



Białystok, 10 lutego 2021 r.

dr hab. inż. Katarzyna Halicka, prof. PB  
Wydział Inżynierii Zarządzania  
Politechnika Białostocka

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Mahtab Afsari  
pt. *Fuzzy GERT Algorithm for Research Projects Scheduling*

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Mahtab Afsari zatytułowana *Fuzzy GERT Algorithm for Research Projects Scheduling*. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Krzysztof SANTAREK. Recenzja została opracowana na zlecenie Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji dr hab. inż. Tomasza Chmielewskiego, prof. Uczelni oraz Pana Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny *inżynieria mechaniczna* Politechniki Warszawskiej prof. dr hab. inż. Roberta Sitnika na podstawie pisma nr WIP.480.2.2020 z dnia 17 grudnia 2020 roku.

Recenzja stanowi element postępowania o nadanie mgr inż. Mahtab Afsari stopnia naukowego doktora w dyscyplinie inżynieria produkcji (*inżynieria mechaniczna*). Celem recenzji jest udzielenie odpowiedzi na pytanie czy przedmiotowa praca odpowiada ustawowym wymaganiom dotyczącym rozpraw doktorskich.

### 2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Recenzowana rozprawa mieści się w szeroko rozumianej problematyce zarządzania projektami. W szczególności obiektem zainteresowania Pani mgr inż. Mahtab Afsari jest zastosowanie rozmytych sieci GERT do planowania badań i zarządzania projektami.

Autorka podjęła w rozprawie aktualny i ważny problem dotyczący poszukiwania metod i narzędzi umożliwiających skuteczne zarządzanie projektami badawczo-rozwojowymi. W mojej opinii podjęcie takiej tematyki jest zasadne i użyteczne, zarówno z punktu widzenia nauki, jak i praktyki przemysłowej.

Uzasadniając wybór problematyki badawczej, Autorka wskazała następujące przesłanki wskazujące na celowość podjętych w rozprawie badań:



- niewystarczającą skuteczność dotychczas stosowanych metod zarządzania projektami;
- trudności zarządzania projektami badawczo-rozwojowymi z uwagi na między innymi dużą niepewność w określeniu zadań i czynności projektowych, niejednoznaczne i niepewne wyniki badań, niepowtarzalność działań projektowych;
- konieczność wykorzystania nowych metod w celu zmniejszenia ewentualnych opóźnień i problemów związanych z niepewnością oraz zwiększenie spójności planowania i realizacji badań oraz projektów;
- wzrost znaczenia zarządzania projektami ze względu na czas i kontrolę realizacji działań w odniesieniu do ograniczeń czasowych i kosztowych.

Uwzględniając powyższe problemy, Autorka słusznie zauważa potrzebę opracowania autorskiego modelu i algorytmu zarządzania projektami badawczo-rozwojowymi z uwzględnieniem rozmytych sieci GERT.

Biorąc pod uwagę zaproponowaną przez Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk, klasyfikację obszarów prac naukowo-badawczych, które mieszczą się w dyscyplinie *inżynieria produkcji*, podjęta w rozprawie problematyka badawcza umiejscowiona została w obszarze: *zarządzanie projektami*<sup>1</sup>.

Zaproponowany tytuł opiniowanej rozprawy *Fuzzy GERT Algorithm for Research Projects Scheduling* odpowiada jej treści i jednoznacznie określa rozważany problem i zakres badań podjętych przez Autorkę. Temat ma cechy dysertabilności, to znaczy jest oryginalny i istotny z punktu widzenia aktualnych trendów badawczych.

### 3. Struktura pracy

Recenzowana rozprawa liczy 299 stron, z czego 202 strony stanowią tekst zasadniczy. Struktura pracy obejmuje sześć rozdziałów zatytułowanych: 1. *Przegląd badań*, 2. *Kontekst badań i przegląd literatury*, 3. *Metodyka badań*, 4. *Opracowanie nowego rozmytego algorytmu GERT*, 5. *Testowanie proponowanych algorytmów*, 6. *Główne osiągnięcia i wnioski końcowe*. Integralnymi elementami pracy są również: *Streszczenia*, *Wykaz skrótów*, *Bibliografia*. Recenzowana rozprawa została przygotowana w języku angielskim. Każdy z rozdziałów opatrzony jest we wprowadzenie oraz zakończenie – co zdecydowanie ułatwia zrozumienie prezentowanych treści. W pracy zabrakło mi

---

<sup>1</sup> Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk, *Istota inżynierii produkcji*, Warszawa listopad 2020, s. 12.



jednak syntetycznego, nienumerowanego zarówno wprowadzenia jak i zakończenia odnoszącego się do całej zawartości rozprawy.

Struktura recenzowanej rozprawy w większości jest prawidłowa, w sensie logiki i zasadności prezentowanych treści. Trzy pierwsze rozdziały o charakterze teoretyczno-przeglądowym stanowią z jednej strony wprowadzenie do podjętego przez Autorkę tematu badawczego, z drugiej podstawę do badań własnych Autorki, których wyniki zawarto w rozdziale czwartym. Dwa kolejne rozdziały obejmują implementację autorskiego algorytmu zarządzania projektami badawczo-rozwojowymi. Moje zastrzeżenie budzi nierównomierne rozłożenie treści w poszczególnych rozdziałach oraz podrozdziałach. Przykładowo, rozdział 1 oraz 6 liczą zaledwie 10 stron, rozdział 3 – 14 stron, natomiast rozdział 4 *Opracowanie nowego rozmytego algorytmu GERT* liczy 77 stron. W mojej opinii rozdziały oraz poszczególne podrozdziały zostały mocno rozdrobnione. Przykładowo podrozdział 1.4, 1.5, 1.6, 1.7 obejmują tylko 0,5 strony. Uważam, że bardziej czytelne byłoby zaprezentowanie treści rozprawy w dwóch pierwszych rozdziałach o charakterze teoretyczno-przeglądowym, trzecim dotyczącym prezentacji autorskiego algorytmu, a czwartym i ewentualnie piątym jego testowania i weryfikacji.

Literatura przedmiotu liczy 141 pozycji. Autorka odwołuje się przede wszystkim do najnowszej literatury przedmiotu.

#### **4. Problem badawczy, cele i hipotezy badawcze oraz ich oryginalność**

Autorka sformułowała jeden główny cel pracy rozprawy doktorskiej i jest to:

- opracowanie odpowiedniego modelu i algorytmu planowania projektów badawczo-rozwojowych z wykorzystaniem rozmytych sieci GERT pod kątem złożoności projektu w niepewności.

Sformułowała również sześć celów szczegółowych takich jak:

- Klasyfikacja sieci GERT na podstawie poziomu ich złożoności;
- Identyfikacja i ocena kryteriów wpływających na wykonanie i wyniki planowania projektów w algorytmach GERT;
- Opracowanie algorytmów planowania sieci GERT w oparciu o ich złożoność w warunkach niepewności;
- Implementacja tych algorytmów do planowania wybranych rzeczywistych studiów przypadku badawczo-rozwojowych;
- Weryfikacja funkcjonalności proponowanych algorytmów poprzez porównanie i ocenę



wyników tych algorytmów i innych powszechnych metod szeregowania w wybranych przypadkach;

- Analiza wrażliwości proponowanych algorytmów metodą cięcia  $\alpha$ .

Dobrym rozwiązaniem jest podejście badacza polegające na sformułowaniu jednego głównego celu oraz zidentyfikowaniu celów szczegółowych umożliwiających osiągnięcie celu głównego. W mojej opinii wszystkie cele zostały sformułowane prawidłowo i oddają charakter przeprowadzonych w rozprawie badań.

Autorka sformułowała również 7 następujących pytań badawczych odnoszących się do konstruowanego, rozmytego algorytmu GERT :

- W rozmytych sieciach GERT zarówno czas, jak i aktywność mogą być reprezentowane w postaci niepewności i są bliższe rzeczywistości, dlatego kierownicy projektów wolą używać sieci CPM bardziej niż rozmytych sieci GERT?
- Czy można rozłożyć sieć GERT na podsystemy szeregowo i równoległe? Czy dla GERT można obliczyć ekwiwalent każdego podsystemu? Jakie są ich formuły?
- Czy model jest ograniczony do specjalnej liczby węzłów? Czy model działa w określonej topologii?
- Czy liczba równoległych ścieżek w modelu jest ograniczona? Jakie są ograniczenia proponowanego modelu i systemu?
- Czy zaprojektowana rozmyta metoda GERT ma lepszą wydajność niż metoda prawdopodobieństwa GERT i poprzednie rozmyte GERT?
- Jaka jest złożoność rozmytych sieci GERT?
- Jaką metodologię można zastosować, aby ulepszyć rozmytą metodę GERT?

W rozprawie nie zostały sformułowane hipotezy badawcze, ale nie uważam tego za błąd. W mojej opinii, przy takiej konstytucji pracy, hipotezy badawcze nie są konieczne.

Istotnym elementem pracy jest również klarowne przedstawienie metodyki prac nad doktoratem. Autorka na rysunku 3.2 przedstawiła sposób postępowania badawczego. W mojej opinii, należałoby jednak sformułować zadania badawcze umożliwiające osiągnięcie założonych celów, czy też przyporządkować celom pracy konkretne metody i narzędzia badawcze oraz powiązać cele pracy z poszczególnymi częściami pracy zaznaczając jednoznacznie, które cele odnoszą się do części teoriopoznawczej (rozdziały 1, 2), a które do badawczej (rozdziały 3-6). Takie podejście byłoby kłamrą spinającą w czytelny sposób wszystkie podjęte w rozprawie działania badawcze.



## 5. Ocena merytoryczna rozprawy

**Rozdział pierwszy** rozprawy doktorskiej dotyczy przeprowadzonych w rozprawie badań. Autorka początkowo wprowadziła w tematykę dotyczącą sieci GERT, następnie krótko opisała główne problemy występujące w takcie zarządzania projektami. Sprecyzowała cele badań oraz pytania badawcze oraz uzasadniła celowość podjętych przez Nią działań. Wskazała również odbiorców przeprowadzonych w rozprawie dociekań.

**Rozdział drugi** dysertacji jest wynikiem obszernego przeglądu literatury z zakresu zarządzania projektami. Autorka początkowo przedstawiła podstawowe zagadnienia dotyczące projektów badawczo-rozwojowych. Omówiła również zagadnienia dotyczące zarządzania kosztami, jakością, ryzykiem i harmonogramem projektów badawczo-rozwojowych. Przedstawiła oraz porównała probabilistyczne oraz rozmyte metody i techniki wykorzystywane do zarządzania projektami (CMP, PERT, GERT).

**Rozdział trzeci** rozprawy ściśle związany jest z metodyką przeprowadzonych badań.

W **rozdziale czwartym** Autorka zaprezentowała autorski rozmyty algorytm GERT. Początkowo przedstawiła sposób identyfikacji oraz analizy kryteriów w rozmytych sieci GERT. Dalej opisała jedną z metod umożliwiających analizy danych za pomocą rozmytego procesu analitycznego FANP (Fuzzy Analytic Network Process) oraz ANP (Analytical Network Process). Dokonała także klasyfikacji sieci GERT. Omówiła reguły analizowania złożoności sieci GERT. Zaprezentowała również 7 studiów przypadków wykorzystujących trzy rodzaje sieci GERT. Następnie Autorka przedstawiła podstawowe informacje dotyczące zbiorów rozmytych. Omówiła również podstawowe operacje numeryczne przeprowadzone na zbiorach rozmytych. Przedstawiła także koncepcję i procedurę uproszczenia sieci GERT. Opisała również sposób zmniejszenia odchylenia czasu trwania czynności za pomocą algorytmu genetycznego. Omówiła też algorytmy dla różnych rodzajów rozmytych sieci GERT. W ostatniej części tego rozdziału zaproponowała algorytmy oparte na podejściu sztucznej sieci neuronowej do rozwiązywania złożonych sieci GERT. Treści analizowanego rozdziału są ściśle związane z celami dysertacji.

**Rozdział piąty** rozprawy dotyczy testowania opracowanych algorytmów i analizowania wyników. Autorka porównała opracowane algorytmy GERT wykorzystywane do zarządzania projektami oraz opracowała ich ranking. W rozdziale tym została również przeprowadzona analiza wrażliwości proponowanych algorytmów.

W **rozdziale szóstym** Autorka zaproponowała i zaprezentowała algorytmy zarządzania projektami badawczo-rozwojowymi o różnym stopniu złożoności w rozmytych sieciach GERT w warunkach



niepewności.

Dobłą praktyką przy pisaniu rozpraw doktorskich jest również bezpośrednie odniesienie się w końcowej części pracy (zakończenie, podsumowanie) do przyjętych celów i pytań badawczych, z jednoczesnym stwierdzeniem ich stopnia osiągnięcia – w mojej opinii tego elementu zabrakło w recenzowanej pracy.

Pewne zagadnienia poruszane w rozprawie wymagają uszczegółowienia, dlatego też proszę, aby podczas publicznej obrony Autorka odniosła się do następujących kwestii:

- (1) Jakie są główne wady, ograniczenia opracowanych algorytmów ?
- (2) Dlaczego do porównania algorytmów wybrano metodę TOPSIS? Z jakiej innej metody można byłoby skorzystać?
- (3) Prezentowane algorytmy wymagają od przyszłych użytkowników dosyć dużej wiedzy specjalistycznej. Czy w takim razie bez problemów mogą być wykorzystywane przez zarządzających projektami? Czy, i w jaki sposób, zostaną one zaimplementowane tak aby mogły być wykorzystywane w praktyce? Czy kierownicy projektów badawczo-rozwojowych mają wystarczającą wiedzę, zasoby kadrowe i sprzętowe aby korzystać z autorskich algorytmów?

## 6. Ocena rozprawy pod względem techniczno-redakcyjnym

Pod względem techniczno-redakcyjnym praca została napisana poprawnie, estetycznie i logicznie. Wśród błędów edycyjnych należy wymienić nie zawsze poprawnie stosowanie łącznika. Zamiast półpauzy „-” Autorka używa łącznika „-”, przykładowo: „(...) complexity – see (...)” (s. 93); „Figures 33 – 39 (...)” (s. 131); „The obtained result (best - shortest path)” (s. 169).

W mojej opinii zaimki nie powinny znajdować się na końcu wiersza, należy je przenosić do kolejnego (s. 17, 18, 28, 30, 33, 45, 51, 54) .

Zauważone przeze mnie błędy o charakterze językowym mają charakter jednostkowy.

## 7. Wniosek końcowy

Praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim, jest poprawna pod względem formalnym i merytorycznym. Za najistotniejsze walory poznawcze recenzowanej pracy należy uznać:

- ważność podjętej tematyki badawczej;
- własne badania, których celem było gromadzenie informacji stanowiących bazę



do opracowania algorytmów zarządzania projektami badawczo-rozwojowymi z wykorzystaniem rozmytych sieci GERT;

- opracowanie, porównanie i wybranie najkorzystniejszych algorytmów zarządzania projektami badawczo-rozwojowymi z wykorzystaniem rozmytych sieci GERT;
- testowanie opracowanych algorytmów i analiza wyników.

Recenzowana praca doktorska mgr inż. Mahtab Afsari jest samodzielnym, oryginalnym rozwiązaniem zaprezentowanego w niej problemu naukowego. Autorka rozprawy podjęła się rozwiązania oryginalnego problemu naukowego, dotychczas nierozpoznanego w literaturze przedmiotu, związanego z opracowaniem algorytmu zarządzania projektami badawczo-rozwojowymi z wykorzystaniem rozmytych sieci GERT. Poruszony w rozprawie temat ma istotne znaczenie z punktu widzenia poznawczego i praktycznego. Autorka trafnie określiła założenia dotyczące analizy problemu i z sukcesem zastosowała odpowiednie metody naukowe. Doktorantka wykazała się odpowiednią ogólną wiedzą z zakresu *inżynierii produkcji (inżynierii mechanicznej)*, zwłaszcza w odniesieniu do problematyki zarządzania projektami a także umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Recenzowana rozprawa Pani mgr inż. Mahtab Afsari spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z art. 13. pkt. 1. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) w zakresie wykazania przez Kandydatkę ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie naukowej *inżynieria produkcji (inżynieria mechaniczna)* oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W rozprawie samodzielnie sformułowano i rozwiązano oryginalny problem naukowy.

Uwzględniając fakt, że Pani mgr inż. Mahtab Afsari podjęła się aktualnej i ważnej problematyki naukowej oraz zrealizowała przyjęte cele rozprawy, wnoszę o dopuszczenie Pani mgr inż. Mahtab Afsari do kolejnych etapów postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora w dyscyplinie nauki *inżynieria produkcji (inżynieria mechaniczna)*.

Biorąc pod uwagę merytoryczną ocenę pracy doktorskiej Pani mgr inż. Mahtab Afsari pt. *Fuzzy GERT Algorithm for Research Projects Scheduling* stwierdzam, że pomimo kilku kwestii dyskusyjnych, praca odpowiada ustawowym wymaganiom dotyczącym rozpraw doktorskich i wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie pracy do publicznej obrony.

*Katarzyna Halicka*

dr hab. inż. Katarzyna Halicka, prof. PB