



Recenzja pracy doktorskiej

mgr inż. Marcina Januszki

**p.t. Metoda wspomagania procesu projektowania i konstruowania z zastosowaniem „poszerzonej rzeczywistości”**

Promotor: prof. dr hab. Wojciech A. MOCZULSKI  
Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Śląskiej

**Podstawa formalna opracowania recenzji**

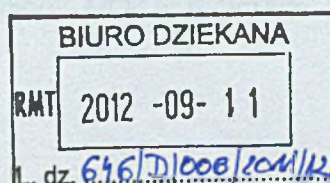
Podstawą opracowania recenzji jest:

- pismo Pana Dziekana Wydziału Mechanicznego Technologicznego prof. dr hab. inż. Jerzego Świdra z dn. 11 lipca 2012 roku przekazujące pracę do recenzji
- uchwała Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej z dnia 11 lipca 2012 roku o powierzeniu mi obowiązków recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Marcina Januszki

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Januszki pt.: *Metoda wspomagania procesu projektowania i konstruowania z zastosowaniem „poszerzonej rzeczywistości”* w dyscyplinie *Budowa i Eksploatacja Maszyn* wykonana na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach pod opieką promotora prof. dr hab. Wojciecha A. Moczulskiego

**Wniosek**

Po szczegółowym zapoznaniu się z rozprawą doktorską stwierdzam, że spełnione zostały wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w tym wymagania określone w Art. 13 p. 1 *Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595 oraz Dz. U. z 2005 r. Nr 164 art. 251). W związku z art. 14 tej *Ustawy*, uwzględniając art. 33 *Ustawy o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw* (Dz. U. z 2011 r. Nr 84, poz. 455), stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej, przez Radę Wydziału oraz o dopuszczenie jej do publicznej



obrony w celu nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk technicznych w zakresie dyscypliny *Budowa i Eksploatacja Maszyn*.

Rozprawa stanowi oryginalne i ciekawe rozwiązanie problemu naukowego i dowodzi wysokiego poziomu wiedzy Autora w zakresie metod wspomaganie procesu projektowania i konstruowania opartego na wiedzy oraz zastosowania metod poszerzonej rzeczywistości do wspomaganie tych procesów. Przedstawiona rozprawa dowodzi przygotowania Autora do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

## Uzasadnienie

### 1. Analiza treści rozprawy

Rozprawa składa się z siedmiu rozdziałów, spisu treści, wykazu skrótów i nazw, bibliografii i streszczenia. Całość rozprawy przedstawiono na 152 stronach.

Rozdział pierwszy – Wprowadzenie – zawiera, krótki opis wybranych metod wspomaganie w procesie projektowo-konstrukcyjnym z szczególnym uwzględnieniem metod poszerzonej rzeczywistości (AR – Augmented Reality) i opis rozwoju i zastosowań technik AR. W rozdziale tym zdefiniowano problem naukowy i przedstawiono cel i tezy rozprawy. Dodatkowo opisano zakres całej rozprawy.

Rozdział drugi – Projektowanie i konstruowanie w procesie opracowania środka technicznego – opisuje szczegółowo proces opracowania środka technicznego a w tym proces projektowo-konstrukcyjny. Ważną częścią tego rozdziału jest opis racjonalizacji procesu opracowania środka technicznego z zastosowaniem technik AR w którym przeanalizowano możliwości wspomaganie technikami AR poszczególnych faz rozwoju środka technicznego.

Rozdział trzeci – Wiedza w procesie projektowania i konstruowania – przedstawia procesy przetwarzania wiedzy w trakcie projektowania i konstruowania środka technicznego. W rozdziale opisano terminy związane z pojęciem wiedzy, procesy pozyskiwania wiedzy i środki jej reprezentacji, dokonano klasyfikacji wiedzy a także opisano typowe źródła wiedzy i zastosowanie wiedzy w projektowaniu.

W kolejnych trzech rozdziałach przedstawiono oryginalną autorską metodę wspomaganie procesu projektowania i konstruowania z zastosowaniem technik AR jej zastosowania i badania walidacyjne.

Rozdział czwarty – Metoda wspomaganie procesu projektowania i konstruowania – to najważniejszy i jeden z obszerniejszych rozdziałów. Przedstawia szczegółowy opis zaproponowanej metody oraz zawiera uzasadnienia wyboru przyjętych rozwiązań. W części pierwszej rozdziału przedstawiono zaproponowane i opracowane przez autora metody pozyskiwania wiedzy i środki reprezentacji wiedzy projektowej. Na tym etapie uwzględniono podział wiedzy projektowej na wiedzę proceduralną i deklaratywną i przyjęto zastosowanie multimedialnej reprezentacji wiedzy. W drugiej części rozdziału opisano metodę prezentacji wiedzy wykorzystującą techniki AR oraz scenariusze prowadzenia procesu interpretacji i wnioskowania realizowanych przez projektanta.

Na etapie pozyskiwania wiedzy autor zaproponował automatyczne i nieautomatyczne pozyskiwanie wiedzy. Przy czym w przypadku nieautomatycznego pozyskiwania wiedzy zaproponował trzy scenariusze różniące się stopniem zaangażowania inżyniera wiedzy w ten proces. Natomiast automatyczne pozyskiwanie wiedzy ograniczone jest do przypadku wiedzy dotyczącej struktury opracowanych rozwiązań technicznych. W obu przypadkach jak i w procesie prezentacji wiedzy z wykorzystaniem technik AR Autor zakłada zastosowanie wybranych typów diagramów języka UML, które zazwyczaj stosowane są do modelowania systemów przy rozwoju oprogramowania komputerowego. Zastosowanie diagramów UML w połączeniu z technikami AR jest nowym autorskim rozwiązaniem i znacznie podwyższa możliwości zastosowania technik AR i ogranicza niektóre wady i niedogodności technologii AR. Z dostępnych w aktualnym standardzie UML 14 typów diagramów do celów pracy dobrano 3 typy: diagramy czynności, klas i obiektów. Przy opracowaniu systemu pozyskiwania wiedzy zastosowano zalecenia metodologii MOKA a przede wszystkim do

reprezentacji wiedzy zastosowano model informacyjny wzorowany na nieformalnym modelu MOKA. Ciekawym rozwiązaniem jest zaadoptowanie do reprezentacji reguł diagramów czynności. W rozprawie przedstawiono podstawy formalizmu reprezentacji reguł w języku UML oraz model formalny procesu i produktu. Dodatkowo dokonano wyboru elementów systemu AR a także przedstawiono założenia zarządzania widokiem i reguły prezentacji elementów sceny AR.

Rozdział piąty – Zastosowanie i implementacja metody – przedstawia system wspomagający opracowanie środka technicznego zbudowany na bazie zaproponowanej przez Autora metody. W opisie systemu zwrócono szczególną uwagę na cechy systemu decydujące o przydatności do wspomagania tego procesu.

Rozdział szósty – Badania walidacyjne – jest najobszerniejszym rozdziałem. Bardzo szczegółowo opisano w nim plan i przebieg badań, przedstawiono także wyniki badań oraz dokonano ich analizy. Walidację metod pozyskiwania wiedzy przeprowadzono na grupie 12 specjalistów dla dwóch z trzech scenariuszy przedstawionych w rozdziale czwartym. Ocenę przydatności metody prezentacji i stosowania dostępnej wiedzy prowadzono na 30 osobowej grupie specjalistów. Do oceny przyjęto miary ilościowe i jakościowe a w procesie oceny wzorowano się na metodyce oceny oprogramowania komputerowego oraz zastosowano dwa rodzaje kwestionariuszy stosowane w tej metodyce: ASQ (After Scenario Questionnaire) i SUMI (Software Usability Measurement Inventory). Do oceny przyjęto osiem zadań projektowych dokonując odpowiedniego podziału grupy specjalistów. Po ocenie systemu przedstawiono jej analizę dokonując m. in. sprawdzenia istotności różnic między ocenami przeprowadzając jednoczynnikową ocenę wariancji. Wyniki oceny opracowanego systemu potwierdzają zalety przedstawionej metody i dowodzą też przedstawionych przez Autora.

Rozdział siódmy zawiera podsumowanie rozprawy i oryginalne wnioski. Autor przedstawia w nim także ciekawe kierunki dalszych badań.

## 2. Analiza redakcji rozprawy

Ogólna koncepcja rozprawy jest poprawna. Staranna edycja rozprawy sprawia, że liczba usterek jest niewielka. W rozprawie zastosowano prawidłową numerację rysunków i tabel, dołączono spis treści i spis skrótów i nazw. Zastrzeżenie budzi nierównomierne rozłożenie akcentów w pracy. Najbardziej szczegółowo opisano badania walidacyjne zbudowanego systemu a rozdział zawierający opis tych badań jest najobszerniejszym rozdziałem. Natomiast opis samej metody stanowiącej podstawę budowy systemu bazującego na AR nie jest aż tak szczegółowy. W przedstawionej pracy najistotniejsza jest przecież opracowana przez Autora metoda i zbudowany na jej podstawie system. Dodatkowo istotną niedogodnością była niewielka liczba schematów i rysunków w pierwszych rozdziałach pracy. Ten brak szczególnie dał się odczuć w rozdziale 2.2 Racjonalizacja procesu opracowania środka technicznego w którym przedstawiono możliwości zastosowania technik AR do wspomagania różnych procesów. Opisy złożonych zależności między elementami sceny AR i elementami interfejsu nie są poparte ani jednym rysunkiem czy schematem.

## 3. Uwagi szczegółowe

Rozprawa mimo wysokiego poziomu merytorycznego i edytorskiego nie jest wolna od wad i niejasności. Poniżej przedstawiono listę tych niedociągnięć:

- a. Teza pierwsza jest zbyt ogólna i moim zdaniem przedstawia aktualny stan wiedzy. Autor odnosi się w niej do zastosowania diagramów UML do zapisu wiedzy projektowej użytecznej w systemach AR. Język UML jest językiem modelowania systemów, co prawda główne jego zastosowania to modelowanie systemów do budowy aplikacji komputerowych ale z powodzeniem jest stosowany także do zapisu wiedzy w różnych dziedzinach. Nic nie stoi na przeszkodzie aby mógł on być stosowany do zapisu wiedzy w tak specyficznym przypadku.
- b. W całej pracy autor opiera się na dokonanej przez niego klasyfikacji wiedzy oraz klasyfikacji sposobu reprezentacji wiedzy. Zarówno w tej pierwszej jak i drugiej klasyfikacji wyróżnia podział na wiedzę/reprezentację proceduralną i deklaratywną w przypadku reprezentacji dodając jeszcze jeden rodzaj reprezentacji - reprezentację

multimedialną. Mylone są pojęcia wynikające z klasyfikacji samej wiedzy i sposobu jej reprezentacji. Wymaga to uporządkowania. Podział na wiedzę proceduralną i deklaratywną dotyczy samej wiedzy a nie jej reprezentacji.

- c. Przy pozyskiwaniu wiedzy do budowy systemu AR stosowane są rozwiązania metodologii MOKA oraz nieformalny i formalny model przedstawiony w metodologii MOKA w rozszerzeniu języka UML języku MML. Modele budowane przez Autora nie są bezpośrednim formalnym odpowiednikiem modeli MOKA a tylko budowanym samodzielnie modelem wzorowanym na modelach MOKA jest to spowodowane brakiem dostępu do kompletnych modeli MOKA.
- d. strona 18 – rysunek 2.2. Niejasna jest miara procentowa przedstawiona na wykresie w odniesieniu do stopnia swobody w podejmowaniu decyzji i oceny wykonania.
- e. strona 25 – niektóre z opisów rozwiązań mają charakter rozwiązań VR a nie AR, w rozwiązaniach tych brak jest relacji między elementami środowiska realnego i wirtualnego klasyfikacja tych rozwiązań jako rozwiązań AR jest błędna
- f. cały rozdział 2.2 – brak jest systematycznego podejścia do prezentacji rozwiązań AR, opis zawiera przykłady rozwiązań nie ma natomiast klasyfikacji tych rozwiązań, wskazania typowych scenariuszy zastosowania czy wspólnych cech systemów a także analizy struktury tych systemów
- g. strona 29 – wątpliwy jest wpływ technik AR na skrócenie czasu opracowania dokumentacji, w komputerowych metodach wspomaganie procesów zazwyczaj inne zalety tych systemów decydują o ich zastosowaniu, w opisie autor odnosi się do DTR w postaci drukowanej tekstowo-rysunkowej, która jest typowym ale raczej archaicznym rozwiązaniem, nietrudno znaleźć przykłady DTR wykonanych w oparciu o komputerowe interaktywne techniki.
- h. strona 29, 30 – w opisie pominięto także zmianę podejścia do obsługi i szkolenia gdzie odchodzi się od szczegółowych szkoleń na rzecz dostarczania informacji bezpośrednio w momencie zapotrzebowania na nią czyli bezpośrednio w czasie obsługi i w miejscu obsługi niezależnie od tego czy są stosowane techniki AR. Taka zaleta nie jest więc wyłącznie zasługą i wyróżnikiem technologii AR.
- i. strona 38 - termin UML pojawia się po raz pierwszy w pracy bez odwołania do literatury.
- j. strona 48 – Opis metodologii MOKA ma nieprawidłowe odwołania do literatury. Są to odwołania do aplikacji wykonanych na bazie tej metodologii a nie odwołania do samego projektu MOKA czy publikacji wyników tego projektu.
- k. strona 53 – opis reprezentacji w formie diagramów czynności jest niejasny w wielu miejscach, niejasne jest wprowadzone pojęcie czynności opcjonalnych. Realizacja czynności zależy od przepływu sterowania wprowadzenie więc pojęcia czynności opcjonalnych jest niecelowe. Przy wprowadzaniu wielu pojęć w diagramach czynności np. parametry, metody brak jest jasnego rozróżnienia czy są one elementem notacji UML czy wynikają z wprowadzonej metastruktury MOKA. Wydaje się też korzystne wprowadzenie skończonej listy metod do opisu czynności projektowych, w pracy podawane są wyłącznie przykłady metod brak jest kompletnego ich opisu.
- l. strona 58 – w opisie diagramów klas jak i w przykładach przedstawionych w dalszej części pracy stosowane są prywatne atrybuty i publiczne metody brak jest uzasadnienia takiego postępowania
- m. strona 63 – założenia dotyczące wielowarstwowości w przypadku diagramów klas opisujących strukturę systemu są nieprawidłowe. W rzeczywistych przypadkach nie da się rozdzielić na poszczególne odrębne warstwy struktur zespołów, elementów i części. W praktyce już na poziomie całości środka technicznego mamy do czynienia zarówno z zespołami jak i elementami np. łączącymi te zespoły jak i częściami. Takie założenie znacznie ogranicza więc możliwości opisu rzeczywistych systemów.
- n. strona 70 – w opisie zarządzania widokiem brak jest zdefiniowanej struktury widoków, przedstawione reguły pomagają w planowaniu widoku ale „wzorcowe” widoki ułatwiły

- by proces budowy aplikacji. Zaproponowanie takich wzorcowych widoków dla różnych sytuacji pozwoliło by ujednoczyć interfejs aplikacji AR.
- o. W całym opisie metody prezentacji dostępnej wiedzy brak jest zdefiniowanych sposobów interakcji z użytkownikiem systemu, począwszy od określenia potrzeb w tym zakresie poprzez zaplanowanie metod interakcji a skończywszy na dobraniu odpowiednich urządzeń i implementację programową do samej aplikacji AR
  - p. W rozdziale 4 opisującym metodę pominięto niektóre z istotnych aspektów mogących mieć wpływ na definiowanie metody wspomaganie procesu projektowania i konstruowania np. wielojęzyczność
  - q. strona 97 – przedstawione w procedurze projektowej reguły są stosowane wyłącznie we wstępnych etapach lub w przypadku mało odpowiedzialnych elementów.
  - r. rys. 6.5 – w diagramie czynności nie ma prawidłowo zdefiniowanych czynności np. *Akumulator litowy* – nie jest czynnością
  - s. rozdział 6.1 błędy zidentyfikowane przy budowaniu diagramów w procesie pozyskiwania wiedzy na poziomie 0,6 do 3,4 % są zbyt małe co zmniejsza wiarygodność wyników, przy pozyskiwaniu wiedzy i budowaniu diagramów UML poziom błędów jest zazwyczaj dużo wyższy i obejmuje błędy formalne polegające na nieprawidłowym zastosowaniu notacji UML jak i błędy merytoryczne związane z nieprawidłową interpretacją systemu
  - t. strona 106 – przedstawiona procedura projektowa pulpitu operatora jest dyskusyjna, nie uwzględniono w niej w ogóle sygnałów, którymi trzeba sterować lub głównych funkcji. Sama weryfikacja powinna być dokonana przez operatorów zadanej wielkości (95 centylowych, 5 centylowych), weryfikacja przez projektanta jest ważna ale nie wyczerpuje zakresu koniecznej weryfikacji
  - u. przedstawione w rozdziale 6.2 (oceny przydatności metody prezentacji i stosowania dostępnej wiedzy) procedury nie reprezentują szerszego zakresu zagadnień projektowych, reprezentują natomiast dość dużą klasę zagadnień w których są potencjalnie największe możliwości wspomaganie technikami AR tzn. takich w których istotne są zagadnienia rozmieszczenia w przestrzeni elementów projektowanego systemu w przedstawionych procedurach nie uwzględniono zagadnień optymalizacji wynikiem stosowania procedur są rozwiązania prawidłowe ale niekoniecznie optymalne

#### 4. Ocena ogólna i uwagi końcowe

W pracy przedstawiono przemyślany i zaplanowany ciąg działań prowadzący do opracowania nowej metody wspomaganie projektowania i konstruowania z zastosowaniem poszerzonej rzeczywistości, aplikacji opracowane na bazie tej metody oraz weryfikację i ocenę metody. Autor udowodnił, że posiada umiejętność opracowania nowych metod oraz zaplanowania i dokonania ich weryfikacji. Rozprawa jest bardzo obszerna i obejmuje szeroki zakres działań. Autor rozprawy musiał wykazać się umiejętnościami m. in. w projektowaniu z zastosowaniem systemu CAD CATIA V5R20 modelowaniu systemów z zastosowaniem edytora UML Visual Paradigm for UML, budową systemów poszerzonej rzeczywistości z wykorzystaniem systemu AR BuildAR/ARToolKit, programowaniu i wykorzystaniem metody oceny oprogramowania.

Sama ocena opracowanej metody i systemu bazującego na tej metodzie wypada bardzo korzystnie na tle innych metod i komercyjnych, od lat rozwijanych aplikacji wspomagających.

#### 5. Wniosek

Autor rozprawy mgr inż. Marcin Januszka posiada szeroką wiedzę i umiejętności w zakresie związanym z tematem rozprawy. Potrafi zaproponować i opracować nowe metody i dokonać ich weryfikacji.

Pozytywna ocena rozprawy w pełni uzasadnia przedstawiony w pierwszej części wniosek o przyjęcie tej rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.