

Warszawa 6.09.2022

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

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Dariusza Kalwasińskiego „Techniki rzeczywistości wirtualnej, relacyjne bazy danych i techniki obiektowe w budowie i wykorzystaniu symulatorów maszyn”.

1. Ocena ogólna pracy

Przedmiotem recenzji jest:

praca napisana przez mgr inż. Dariusza Kalwasińskiego pt. „Techniki rzeczywistości wirtualnej, relacyjne bazy danych i techniki obiektowe w budowie i wykorzystaniu symulatorów maszyn”. Praca powstała w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym, mieszczącym się w Warszawie przy ulicy Czerniakowskiej 16.

Celem pracy mgr inż. Dariusza Kalwasińskiego jest (cytuję):” ... opracowanie metodyki budowy symulatorów maszyn przy użyciu techniki rzeczywistości wirtualnej (na podstawie doświadczeń zebranych przy realizacji projektów symulatora suwnicy i tokarki) oraz zbadanie możliwości stosowania relacyjnych baz danych i ich aplikacji do wspomaganie analizy wyników szkoleń operatorów, prowadzonych przy użyciu tych symulatorów, ze szczególnym uwzględnieniem błędów popełnianych przez osoby szkolone.”

Do tak scharakteryzowanych celów rozprawy dołączono następującą tezę (cytuję): „Możliwe jest sformułowanie ogólnych wskazań metodycznych przydatnych przy budowie symulatorów maszyn z zastosowaniem techniki rzeczywistości wirtualnej, a także stworzenie relacyjnego modelu struktury informacji związanych z prowadzeniem szkoleń operatorów maszyn przy użyciu takich symulatorów. Na tej podstawie możliwe jest zaprojektowanie relacyjnej bazy danych oraz jej aplikacji, która może być wykorzystywana do wspomaganie prowadzenia szkoleń i analizy ich wyników, zwłaszcza w odniesieniu do błędów popełnianych przez uczestników.”

Praca składa się z dziesięciu rozdziałów i bibliografii.

Rozdział pierwszy to wprowadzenie. Przedstawiono w nim ogólną charakterystykę podjętej tematyki. Wyjaśniono pojęcie wirtualnej rzeczywistości i pojęcia pokrewne. Wymieniono podstawowe kierunki badań i skalę dotychczasowych dokonań. Wskazano główne ośrodki, w których takie badania są prowadzone. Zwrócono uwagę na regionalną specyfikę poszczególnych dokonań. Nieco szerzej odniesiono się do dokonań krajowych. Poza tym przedstawiono komentarze nawiązujące do rozwoju oraz stopnia upowszechnienia poszczególnych narzędzi stosowanych w aplikacjach opartych na wirtualnej rzeczywistości. W szeregu miejscach podkreślano coraz szerszy, realny obszar zastosowań narzędzi tej klasy.

W rozdziałach drugim i trzecim przedstawiono, zacytowane na wstępie, cel i tezę pracy.

Rozdział trzeci zawiera bardzo syntetyczną prezentację zakresu pracy. Praca składa się w zasadzie z trzech elementów: metodyki tworzenia aplikacji opartych na wirtualnej rzeczywistości, opisu procesu wykorzystania relacyjnych baz danych do budowy formalnego modelu tej klasy aplikacji oraz opisu procesu weryfikacji proponowanych rozwiązań w ściśle określonych obszarach zastosowań.

Rozdział piąty to przegląd stanu wiedzy dotyczącej zastosowania symulatorów w szkoleniach. Rozdział, w pierwszej części, zawiera uwagi nawiązujące do poziomu wypadkowości w przemyśle, wynikającej z powszechności pewnych typów maszyn, różnorodności stosowanych rozwiązań technicznych, różnych ról i stopnia przygotowania osób obsługujących. Konkluzją wypływającą z tych stwierdzeń jest konieczność podniesienia poziomu wyszkolenia pracowników. Jedną z dróg zmierzających w tym kierunku jest wprowadzanie symulatorów do procesów szkolenia.

Dalej, scharakteryzowano różne klasy symulatorów. Omówiono obszary ich zastosowań. Zacytowano szereg, na ogół, pozytywnych opinii o wykorzystaniu symulatorów wynikających z badań przeprowadzonych w różnych krajach i w różnych obszarach zastosowań. W opisie pojawiają się także komentarze odautorskie.

Rozdział szósty zatytułowano „Metodyka postępowania przy budowie symulatora”. Pierwszy podrozdział tego rozdziału ma charakter wstępu, w którym wyjaśniono rozumienie terminu metodyka, omówiono główne źródła prezentowanej wiedzy. Zaproponowano także etapową strukturalizację procesu tworzenia projektu symulatora. Wyodrębniono 4 etapy: planowanie, projektowanie, wykonanie i weryfikację. Zaznaczono, że zagadnienia te będą prezentowane na przykładach symulatora suwnicy i symulatora tokarki.

Dalsza część rozdziału to szczegółowe omówienie zaproponowanych etapów strukturalnych. Pierwszy etap dotyczy planowania realizacji projektu. W opisie zamieszczono odwołania literaturowe, przedstawiono schemat postępowania. Zamieszczono także obszerną narrację opisową realizacji tego etapu, uwzględniając hierarchizację celów, zespołowy charakter realizacji tych zadań, dostępne modele i narzędzia komputerowe, oraz różnorodność działań mających na celu zapewnienie skutecznej realizacji.

Kolejny podrozdział dotyczy etapu projektowania. Ten etap powiązano z propozycją wyodrębnienia następujących kroków: specyfikacji charakterystyki maszyny wybranej do symulacji, danych statystycznych i wymagań prawnych, wytycznych dotyczących symulatora, narzędzi i oprogramowania symulatora, wytycznych dotyczących procesu symulacji.

Dalsza część rozdziału zawiera opisy poszczególnych kroków tego etapu. Charakterystyka maszyny wybranej do procesu symulacji to opis kolejnych działań zespołu twórców symulatora. Są to kolejne aspekty: pozyskiwanie wiedzy merytorycznej, wizja lokalna i wynikająca z niej wiedza, rola dokumentacji formalnej, procedury realnego postępowania w przypadku poszczególnych maszyn czy też ich układów. Podkreślona została także rola pozyskanej dokumentacji multimedialnej. Powstają również pierwsze szkicowe koncepcje proponowanych rozwiązań. Kolejny punkt to dane statystyczne i wymagania prawne dotyczące szkolenia. Zamieszczono dane dotyczące ilości eksploatowanych suwnic oraz wypadków, które towarzyszą ich użytkowaniu. Rozpatrzono różne systemy sterowania,

rozmiar i dynamikę wzrostu populacji osób uzyskujących zaświadczenia dla operatorów suwnic. Wiele z tych danych jest rozpatrywanych w kontekście chronologii czasowej. Dane te posłużyły do wyodrębnienia najczęstszych przyczyn i okoliczności wypadków. Dalej mogą się one stać podstawą do stworzenia koncepcji określonych wizualizacji generowanych przez symulatory.

Osobny podrozdział poświęcono wymaganiom dotyczącym programów szkoleniowych operatorów suwnic.

Następnie omówiono wytyczne i założenia dotyczące symulatora maszyny, które powinny być wyartykułowane na etapie tworzenia koncepcji przyjmowanych rozwiązań. Dokonano specyfikacji w obszarze wytycznych i założeń z podziałem na poszczególne grupy zagadnień.

W rozdziale „Zakres funkcjonowania symulatora” omówiono kluczowe zagadnienia związane ze specyfikacją i artykulacją jego funkcji. Podstawą do tego było szerokie doświadczenie autora pracy.

W podrozdziale „Komunikacja z symulatorem” przedstawiono różne możliwości w zakresie metod i rozwiązań do komunikacji z symulatorem. Uwzględniono przede wszystkim dostępne rozwiązania i ich możliwości konfiguracyjne, oraz uzyskiwalne efekty finalne.

W podrozdziale „Narzędzia programistyczne i oprogramowanie symulatora” scharakteryzowano grupy narzędzi programistycznych oraz przedstawiono postulaty w zakresie różnych związanych z nimi aspektów.

W rozdziale „Scenariusz procesu symulacji” omówiono procesy tworzenia scenariuszy oraz stosowane schematy ich dekompozycji. Rozdział został zilustrowany obszernie przedstawionymi przykładami realnych implementacji.

W rozdziale „Budowa symulatora” zajęto się następującymi działaniami: konstrukcją symulatora, interfejsem użytkownika, oprogramowaniem i weryfikacją. Rozdział przedstawia bardzo szczegółowo wymienione powyżej elementy wraz z ich konkretnymi aplikacjami. Pokazywane są drogi dochodzenia do finalnych rozwiązań w różnych, bardzo realnych przypadkach. Niektóre z nich dochodzą do obszernie przedstawionego etapu projektowania szczegółowego np. interfejs wirtualny z rękawicą VR. Sporo miejsca poświęcono etapowi wirtualnej syntezy funkcjonowania symulatora, głównie integrowania i synchronizacji funkcjonowania poszczególnych modułów.

Kolejne omawiane zagadnienia to oprogramowanie symulatora, proces tworzenia sceny środowiska wirtualnego w układzie człowiek – maszyna – otoczenie, interakcje pomiędzy obiektami, kolizje w środowisku, właściwości fizyczne modeli obiektów, modelowanie zdarzeń wypadkowych, kalibracja i synchronizacja elementów wyposażenia symulatora, nadzór nad procesem symulacji.

W osobnym podrozdziale przedstawiono moduł do rejestracji parametrów procesu symulacji dla potrzeb prowadzenia szkoleń. Dalej przedstawiono rozwinięcie tej koncepcji o oprogramowanie do analizy procesów symulacji. Chodzi zarówno o sytuacje niebezpieczne jak i szersze tło w postaci przebiegu procesu szkolenia, związanych z nim danych statystycznych. Jako narzędzie wykorzystano relacyjne bazy danych. Przedstawiono zarówno ich koncepcje jak i zastosowane rozwiązania. Na uwagę zasługuje zastosowanie koncepcji katalogów słownikowych, które umożliwiają opis elementów wchodzących w skład procesu symulacji.

Zaimplementowane modele i rozwiązania pozwalają na realizację, między innymi, analizy różnych symulacji tego samego użytkownika w celu dokonania oceny jego postępów uzyskiwanych w ramach szkolenia. Zaproponowane rozwiązanie jest rozwojowe, może być poszerzone o nowe funkcjonalności związane z elementami losowej wielowątkowości w funkcjonowaniu symulatora oraz automatyzacji i uinteligentnieniu podejmowanych decyzji.

W kolejnych podrozdziałach scharakteryzowano problem tworzenia dokumentacji związanej z symulatorem oraz weryfikacji, dokonania zarówno testów oprogramowania jak i testów symulatora.

Rozdział szósty zamykają dosyć obszerne, wieloaspektowe wnioski.

Rozdział siódmy dotyczy weryfikacji funkcjonalności symulatora na przykładzie symulatora suwnicy. W rozdziale wyodrębniono wprowadzenie, opis stanowiska badawczego, opis metody badań, opis przebiegu badań i uzyskanych wyników. Na koniec zamieszczono wnioski wynikające z badań.

Rozdział ósmy poświęcono zagadnieniu potraktowanemu odrębnie – symulacji wrażeń dotyku na przykładzie symulatora tokarki. Rozdział podobnie do rozdziału poprzedniego składa się z wprowadzenia, dedykowanego opisu urządzenia - opisu interakcji z wirtualnymi elementami sterowniczymi, interakcji z rzeczywistymi elementami sterowniczymi, stanowiska badawczego, opisu metody badań, przebiegu badań oraz wyników. Na koniec podobnie jak poprzednio zamieszczono wnioski.

W rozdziale dziewiątym przedstawiono badania funkcjonalności aplikacji relacyjnej bazy danych wspomagającej obsługę symulatora. Przedstawiono wprowadzenie, opis stanowiska badawczego, metodę badań, przebieg badań i wyniki. Na koniec zamieszczono wnioski.

Rozdział dziesiąty stanowi podsumowanie pracy. W rozdziale syntetycznie scharakteryzowano zawartość pracy, zamieszczono oceny tej zawartości oraz wskazano na istniejący potencjał prezentowanych metod i podejść.

Rozdział jedenasty stanowi licząca 184 pozycje bibliografia. Ostatni podrozdział tego rozdziału to lista wymagań prawnych.

Problematyka rozprawy dotyczy zagadnień projektowania i budowy symulatorów opartych na technikach wirtualnej rzeczywistości. Praca posiada wiele kontekstów związanych z tymi zagadnieniami. Jeden, podstawowy to proces intencjonalnego tworzenia tej klasy narzędzi potraktowany jako proces kompleksowy i wieloetapowy. Dla procesu tego zaproponowana została formalna struktura, złożona z etapów i kroków, opatrzona szerokimi omówieniami, ilustrowana wieloma, często obszernie prezentowanymi przykładami na poziomie mikro i makro. W wielu miejscach recenzowanej pracy można dostrzec podobieństwa do znanych i powszechnie stosowanych metodologii projektowych, które bezpośrednio lub pośrednio zostały tutaj wykorzystane.

Opis prezentowanych zagadnień ma charakter swoisty dla prezentowanej tematyki, występują zarówno zagadnienia typu: koncepcyjne rozwiązania w zakresie tworzenia symulatorów jak i opisy realiów w różnych dziedzinach, niezbędnych w tym procesie. Widoczna jest potrzeba szerokopasmowego podejścia do wiedzy niezbędnej w tej klasy zagadnieniach: od modeli 3D i ich szybkiej wizualizacji, poprzez modele i narzędzia interakcji wraz z możliwymi gradacjami różnych atrybutów, wrażeń i możliwych akcji. Przy czym nadrzędny jest zasadniczy cel w postaci imitacji pewnej rzeczywistości, z jednej strony w sensie fizycznym - obiekty geometryczne powiązane realiami jak i w sensie pewnych racjonalnych działań, zachowań, reakcji zgodnych z przyjętymi procedurami czy też bardziej inteligentnymi funkcjami.

Obie grupy zagadnień potraktowano w pracy dogłębnie i szeroko, w sposób usystematyzowany. Praca w zasadzie jest osadzona w realiach literaturowych, jednak w większości opiera się na dokonaniach jej autora i osób z nim współpracujących. Stąd pojawiające się w pracy, uwiarygadniające ją, odnośniki do konkretnych, zrealizowanych projektów.

Ważnym założeniem przyjętym w pracy jest szkoleniowy charakter projektowanych symulatorów. Konsekwencją tego założenia są zastosowane koncepcje powiązania symulatora

traktowanego jako kompleks funkcjonujących interaktywnie obiektów z modelami stworzonymi w relacyjnej bazie danych. Ta druga formalizacja służy zarówno do doraźnego monitorowania symulowanych procesów jak i ich analiz, mających na celu bieżące obserwacje jak i analiz mających na celu uzyskiwanie określonej wiedzy w perspektywie długoterminowej. Generalnie, zaproponowane podejście bazodanowe może być traktowane jako ogólna formalizacja – reprezentacja budowanych symulatorów jak i modeli ich funkcjonowania. Reprezentacja taka może być standardową formą składowania informacji na temat symulatorów. Może także posłużyć do tworzenia na bazie symulatorów istniejących, nowych symulatorów o wyższym poziomie wielowątkowości i wyższym poziomie inteligentnego reagowania w oparciu o większą populację zamodelowanych wcześniej zjawisk.

Praca dotyczy wykorzystania symulatorów, wirtualnej rzeczywistości w określonej klasie zastosowań, w określonych kontekstach – głównie obsługi maszyn i urządzeń występujących w firmach produkcyjnych, prowadzenia szkoleń, uwzględnienia bezpieczeństwa, modelowania sytuacji wypadkowych. Właściwie wspólny mianownik dla tych dokonań to zagadnienia podejmowane od wielu lat przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – placówkę macierzystą doktoranta. W tej sytuacji, w zasadzie jest bardzo trudno odwoływać się do jakichś opracowań referencyjnych czy też standardowych. Można znaleźć wiele opracowań dotyczących konkretnych symulatorów obsługi jakichś urządzeń, np.: symulatorów medycznych, symulatorów związanych z produkcją, itd. Prace i dokonania mgr inż. Dariusza Kalwasińskiego należy uznać za specjalizowane, dedykowane określonemu specyficznemu profilowi działalności zawodowej. Przyjęcie takiej perspektywy pozwala dostrzec zarówno ich szerokość jak i realizacyjną głębokość, oraz docenić własne próby Autora: formalizacji i strukturalizacji wielu wątków i zagadnień. Autor dokonał także ekspansji w kierunku relacyjnych baz danych, traktowanych nie tylko jako repozytorium faktów ale także jako medium do tworzenia dynamicznego, funkcyjnego zapisu monitorowanych procesów. Moim zdaniem jest to bardzo istotne poszerzenie zagadnień modelowania procesu tworzenia symulatorów.

Praca dotyczy także intensywnie rozwijanej (i to od prawie trzydziestu lat) tematyki konfiguratorów, platform produktu i platform projektowych. Autor skupia się w pracy na zbiorach narzędzi, które pozwalają tworzyć, kreować rodziny symulatorów, o realizacjach zbliżonych strukturalnie i funkcjonalnie. Większość konfiguratorów i platform powstawała i powstaje na drodze ewolucji i integrowania mikro-dokonań realizatorów konkretnych projektów. Zasadniczym celem jaki przyświeca dokonaniom tej klasy jest jednocześnie uwzględnienie wielu narzędzi i modeli, zintegrowanie ich oraz stopniowe przechodzenie do automatyzacji pewnych etapów w oparciu o modelowaną wiedzę inżynierską. Bardzo często aktualna optyka wynika z realnych, rynkowych potrzeb i zamówień.

Praca dotyczy doskonalenia narzędzi stosowanych w procesie tworzenia symulatorów. Bezpośrednio odnosi się do szeregu konkretnych przykładów. Dobór tych przykładów bardzo dobrze ilustruje potencjał proponowanych podejść.

Pracy towarzyszy weryfikacja mająca charakter laboratoryjny. Autor włożył dużo pracy w zagadnienia implementacyjne. Wykazał skuteczność proponowanych rozwiązań.

Podsumowując, zagadnienia podjęte w rozprawie dotyczą problematyki rozwoju metod i narzędzi, których zadaniem jest doskonalenie i u efektywnienie procesu tworzenia symulatorów. Jest to bliskie aktualnemu trendowi realizowanemu w wielu obszarach i formach: od rozwiązań bliskich metodologiom projektowym do bardzo zaawansowanych rozwiązań opartych na najnowszych dokonaniach informatyki.

Propozycje autora rozprawy Dariusza Kalwasińskiego mieszczą się przede wszystkim w perspektywie inżynierskiej, ale oparte są na zaawansowanych technologiach informatycznych.

Zdaniem recenzującego proponowane w rozprawie podejścia mogą stanowić punkt startowy do dalszego, ewolucyjnego doskonalenia metod i narzędzi do tworzenia symulatorów. Mogą także posłużyć do dalszej ekspansji w kierunku modeli bazodanowych - modeli formalnych ze wszystkimi ich dalszymi rozwinięciami.

2. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Recenzowana praca nawiązuje do bardzo intensywnie rozwijanego obecnie nurtu rozwiązań opartych na wykorzystaniu platform produktu lub platform projektowych. Stają się one dedykowanym narzędziem do kompetentnego i efektywnego generowania kolejnych wersji produktu – symulatora. W omawianym przypadku jest to narzędzie kompleksowe, o bardzo zróżnicowanym aparacie warsztatowym. Na ogół, platformy są inicjatywami firm, biur, są pewnym rodzajem aktywnego repozytorium, które staje się podstawą do porządkowania i automatyzacji wybranych działań projektowych gdzie informacje klasy „design rationale” mogą być przetworzone na określone atrybuty realnego projektu. Wszystko to funkcjonuje w wielu istotnych kontekstach firmowo-historycznych, niekiedy branżowych, itd.

Niemniej istotny wydaje się być problem poszerzenia tematyki projektowania symulatorów o zagadnienia cyfryzacji tego procesu w oparciu o rozwiązania bazodanowe. Staje się ono jakby urealnieniem powszechnie stosowanego przez człowieka, w wielu obszarach, w tym w projektowaniu, modelowania mentalnego opartego na symbolach, szablonach, ogólnie pewnych abstrakcjach, które mogą stać się podstawą kolejnych, nowych modeli, działań i inicjatyw.

Sądzę, że podejście zaprezentowane w recenzowanej pracy mimo, że odnosi się głównie do szkoleń posiada znacznie większy potencjał niż to zaprezentował jej autor. Potencjał ten może być związany m.in. z większością wymienionych powyżej aspektów. Uważam, że zagadnienia te mogły być znacznie szerzej omówione przez Autora, w oparciu o realny materiał i refleksje powstałe w trakcie jego badań prowadzonych w świecie realnym. Chodzi tu o ewolucję i kolejne syntezy stosowanych realnie rozwiązań, a następnie ich obserwacje, monitorowanie i próby budowy generatorów następných, nowych rozwiązań.

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

2.1. Uwagi szczegółowe

Praca została napisana na bardzo wysokim poziomie edytorskim.

3. Podsumowanie

Pracę mgr inż. Dariusz Kalwasińskiego oceniam pozytywnie. Za jej główne zalety uważam:

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

Stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Dariusza Kalwasińskiego spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'D. Kalwasiński', located in the lower right quadrant of the page.