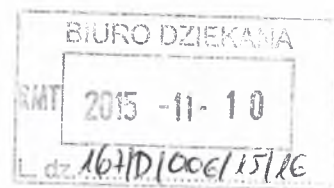


dr hab. inż. Anna TIMOFIEJCZUK
Prof. nzw. w Politechnice Śląskiej
e-mail:atimofiejczuk@polsl.pl

AP
prof. dr hab. inż. Anna Timofiejczuk

Gliwice, 8 listopada 2015



OPINIA

o pracy doktorskiej mgr. inż. Marcina AMAROWICZA

pt. *Analiza ryzyka w inżynierii wymagań dla systemów diagnostycznych*

Opinię opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej z dnia 17.09.2015 4 (RMT0-1142/D/006/14/15).

1 Wstęp

Ocena stanu technicznego maszyn, urządzeń i procesów, jest podstawowym elementem ich eksploatacji. Przy coraz większej złożoności struktury środków technicznych, a w szczególności zastosowania coraz nowszych technologii informatycznych, rosną wymagania dotyczące niezawodnego działania tych środków. Systemy diagnostyczne, szczególnie w przypadku kluczowych dla przemysłu maszyn i procesów, projektowane są na etapie projektowania środka technicznego. Odbiorcy środków technicznych, wymagają od producentów, a przez to od projektantów, określenia ryzyka wystąpienia niesprawności środka technicznego, oraz określenia kosztów naprawy. Umiejętność przewidzenia ryzyka wystąpienia niesprawności i wyliczenia zysków wynikających z uniknięcia pewnych niesprawności przez zastosowanie odpowiedniego systemu diagnostycznego jest kluczowa. Takie dane zawarte w dokumentacji maszyn i procesów podnoszą konkurencyjność produktu. Opracowywanie systemów diagnostycznych dla istniejących środków technicznych jest często zadaniem trudniejszym, wymagającym dopasowania się do budowy i charakteru działania maszyny lub procesu. W każdym z przypadków zadanie to polega na projektowaniu systemu diagnostycznego, który jest bardzo specyficznym systemem informatycznym. Podstawowym elementem tego procesu projektowania jest określenie wymagań użytkownika.

Opisana tematyka jest od wielu lat jednym z kierunków badań prowadzonych w Instytucie Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej w Gliwicach, kierowanych przez Prof. dra hab. inż.

Wojciecha Cholewę, promotora recenzowanej rozprawy. Pan Mgr. inż. Marcin Amarowicz aktywnie uczestniczył w wielu pracach, stosując algorytmy przedstawione w opiniowanej pracy doktorskiej.

2 Opis rozprawy

Rozprawa składa się z dziewięciu rozdziałów. Wraz ze streszczeniami w języku polskim i angielskim oraz wykazem literatury, zawierającym 183 pozycje, liczy 109 stron.

Na początku rozprawy zamieszczono *Wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń*.

W rozdziale 1. pt. *Wprowadzenie*, liczącym 5 stron, opisano genezę badań przedstawionych w rozprawie, przedstawiono problem badawczy oraz sformułowano cel i dwie tezy pracy. W rozdziale tym zawarto także słownik podstawowych terminów stosowanych w pracy.

Rozdział 2, zatytułowany *Diagnostowanie stanu maszyn i procesów*, liczący 10 stron, jest podsumowaniem przeglądu literatury związanej z diagnostyką techniczną. Treść rozdziału ograniczono do zagadnień związanych z procesem eksploatacji maszyn i procesów technicznych oraz ich diagnostyką. Omówiono także problemy związane z zastosowaniem systemów diagnostycznych, uwzględniając podział na diagnostykę symptomową i diagnostykę wspartą modelem. Fragment rozdziału dotyczący systemów monitorowania i diagnostyki zawiera wiele cytowań prac, w których uczestniczyli pracownicy Instytutu Podstaw Konstrukcji Maszyn oraz ośrodki naukowo-badawcze współpracujące z Instytutem.

Rozdział 3, zatytułowany *Ryzyko techniczne w eksploatacji maszyn i procesów*, liczący 9 stron, jest również wynikiem przeglądu literatury. W rozdziale zawarto zagadnienia dotyczące ryzyka i wyjaśniono rozumienie tego pojęcia w kilku kontekstach. W części rozdziału, który poświęcony jest zagadnieniom związanym z ryzykiem technicznym opisano sposoby obliczania ryzyka i wyjaśniono, w oparciu normy polskie i europejskie, pojęcia analiza ryzyka i ocena ryzyka. W tej części rozdziału pokazano także przykłady jakościowego opisu ryzyka. Dalsza część rozdziału poświęcona jest metodom oceny ryzyka technicznego oraz zarządzaniu ryzykiem technicznym.

Rozdział 4, zatytułowany *Wybrane zagadnienia inżynierii wymagań*, który liczy 10 stron, jest również wynikiem badań literaturowych. Rozdział poświęcono problematyce inżynierii wymagań, łącznie z opisem historii rozwoju tej dziedziny. W treści rozdziału opisano rodzaje wymagań, ich definiowanie

oraz zarządzanie procesem definiowania wymagań. Scharakteryzowano także typowe ograniczenia występujące w procesie pozyskiwania wymagań.

Rozdział 5, zatytułowany *Metody i techniki sztucznej inteligencji w diagnostyce*, liczący 12 stron, jest ostatnim rozdziałem związanym z przeglądem literatury. W rozdziale zawarto opis wybranych zagadnień związanych ze sztuczną inteligencją, wraz z tłem historycznym. Większość rozdziału stanowi opis zagadnień związanych z wiedzą diagnostyczną, metodami jej pozyskiwania oraz metodami jej reprezentacji. Wśród metod reprezentacji wiedzy wymieniono i opisano, reguły, zbiory rozmyte, sieci stwierdzeń, ontologie i sieci semantyczne. Końcowa część rozdziału poświęcona jest systemom doradczym. W rozdziale zawarto wiele przykładów i cytowań prac Instytutu Podstaw Konstrukcji Maszyn oraz innych jednostek badawczo-naukowych.

W rozdziale 6, zatytułowanym *Metoda projektowania systemów diagnostycznych z zastosowaniem zbiorów wymagań*, liczącym 13 stron, zawarto opis, opracowanego przez Autora rozprawy, podejścia do projektowania systemu diagnostycznego z wykorzystaniem zbioru wymagań. Rozdział rozpoczyna się od określenia założeń i uwag wstępnych, dotyczących opracowanego podejścia. Zdefiniowano sposób wyliczania ryzyka technicznego oraz zilustrowano rozpatrywany problem. W kolejnej części rozdziału zawarto charakterystykę proponowanego podejścia, które bazuje na podejściach stosowanych w inżynierii oprogramowania. Autor zwraca jednak uwagę, na specyfikę systemów diagnostycznych, będących systemami informatycznymi i proponuje wprowadzenie dodatkowego etapu, opartego na generowaniu zbioru wymagań, do procesu projektowania systemu diagnostycznego. W rozdziale tym również zawarto, opracowany przez Autora rozprawy, formalizm zapisu wymagań funkcjonalnych, reguł diagnostycznych oraz podsystemów diagnostycznych. Pojęcia te wynikają ze sformułowanej, na początku procesu definiowania systemu, potrzeby. W rozdziale pokazano zależności między tymi pojęciami. Kolejna część rozdziału jest poświęcona ogólnym zagadnieniom pozyskiwania zbioru wymagań. W kolejnej części rozdziału, Autor rozprawy, wyjaśnia zaproponowany przez Niego sposób generowania zbioru potencjalnych rozwiązań systemu diagnostycznego. Opracowane podejście polega na rozpatrywaniu projektu systemu diagnostycznego na trzech poziomach związanych kolejno z wymaganiami funkcjonalnymi (funkcjonalności systemu), regułami diagnostycznymi, które Autor rozumie jako możliwe do zastosowania metody i techniki pomiarowe oraz metody analizy sygnałów, podsystemami, które są konkretnymi rozwiązaniami technicznymi umożliwiającymi zastosowanie danej reguły diagnostycznej. Zaproponowane przez Autora podejście, zostało zilustrowane poprzez tablicę morfologiczną oraz trójwymiarową przestrzeń rozwiązań systemu diagnostycznego. W końcowej części rozdziału zawarto opis sposobu oceny zbioru wymagań oraz oceny potencjalnych rozwiązań systemu diagnostycznego. Autor wyjaśnia, że zbiór

wymagań oceniany jest na podstawie odpowiedniego systemu doradczego na podstawie zgromadzonej wiedzy i danych. Baza wiedzy systemu doradczego jest opracowana w formie sieci przekonań. Natomiast, proces oceny potencjalnych rozwiązań systemu diagnostycznego, zgodnie z wyjaśnieniami Autora, „sprowadza się do oceny poszczególnych podsystemów i może być rozumiany jako proces optymalizacji systemów przypisanych do poszczególnych reguł diagnostycznych”. Kryteria optymalizacji są skorelowane z atrybutami poszczególnych podsystemów. Autor wskazuje na możliwość optymalizacji lokalnej, w obrębie jednego podsystemu, oraz globalnej, realizowanej dla wszystkich podsystemów oraz na możliwość sumowania wyznaczonych wartości funkcji kryterialnych, pod warunkiem stosowania kryteriów globalnych.

W rozdziale 7, zatytułowanym *Implementacja zaproponowanej metody*, liczącym 11 stron, zawarto opis zastosowania opracowanego podejścia do wspomagania projektowania systemów diagnostycznych. Rozdział ten zawiera przede wszystkim opis, opracowanego przez Autora rozprawy, oprogramowania o nazwie *Edytor wymagań*. W rozdziale zawarto opis struktury i funkcjonalności oprogramowania oraz opisano kolejne kroki działania *Edytora wymagań*, związane z wypełnianiem formularzy do definiowania katalogu symptomów, wymagań oraz reguł diagnostycznych. Pokazano przykłady wyników procesu wnioskowania oraz postaci skryptów wynikowych, w których zawarty jest proces wnioskowania. W końcowej części rozdziału pokazano, najistotniejszą część działania systemu, skrypt wynikowy, zawierający fragment raportu opisującego wygenerowany projekt systemu diagnostycznego.

Rozdział 8, o tytule *Weryfikacja opracowanej metody*, liczący 19 stron, poświęcony jest przykładowi zastosowania opracowanego podejścia oraz jego weryfikacji. Na początku rozdziału zawarto charakterystykę środka technicznego, dla którego pokazano możliwe warianty systemów diagnostycznych. Obiektem tym jest stanowisko badawcze FESTO S7, pozwalające na modelowanie instalacji przemysłowych. Stanowisko jest wyposażeniem Pracowni Diagnostyki Procesów Instytutu Podstaw Konstrukcji Maszyn. W rozdziale zawarto schemat stanowiska z pełnym układem pomiarowym, zainstalowanym na stanowisku. W rozdziale Autor wyjaśnia zakres badań weryfikacyjnych, definiując ograniczenia dotyczące stanów funkcjonalnych stanowiska badawczego (badano jeden stan funkcjonalny – pompowanie cieczy ze zbiornika T1 do T2; stan funkcjonalny zilustrowano uproszczonym schematem układu pomiarowego), liczby wymagań funkcjonalnych (zdefiniowano 15 wymagań), liczby reguł diagnostycznych (zdefiniowano 20 reguł). W rozdziale zawarto opis oceny zebranego zbioru wymagań oraz optymalizacji systemu diagnostycznego. Wynikiem optymalizacji, opartej na modelu sieciowym, jest wyodrębniony podzbiór wymagań. Na tej podstawie wygenerowano trzy przykładowe projekty systemów diagnostycznych, różniące się między

sobą: zbiorem wymagań funkcjonalnych (w trzecim projekcie zrezygnowano z rozpatrywania atrybutów związanych z redukcją kosztów oraz czasem przestoju) oraz zbiorem podsystemów diagnostycznych (w drugim projekcie wprowadzono kryterium ograniczające, związane z sygnalizatorem poziomu cieczy). Wygenerowane projekty systemów diagnostycznych pokazano w formie raportów generowanych przez *Edytor wymagań*. Jako podsumowanie tego rozdział, Autor rozprawy, podaje, że zgodnie z otrzymanymi wynikami „zapropozowane podejście projektowe z powodzeniem może być stosowane podczas wstępnego opracowywania projektów systemów diagnostycznych”. Ponadto, Autor rozprawy wyjaśnia, że dla potrzeb oceny jakości otrzymanych systemów można porównać trzy pokazane rozwiązania z systemem zainstalowanym na stanowisku badawczym, i dalej Autor rozprawy podaje, że „można zauważyć bardzo dużą zgodność pomiędzy opracowanymi projektami potencjalnego systemu diagnostycznego, a zastosowanym, w rozpatrywanym stanowisku badawczym, układem pomiarowo-kontrolnym”.

Rozdział 9, zatytułowany *Podsumowanie i wnioski*, liczący 3 strony, zawiera nie tylko wnioski wypływające bezpośrednio z zastosowania opracowanego podejścia do projektowania systemów diagnostycznych, ale także kierunki dalszych badań. W rozdziale wymieniono elementy pracy, które wskazują na osiągnięcie sformułowanego celu pracy oraz elementy wskazujące na wykazanie słuszności postawionych tez. Autor pracy sformułował także pięć szczegółowych wniosków dotyczących zastosowania opracowanego przez Niego podejścia. W rozdziale wymieniono trzy kierunki dalszych badań, związane z podejściem projektowym, weryfikacją opracowanego podejścia oraz opracowanym oprogramowaniem.

W rozprawie zamieszczono także wykaz bibliografii, spis rysunków, spis tabel oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

Układ pracy jest właściwy i nie odbiega od typowych dla prac doktorskich z dziedziny *budowa i eksploatacja maszyn*.

3 Uwagi dotyczące doboru tematu, celu, tez i zakresu rozprawy

Temat pracy dotyczy projektowania systemów diagnostycznych zgodnie z potrzebami i wymaganiami dotyczącymi ich funkcjonalności. Podstawą opracowanych w pracy algorytmów są podejścia stosowane w inżynierii oprogramowania. Autor słusznie zauważa, że zastosowanie tych podejść, do projektowania systemów diagnostycznych, które mogą być traktowane jako specyficzny rodzaj systemów informatycznych, wymaga modyfikacji procesu projektowania i uzupełnia go poprzez

dodanie etapu formułowania wymagań. W świetle aktualnych trendów rozwoju przemysłu w kierunku Przemysłu 4.0, który jest wynikiem czwartej rewolucji przemysłowej, polegającej na zastosowaniu zaawansowanych technologii informatycznych, które pozwalają na przeprowadzanie wielu operacji przemysłowych i procesów w sposób automatyczny, tematyka pracy jest bardzo aktualna i wpisuje się w obecne kierunki rozwoju środków technicznych.

Celem pracy jest „opracowanie nowego podejścia do procesu opracowywania projektu systemu diagnostycznego, który umożliwiłby na etapie formułowania potrzeby, aktywne uwzględnianie wyników analizy ryzyka, dostępnych metod i technik pomiarowych oraz istniejących kryteriów ograniczających”. W świetle opisanej wyżej tematyki pracy, cel pracy został sformułowany prawidłowo.

W pracy sformułowano dwie tezy:

Teza 1. Sformalizowany zapis potrzeb dla projektowanego systemu diagnostycznego, może zostać zrealizowany poprzez zastosowanie zbioru wymagań.

Teza 2. Zbiór wymagań, może być identyfikowany w procesie wnioskowania, prowadzonym z zastosowaniem systemu doradczego, który reprezentuje kryteria pozwalające na uzyskanie efektywnego systemu diagnostycznego.

Tezy zostały sformułowane zgodnie z określonym celem pracy.

Zakres rozprawy dobrano prawidłowo, odpowiednio do celu rozprawy, sformułowanego przez Doktoranta. Zakres ten obejmuje wyniki wieloletnich badań, które Doktorant zrealizował w ramach projektów badawczych i prac zleconych. Należy jednak podkreślić, że fragment pracy (rozdział 1.3), poświęcony *Zakresowi rozprawy*, nie został opracowany prawidłowo. W rozdziale tym zawarto opis tego, co znajduje się w kolejnych rozdziałach rozprawy. Rozdział ten ma charakter krótkiego podsumowania treści rozprawy. Biorąc jednak pod uwagę całą treść pracy, można się zorientować jaki był zakres badań Doktoranta.

4 Ocena merytoryczna

Należy podkreślić, że tematyka pracy, podjęta przez Doktoranta, jest aktualna, w świetle trendów rozwoju systemów przemysłowych. Ze względu na różnorodność środków technicznych, tematyka ta jest bardzo złożona i wymaga rozwiązania, które będzie brało pod uwagę wiele aspektów systemu diagnostycznego. Praca rozpoczęta przez Doktoranta to badania, które mogą być kontynuowane przez wiele lat, przy wykorzystaniu różnych metod i podejść. Biorąc pod uwagę, sformułowane kierunki

dalszych badań, widać, że Doktorant ma tego świadomość i co najważniejsze widzi kierunki rozwoju metody. Pomysł podjęcia tego rodzaju prac zasługuje na duże uznanie.

4.1 Elementy oryginalne

Na podstawie rozprawy oceniam, że najważniejszymi oryginalnymi elementami są:

1. Opracowanie podejścia projektowego do projektowania systemu diagnostycznego; Autor rozprawy zastosował podejścia znane z inżynierii oprogramowania i zmodyfikował je poprzez dodanie etapu generowania zbioru wymagań,
2. Opracowanie formalnego sposobu zapisu definiowania wymagań, celem uwzględnienia m.in. wyników analizy ryzyka, dostępnych metod i technik pomiarowych; Autor rozprawy zaproponował pełny formalizm zapisu wymagań, reguł i podsystemów, wynikający z potrzeb dotyczących funkcjonalności systemu,
3. Opracowanie systemu doradczego, który jest wykorzystywany do procesu weryfikacji wymagań; Autor opracował system doradczy, w którym wiedza reprezentowana jest w postaci sieci przekonań,
4. Opracowanie *Edytora wymagań*; Autor opracował oprogramowanie, które może być stosowane do opracowywania projektów systemów diagnostycznych. Struktura oprogramowania pozwala na jego ciągły rozwój.

4.2 Uwagi dyskusyjne

1. Tytuł rozprawy brzmi *Analiza ryzyka w inżynierii wymagań dla systemów diagnostycznych*. W tytule pojawiają się trzy zagadnienia: analiza ryzyka, inżynieria wymagań i system diagnostyczny. Biorąc pod uwagę część związaną z przeglądem literatury, treść rozprawy odpowiada dokładnie tytułowi. W pracy zawarto trzy kolejne rozdziały (rozd. 2, 3 i 4) poświęcone, wymienionym w tytule zagadnieniom. Należy podkreślić, że przegląd literaturowy został opracowany bardzo starannie, bez nadmiernych opisów znanych metod, a jedynie z ich zaznaczeniem. W tej części pracy wymieniono wiele przykładowych aplikacji, co świadczy o tym, że Doktorant bardzo dobrze orientuje się w obszarze podjętej tematyki badań.

Zagadnienia, wymienione w tytule, pojawiają się również w celu pracy. W treści tez, wątek związany z analizą ryzyka, nie występuje. W tezie drugiej mowa jedynie o możliwości „uzyskania efektywnego systemu diagnostycznego”.

Opracowana przez Doktoranta, metoda projektowania systemów diagnostycznych, wraz z implementacją i weryfikacją jest tematem rozdz. 6, 7 i 8. W rozdz. 6, gdzie Autor opisuje założenia metody, zamieszczono opisy obliczania ryzyka technicznego, które w dalszej części pracy nie są

wykorzystywane, a przynajmniej nie zostały jasno opisane. Moim zdaniem, analiza ryzyka, w kolejnych etapach projektowania systemu nie została jasno opisana. Czytając rozprawę, można przeczytać w jednym miejscu (rozdz. 7, str. 60), że Autor ograniczył rozważania do analizy ryzyka opisywanego jakościowo. Biorąc pod uwagę treści zawarte w rozdziale 8. (*Weryfikacja opracowanej metody*) można tam znaleźć zagadnienia pozwalające na taką analizę: prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzenia, koszty zdarzenia czy czas przestoju (np. Tab. 8.1). We wnioskach odnoszących się do uzyskanych wyników, analiza ryzyka również nie występuje.

Pomimo tego, że tematyka rozprawy nie rozmija się z tytułem, to jednak brak jednoznacznych fragmentów pracy, odwołujących się do jednego z trzech głównych zagadnień, zawartych w tytule, co budzi pewien niedosyt.

2. Implementacja zaproponowanej metody została pokazana w rozdz. 7, gdzie opisano bardzo szczegółowo opracowane oprogramowanie. Ze względu na to, że w pracy nie zawarto dużej liczby wyników zastosowania opracowanej metody, wydaje się, że rozdz. 7 mógłby być oparty na konkretnym przykładzie. W pokazanych formularzach pojawiają się nazwy symptomów, czujników, reguł, ale nie podano jakiego przykładu dotyczy implementacja. Czytając kolejny rozdział można się domyślać, że jest to przykład implementacji metody, opisany w rozdz. 7, dla stanowiska badawczego opisanego w rozdz. 8. Jeżeli Autor rozprawy będzie opracowywał jej kolejną wersję, sugeruję zmianę układu treści, tak, aby obiekt badań opisany był wcześniej, a implementacja wyjaśniona też na jego przykładzie.

3. Na rys. 7.8 i 7.9, w pokazanych formularzach widoczne są reguły diagnostyczne. Przykładowa treść reguły to: „Wartość poziomu medium mierzona w zbiorniku jest mniejsza od przyjętej wartości minimalnej”. Inny przykład reguły to: „Pomiar wartości temperatury i określenie czy wartość jest zgodna z dopuszczalnymi”. Wprawdzie na początku rozdz. 7., założono, że rozpatrywanie stopnia ważności atrybutów przypisanych do wymagań funkcjonalnych oraz reguł diagnostycznych odbywa się dwustanowo (tak lub nie), jednak zapis reguł diagnostycznych, gdzie przez reprezentację wiedzy w postaci reguły rozumie się zawsze implikację, mającą dwie części, może wprowadzać pewne nieporozumienie. Do rozważenia pozostaje to, czy nie nazwać wymienionych wyżej treści przesłanką, lub częścią przesłankową reguły lub stwierdzeniem.

4. Weryfikacja zaproponowanej metody bazuje na zastosowaniu opracowanego podejścia do utworzenia projektów systemów diagnostycznych. Badania weryfikacyjne oparto na wykorzystaniu stanowiska FESTO S7. Autor rozprawy bardzo wyraźnie zaznaczył dla jakich przypadków prowadzone były badania. Nie budzi to żadnych wątpliwości. W rozdz. 8., pokazano pełny układ pomiarowy, zainstalowany na stanowisku oraz układ pomiarowy, wynikający z poczynionych założeń. Układy te pokazano w formie graficznych schematów. W toku badań weryfikacyjnych wygenerowano trzy systemy diagnostyczne, które pokazano w formie raportów generowanych przez Edytor

wymagań. Znaczenie terminu „weryfikacja” to sprawdzenie czy kontrola. W tym znaczeniu Autor rozprawy dokonał weryfikacji metody. Jednak, w badaniach naukowych, pod pojęciem weryfikacja metody rozumie się sprawdzenie jej poprawności poprzez podanie wyniku weryfikacji (określenie stopnia poprawności) i przede wszystkim podania wzorca, z którym porównuje się wynik. Autor pokazuje taki wzorzec (układ FESTO S7) i schemat układu pomiarowego. W pracy nie zamieszczono jednak jawnego porównania otrzymanych systemów diagnostycznych ze wzorcowym. Autor napisał, że „można zauważyć bardzo dużą zgodność pomiędzy opracowanymi projektami potencjalnego systemu diagnostycznego, a zastosowanym, w rozpatrywanym stanowisku badawczym”. Bezpośrednie porównanie tych systemów przez czytelnika jest nieco utrudnione, ze względu na fakt, że otrzymane systemy pokazano w postaci raportów, a wzorcowy w postaci schematu graficznego. W wyniku zastosowania metody otrzymano trzy systemy diagnostyczne, ale nie zaznaczono, który jest najlepszy. Autor napisał, że „dla potrzeb oceny jakości otrzymanych rozwiązań, możliwe jest ich porównanie z systemem monitorowania zainstalowanym na rozpatrywanym stanowiska badawczym”, ale wyników takiego porównania nie zamieszczono w pracy. Sugeruję, żeby w kolejnych opracowaniach Autora, pokazać otrzymane systemy również w postaci graficznej i wprowadzić miarę podobieństwa. Tym bardziej, że w kilku miejscach w pracy, Autor wspomina o optymalizacji systemów.

5. W tezie drugiej, Autor napisał, że opracowana metoda pozwoli na „uzyskanie efektywnego systemu diagnostycznego”. Sformułowanie „efektywny system” pojawia się jeszcze w rozdz. 6 (str. 59). W rozdz. 7 (str. 63) mowa o „strukturze optymalnej systemu”, a w rozdz. 9 (str. 90) o „optymalnej postaci projektowanego systemu diagnostycznego”. Czy według Autora pojęcia efektywny i optymalny znaczą to samo?

6. Autor używa zamiennie kilku pojęć: baza danych (rys. 7.1, rys. 7.2, str. 64, g.1, str. 64, g.2, str. 65, podpis pod. Rys. 7.4), baza wiedzy i danych (str. 65, g.7), banki wiedzy (str.74, g.3, str. 76, g.1), baza wiedzy (str.90, g.16) na określenie zgromadzonych danych, wiedzy lub wiedzy i danych. Czy według Autora pojęcia te oznaczają to samo i w które z tych pojęć w określonych miejscach w pracy są poprawne?

4.3 Wybrane uwagi szczegółowe

(str. 52, rys. 6.3.) – rysunek wymaga trochę szerszego komentarza. Może dodać do niego nazwy kolumn?

(str. 60, d. 7) – sformułowanie „na dwóch poziomach” jest niepoprawne, szczególnie w zestawieniu z kolejnym wyliczeniem „poziom jakościowy”. Poziom jest jeden, tylko dwa stany.

(str. 60, d. 14) – sformułowanie „poziom redukcji kosztów wygenerowanych po wystąpieniu danego zdarzenia” sugeruje, że koszty zredukowano po wystąpieniu zdarzenia, w domyśle, wystąpieniu niesprawności, kiedy koszty rosą; może lepiej opisać to jako „poziom redukcji kosztów wynikający z eliminacji wystąpienia danego zdarzenia”?

(str. 60, d. 12) – sformułowanie „poziom redukcji czasu przestoju po wystąpieniu danego zdarzenia” sugeruje, że czas przestoju zredukowano po wystąpieniu zdarzenia, w domyśle, wystąpieniu niesprawności, kiedy czas przestoju był dłuższy; może lepiej opisać to jako „poziom redukcji czasu przestoju wynikający z eliminacji wystąpienia danego zdarzenia”?

(str. 61, rys. 7.1.) – na rys. blok Baza danych powinien nazywać się Baza wiedzy oraz sformalizowana potrzeba, zgodnie z opisem, jest formułowana na podstawie wiedzy zawartej w bazie wiedzy, stąd napis „sformalizowana potrzeba powinien” pojawić się po drugim bloku.

(str. 74, podpis pod rys. 8.4 i d.4) – czy katalog uszkodzeń i zbiór uszkodzeń to to samo?

(str. 74, podpis pod rys. 8.4.) – sformułowanie formularz przeznaczony do definiowania zbioru uszkodzeń jest niepoprawne; definiowanie zbioru polega na określaniu ogólnej funkcji przynależności elementu do zbioru; w formularzu definiowane jest uszkodzenie

5 Wniosek końcowy

Podjęty i rozwiązany przez Doktoranta problem badawczy ma istotne znaczenie dla rozwoju metod diagnostyki technicznej i wpisuje się w aktualne trendy rozwoju przemysłu. Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie *Budowa i eksploatacja maszyn* oraz wymaganą umiejętnością zaplanowania i samodzielnego przeprowadzenia badań naukowych. Sformułowane przeze mnie uwagi dyskusyjne i szczegółowe nie umniejszają w żaden sposób wartości merytorycznej rozprawy.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska Mgr. inż. Marcina Amarowicza pt. *Analiza ryzyka w inżynierii wymagań dla systemów doradczych* spełnia wymagania Art. 13 p.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595) i może zostać dopuszczona do publicznej obrony.



Anna Sioficjanek