

Dr hab. inż. Tomasz Szymczak

Ul. Pazińskiego 1A m 11

04-643 Warszawa

Tel.: +48 505 602 943



Recenzja rozprawy doktorskiej

**mgr inż. Norberta Laskowskiego pt. „Kryteria estymacji parametrów
konceptualnych modeli hydrologicznych relacji opad-odpływ”.**

1. PODSTAWA OPRACOWANIA RECENZJI

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie Uchwały Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 30 maja 2022 r. J. M. Prorektor ds. Nauki prof. dr hab. inż. Jacek Przepiórski pismem z dnia 2 czerwca 2022 r. zlecił mi opracowanie recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Norberta Laskowskiego. Pismo otrzymałem z dołączonym egzemplarzem rozprawy doktorskiej w wersji papierowej oraz płytę CD z jej wersją elektroniczną.

Praca doktorska mgr inż. Norberta Laskowskiego powstała pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Jacka Kurnatowskiego.

2. OPINIA OGÓLNA

Przedłożona mi do recenzji dysertacja doktorska przygotowana przez Pana magistra inżyniera Norberta Laskowskiego jest opracowaniem, które oceniam pozytywnie. Jest to praca stanowiąca dowód orientacji Autora w projektowaniu i przeprowadzaniu badań z zakresu modelowania matematycznego w hydrologii, analizy wyników i konstruowania wniosków. Podjęty temat jest aktualny i istotny z punktu widzenia doboru odpowiednich modeli do symulacji i prognozowania odpływu rzeczno, właściwych metod estymacji wartości parametrów i miarodajnej oceny jakości tych modeli. W związku z powyższym podjęcie się przez Doktoranta badań dotyczących kryteriów estymacji parametrów konceptualnych modeli hydrologicznych relacji opad-odpływ uważam za uzasadnione i przyczyniające się do rozwoju hydrologii inżynierskiej.

3. UWAGI FORMALNE

Praca liczy łącznie 171 stron. Treści merytoryczne zajmują 118 stron i są podzielone na sześć części: 1 – Wstęp; 2 - Aktualny stan badań w zakresie rozpatrywanej problematyki; 3 - Metodyka badawcza; 4 - Przyjęte założenia i ograniczenia kalkulacyjne; 5 – Wyniki; 6 – Podsumowanie. Wszystkie te części (oprócz czwartej) zawierają podrozdziały. Najwięcej części druga – 10 podrozdziałów, a podrozdział 2.1 zawiera 6 podpunktów. Pracę rozpoczyna spis treści i wykaz zastosowanych symboli. Na kolejnych stronach znajdziemy streszczenie w języku polskim i angielskim. Po sześciu rozdziałach merytorycznych Doktorant zamieścił bibliografię składającą się ze 110 pozycji literatury, wykaz 36 tabel oraz wykaz 162 rysunków.

Na końcu pracy znajdują się 4 załączniki zawierające: zestawienie wysokości dobowych opadów i wielkości przepływów dla analizowanych rzek; wyniki estymacji parametrów; wartości kryteriów estymacji uzyskane modelami pojedynczego zbiornika liniowego i kaskadą Nasha oraz hydrogramy wynikowe uzyskane dla Żebrówki.

4. PRZEDMIOT I ZAKRES PRACY

Praca dotyczy ważnego i trudnego problemu szacowania parametrów modeli hydrologicznych. Analizie poddano pięć struktur konceptualnych liniowych modeli relacji opad-odpływ: pojedynczy zbiornik liniowy, kaskada Nasha, model kaskady zbiorników zatopionych, model Diskina, model równoległych kaskad: Nasha i zbiorników zatopionych pod kątem ich wrażliwości na zastosowane kryteria estymacji parametrów. Miary oceny dopasowania wyników modelu Doktorant przedstawił w postaci 15 różnych kryteriów estymacji parametrów modeli. Do oceny jakości modelu zastosował dwa kryteria informacyjne: Akaike oraz Schwarza. Transformacja opadu w odpływ została przeprowadzona dla 5 zlewni o powierzchni od 98,2 do 183 km², dwóch z dorzecza Odry o charakterze górskim i podgórskim oraz trzech z dorzecza Wisły o charakterze nizinnym. Do badań wybrano po 6 hydrogramów odpływu rzeczno z wyraźnymi wezbrzeniami. Najdłuższy hydrogram (zlewnia Pasłęki) obejmował 21 dni. Wejściem były sumy dobowe opadów określone tylko z jednego posterunku dla każdej zlewni. Krok czasowy danych wynosił jedną dobę.

Autor stwierdził, że wrażliwość badanych modeli liniowych na zastosowane kryteria estymacji parametrów jest duża. W przypadku funkcji celu bazujących na pojęciu błędu kwadratowego zaobserwował dużą czułość modelu na różnice wartości szczytowych i niewrażliwość na rozbieżności w zakresie niskich wartości przepływów. Ponieważ wykorzystywane funkcje celu determinują wyniki modelu w zakresie rozpatrywanej miary Doktorant postuluje zastosowanie kryterium umożliwiającego jednoczesną analizę kilku cech hydrogramu. Takie podejście, choć wymaga przyjęcia większego zakresu dopuszczalnego błędu rozwiązania w odniesieniu do pojedynczej cechy dopasowania, pozwala uzyskać większe podobieństwo między hydrogramem symulowanym a rzeczywistym w aspekcie całościowym. Ocenę możliwości modeli konceptualnych relacji opad-odpływ do odtworzenia kształtu wezbrania Autor określał przy użyciu kryterium szczytów przesuwnych.

Z dysertacji wynika, że pomimo uzyskania obiecujących wyników zarówno kryterium wielocelowe, jak i kryterium szczytów przesuwnych wymagają dalszej pracy w celu zwiększenia zakresu ich zastosowania.

Doktorant oceniał także skuteczność zastosowania struktury kaskady zbiorników zatopionych jako jednej z kaskad modelu Diskina uzyskując pozytywne wyniki i poprawę jakości modelu.

5. OCENA MERYTORYCZNA PRACY

5.1. Cel pracy i przyjęte hipotezy robocze

Celem głównym recenzowanej dysertacji było wskazanie kryteriów estymacji parametrów umożliwiających uzyskanie maksymalnego podobieństwa między rzeczywistymi i symulowanymi, na podstawie danych opadowych, hydrogramami wyjściowymi zlewni.

Dodatkowymi celami szczegółowymi pracy jakie postawił sobie Autor było:

- opracowanie kryterium sprawdzającego, czy struktura modelu umożliwia odtworzenie przebiegu hydrogramu rzeczywistego,
- zbadanie jakości modelu konceptualnego składającego się z dwóch równoległych kaskad – Nasha i zbiorników zatopionych,

- analiza porównawcza jakości i użyteczności zastosowanych konceptualnych modeli relacji opad-odpływ.

Zastosowanie różnych koncepcji modeli zbiornikowych (w tym różnych wariantów strukturalnych) pozwoliło Doktorantowi przeanalizować w szerszym zakresie problem podatności modeli hydrologicznych relacji opad-odpływ na proces optymalizacji. Dzięki temu możliwa była większa generalizacja wniosków.

Autor sformułował hipotezy badawcze a pracę poświęcił udowodnieniu wynikających z nich tez.

- Kryteria estymacji parametrów modelu determinują cechy hydrogramów wynikowych hydrologicznych modeli relacji opad-odpływ, bez względu na zastosowaną koncepcję ich struktury. Odpowiednio elastyczny dobór kryteriów estymacji parametrów prowadzi do uzyskania najdokładniejszych odzwierciedleń kształtu rzeczywistych hydrogramów odpływu.
- Kryterium szczytów przesuwnych może być skuteczną metodą oceny zdolności struktury modelu do odtworzenia hydrogramu rzeczywistego.
- Wpływ wód podpowierzchniowych na proces kształtowania się odpływu ze zlewni można zamodelować za pomocą koncepcji zbiorników zatopionych, której struktura zbliżona jest do układu wód podziemnych. Wykorzystując ją jako jedną z kaskad modelu Diskina, wygenerowane hydrogramy odpływu swym przebiegiem są bliższe hydrogramom rzeczywistym, w porównaniu z hydrogramami uzyskanymi z tradycyjnych modeli zbiorników otwartych.

Po lekturze rozprawy, jestem przekonany, że zakładany cel główny, jak i trzy cele szczegółowe zostały osiągnięte przez Doktoranta, a wyniki odpowiednio zaplanowanych badań umożliwiły udowodnienia sformułowanych hipotez.

5.2. Wykorzystana literatura i analiza aktualnego stanu badań

Doktorant przeprowadził analizę aktualnego stanu wiedzy w odniesieniu między innymi do klasyfikacji modeli typu opad-odpływ, opisu transformacji opadu w odpływ w aspekcie przestrzennym, czasowym i losowym, metod kalibracji parametrów modeli. Dużo uwagi poświęcił zagadnieniu niepewności i analizie źródeł błędów. Na zakończeniu Autor dokonał porównania modeli opad – odpływ i przedstawił podsumowanie stanu badań.

Analiza stanu wiedzy w zakresie modelowania relacji opad - odpływ stanowiła dla Doktoranta podstawę do wyboru różnych wariantów koncepcyjnych i strukturalnych modeli hydrologicznych oraz zastosowania stosunkowo nowego podejścia w modelowaniu w postaci kaskady zbiorników zatopionych, opublikowanego w 2017 roku.

Autor skupił się jedynie na modelach bazujących na hortowskiej teorii formowania się odpływu rzecznoego zakładającej, że odpływ powstaje na całej powierzchni zlewni. Podejście takie jest coraz częściej kwestionowane. Wyniki wielu badań zarówno terenowych jak i symulacyjnych wskazują na to, że tylko na części powierzchni zlewni powstaje odpływ bezpośredni zgodnie z tzw. teorią zmiennych obszarów czynnych. Nie uwzględnienie tego może być dodatkową przyczyną niedokładnego odwzorowywania hydrogramów rzeczywistych przez model. Badania dotyczące identyfikacji parametrów konceptualnych modeli odpływu rzecznoego prowadzone są od lat również w jednostkach krajowych, w tym modeli uwzględniających teorię obszarów czynnych.

5.3. Uwagi odnośnie metodyki badań

Główne zastrzeżenia recenzenta budzi przyjęty przez Doktoranta duży krok czasowy danych równy jednej dobie oraz ograniczenie się jedynie do danych opadowych pochodzących tylko z jednego posterunku opadowego w zlewni. Ponieważ opad efektywny stanowi nadwyżkę opadu całkowitego nad infiltracją bardzo istotne jest natężenie tego opadu, którego nie da się poprawnie określić przy tak dużym kroku czasowym. Oczywiście w modelach konceptualnych parametry nie mają interpretacji fizycznej, ale kwestia kroku czasowego ma tu fundamentalne znaczenie z punktu widzenia możliwości przeprowadzenia identyfikacji parametrów i jakości modelu. Np. opad o danej sumie dobowej, który padał przez 24 godziny nie wywoła w zlewni o przepuszczalnych gruntach w ogóle odpływu powierzchniowego, a taki sam opad, który spadnie w ciągu 1 godziny może spowodować nawet całkiem spore wezbranie. Z tego powodu przyjęcie zbyt dużego kroku czasowego danych powoduje duże zmiany wartości parametrów modelu oddzielnie estymowanych dla każdego hydrogramu. W dalszych pracach Doktorant powinien przeprowadzić identyfikację parametrów łącznie dla

wszystkich analizowanych dla danej zlewni zdarzeń i powtórzyć wnioskowanie na tak otrzymanym materiale wynikowym.

Pominięcie procesu parowania stanowi dodatkowe źródło błędów zwłaszcza w okresach bezopadowych i w części recesyjnej hydrogramów. Może to utrudnić prawidłowe wnioskowanie odnośnie wpływu poszczególnych funkcji kryterialnych na wartości estymowanych parametrów i miar jakości modelu. Wykorzystane hydrogramy mają długości osiągające 21 dni i obejmują kilkudniowe okresy bez opadu. Często stosowanym podejściem w prostych modelach konceptualnych jest zastąpienie na wejściu opadu P wartością pomniejszoną o wysokość parowania $P' = P - E$. Wymaga to jednak przystosowania algorytmu obliczeniowego do akceptowania wartości ujemnych na wejściu do modelu.

5.4. Wyniki i wnioski

Doktorant poddał analizom 15 kryteriów o różnym stopniu złożoności i powszechności stosowania. Wartość pracy podnosi wprowadzenie dwóch autorskich kryteriów tj. jednoczesnej analizy kilku cech hydrogramu. Podejście takie zapewnia wskazanie rozwiązania, które uwzględnia 3 składowe: czas wystąpienia szczytu wezbrania, dopasowanie wartości szczytowych oraz zgodności objętości hydrogramów rzeczywistych i modelowanych. Drugie autorskie kryterium - szczytów przesuwnych pozwala określić dokładność odwzorowania rzeczywistego hydrogramu przez symulowany modelem hydrogram z pominięciem zgodności w czasie kulminacji. Stopień dopasowania oceniany jest dopiero po przesunięciu hydrogramu w celu osiągnięcia zgodności w czasie przepływów maksymalnych.

W podrozdziale „Analiza wyników” Doktorant omawia uzyskane wyniki wykorzystując zestawienia tabelaryczne i wykresy. Robi to w formie dyskusji powołując się na prace innych autorów. Bardzo cenna z punktu widzenia metodologii estymacji parametrów modeli jest opracowana przez Doktoranta w formie tabeli klasyfikacja kryteriów estymacji ze względu na cel modelowania oraz również w zaprezentowany w formie tabelarycznej podział kryteriów estymacji w zależności od rodzaju miary zmienności, zakresu dopasowania wartości przepływów oraz zgodności czasowej wezbrania uzyskanych w procesie modelowania.

Treść rozprawy kończy rozdział 6 „Podsumowanie”. Doktorant przedstawia tu sformułowanych przez siebie 10 wniosków oraz 6 wytycznych do dalszych badań. Zawarte w nich treści są słuszne, wynikają z całości pracy i nie budzą zastrzeżeń.

Zdaniem recenzenta w końcowych rozdziałach pracy brak jest ustosunkowania się Doktoranta do stopnia osiągnięcia postawionych celów i wyraźnego omówienia na jakiej podstawie uważa, że przyjęte hipotezy można uznać za udowodnione.

6. JĘZYK I FORMALNA OCENA PRACY

Dokumentacja wyników z przeprowadzonych obliczeń i ich opis są bardzo obszerne i zajmują wiele stron pracy. Praca byłaby bardziej przejrzysta gdyby część tabel i wykresów przenieść do Załącznika.

Załącznik nr 3 jest praktycznie nieczytelny zarówno w odniesieniu do wynikowych wartości liczbowych jak i opisów osi.

W kilku miejscach pracy potrzebne są korekty stylistyczno – gramatyczne. Praca wymaga przejrzenia i poprawy tych usterek.

Drobne uchybienie znalazłem w odniesieniu do cytowanej i zestawionej w bibliografii literatury: w tekście Doktorant powołuje się na pracę Kindler 1984, niestety nie ma jej w Bibliografii. Praca Fujimura 2004 znajduje się w Bibliografii, niestety nie ma odwołania do niej w tekście.

7. KONKLUZJA KOŃCOWA

Wymienione powyżej sugestie i uwagi krytyczne nie zmieniają mojej pozytywnej opinii o pracy. Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego o dużym znaczeniu dla hydrologii inżynierskiej i hydrologii jako nauki. Podjęty temat jest ważny i aktualny. Wyniki pracy stanowią w dużej części wypełnienie luki badawczej w Polsce w podjętym temacie. Recenzowana praca doktorska mgr inż. Norberta Laskowskiego pt. „Kryteria estymacji parametrów konceptualnych modeli hydrologicznych relacji opad-odpływ” spełnia wszystkie elementy rozprawy doktorskiej w świetle wymogów ustawy z dnia 3 lipca 2018 r Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz. 1669), art. 14 ust. 1 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego

z dnia 19 stycznia 2018 r, w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnych oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. poz. 261).

W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Norberta Laskowskiego do publicznej obrony jego rozprawy doktorskiej.

Z wyrazami szacunku

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'T. Szymczak'.

Dr hab.inż. Tomasz Szymczak, em. prof. ITP PIB