświadczeniu. W takim przypadku silnie sformalizowana struktura dysertacji staje się jej zaletą.

Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595) stwierdza w Art. 13.1:

Rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką promotora albo pod opieką promotora i promotora pomocniczego, powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie problemu w oparciu o opracowanie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne, lub oryginalne dokonanie artystyczne, oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

Biorąc pod uwagę przytoczone wyżej zapisy ustawowe oraz fakt, że uzyskane wyniki badań i analiz mają niewątpliwie znaczną wartość naukową, a mgr inż. Jakub Kamiński wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie nauki fizyczne, uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Kamińskiego pt. Komputerowa symulacja własności mechanicznych tkanki kostnej na podstawie biomechanicznego modelu kości w oparciu o pomiary mikrotomograficzne kości zwierzęcych spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w Art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Nauki Fizyczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Uważam również, że treść rozprawy mgr inż. Jakuba Kamińskiego odpowiada deklarowanej dziedzinie: nauki ścisłe i przyrodnicze oraz dyscyplinie: nauki fizyczne.

Dąbrowa Szlachecka, 27 listopada 2024 r.

