

Gdynia, 23 listopada 2025 r.

Prof. dr hab. inż. Ireneusz Czarnowski
Wydział Informatyki
Uniwersytet Morski w Gdyni
ul. Morska 83, 81-225 Gdynia

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kamila KOZDRÓJA

pt.: „Opracowanie oraz wdrożenie elektronicznej usługi w postaci nośnika trwałego umożliwiającej przetwarzanie oraz zarządzanie wrażliwymi dokumentami elektronicznymi”.

Recenzję przygotowałem w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Uniwersytetu Zielonogóskiego z dnia 6 października 2025 roku, informującego mnie o powołaniu przez Radę Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Uniwersytetu Zielonogóskiego mojej osoby na recenzenta w przewodzie doktorskim Pana mgr. inż. Kamila Kozdrója.

1. Problematyka naukowa rozprawy

Rozprawa doktorska zatytułowana „Opracowanie oraz wdrożenie elektronicznej usługi w postaci nośnika trwałego umożliwiającej przetwarzanie oraz zarządzanie wrażliwymi dokumentami elektronicznymi” została przygotowana w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Rozprawa doktorska dotyczy opracowania bezpiecznej i zaufanej elektronicznej usługi w postaci nośnika trwałego, umożliwiającej przetwarzanie oraz zarządzanie wrażliwymi dokumentami elektronicznymi. Proponowane w rozprawie doktorskiej rozwiązanie stanowi podejście autorskie do rozwiązania problemu praktycznego. Rozprawa doktorska ma charakter pracy projektowej, a zrealizowane prace badawcze stanowiły podstawę prac wdrożeniowych. Rozprawa doktorska prezentuje rozwiązanie, które zostało zaimplementowane w infrastrukturze obliczeniowej firmy Perceptus sp. z o.o. w Zielonej Górze. Tematyka rozprawy i sformułowany cel korespondują z problemami badawczo-rozwojowymi, które są aktualne w sensie poznawczym, badawczym oraz implementacyjnym.

Doktorant swoje rozwiązanie oparł na badaniach literaturowych oraz przeprowadzonych eksperymentach. Samo rozwiązanie docelowo, po jego implementacji, zostało poddane walidacji i testom potwierdzającym poprawność e-usługi.

Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań zostały ujęte w artykułach naukowych opublikowanych, w takich czasopismach jak:

- Electronics,
- Cryptography,
- Applied Sciences,

oraz w artykule opublikowanym w materiałach z International Conference of Computational Methods in Science and Engineering. W przypadku tych publikacji Doktorant jest ich współautorem.

2. Treść rozprawy

Rozprawa doktorska została przygotowana w języku polskim. Opracowanie łącznie składa się z 92 stron, w tym:

- wstępu, w którym Doktorant przedstawił tło problemu oraz sformułował cel badań, oraz jego tezę,
- rozdziału przeglądowego, obejmującego analizę aktualnego stanu wiedzy,
- rozdziału prezentującego proponowaną e-usługę trwałego nośnika,
- rozdziału, w którym Doktorant omówił sposób i zakres implementacji proponowanego rozwiązania,
- rozdziału obejmującego w szczególności wdrożenie e-usługi oraz wyniki testów,
- podsumowania,
- załączników, w tym załącznik potwierdzający wdrożenie rozwiązania,
- spisu literatury obejmującego 90 pozycji literaturowych, które należy uznać za aktualne oraz adekwatne do tematu pracy.

Praca obejmuje także spis treści, tabel, rysunków oraz najważniejszych skrótów. Do pracy dołączono także streszczenie w języku polskim oraz angielskim.

Rozdział pierwszy rozprawy wprowadza w ogólny kontekst podjętych badań wraz ze sformułowanym celem oraz tezą pracy, która odwołuje się do możliwości opracowania i wdrożenia elektronicznej usługi trwałego nośnika, która jest zarówno bezpieczna, jak i zaufana. Doktorant w rozdziale pierwszym wprowadza terminy, którymi posługuje się w pracy, a także odwołuje się do definicji, które są powszechnie przyjęte w domenie problematyki objętej pracą lub zostały wprowadzone w sposób formalny w oparciu o przepisy prawa.

Rozdział drugi pracy obejmuje przegląd i analizę aktualnego stanu wiedzy w tematyce rozprawy. W rozdziale tym Doktorant odwołuje się do rozwiązań o charakterze teoretycznym, technicznym oraz rozwiązań istniejących na rynku, a dotyczących bezpiecznego i zaufanego utrwalania danych. W rozdziale tym Doktorant dokonuje także przeglądu rozwiązań kryptograficznych, a także rozwiązań modelowania usług opartych na tzw. zaufanej trzeciej stronie. Integralną częścią tego rozdziału jest omówienie technologii blockchain. Należy stwierdzić, że przegląd literatury oraz rozwiązań zawartych w rozdziale drugim pozwolił Doktorantowi na sformułowanie wymagań dla projektowanego rozwiązania e-usługi. Stąd ten przegląd stanu wiedzy został przeprowadzony przez Doktoranta szeroko.

Rozdział trzeci pracy zawiera opis proponowanego rozwiązania e-usługi trwałego nośnika, które w ogólności zasada się na połączeniu zalet technologii blockchain oraz zaufanej trzeciej strony. Doktorant przedstawia listę wymagań funkcjonalnych (podrozdział 3.1), a następnie szeroko i szczegółowo omawia algorytm projektowanej e-usługi (podrozdział 3.2). Doktorant odwołuje się do różnych scenariuszy szyfrowania i odszyfrowania dokumentów, w tym przy udziale strony trzeciej oraz w strukturze blockchain. Wskazuje odpowiedzialność poszczególnych uczestników (klientów) sieci blockchain podczas przesyłania dokumentów, ale też schematy przepływu danych pomiędzy aktorami (podmiotem dominującym, klientami oraz zaufaną stroną trzecią). Doktorant także omawia potencjalne zastosowania proponowanego algorytmu oraz jego przeznaczenie. Następnie Doktorant omawia proponowaną strukturę sieci blockchain (podrozdział 3.3). Odwołuje się także do mechanizmów konsensusu oraz rozwiązania konsensusu w proponowanej docelowej sieci blockchain.

W kolejnym podrozdziale (podrozdział 3.4) Doktorant omawia i uzasadnia założenia implementacyjne dla zaufanej strony trzeciej. Rozdział trzeci Doktorant kończy jego podsumowaniem.

Rozdział czwarty Doktorant dedykował aspektom wdrożenia proponowanej e-usługi. W rozdziale tym odniósł się do wymagań i uwarunkowań technicznych zaprojektowanego rozwiązania e-usługi. Stąd w podrozdziale 4.1 punktuje wspomniane wymagania. Następnie w podrozdziale 4.2 omawia kwestię wdrożenia oraz konkretnych wymagań stawianych podmiotowi dominującemu (tu Doktorant wskazuje bank, jako taki podmiot, dla którego w szczególności projektowana e-usługa ma być wdrożona). Doktorant wskazuje także na sposób wdrożenia i podkreśla, że forma API tego wdrożenia jest rozwiązaniem zapewniającym dużą elastyczność, a poprzez zestaw reguł i protokołów będzie zawsze istniała możliwość komunikacji i współpracy pomiędzy różnymi aplikacjami. Projektując formę API dla wdrożenia, Doktorant także przemyślał możliwość udostępniania przez e-usługę wybranych funkcjonalności. Podrozdział 4.2.1 odwołuje się do języka JAVA, który został użyty do przygotowania e-usługi. Doktorant w podrozdziale tym omawia język JAVA oraz jego funkcjonalność programistyczną. Należy jednak stwierdzić, iż ten podrozdział, poza stwierdzeniem, że język JAVA posłużył do przygotowania e-usługi, jest zbędny, gdyż nie wnosi nic do pracy, a jedynie odwołuje się do opisu języka. Podobnie podrozdział 4.2.2 stanowi opis rozwiązań, protokołów i platform dla technologii blockchain, po czym Doktorant odwołuje się do technologii Hyperledger Besu, która ostatecznie została wybrana do utworzenia środowiska sieci blockchain. Wydaje się, że przegląd samych technologii blockchain w tym miejscu (podrozdziale) jest zbędny i wystarczającym miejscem dla tego przeglądu był rozdział drugi. Niemniej jednak, w dalszej części podrozdziału Doktorant omawia konfigurację sieci, co już stanowi aspekt adekwatny dla opisu wdrożenia. Kolejny podrozdział (4.2.3) zawiera opis narzędzia monitorowania sieci blockchain oraz jej bloków, które zostało również wdrożone. Następnie Doktorant odwołuje się do algorytmu szyfrowania AES, który charakteryzuje, a następnie potwierdza jego użycie w projektowanym rozwiązaniu. Następnie w podrozdziale 4.2.5 Doktorant wskazuje na algorytm szyfrowania RSA użyty do szyfrowania klucza AES. Ten rozdział ma podobną konwencję, gdzie Doktorant omawia algorytmy szyfrowania, a następnie konkluduje jego użycie. W kolejnym podrozdziale Doktorant podobnie omawia algorytm kryptograficzny SHA-256, który (zgodnie z założeniami i sformułowanymi wymaganiami technicznymi został użyty) w tym miejscu nie powinien być już opisywany tak, jak ma to miejsce, lecz powinno ewentualnie być uwypuklone jest wykorzystanie. Kolejne dwa podrozdziały (4.2.7 i 4.2.8) odwołują się do kolejnych rozwiązań technicznych (nawiązywania bezpiecznych połączeń w sieci blockchain) użytych, opisują je, natomiast nie odwołują się do aspektu wdrożeniowego dla projektowanej e-usługi. W podrozdziałach, tj. 4.2.1, 4.2.4, 4.2.6 oraz 4.2.8, Doktorant opisując poszczególne technologie praktycznie pominął odwołania do literatury, co nie tyle ułatwiłoby czytelnikowi pracy poszerzenie informacji o danej funkcjonalności, co utwierdziłoby czytelnika, iż Doktorant oparł opisy na właściwych źródłach. Podrozdział 4.4 dedykowany jest wynikom testów, których celem było weryfikowanie poprawności działania wdrożonej e-usługi, jej funkcjonalności i wydajności. Zakres testów został objęty dwoma scenariuszami, z których każdy został przez Doktorant omówiony wraz z konkluzją odnoszącą się do aspektu wydajnościowego e-usługi. Rozdział 4.4 stanowi podsumowanie z wdrożenia zaprojektowanej e-usługi, gdzie Doktorant omawia środowisko softwarowe oraz infrastrukturę przedsiębiorstwa na potrzeby którego wdrożono e-usługę. Rozdział 4.5 wskazuje na ograniczenia proponowanego rozwiązania, co świadczy pozytywnie o proponowanym rozwiązaniu, gdyż pozwala ocenić to rozwiązanie z punktu widzenia tych ograniczeń, co jest też przejawem rzetelności strony wdrażającej (w tym przypadku Doktoranta, proponującego rozwiązanie).

Rozdział piąty rozprawy stanowi podsumowanie pracy. Doktorant w rozdziale tym podsumowuje wynik pracy projektowej oraz wdrożeniowej, ale także wskazuje kierunki dalszych prac.

Do pracy dołączono także kopię dokumentu potwierdzającego wdrożenie zaprojektowanej e-usługi w firmie PERCEPTUS Sp z o.o. w Zielonej Górze.

3. Wyniki uzyskane w pracy oraz ocena recenzowanej pracy

Recenzowana rozprawa doktorska podejmuje bardzo praktyczny problem i związana jest z wdrożeniem konkretnego rozwiązania algorytmicznego w sferze gospodarczej.

Praca została przygotowana poprawnie, w sensie językowym i merytorycznym. Zaproponowane rozwiązanie zostało przedstawione w sposób czytelny i zrozumiały. Jest ono oryginalne i zostało przedstawione w sposób właściwy dla jego interpretacji i rozumienia.

Oryginalnym rozwiązaniem problemu, w kontekście badawczo-rozwojowym, jest:

- zaprojektowanie elektronicznej usługi trwałego nośnika, odpowiedniej dla określonych założeń funkcjonalnych i technicznych oraz właściwej dla potrzeb odbiorcy wdrożenia,
- proponowanie modelu architektury procesu dla projektowanej zaufanej e-usługi trwałego nośnika,
- oparcie projektowanego rozwiązania na sieci blockchain oraz proponowanie struktury tej sieci,

natomiast w kontekście wdrożeniowym, osiągnięciem Doktoranta jest przeprowadzenie implementacji programowej opracowanej e-usługi trwałego nośnika, wdrożenie sprzętowe, uruchomienie usługi, oraz skonfigurowanie i uruchomienie struktury sieci blockchain wraz z towarzyszącymi usługami dla poszczególnych wykorzystanych metod kryptograficznych.

Można też wskazać następujące uwagi i pytania, do których Doktorant mógłby się odnieść podczas obrony publicznej:

- Nie jest do końca jasne, jakie były przesłanki wyboru algorytmu konsensusu PoA. Czy wybór innego algorytmu oferowanego w ramach platformy (klienta platformy Ethereum) Hyperledger Besu miałby kluczowy wpływ na działanie rozwiązania? Szkoda, że decyzję o tym wyborze Doktorant oparł na analizie funkcjonalnej (podrozdział 4.2.), tudzież analizie literatury (o czym mowa w podrozdziale 3.3). Z punktu widzenia badawczo-rozwojowego ciekawym byłoby dobór algorytmu konsensusu w oparciu o analizę wyników przeprowadzonego eksperymentu (skoro sama platforma Hyperledger Besu oferuje kilka algorytmów konsensusu). Stąd rodzi się też pytanie, jaka byłaby różnica korzyści z zastosowania innych mechanizmów konsensusu?
- Na ile proponowane rozwiązanie jest elastyczne w sensie podmiany i zastosowania innych algorytmów konsensusu, algorytmów szyfrowania i innych bibliotek dla operacji przetwarzania dokumentów w sieci blockchain? Podobnie, na ile wdrożona e-usługa jest elastyczna mając na uwadze jej rozbudowę lub aktualizację o nowe wersje algorytmów?
- W podrozdziale 4.2.1 jest mowa o języku JAVA. Doktorant charakteryzuje ten język, lecz trudno odczytać jednoznaczne przesłanki, dlaczego Doktorant zdecydował się osadzić implementację e-usługi na tym języku.
- W przypadku testów wydajnościowych, o których mowa w podrozdziale 4.3, nie jest jasne jak Doktorant je rozumie. Oczywiście przywołuje uzyskane w drodze eksperymentów wyniki i je komentuje, niemniej jednak wydajność oprogramowania często definiowana jest nieco szerszej. Stąd zachodzi pytanie o generalną nie tyle szybkość, ale i stabilność oraz skalowalność rozwiązania. Być może Doktorant dysponuje innymi, dodatkowymi scenariuszami i wynikami testów, które potwierdziłyby wydajność w szerszym sensie, a co mógłby dodatkowo omówić podczas publicznej obrony.
- W rozdziale 4.5 Doktorant punktuje ograniczenia wdrożonej e-usługi. Wspomina między innymi o dostępności do energii elektrycznej oraz kosztach z tego wynikających. Tym samym

rodzi się pytanie o te koszty. Czy Doktorant szacował ten koszt i czy jest on faktycznie na tyle istotny?

- W rozdziale 4.5 Doktorant odwołuje się także do konieczności regularnego aktualizowania usługi. Co dokładnie ma na myśli Doktorant pisząc „... aby pozostała ona konkurencyjna i zgodna z aktualnymi standardami.”?

4. Ocena redakcji i przygotowania rozprawy

W ogólności praca została przygotowana w sposób przejrzysty i nie budzący zasadniczych uwag oraz z zachowaniem przyjętych standardów.

W ocenie redakcji i przygotowania rozprawy, należy jednak zwrócić uwagę na powtórzenia, które występują w szczególności w rozdziale czwartym, gdzie doktorant omawia poszczególne technologie i rozwiązania projektu i jego realizacji. Doktorant szereg aspektów tu przywołanych omawia we wcześniejszych rozdziałach. Powtórzenie takie pojawia się także w podrozdziale 3.3, gdy wcześniej już w rozdziale 2 Doktorant wspomina o szeregu aspektach. Ponadto, szkoda, że rysunki 4.1-4.10 i 4.12-4.14 są słabo czytelne. Trudno się zorientować w szczegółach jakiego rodzaju informacje one prezentują. Tak jak wcześniej wspomniałem w recenzji, w kilku podrozdziałach rozdziału 4, Doktorant jednoznacznie odwołuje się do literatury, ale nie wskazuje żadnej z pozycji.

Błędy redakcyjne i językowe występujące w pracy oraz wspomniane powyżej uwagi nie obniżają ogólnej pozytywnej oceny pracy.

5. Konkluzja

Mgr. inż. Kamil Kozdrój w swojej rozprawie doktorskiej podejmuje praktyczny problem związany z opracowaniem dedykowanej e-usługi nośnika trwałego, umożliwiającej przetwarzanie i zarządzanie wrażliwymi dokumentami elektronicznymi.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Kamila Kozdrója prezentuje i potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną właściwą dla osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora. Uzyskane wyniki badań oraz uzyskane oryginalne rozwiązanie problemu, wpisującego się w dyscyplinę informatyka techniczna i telekomunikacja, zostały zaprezentowane w sposób wystarczający dla oceny pozytywnej podjętej pracy projektowej i wdrożeniowej.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Kamila Kozdrója pt.: *„Opracowanie oraz wdrożenie elektronicznej usługi w postaci nośnika trwałego umożliwiającej przetwarzanie oraz zarządzanie wrażliwymi dokumentami elektronicznymi”* spełnia wymogi stawiane przy ubieganiu się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Podsumowując, wnioskuję o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.

Ireneusz Czarnowski

Ireneusz Czarnowski
Dokument
podpisany przez
Ireneusz
Czarnowski
Data: 2025.11.23
12:59:12 CET