

Prof. dr hab. Jerzy Pokojski  
Instytut Podstaw Budowy Maszyn  
Politechniki Warszawskiej

## RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Marcina Amarowicza „Analiza ryzyka w inżynierii wymagań dla systemów diagnostycznych”.

### 1. Ocena ogólna pracy

Przedmiotem recenzji jest:

praca napisana przez mgr inż. Marcina Amarowicza pt. „Analiza ryzyka w inżynierii wymagań dla systemów diagnostycznych”. Praca powstała w Instytucie Podstaw Konstrukcji Maszyn, na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej.

Celem pracy mgr inż. Marcina Amarowicza jest (cytuję):” ...opracowanie nowego podejścia do procesu opracowywania projektu systemu diagnostycznego, który umożliwiłoby na etapie formułowania potrzeby, aktywne uwzględnianie wyników analizy ryzyka, dostępnych metod i technik pomiarowych oraz istniejących kryteriów ograniczających.”

Dalej cel scharakteryzowano opisem określonych, pożądaných funkcjonalności:

- „ – aktywne wspomaganie procesu akwizycji wiedzy,
- integrację wiedzy dotyczącej działania, budowy i eksploatacji rozpatrywanego obiektu technicznego,
- analizę potrzeb oraz optymalizację założeń przy racjonalnych ograniczeniach,
- wybór rozwiązania optymalnego na podstawie zdefiniowanych kryteriów oceny.”

Jednocześnie dodano komentarz o możliwościach realizacyjnych środowiska informatycznego będącego implementacją opracowanych koncepcji i rozwiązań.

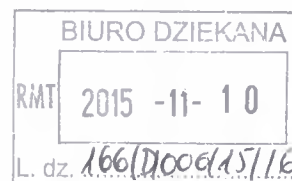
Do tak scharakteryzowanych celów rozprawy dołączono następujące tezy:

„ 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.”

Praca składa się z dziewięciu rozdziałów, bibliografii, spisów rysunków i tabel, oraz streszczeń. Całość pracy jest poprzedzona wykazem ważniejszych skrótów i oznaczeń.

Cel i tezy pracy zostały zamieszczone w jednym z podrozdziałów rozdziału pierwszego zatytułowanym „Wprowadzenie”. Poza tym w rozdziale pierwszym scharakteryzowano syntetycznie problem badawczy, określono zakres rozprawy, omówiono podstawowe terminy wykorzystane w opracowaniu.



Rozdział drugi poświęcono diagnozowaniu maszyn i procesów. Omówiono w nim klasyczne podejścia do procesu eksploatacji obiektów technicznych. Przedstawiono formalny opis stanu obiektu technicznego, a także zjawiska zmiany stanu technicznego w wyniku uszkodzeń. Osobny podrozdział dotyczy metod i technik diagnostycznych. Rozdział zamyka podsumowanie, w którym przedstawiono syntetyczną charakterystykę przedstawionych w rozdziale zagadnień.

Rozdział trzeci dotyczy ryzyka technicznego w eksploatacji maszyn i procesów. W rozdziale autor początkowo koncentruje się na ogólnej charakterystyce zagadnień związanych z ryzykiem. Później przechodzi do problematyki ryzyka technicznego, prób jego formalnego ujęcia. W dalszej części przedstawia wybrane metody oceny ryzyka technicznego oraz koncepcje i metody zarządzania ryzykiem technicznym. Rozdział kończy podsumowanie. Autor zwraca w nim uwagę na kluczowe dla charakteryzowanych zagadnień uchwycenie potencjalnie niebezpiecznych zdarzeń i ich konsekwencji.

Rozdział czwarty to krótka, zwarta prezentacja podstawowych koncepcji i rozwiązań z obszaru inżynierii wymagań. Autor przedstawił ogólną charakterystykę tego podejścia, dostępne koncepcje literaturowe, obszary zastosowań. Zawarł odniesienia, przede wszystkim, do zastosowań informatycznych. Osobno scharakteryzował proces definiowania wymagań oraz zarządzanie tym procesem. Poruszył także problematykę ograniczeń procesów pozyskiwania wymagań. Ujęcie ma charakter ogólny. W podsumowaniu autor skupia się głównie na refleksjach odnoszących się do projektów w obszarze informatyki.

Rozdział piąty w całości poświęcono metodom i technikom sztucznej inteligencji w diagnostyce. Autor potraktował te zagadnienia kompleksowo, zaczynając od idei sztucznej inteligencji, modelowania wiedzy diagnostycznej, pozyskiwania wiedzy diagnostycznej, kończąc na opisie systemów doradczych. W podsumowaniu podkreślono aktualną rolę metod sztucznej inteligencji w zagadnieniach diagnostyki technicznej.

Rozdział szósty to prezentacja dokonań autora – opis zaproponowanej metody projektowania systemów diagnostycznych z zastosowaniem zbiorów wymagań. Autor rozpoczął opis swoich dokonań od omówienia przyjętych założeń. Stopniowo przeszedł do prezentacji ogólnej koncepcji swojego podejścia i formalizacji kolejnych jego etapów. Dokładniej omówiono zapis zbioru wymagań i pozyskiwanie zbioru wymagań. Dalej, skupiono się na etapie generowania zbioru potencjalnych rozwiązań systemu diagnostycznego oraz na ocenie zbioru wymagań i potencjalnych rozwiązań systemu diagnostycznego. Podsumowanie zawiera streszczenie zasadniczych koncepcji przedstawionych w rozdziale.

Rozdział siódmy stanowi opis implementacji zaproponowanego podejścia. Przyjęto koncepcję budowy wielofunkcyjnego narzędzia nazywanego edytorem wymagań. Przedstawiono zarówno strukturę jak i funkcjonalności oferowane przez edytor. Scharakteryzowano scenariusze pracy z edytorem. W podsumowaniu podkreślono możliwości zaproponowanych rozwiązań.

Rozdział ósmy poświęcono opisowi procesu weryfikacji opracowanej metody. Omówiono cel i zakres badań. Dokładnie przedstawiono obiekt badań. Następnie przedstawiono przebieg procesu pozyskiwania wymagań oraz formalizacji potrzeby. Kolejny etap to optymalizacja postaci systemu diagnostycznego. W rozdziale zamieszczono także inne przykłady projektów systemów diagnostycznych. W podsumowaniu przedstawiono poszczególne elementy procesu weryfikacji oraz ich ocenę.

Rozdział dziewiąty zawiera podsumowanie i wnioski. W podsumowaniu wyrażono pozytywną ocenę dokonań autora przedstawionych w pracy, stwierdzono osiągnięcie postawionych na wstępie celów oraz uznano za słuszne postawione tezy. Poza tym dodano dodatkowe spostrzeżenia i wnioski oraz nakreślono potencjalne kierunki dalszych badań.

Pracę zamyka licząca 183 pozycje bibliografia, spisy rysunków i tabel oraz streszczenia.

Problematyka rozprawy dotyczy zagadnień projektowania systemów diagnostycznych. Projektowanie ujęte jest w formie aktywności, które mają za zadanie stworzyć zbiór wymagań związanych z konkretnym projektem, następnie w oparciu o różne źródła wiedzy tworzony jest model formalny systemu diagnostycznego. Możliwe jest tworzenie wielu jego wariantów i powiązana z tym optymalizacja.

Zaproponowane podejście przypomina, swoją koncepcją, tworzenie projektu w przypadku zadania projektowego typu konfiguracji (Ullman DG.: *The Mechanical Design Process*, McGraw-Hill (Third Edition), 2002. ).

W ramach nowostworzonego podejścia następuje stopniowe identyfikowanie/definiowanie wymagań, które następnie konfrontowane są z istniejącymi/dostępными zasobami wiedzy. Na bazie tej konfrontacji i w oparciu o przeprowadzone wnioskowania powstają kolejne wersje, przede wszystkim strukturalne, systemu diagnostycznego. Spośród zbioru wygenerowanych wersji systemu diagnostycznego mogą być wybrane określone jego warianty zgodne z preferencjami zamodelowanymi w zadaniu decyzyjnym.

Wszystkie elementy składowe proponowanego podejścia oparte są na znanych wcześniej koncepcjach i narzędziach. Inżynieria wymagań znana jest nie tylko z zadań typowo informatycznych.

Posiada ona także znaczący dorobek w zakresie modelowania wymagań w projektowaniu wypracowany (w bardzo głęboko uwzględnionych realiach) przez przemysł samochodowy.

W przemyśle samochodowym konieczność powszechnego stosowania tego podejścia dostrzeżono przed około 10 laty. W okresie minionych dziesięciu lat powstało w tym obszarze szereg koncepcji, modeli a w wielu przypadkach bardzo konkretnych procedur i narzędzi.

Praktycznie każda branża dopracowuje się rozwiązań głęboko osadzonych w specyfice określonej dziedziny. Decydują o tym rozmiary produkcji, wariantowość produktu, zakres i stopień rozproszenia pracy zespołowej, itp.

W pracy M. Amarowicza zwrócono uwagę na potencjał tkwiący w inżynierii wymagań w zastosowaniu do procesu tworzenia systemów diagnostycznych. Ze względu na konfiguracyjny charakter całego zadania dostrzeżono możliwość wykorzystania systemów doradczych do wspomaganie procesów decyzyjnych – wyszukiwania poprawnych czy też nawet optymalnych rozwiązań. Proponowane podejście przypomina w dużym stopniu projektowanie metodyczne zaproponowane przez Pahl'a i Beitz'a (Pahl G, Beitz W, and al.: *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer-Verlag, 2007.). Występują tu dokładnie zdefiniowane etapy sekwencyjnie prowadzonego procesu. Zasadniczym wyróżnikiem podejścia jest transparentność modeli, źródeł wiedzy i procesów decyzyjnych. W rozwiniętych rozwiązaniach software'owych jest to wyraźnie widoczne.

W zadaniach projektowych tej klasy ważny jest problem złożoności i rozmiarów rozwiązywanego zadania. Istotny jest także stopień znajomości problematyki, a także mnogości doświadczenia u projektującego system diagnostyczny. Zapewne, może się tutaj pojawić znany z prac mających za cel zbadanie realnego, przemysłowego odbioru koncepcji Pahl'a i Beitz'a (m.in. praca: Badke-Schaub P., Frankeberger E., *Analysys of design projects*, Design Studies 20, 1999, pp. 465-480 ) podział na projektantów pracujących metodycznie i projektantów – praktyków. Ci ostatni szereg etapów zadania projektowego realizują mentalnie – formalnie stają się one niewidoczne. W przypadku bardzo złożonych zadań może to być jednak zawodne.

W przedstawionej koncepcji istnieje możliwość konfigurowania systemu diagnostycznego w określonej projektowej perspektywie np. „projektowania dla kosztów”.

Proponowane podejście jest podejściem metodycznym, systematycznym. Pozwala stworzyć w miarę kompletny model stosownej informacji projektowej wraz z jego ekspozycją.

Praca stanowi także w dużym stopniu udaną próbę systematyzacji zagadnień projektowania realnych systemów diagnostycznych.

Weryfikacja przeprowadzona w pracy ma charakter laboratoryjny.

Tematyka podjęta przez mgr inż. M. Amarowicza dotyczy zarówno doskonalenia narzędzi wspomagających prace projektowe jak i rozwoju metod modelowania wiedzy inżynierskiej.

Autor rozprawy włożył dużo wysiłku w zagadnienia implementacyjne. Pokazał, że jego koncepcje są realizowalne i prowadzą do owocnego rozwiązania konkretnych, niezbyt obszernych, zadań.

Podsumowując, zagadnienia podjęte w rozprawie dotyczą problematyki rozwoju oprogramowania wspomagającego prace inżynierskie, którego działanie oparte jest na zmodelowanej wcześniej wiedzy. Jest to aktualny trend realizowany w wielu postaciach: od rozwiązań bardzo bliskich teoriom projektowania do bardzo zaawansowanych wizji stricte informatycznych.

Propozycje autora dotyczą przede wszystkim optyki inżynierskiej, diagnostycznej. Są przy tym oparte na zaawansowanych rozwiązaniach informatycznych.

Zdaniem recenzującego proponowane w rozprawie rozwiązania mogą stanowić punkt startowy do budowy metod i oprogramowania zdecydowanie zorientowanych na konkretne implementacje przemysłowe.

## **2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne**

W pracy w wielu miejscach jest mowa o budowie baz wiedzy, banków wiedzy, itp. Poruszane są wątki modelowania wiedzy ekspertów, integrowania wiedzy pochodzącej od różnych ekspertów. Jest to tematyka, moim zdaniem, bardzo złożona i trudna. Obecnie, w wielu obszarach działań inżynierskich dominują działania grupowe, wykonywane przez zespoły, które na dodatek funkcjonują w środowiskach rozproszonych. Wiedza zespołu w takiej sytuacji jest w zasadzie jakąś sumą wiedzy jej członków. Jednak ze względu na różnorodność pełnionych ról w zespole, przez poszczególnych jego członków, często zdarza się, że konkretne zagadnienia nie są równie kompetentnie rozumiane przez różne osoby. Współpraca z takimi ekspertami może niekiedy prowadzić do poważnych nieporozumień. Praktycznie, realizuje się warsztaty dla całego zespołu w celu „wyklarowania” różnych elementów składowych określonych, definiowanych konkretnie wymagań.

Z powyższymi wątkami wiąże się także nurt badawczy, zainicjowany przez K. Aoyamę (Aoyama K., Koga, T.: Supporting System for Design and Production with Sharing and Access of Product Failure. In: Leading the Web in Concurrent Engineering, IOS Press, pp. 25-31, (2006) i inne), który zwrócił uwagę na fakt, że przy klasycznych formach dokumentacji projektowej inżynierowie reprezentujący grupy osób zajmujących się projektowaniem, przygotowaniem produkcji oraz jej dozorem bardzo rzadko dobrze rozumieją wzajemnie stosowane przez siebie rozwiązania obecne w tejże dokumentacji. Może to prowadzić do bardzo poważnych usterek. Zagadnienie to staje się szczególnie widocznie w przypadku obecności układów mechatronicznych.

Wymagania projektowe w wielu przypadkach mają swoje źródła w dokumentach prawnych obowiązujących w danym kraju, czy też krajach należących do określonej społeczności międzynarodowej. Takie dokumenty, w wielu przypadkach, są na bieżąco publikowane na stosownych portalach. Podejmowane są próby integrowania tej klasy środowisk z oprogramowaniem do definiowania wymagań projektowych.

W pracy M. Amarowicza przedstawiono propozycję podejścia, które w zamierzeniu powinno wspomagać proces tworzenia systemu diagnostycznego. Sądzę, że stosunkowo łatwo można stworzyć dwie wersje tego podejścia: dla zadań rutynowych i dla zadań „innovacyjnych”. W pierwszym przypadku mamy sytuację systemów diagnostycznych dosyć dobrze znanych, ale pracochłonnych. Zasadniczy cel to u efektywnienie procesu tworzenia systemu diagnostycznego. W drugim przypadku budowa systemu mogłaby być powiązana z pozyskiwaniem wiedzy, badaniami, zestawianiem hipotez, praktycznie, trwającym pewien okres czasu rozwojem odnośnej wiedzy diagnostycznej. Proponowany system służyłby wtedy także utrwalaniu różnych roboczych, udoskonalanych wersji nowopowstającego systemu.

Podejście zaproponowane przez M. Amarowicza jest przeznaczone dla inżynierów z odpowiednim przygotowaniem. Sądzę, że bardzo interesujące byłoby porównanie procesu tworzenia systemu diagnostycznego przy wykorzystaniu proponowanej metodyki i środowiska przez osoby z dużym doświadczeniem zawodowym oraz osoby początkujące.

Ponieważ podejście zaproponowane w pracy jest nowe dosyć dobrym źródłem wiedzy mogą być wcześniej zrealizowane projekty za pomocą tej metodyki i oprogramowania. Narzędziem możliwym do wykorzystania w tym przypadku mogą być pewne warianty metody Case-Based Reasoning.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i w zasadniczy sposób nie zmieniają pozytywnej oceny recenzowanej pracy.

## **2.1. Uwagi szczegółowe**

W całości pracy można zaobserwować obecność nielicznych, drobnych usterek stylistycznych.

Zamieszczone rysunki, zwłaszcza dotyczące implementacji odznaczają się słabą czytelnością.

Sądzę, że przydałyby się rysunki ilustrujące poszczególne zagadnienia w ujęciu koncepcyjno-przekrojowym, np. scenariusze pracy z systemem wraz z używanymi zasobami.

## **3. Podsumowanie**

Pracę mgr inż. Marcina Amarowicza oceniam pozytywnie. Za jej główne zalety uważam:

- 1) rozwiązanie realnego, kompleksowego, wieloetapowego i wielodziedzinowego zadania naukowego,
- 2) opracowanie i przedstawienie metodyki postępowania dla rozważanej klasy zadań,
- 3) opanowanie dosyć obszernej i różnorodnej wiedzy merytorycznej i narzędziowej.

Wyrażam przekonanie, że rozprawa mgr inż. Marcina Amarowicza spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim (określonym w ustawie o stopniach naukowych i tytule

naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki) i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony.



A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a final flourish.