

dr hab. inż. Aneta Poniszewska-Marańda
Instytut Informatyki
Politechnika Łódzka

Łódź, dnia 20.11.2024
Rada Naukowa Dyscypliny
INFORMATYKA TECHNICZNA
I TELEKOMUNIKACJA
Sekretariat
Data wpływu: 03.01.2025
Numer.....

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY NAUKOWEJ DYSCYPLINY
„INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA” POLITECHNIKI
WARSZAWSKIEJ**

Tytuł rozprawy: Cognitive Biases in Architectural Decision-Making: Impact and Debiasing Strategies

Autor rozprawy: mgr inż. Klara Borowa

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Andrzej Zalewski

Recenzja została sporządzona na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, prof. dr hab. inż. Jarosława Arabasa, z dnia 27 czerwca 2024 r.

Ocena układu rozprawy doktorskiej, zawartość

Rozprawa zawiera dziesięć rozdziałów, bibliografię oraz spis rysunków i spis tabel. Posiada 167 stron. W rozprawie umieszczono 182 pozycje bibliograficzne, dobrze dobrane i aktualne.

Rozdział pierwszy jest wprowadzeniem do pracy. Przedstawia motywację, jaka przyświecała Autorce podczas realizacji pracy doktorskiej i pisania rozprawy oraz kontekst badań.

Praca dotyczy zagadnień związanych z procesem rozwoju oprogramowania, w szczególności z analizą i projektowaniem oprogramowania, w aspekcie definiowania architektury oprogramowania, podejmowania decyzji architektonicznych oraz wpływu błędów poznawczych na te decyzje.

Błędy poznawcze mają wpływ na decyzje podejmowane m.in. przez twórców oprogramowania w procesie rozwoju oprogramowania. Niestety decyzje takie opierają się na uproszczeniach i stereotypach, co w konsekwencji ma negatywny wpływ na tworzone oprogramowanie. Błędy poznawcze mają wpływ na decyzje podejmowane przez deweloperów na wszystkich etapach rozwoju oprogramowania. W pracy skupiono się na ich wpływie w obszarze definiowania architektury oprogramowania, gdyż architektura jest jednym z podstawowych i pierwszych artefaktów, które są wytwarzane i które stanowią podstawę do realizacji kolejnych aktywności na poszczególnych etapach cyklu życia oprogramowania.

Kontekst badań Autorki jest osadzony we współczesnej literaturze, dotyczącej poruszanej tematyki. Autorka w sposób wystarczający odnosi się do wybranych pozycji literatury, prezentując ich główne założenia, zalety i wady.

Rozdział pierwszy rozprawy prezentuje cel pracy oraz sformułowanie problemu badawczego. Cel pracy został określony następująco:

„(1) Umożliwienie odkrycia powszechnie używanych kryteriów podnajmowania decyzji architektonicznych oraz (2) Zbadanie wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych.”

Z celem pracy powiązано pytania badawcze, dotyczące czterech zagadnień, które stanowią zakres niniejszej rozprawy:

- „RQ1: Jakie powody stoją za podejmowaniem decyzji architektonicznych przez praktyków oprogramowania?
- RQ2: W jaki sposób błędy poznawcze wpływają na podejmowanie decyzji architektonicznych?
- RQ3: Czy wpływ błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych jest powodem zaciągania architektonicznego długu technicznego?
- RQ4: W jaki sposób można złagodzić negatywny wpływ błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych?”

Pytania te zostały krótko scharakteryzowane. W rozdziale pierwszym zaprezentowano również wkład Autorki w prezentowaną dziedzinę oraz listę publikacji naukowych, których Doktorantka jest współautorem, a które to składają się na niniejszą rozprawę.

Do tej listy w pierwszej kolejności zaliczono 5 pozycji z lat 2017, 2021, 2022 i 2023 – pozycjom tym przypisano 140 punktów (4 pozycje) i 70 punktów (1 pozycja) na liście MNiSW. Ponadto, lista publikacji jest uzupełniona o 6 dodatkowych pozycji, których Doktorantka jest również współautorem, z lat 2020-2023, o punktacji 20/40/100 p. wg listy MNiSW.

Ostatnia część rozdziału pierwszego zawiera opis struktury rozprawy, opis poszczególnych rozdziałów, w powiązaniu z rozpatrywanymi pytaniami badawczymi oraz artykułami naukowymi, które stanowią podstawę niniejszej rozprawy.

Rozdział drugi pracy prezentuje zagadnienia, dotyczące stanu wiedzy w prezentowanym obszarze. Autorka przeprowadziła systematyczny przegląd literatury na temat błędów poznawczych w inżynierii oprogramowania. Została wyjaśniona koncepcja błędów poznawczych i teorii podwójnego procesu. Omówiono istniejące badania dotyczące błędów poznawczych w dziedzinie inżynierii oprogramowania – błędy poznawcze w inżynierii wymagań, w implementacji, w testowaniu, w szacowaniu nakładu pracy na oprogramowanie. Opisano skutki błędów poznawczych w inżynierii oprogramowania. Następnie omówiono stan badań nad błędami poznawczymi w podejmowaniu decyzji architektonicznych. Ostatnia część rozdziału zawiera informacje na temat usuwania błędów poznawczych, czyli łagodzenia wpływu błędów poznawczych.

Rozdział trzeci pracy odpowiada na pytanie badawcze nr 1, czyli „RQ1: Jakie racjonalności są głównymi powodami decyzji wpływających na decyzje architektoniczne praktyków oprogramowania?”.

Rozdział ten zawiera recenzowany artykuł: Klara Borowa, Rafał Lewanczyk, Klaudia Stpiczyńska, Patryk Stradomski, and Andrzej Zalewski. „What rationales drive architectural decisions? An empirical inquiry.” *European Conference on Software Architecture*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023

W artykule przedstawiono badanie empiryczne, przeprowadzone za pomocą kwestionariusza i zestawu pół-ustrukturyzowanych wywiadów, na podstawie których stworzono listę racjonalności, jakie deweloperzy używali podczas podejmowania decyzji architektonicznych. Badanie obejmowało dwa etapy badania empirycznego: kwestionariusz (63 uczestników) i 13 wywiadów. Uzyskano zestaw racjonalności, które motywowały decyzje architektów w praktyce. Wyjaśniono powody, dla których te racjonalności są powszechne oraz różnice między racjonalnościami używanymi przez praktyków o różnym poziomie doświadczenia. Architekci w połowie kariery (5 do 15 lat doświadczenia) są bardziej otwarci na nowe rozwiązania niż starsi i młodszy praktycy. Ponadto większość praktyków nie jest zaniepokojona atrybutami jakościowymi kompatybilności i przenośności ze względu na nowoczesne praktyki rozwoju oprogramowania, takie jak stosowanie określonych standardów i wirtualizacji/konteneryzacji.

Rozdział czwarty pracy zawiera odpowiedź na pytanie badawcze nr 2, czyli „RQ2: Jak uprzedzenia poznawcze wpływają na podejmowanie decyzji architektonicznych?”.

Rozdział ten zawiera recenzowany artykuł: Zalewski, Andrzej, Klara Borowa, and Andrzej Ratkowski. „On cognitive biases in architecture decision making.” *Software Architecture: 11th European Conference, ECSA 2017, Canterbury, UK, September 11-15, 2017, Proceedings 11*. Springer International Publishing, 2017.

W rozdziale przedstawiono wyniki warsztatu przeprowadzonego z praktykami oprogramowania, podczas którego omawiano przypadki, w których uprzedzenia poznawcze wpływały na podejmowanie decyzji architektonicznych. Główne kroki warsztatu obejmowały wyjaśnienie teorii stojącej za uprzedzeniami poznawczymi, zebranie listy doświadczeń, w których uczestnicy uważali, że wystąpiło uprzedzenie (bez nazywania konkretnego uprzedzenia) i poproszenie uczestników o ocenę, jak często takie zdarzenia miały miejsce.

Podejmowanie decyzji architektonicznych jest dalekie od racjonalnego procesu. Architekci mają tendencję do przyjmowania satysfakcjonującego podejścia, zamiast poszukiwania optymalnej architektury. Wyniki warsztatów przeprowadzonych z udziałem 14 praktyków inżynierii oprogramowania pokazały, że uprzedzenia poznawcze są powszechnie obecne w podejmowaniu decyzji architektonicznych. W artykule wprowadzono systematyczne podejście do analizy wpływu uprzedzeń na podejmowanie decyzji. Zidentyfikowanych 12 poznawczych uprzedzeń zostało przeanalizowanych w odniesieniu do elementów kontekstu podejmowania decyzji, które wpłynęły na aspekty podejmowania decyzji architektonicznych. Wyniki warsztatu składały się z uporządkowanej listy uprzedzeń poznawczych zgodnie z ich postrzeganym wpływem na podejmowanie decyzji architektonicznych. Ponadto, przeanalizowano interakcje między uprzedzeniami poznawczymi a warunkami rzeczywistego rozwoju oprogramowania – w jaki sposób uprzedzenia mogą oddziaływać na siebie nawzajem.

Rozdział piąty pracy zawiera odpowiedź na pytanie badawcze nr 3, czyli „RQ3: Czy wpływ uprzedzeń poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych powoduje architektoniczny dług techniczny?”.

Rozdział zawiera recenzowany artykuł: Borowa, Klara, Andrzej Zalewski, and Szymon Kijas. „The influence of cognitive biases on architectural technical debt.” 2021 IEEE 18th International Conference on Software Architecture (ICSA). IEEE, 2021.

Rozdział ten zawiera informacje o badaniu, opartym na serii wywiadów przeprowadzonych z praktykami oprogramowania, które pozwoliło zrozumieć, które uprzedzenia poznawcze mogą mieć wpływ na architektoniczny dług techniczny, a także na poprzednie uprzedzenia i konsekwencje tego długu technicznego. Dług techniczny służy do definiowania różnych konstrukcji związanych z oprogramowaniem, w szczególności wpływa na dwa atrybuty jakości oprogramowania: łatwość utrzymania i ewolucyjność. Istnieją różne rodzaje długu technicznego, w zależności od artefaktów oprogramowania, np. dług kodu, dług wymagań, dług testowy i w szczególności dług techniczny architektoniczny. Dług techniczny architektoniczny jest uważany za najbardziej niebezpieczny, długotrwały rodzaj długu technicznego. Aby określić, w jaki sposób uprzedzenia poznawcze wpływają na występowanie architektonicznego długu technicznego, przeprowadzono serię pół-ustrukturyzowanych wywiadów z architektami oprogramowania. Wyniki badań pokazały, które klasy architektonicznego długu technicznego pochodzą z uprzedzeń poznawczych. Ustalono, które uprzedzenia (optymizm, zakotwiczenie i błąd potwierdzenia) są najważniejsze, jeśli chodzi o generowanie niepotrzebnego i niebezpiecznego długu technicznego w architekturze. Przeanalizowano, w jaki sposób i kiedy uprzedzenia poznawcze prowadzą do powstania długu technicznego. Zidentyfikowano zestaw technik usuwania uprzedzeń, które można wykorzystać w celu zapobiegania negatywnemu wpływowi uprzedzeń poznawczych.

Rozdziały 6, 7 i 8 pracy zawierają odpowiedź na pytanie badawcze nr 4, czyli „RQ4: Jak można złagodzić negatywny wpływ uprzedzeń poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych?”. Prezentują one rozwój i walidację interwencji oduczającej.

Rozdział szósty pracy zawiera recenzowany artykuł: Borowa, Klara, Robert Dwornik, and Andrzej Zalewski. „Is knowledge the key? an experiment on debiasing architectural decision-making-a Pilot study.” *Product-Focused Software Process Improvement: 22nd International Conference, PROFES 2021, Turin, Italy, November 26, 2021, Proceedings 22. Springer International Publishing, 2021.*

Błędy poznawcze mogą negatywnie wpływać na decyzje architektów oprogramowania na różne sposoby. Jedną z konsekwencji jest zaciąganie przez architektów niebezpiecznego długu architektonicznego. Główne błędy poznawcze wpływające na architektów to błędy optymistyczne, zakotwiczenie i błąd potwierdzenia. W rozdziale przedstawiono badanie pilotażowe z udziałem dwóch grup studentów, aby zbadać, czy prosta prezentacja usuwania uprzedzeń, informująca o wpływie uprzedzeń poznawczych, może zapewnić efekt usuwania uprzedzeń. Jedna z grup wzięła udział w prezentacji debiasingowej. Działanie to okazało się nieskuteczne, ale analiza zachowania studentów doprowadziła do zrozumienia wpływu uprzedzeń poznawczych i w konsekwencji zaproponowano nowy zestaw technik debiasingowych – metodę usuwania uprzedzeń, która zminimalizuje wpływ uprzedzeń poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych.

Rozdział siódmy pracy zawiera opublikowany artykuł” Klara Borowa, Maria Jarek, Gabriela Mystkowska, Weronika Paszko, Andrzej Zalewski „Debiasing architectural decision-making: a workshop-based training approach.” *European Conference on Software Architecture. Cham: Springer International Publishing, 2022.*

Rozdział ten przedstawia eksperymentalną walidację zaproponowanego zestawu technik odrzucania uprzedzeń. Prezentuje wyniki warsztatu debiasingowego zaprojektowanego na podstawie ustaleń z rozdziału 6. Przeprowadzono eksperyment, w którym wzięło udział 44 studentów studiów magisterskich kierunku Informatyka. Podzielono ich na 12 zespołów. Grupy studentów otrzymały dwa zadania: zaprojektować architekturę oprogramowania – przed i po udziale w warsztacie debiasingowym. Wyniki były ogólnie pozytywne w większości grup, co potwierdziło przydatność warsztatu w nauczaniu studentów – w 10 z 12 grup rozumowanie zespołów poprawiło się po warsztacie. Tym samym pokazano, że odrzucanie błędów w podejmowaniu decyzji architektonicznych jest zasadne i zaproponowana metoda odrzucania błędów może być wykorzystana podczas szkolenia deweloperów.

Rozdział ósmy pracy opisuje nieopublikowany eksperyment z ekspertami-praktykami. Wcześniejsze badania sugerują, że szkolenie osób w zakresie technik usuwania uprzedzeń podczas praktycznych warsztatów może pomóc zmniejszyć wpływ uprzedzeń. W przeprowadzonym eksperymencie wzięło udział 18 praktyków z 3 różnych krajów (Polska, Niemcy i Brazylia). Deweloperzy zostali podzieleni na grupę kontrolną i eksperymentalną, przy czym grupa eksperymentalna uczestniczyła w warsztacie debiasingowym. Warsztat zmniejszył wpływ trzech badanych uprzedzeń (zakotwiczenia, błędu potwierdzenia i błędu optymizmu) i zwiększył liczbę argumentów i technik usuwania uprzedzeń stosowanych przez uczestników. Zidentyfikowano czynniki, które mogą zmniejszyć skuteczność usuwania uprzedzeń: nadmierne używanie niskiej jakości kontrargumentów, czynniki społeczno-kulturowe, poziom pewności siebie, omawianie zbyt wielu decyzji architektonicznych w krótkim czasie. Zaproponowany warsztat może stanowić podstawę szkolenia architektów i doświadczonych

deweloperów, którzy podejmują decyzje architektoniczne, na temat szkodliwego wpływu błędów poznawczych na ich pracę i sposobów ich unikania.

Rozdział dziewiąty pracy prezentuje omówienie wyników przeprowadzonych badań i eksperymentów. Przedstawia szczegółowo opis osiągnięć pracy oraz wkład Autorki i jej prac w omawiany obszar inżynierii oprogramowania. Na koniec prezentuje również ograniczenia, jakie napotkano w trakcie badań.

Rozdział dziesiąty rozprawy zawiera podsumowanie pracy, w nawiązaniu do zdefiniowanych we wstępie pytań badawczych oraz perspektywy rozwoju tematu pracy w niedalekiej przyszłości.

Następnie zaprezentowano zastosowaną bibliografię, która zawiera 182 pozycje bibliograficzne.

Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Rozprawa zawiera 182 pozycje bibliograficzne, które w przeważającej większości stanowią artykuły naukowe, opublikowane w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach konferencyjnych konferencji naukowych w ostatnich kilku-kilkunastu latach. Wśród pozycji są również prace opublikowane przez Autorkę – w sumie 11 prac, których jest współautorem.

Autorka przedstawiła analizę źródeł literaturowych praktycznie we wszystkich rozdziałach pracy – od rozdziału 1 do rozdziału 9 – na temat błędów poznawczych, architektury systemów informatycznych, podejmowania decyzji architektonicznych oraz przeciwdziałania błędom poznawczym.

Przeprowadzona analiza obecnego stanu wiedzy w poruszanej tematyce oraz istniejących rozwiązań wskazuje, że Autorka poprawnie rozumie problemy, związane z tematem pracy. Posiada wiedzę na temat rozwiązań krajowych i światowych w poruszonym zakresie.

Wskazanie i ocena celu pracy

Autorka sformułowała cel pracy i problem badawczy w rozdziale 1. rozprawy. W rozdziale tym zarysowano problemy, związane z procesem wytwarzania oprogramowania w aspekcie błędów poznawczych w podejmowaniu decyzji architektonicznych oraz sposobów na przeciwdziałanie ich skutkom.

Z celem pracy powiązано 4 pytania badawcze, dotyczące dwóch obszarów: (1) odkrycia powszechnie używanych kryteriów podnajmowania decyzji architektonicznych oraz (2) zbadanie wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych i złagodzenie wpływu tych błędów.

Niemniej jednak teza pracy nie została zidentyfikowana i zaprezentowana. Jedynie można domniemywać, że teza pracy jest powiązana z celem i zdefiniowanymi pytaniami badawczymi.

Wskazanie i ocena zastosowanych metod badawczych

Autorka w swojej pracy stosuje różnorodne metody badawcze: analiza dostępnej literatury w temacie rozprawy, analiza przedmiotu badań, czyli twórców, deweloperów oprogramowania oraz studentów kierunku Informatyka, obserwacja badanych w trakcie przeprowadzanych eksperymentów i interwencji, metody statystyczne i ilościowe w analizach danych uzyskanych

z przeprowadzonych eksperymentów, prace eksperymentalne, kwestionariusze i wywiady z ekspertami, warsztaty grupowe z ekspertami, wywiady z architektami oprogramowania, badanie pilotażowe.

Uważam, że wszystkie zastosowane metody badawcze są poprawnie wybrane i zastosowane. Stanowią kompletny warsztat badawczy, niezbędny dla przeprowadzenia badań w ramach tematu rozprawy.

Ocena części rozprawy dotyczącej omówienia wyników badań

Tematyka badań Autorki obejmuje zagadnienie błędów poznawczych i ich wpływu na podejmowanie decyzji architektonicznych przez twórców oprogramowania w kontekście zapewnienia jakości tworzonego oprogramowania. Badania przeprowadzone w ramach realizacji pracy obejmują dwa powiązane ze sobą obszary: (1) odkrycie powszechnie używanych kryteriów podnajmowania decyzji architektonicznych oraz (2) zbadanie wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych i złagodzenie ewentualnego negatywnego wpływu tych błędów.

Wyniki badań zostały zaprezentowane przez Autorkę w rozdziałach 3-8 oraz w rozdziale 9 i 10 rozprawy, odpowiednio na temat analizy powodów, jakie stoją za podejmowaniem decyzji architektonicznych przez twórców oprogramowania (rozdział 3), analizy sposobów, w jaki błędy poznawcze wpływają na podejmowanie decyzji architektonicznych (rozdział 4), analizy wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych w kontekście zaciągania architektonicznego długu technicznego (rozdział 5) oraz sposobów łagodzenia negatywnego wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych (eksperymenty ze studentami, opisane w rozdziale 6 i 7 oraz eksperymenty z twórcami oprogramowania, praktykami, opisane w rozdziale 8). Ponadto, dyskusja na temat uzyskanych wyników badań została zaprezentowana w rozdziale 9, który prezentuje wkład Autorki i jej prac w omawiany obszar inżynierii oprogramowania oraz w rozdziale 10, który stanowi podsumowanie całej rozprawy.

Sposób prezentacji podejmowanych w pracy zagadnień oraz uzyskanych wyników badań jest na ogół jasny i zrozumiały, chociaż część zagadnień, a także wyników pracy Autorki poruszona jest w rozprawie dość pobieżnie.

Niemniej jednak tekst rozprawy został przygotowany starannie. Strona redakcyjna nie budzi większych zastrzeżeń.

Praktyczne zastosowanie uzyskanych wyników badań

Autorka w swoich badaniach łączy aspekty teoretyczne i praktyczne, niemniej jednak zaprezentowana praca jest w znacznym stopniu empiryczna.

Przedłożona rozprawa opiera się na serii prac badawczych (opisanych w rozdziałach 3–8), które skupiały się na wybranych aspektach podejmowania decyzji architektonicznych: racjonalności decyzji architektonicznych, wpływie uprzedzeń poznawczych na decyzje architektoniczne, wpływie uprzedzeń poznawczych na architektoniczny dług techniczny oraz zaprojektowaniu interwencji oduczającej mającej na celu złagodzenie negatywnego wpływu uprzedzeń poznawczych na decyzje architektoniczne.

Badanie przedstawione w rozdziale 3 zastosowało podejście mieszanych metod, które pozwoliło na większą próbę z kwestionariuszy i elastyczność (kwestionariusze zawierały

pytania otwarte i były uzupełniane wywiadami). Ponadto, analiza danych uwzględniała poziom doświadczenia praktyka, co doprowadziło do nowych ustaleń.

Badania wykazały, że decyzje architektoniczne praktyków były motywowane głównie następującymi przesłankami: łatwość użytkowania w przypadku działań rozwojowych, łatwość utrzymania, wydajność, wcześniejsza wiedza/doświadczenie w korzystaniu z rozwiązania oraz czas/termin. Ponadto stwierdzono, że atrybuty jakościowe przenośności i kompatybilności miały bardzo małe znaczenie dla praktyków, ponieważ nowoczesne technologie (takie jak konteneryzacja) i standardy komunikacyjne (takie jak REST API) były uważane za uniwersalną odpowiedź na problemy, związane z przenośnością i kompatybilnością tworzonego oprogramowania.

W ramach realizacji pracy doktorskiej Autorka przeprowadziła serię badań i eksperymentów, które przyniosły pogłębione zrozumienie wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych przez twórców oprogramowania. Ponieważ wpływ ten okazał się potencjalnie bardzo niebezpieczny, zaprojektowano i empirycznie zweryfikowano strategię, łagodzącą wpływ błędów poznawczych. Materiały pozwalające na powtórzenie tych działań, czyli przeprowadzonego warsztatu są dostępne online.

Stworzona metoda została wykorzystana przez Autorkę w praktyce do zbadania i oceny procesu podejmowania decyzji architektonicznych przez twórców oprogramowania. Okazało się, że ich decyzje architektoniczne nie opierały się wyłącznie na faktach dotyczących jakości oprogramowania lub ograniczeń projektu. Chociaż praktycy brali je pod uwagę (głównie łatwość utrzymania, wydajność i terminy), decyzje opierały się głównie na osobistych preferencjach, doświadczeniach i nadziei na zmniejszenie własnego obciążenia pracą. Są one możliwymi poprzednikami błędów poznawczych, będących często wynikiem błędnego postrzegania rzeczywistości opartej na doświadczeniach danej osoby.

Wyniki rozprawy mają zatem znaczenie dla dalszego rozwoju nauki w dziedzinie inżynierii oprogramowania oraz posiadają wartość aplikacyjną i praktyczną dla rzeczywiście realizowanych projektów informatycznych.

Ewentualne nieprawidłowości, które pojawiły się w rozprawie

Ponieważ rozprawa oparta jest na serii opublikowanych artykułów naukowych, których Doktorantka jest współautorem (wszystkie artykuły są współautorskie), moim zdaniem powinien być jasno i precyzyjnie określony udział procentowy i merytoryczny poszczególnych autorów, a szczególnie Doktorantki.

Pozwoliłoby to uniknąć ewentualnych niejasności w kwestii autorstwa poszczególnych prac.

Analiza rozprawy nasunęła mi kilka uwag krytycznych, dotyczących również kwestii edycyjnych. Rozprawa zawiera sporo błędów językowych oraz tzw. literówek. Niemniej jednak, nie obniżają one mojej pozytywnej oceny pracy.

Ocena, czy rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Uważam, że cel i obszar naukowy rozprawy zostały określone jasno i precyzyjnie. Praca ma charakter teoretyczno-empiryczno-implementacyjny. Część teoretyczna obejmuje:

- przeprowadzenie analizy dostępnych źródeł literaturowych na temat poruszanych w rozprawie zagadnień, dotyczących wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych przez twórców oprogramowania,

- zidentyfikowanie najczęściej używanych powodów stojących za decyzjami architektonicznymi oraz określenie ich ważności z punktu widzenia twórców oprogramowania,
- zdefiniowanie listy 11 błędów poznawczych, które mają wpływ na podejmowanie decyzji architektonicznych, a także ich konsekwencji,
- określenie wpływu błędów poznawczych na zaciąganie architektonicznego długu technicznego oraz zidentyfikowanie 3 dominujących błędów poznawczych, które są najbardziej problematyczne: optymizm, potwierdzenie i zakotwiczenie
- projekt warsztatu przeciwdziałającego wpływowi błędów poznawczych na decyzje architektoniczne, który okazał się korzystny zarówno dla studentów, jak i doświadczonych twórców oprogramowania.

Część implementacyjna obejmuje zastosowanie powyższych wyników pracy w przeprowadzonych eksperymentach.

Tematyka rozprawy sytuuje ją w obszarze badawczym, związanym z poszukiwaniem efektywnych metod, dotyczących budowy oprogramowania, w szczególności budowy architektury oprogramowania, celem uzyskania wysokiej jakości produktu końcowego.

Uważam, że podjęcie tematu pracy doktorskiej w rozpatrywanym obszarze i zakresie jest celowe i w pełni uzasadnione potrzebą zapewniania i zwiększania jakości współcześnie tworzonego oprogramowania, a w szczególności dużych, złożonych oraz dynamicznych w swoim działaniu systemów informatycznych. Jest to w pełni uzasadnione ze względów teoretycznych, poznawczych i praktycznych na tle obecnego stanu wiedzy w rozpatrywanym obszarze.

Ocena, czy rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

W moim przekonaniu Autorka w wystarczającym stopniu przeanalizowała aktualny stan wiedzy w rozpatrywanym temacie, jasno sformułowała problemy, a następnie w zadawalającym stopniu rozwiązała je w swojej pracy.

Oryginalnym rezultatem rozprawy, a tym samym samodzielnym i oryginalnym dorobkiem Autorki według mojej oceny jest opracowanie metody wspomagającej badanie wpływu błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych przez twórców oprogramowania. Rozprawa przedstawia wieloetapowe, dogłębne badanie uprzedzeń poznawczych w podejmowaniu decyzji architektonicznych. Została oparta na serii sześciu artykułów, które umożliwiają udzielenie odpowiedzi na zdefiniowane 4 pytania badawcze:

- *RQ1: Jakie powody stoją za podejmowaniem decyzji architektonicznych przez praktyków oprogramowania?*
- *RQ2: W jaki sposób błędy poznawcze wpływają na podejmowanie decyzji architektonicznych?*
- *RQ3: Czy wpływ błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych jest powodem zaciągania architektonicznego długu technicznego?*
- *RQ4: W jaki sposób można złagodzić negatywny wpływ błędów poznawczych na podejmowanie decyzji architektonicznych?*

Uważam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa prezentuje wiedzę teoretyczną Kandydatki w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wniosek końcowy

W mojej ocenie, Pani mgr inż. Klara Borowa w swojej rozprawie trafnie zdefiniowała problem badawczy, a następnie rozwiązała go w odpowiednim zakresie. Pozytywnie oceniam wszystkie wymienione powyżej elementy pracy.

Uważam, że rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy o stopniach i tytułach naukowych. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Anna Pawłowska-Morawa

