


wpisane 9.04.2018 r. 

dr hab. inż. Jan Studzinski
Instytut Badan Systemowych PAN
01-447 Warszawa, Newelska 6
studzins@ibspan.waw.pl

Warszawa, 25.03.2018

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: **Application of Multi-Agent Based Simulation in Consumer Behaviour Modelling / Zastosowanie symulacji wieloagentowej w modelowaniu zachowania konsumentów**

Autor rozprawy: **Fatimah Mohammed Furajji**

Promotor rozprawy: **dr hab. prof. US Małgorzata Łatuszyńska**

Promotor pomocniczy: **dr Agata Wawrzyniak**

Podstawa recenzji

Niniejszą recenzję opracowano na podstawie zamówienia przekazanego w piśmie prof. Waldemara Tarczyńskiego, Dziekana Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego, z dnia 05.02.2018 r.

- **Syntetyczne przedstawienie**

- 1. Cel, zakres i charakter rozprawy**

Celem rozprawy jest opracowanie metodologii tworzenia i stosowania modeli do badania zachowania konsumentów w gospodarce wolnorynkowej oraz sprawdzenia jej efektywności na rzeczywistym przykładzie.

Zakres rozprawy obejmuje badanie czynników wpływających na zachowanie konsumentów, przegląd i porównanie metod stosowanych do jego modelowania, opracowanie zasad

metodologii tworzenia takich modeli, opracowanie modelu wieloagentowego do symulacji zachowań konsumenckich na rynku urządzeń AGD oraz jego sprawdzenie na przykładzie rzeczywistych danych pozyskanych z reprezentacyjnej próby konsumentów i sprzedawców urządzeń elektrycznych w mieście Basra w Iraku.

Hipotezami stawianymi w rozprawie są stwierdzenia, że modelowanie wieloagentowe jest dobrym narzędziem badania rynku konsumenckiego oraz że model wieloagentowy może być użyteczny przy prognozowaniu zachowań konsumentów, analizie czynników wpływających na te zachowania oraz opracowywaniu różnych strategii marketingowych odpowiednio je stymulujących.

Badania efektywności opracowanej metodologii są prowadzone za pomocą obliczeń symulacyjnych wykonanego modelu wieloagentowego na przykładzie rynku urządzeń elektrycznych, z wykorzystaniem danych zebranych od konsumentów i sprzedawców tych urządzeń na podstawie specjalnych kwestionariuszy. Wyniki tych badań są dodatkowo oceniane na podstawie opinii ekspertów formułowanych również na podstawie specjalnych kwestionariuszy.

2. Zawartość rozprawy

Recenzowana rozprawa, napisana w języku angielskim, składa się z 5 rozdziałów, wstępu i uwag końcowych, streszczenia w języku polskim, spisu treści i bibliografii oraz wykazu rysunków, wykazu tabel i trzech załączników zawierających formularze kwestionariusza konsumenta, kwestionariusza sprzedawcy i kwestionariusza eksperta. Rozprawa liczy 211 stron, przy czym jej część przeglądowa (rozdziały 1, 2) liczy 62 strony, a część główna, dotycząca opracowania metodologii modelowania, wykonania modelu wieloagentowego i jego symulacji (rozdziały 3, 4, 5) liczy 171 stron. Bibliografia rozprawy obejmuje 259 pozycji, w tym 5 pozycji polskojęzycznych i 254 w języku angielskim; 12 pozycji, to pozycje internetowe. Autorka zawarła w bibliografii 6 swoich pozycji, są to wszystko pozycje współautorskie, w tym 5 pozycji jest wspólnych z promotorem rozprawy. Rozprawa zawiera 39 rysunków i diagramów oraz 42 tabele.

Wstęp obejmuje 5 stron i zawiera uzasadnienie podjęcia tematu badania zachowań konsumenckich, formułuje cel rozprawy i badane tezy, przedstawia strukturę pracy i omawia zawartości poszczególnych 5 rozdziałów i uwag końcowych.

Rozdział 1 obejmuje 29 stron i 4 podrozdziały. Identyfikuje się w nim i analizuje różne czynniki wpływające na decyzję konsumenta o zakupie towaru oraz analizuje się sam proces podejmowania decyzji. Wśród analizowanych czynników wyodrębnia się takie, które charakteryzują sprzedawany produkt, rynek oraz samego konsumenta. Każdy z tych wyodrębnionych czynników opisany jest wieloma atrybutami, co powoduje, że w

konsekwencji analizuje się kilkadziesiąt różnych cech charakteryzujących i wpływających na zachowanie konsumenta. Wśród czynników decydujących o zachowaniu konsumenta Autorka, opierając się na bogatej literaturze, wyróżnia i szczegółowo analizuje czynniki ekonomiczne, kulturowe, socjalne, osobiste, psychologiczne i marketingowe (marketing mix), przy czym w tym ostatnim przypadku dokładnie opisuje i porównuje 2 koncepcje instrumentów marketingowych, 4P i 7P. Podobnie szczegółowo jest analizowany proces podejmowania decyzji przez konsumenta, składający się z 5 wyróżnionych etapów: wyartykułowania potrzeby zakupu danego produktu, pozyskiwania informacji o produkcie, oceny różnych możliwości zakupu, wreszcie, dokonania zakupu i oceny dokonanego wyboru. W zakończeniu rozdziału są wyróżnione i opisane 3 podstawowe typy procesu podejmowania decyzji zakupowych: rutynowy, ograniczony i rozszerzony proces podejmowania decyzji. Rozdział jest napisany bardzo starannie i daje wgląd do tego, jak bardzo proces podejmowania decyzji o zakupie jakiegokolwiek produktu jest złożony, od jak wielu czynników taka decyzja zależy, a więc również, na jak wiele sposobów na taką decyzję można wpływać i jak ją można odpowiednio kształtować, co może czynić zarówno producent towaru, jego sprzedawca lub nawet osoby z otoczenia konsumenta.

Rozdział 2 rozprawy obejmuje 33 strony i 3 podrozdziały. Przedstawia się w nim i analizuje problemy, na jakie napotyka się przy modelowaniu zachowań konsumentów, oraz opisuje się i ocenia 5 metod stosowanych obecnie w takim modelowaniu: metody sztucznej inteligencji, systemów żywych, zdarzenia krytycznego, klasyfikatorów oraz symulacji komputerowej. Przedstawiając problemy związane z badaniami zachowań konsumentów, opisuje się historie tych badań i zwraca się uwagę na ich złożoność i trudność spowodowaną tym, że zachowania ludzkie mają w ogóle trudno definiowalny charakter, gdzie ogromną rolę odgrywają czynniki psychologiczne, a więc emocjonalne i charakterologiczne. Opis takich zachowań ma charakter bardziej jakościowy, niż ilościowy, jest niejednoznaczny i niedokładny w przypadkach indywidualnych i staje się w miarę wiarygodny dopiero w wyniku badań statystycznych, przeprowadzanych na dużych grupach obiektów i wymagających dlatego bardzo dużych zbiorów danych. Dlatego kluczowym problemem w takich badaniach staje się wybór reprezentacyjnej grupy obiektów, precyzyjne zdefiniowanie badanych zmiennych i ich cech i w końcu zebranie danych i ich analiza. Oznacza to, że formułowanie problemu badawczego i gromadzenie danych pomiarowych jest kluczowym zadaniem przy modelowaniu zachowań konsumentów, zajmującym gros czasu poświęconego badaniom i decydującym o ich sukcesie. Drugi czynnik decydujący o sukcesie badań, to wybór narzędzi do analizy poprawności zgromadzonych danych i wybór metody rozwiązania sformułowanego na wstępie problemu. Autorka opisuje kilkanaście technik statystycznej analiz danych pozyskiwanych na podstawie odpowiednio spreparowanych kwestionariuszy, oraz dokonuje przeglądu łącznie kilkunastu metod stosowanych w

literaturze do modelowania zachowań konsumenckich. Wśród metod związanych z modelowaniem Autorka wymienia metody stosowane rzeczywiście do tworzenia modeli, takie jak metody sieci neuronowych, czy zbiory rozmytych, ale również metody służące do generowania reguł decyzyjnych, jak metoda oparta o teorię zbiorów przybliżonych, czy metody służące do optymalizacji, jak algorytmy optymalizacji genetycznej.

Wprawdzie podczas dokonywanego przeglądu metod Autorka podaje przykłady ich zastosowania i odwołuje się do licznych pozycji literaturowych, jednak same opisy metod i rozwiązywanych za ich pomocą zadań są dosyć ogólne i byłoby korzystnym, gdyby te opisy były dokładniejsze i równocześnie, gdyby dokonano analizy porównawczej metod pod kątem ich efektywności i oceny otrzymywanych wyników. Jeżeli buduje się model matematyczny, to sprawą podstawową staje się wybór zmiennych wejściowych i zmiennych wyjściowych oraz ocena jakości modelu. Dlatego byłoby na przykład ciekawe, gdy wspominalibyśmy o modelowaniu za pomocą sieci neuronowych i zbiorów rozmytych, napisać o tym, co było modelowane, za pomocą jakich zmiennych, i jakie były wyniki modelowania. To samo dotyczy sformułowania problemu optymalizacji za pomocą algorytmów genetycznych: byłoby bardziej informacyjnym, zamiast ogólnego opisu, podanie zdefiniowanych kryteriów jakości i porównanie otrzymanych wyników z innymi metodami optymalizacji.

Na zakończenie przeglądu metod modelowania Autorka konkluduje na podstawie informacji literaturowych, że najbardziej obiecującą metodą modelowania zachowań konsumentów jest metoda symulacji wieloagentowej i ostatni podrozdział rozdziału 2 jest poświęcony opisowi tej metody, z podaniem liczb artykułów zajmujących się taką symulacją w latach 1998 - 2008 oraz z dokładniejszym opisem kilkunastu artykułów z lat 2003 – 2010 poświęconych tej tematyce.

Podane informacje o metodzie symulacji wieloagentowej są oczywiście bardzo wartościowe, szkoda tylko, że dotyczą one dosyć odległych czasów i że Autorka nie odniosła się do publikacji bardziej współczesnych.

Rozdział 3 rozprawy obejmuje 35 stron i 3 podrozdziały i może być traktowany jako najważniejsza merytorycznie, bo koncepcyjna treść rozprawy. W rozdziale przedstawiono zasady metodologiczne badania zachowań konsumenckich przy użyciu modelu wieloagentowego. Proces badania sformułowano w postaci procedury składającej się z 10 następujących kroków: sformułowania problemu i zdefiniowania celu badań; określenia środowiska, w którym następuje realizacja modelu i jego symulacja; określenie metod pozyskiwania i analizy danych pomiarowych; konstrukcja modelu wieloagentowego do symulacji zachowań konsumentów; wykonanie wstępnych obliczeń symulacyjnych umożliwiających poprawę struktury modelu; weryfikacja danych wejściowych i kalibracja modelu; zaplanowanie i wykonanie obliczeń symulacyjnych dla różnych wariantów zachowań

konsumenckich; analiza i ocena wyników symulacji; sformułowanie wniosków końcowych. Do symulacji opracowanego modelu wieloagentowego zastosowano komercyjne oprogramowanie AntyLogic, jako posiadające najmniej ograniczeń w porównaniu z innymi programami używanymi w podobnych zadaniach. Jak wspomniano wcześniej, jednym z podstawowych zadań w badaniach rynkowych jest pozyskanie odpowiednio dużego i reprezentatywnego zbioru danych pomiarowych. Autorka opracowała w tym celu specjalne kwestionariusze kierowane do konsumentów i sprzedawców towarów, co zresztą jest standardowym postępowaniem w tego typu badaniach. Jednocześnie do analizy danych pozyskiwanych z wypełnionych kwestionariuszy Autorka zaproponowała logikę zbiorów przybliżonych, których teorię opracował na początku lat 1980-tych prof. Zdzisław Pawlak. Krótki opis teorii zbiorów przybliżonych został przedstawiony w podrozdziale 2 rozdziału 3. W dalszym ciągu tego podrozdziału Autorka opisuje sposób konstruowania modelu wieloagentowego, w tym także jego fazy, jak definiowanie agentów, związków między nimi, środowiska, w którym działania agentów są realizowane oraz ograniczeń przyjmowanych do obliczeń symulacyjnych. Struktura opracowanego modelu jest przedstawiona w ostatnim trzecim podrozdziale rozdziału.

Rozdział 4 rozprawy obejmuje 31 stron i 4 podrozdziały i dotyczy opisu przykładu, który posłużył do testowania opracowanej metodologii badań i modelu symulacji zachowań konsumenckich. Tym przykładem było badanie zachowania konsumentów w odniesieniu do rynku urządzeń elektrycznych w mieście Basra, drugim co do wielkości mieście Iraku. Wybór urządzeń elektrycznych do badań zachowań rynkowych został spowodowany trzema przesłankami: że są to produkty bezwzględnie niezbędne w każdym gospodarstwie domowym, że ich zakup nie jest na ogół podyktowany impulsem i wymaga dłuższego czasu zastanawiania się, oraz że podjęcie decyzji o takim zakupie jest uwarunkowane wieloma różnorodnymi czynnikami ekonomicznymi, psychologicznymi, socjalnymi itp., co powoduje, że problem badawczy jest złożony i przez to jego rozwiązanie jest nietrywialne z naukowego punktu widzenia. Z kolei wybór Basry jako miejsca badań został podyktowany faktem, że tamtejszy rynek jest dosyć duży i zróżnicowany, dając gwarancję, że będzie możliwe zebranie dostatecznie dużej liczby reprezentatywnych danych pomiarowych. Autorka, w opisie badanego przykładu, koncentruje się na zdefiniowaniu czynników wpływających na podejmowanie decyzji przez konsumenta, formułuje hipotezy, które powinny być potwierdzone przez wyniki badań, definiuje pytania w kwestionariuszach opracowywanych dla konsumentów i sprzedawców urządzeń elektrycznych, opisuje struktury badanych grup konsumentów i sprzedawców, wreszcie wyznacza statystyki wiarygodności dla czynników zależnych od konsumenta i od sprzedawcy, decydujących o zakupie produktu i uwzględnionych w kwestionariuszach. Wśród czynników wpływających na podejmowanie decyzji konsumenckich Autorka definiuje zmienne niezależne związane z mixem

marketingowym, leżące po stronie produktu i sprzedawcy, zmienne pośrednie związane z charakterystyką konsumenta, takie jak czynniki kulturowe, socjalne, personalne i psychologiczne, oraz zmienne zależne opisujące 3 typy procesu podejmowania decyzji, to znaczy typ rutynowy, ograniczony i rozszerzony. Szczegółowy opis tych czynników był już przedstawiony w rozdziale 1. Odnosnie hipotez, które będą weryfikowane na podstawie zgromadzonych danych, formułują one zależności między zachowaniem konsumenta a zdefiniowanymi wcześniej poszczególnymi zmiennymi niezależnymi i pośrednimi. Badania były prowadzone od grudnia 2011 do lutego 2012 i obejmowały grupy 976 konsumentów i 56 sprzedawców, które po weryfikacji zostały zredukowane do 527 konsumentów i 35 sprzedawców. Konsumentów byli charakteryzowani przez takie cechy, jak płeć, wiek, wykształcenie i dochód. Z kolei sprzedawcy byli charakteryzowani przez takie cechy, jak rodzaj sprzedaży, lokalizacja, wielkość sklepu i rodzaj promocji towarów. Na podstawie zebranych danych Autorka obliczyła wskaźniki spójności Alfa-Cronbacha dla czynników wpływających na decyzje konsumenckie, zdefiniowane w kwestionariuszach, otrzymując wysokie wartości współczynników powyżej 0,70. Obliczając z kolei współczynniki korelacji Pearsona dla związków między wybranymi zmiennymi niezależnymi dotyczącymi produktu i zmiennymi pośrednimi dotyczącymi konsumenta oraz jego zachowaniem Autorka otrzymała, że największy wpływ na to zachowanie ma cena produktu, co jest wynikiem raczej zgodnym z oczekiwaniami. Z kolei obliczenia wykonane za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA) dla cech zdefiniowanych w kwestionariuszu konsumenta wykazały, że stosunkowo mało istotny jest wpływ płci na decyzję o zakupie towaru, natomiast istotny jest wpływ edukacji, wieku i dochodu. Trudno dyskutować z wynikami obliczeń statystycznych, jednak wydaje się, że te wyniki są jednak dyskusyjne w odniesieniu do płci, co wynika z ogólnych obserwacji dotyczących zachowania się kobiet i mężczyzn dokonujących zakupów, w szczególności towarów tak specyficznych, jak urządzenia elektryczne. Kolejne obliczenia statystyczne dotyczyły badania, za pomocą regresji wielokrotnej, zależności między zachowaniem konsumenta a zmiennymi niezależnymi i pośrednimi uwzględnionymi w sformułowanych hipotezach badawczych. W wyniku tych obliczeń hipotezy dotyczące wpływu czynników kulturowych, czyli edukacji, i czynników personalnych, czyli wieku i sytuacji ekonomicznej konsumenta, na jego zachowanie konsumenckie, zostały odrzucone, co szczególnie w tym drugim przypadku jest dosyć dyskusyjne. Podrozdział 3 rozdziału 4 dotyczy omówienia wyników zastosowania teorii zbiorów przybliżonych Zdzisława Pawłaka do wyznaczenia reguł w modelowanych zachowaniach konsumentów na podstawie danych uzyskanych z opracowanych kwestionariuszy. Jak wspomniano wcześniej, zachowania konsumentów są zdefiniowane w postaci trzech typów: rutynowe, ograniczone i rozszerzone, a wyznaczane reguły mają postać if – then, gdzie po if mamy kombinacje 4 cech opisujących konsumenta, natomiast po then mamy kombinacje 3 typów zachowań konsumenckich. W sumie wygenerowano 419 reguł opisujących 5 typów zachowań konsumentów. W ostatnim

czwartym podrozdziale rozdziału 4 przedstawiono złożoną strukturę opracowanego modelu symulacji zachowań konsumenckich oraz algorytm symulacji tego modelu zaimplementowany w programie AntiLogic.

Rozdział 5 rozprawy obejmuje 35 stron i 4 podrozdziały i przedstawia narzędzia i wyniki weryfikacji i walidacji rezultatów symulacji opracowanego modelu wieloagentowego. Autorka przedstawia ciekawe rozważania na temat definicji procesów weryfikacji i walidacji, które nie są jednoznacznie określone a dotyczą procedur sprawdzania poprawności tworzonego modelu matematycznego na podstawie wyników wykonanych za jego pomocą obliczeń. Oba terminy są znaczeniowo zbliżone a często, przy ocenie jakości modelu, używa się dodatkowo terminu testowanie, na przykład przy modelowaniu za pomocą sieci neuronowych, co jeszcze komplikuje od strony terminologicznej problem oceny modelu. Dlatego dywagacje Autorki na ten temat z odwoływaniem się do licznych pozycji literaturowych są interesujące i użyteczne. Ostatecznie Autorka przyjmuje, za większością cytowanych autorów, że weryfikacja dotyczy oceny poprawności programu, co leży po stronie jego twórcy, natomiast walidacja dotyczy oceny poprawności uzyskiwanych wyników obliczeń, co leży po stronie odbiorcy programu i jego użytkownika. Na tej podstawie Autorka formułuje 7-mio krokowy algorytm weryfikacyjno-walidacyjny, w którym 3 kroki dotyczą sprawdzania poprawności programu modelowania, natomiast 4 kroki dotyczą oceny poprawności wyników obliczeń symulacyjnych, otrzymanych przy użyciu danych z kwestionariuszy konsumentów i sprzedawców a także z kwestionariuszy ekspertów. Prowadzone obliczenia polegały na wykonaniu szeregu eksperymentów, w których zdefiniowano 100 000 agentów konsumenckich i 100 agentów sprzedażowych, charakteryzowanych przez odpowiednie parametry i ich wartości określone wcześniej przy tworzeniu odnośnych kwestionariuszy. W różnych scenariuszach obliczeniowych badano wpływ różnych parametrów i ich zmianę na zachowania konsumentów. Stwierdzono na przykład w wyniku obliczeń, że konsumenci preferują robienie zakupów raczej w swoim osiedlu mieszkaniowym, niż w sklepach lub nawet centrach handlowych poza osiedlem, lub że cena produktu, w tym w szczególności odpowiednio duże promocje rabatowe w sposób istotny determinują zachowania konsumentów. Również zwiększanie liczby punktów sprzedaży, zwiększanie obszaru objętego promocją towaru względnie poprawa lub pogorszenie się jakości sprzedawanych produktów wpływało w sposób istotny pozytywnie lub negatywnie, w tym ostatnim przypadku, na tendencje zakupowe konsumentów. Można stwierdzić, że wyniki otrzymywane w rezultacie kolejnych eksperymentów są zgodne z przewidywaniami, na podstawie intuicji i doświadczenia, co świadczy o tym, że opracowany model został skonstruowany poprawnie. Ostatni etap badań dotyczył walidacji modelu zgodnie ze sformułowaną wcześniej definicją tego terminu. Walidacja została dokonana na podstawie danych uzyskanych z kwestionariuszy ekspertów. Do badań zostało wytypowanych

25 ekspertów, z których dziesięciu odpowiedziało na pytania zawarte w kwestionariuszu. Kwestionariusz obejmował 11 pytań dotyczących struktury modelu i jego możliwości poprawnej symulacji i prognozowania zachowania konsumentów i praktycznie wszystkie udzielane odpowiedzi były pozytywne, co potwierdzało wyniki wcześniejszej weryfikacji o poprawności i w konsekwencji praktycznej użyteczności modelu.

Uwagi końcowe obejmują 4 strony i zawierają stwierdzenia o pozytywnym zweryfikowaniu sformułowanych na wstępie hipotez o użyteczności modelowania wieloagentowego w badaniach rynku konsumenckiego, prognozowaniu zachowań konsumentów, analizie czynników wpływających na te zachowania oraz opracowywaniu różnych strategii marketingowych. Jednocześnie Autorka eksponuje własny oryginalny wkład w rozwój narzędzi do modelowania zachowań konsumenckich na konkretnym przykładzie dosyć zróżnicowanego rynku urządzeń elektrycznych w mieście Basra w Iraku. Podkreślony zostaje fakt wykorzystania przez Autorkę teorii zbiorów przybliżonych do generowania reguł określających decyzje zakupowe konsumentów i do określania wpływu różnych czynników na ich procesy decyzyjne.

- **Opinie**

- 1. Opinia o poprawności i oryginalności postawionych hipotez i stopniu, w jakim zostały one wykazane**

Obie sformułowane hipotezy pod względem formalnym zostały postawione poprawnie i udowodnione na podstawie wyników symulacji opracowanego modelu wieloagentowego. Ich oryginalność nie jest duża, ponieważ samo podejście wieloagentowe do modelowania rynków i zachowań konsumenckich jest stosowane od co najmniej parudziesięciu lat, co dokumentuje nawet obszerna literatura zgromadzona i cytowana przez Autorkę. Jednak ta uwaga nie zmienia faktu, że hipotezy są poprawne i że zostały wykazane w sposób eksperymentalny.

- 2. Opinia o analizie źródeł świadczącej o dostatecznej wiedzy Autorki w danej dyscyplinie naukowej**

Autorka w rozprawie wykazuje się bardzo dużą wiedzą na temat prowadzonych badań, w tym wiedzą literaturową dotyczącą badań teoretycznych i eksperymentalnych związanymi z badaniami rynku oraz modelowaniem wieloagentowym. Świadczy o tym obszerna bibliografia obejmująca 259 pozycji oraz częstość i intensywność ich cytowania w prowadzonych rozważaniach. Jednocześnie Autorka jest współautorem 6 publikacji

przytoczonych w bibliografii, które zostały zamieszczone w czasopismach, w materiałach konferencyjnych i w wydawnictwie książkowym.

3. Opinia o pozycji rozprawy w stosunku do stanu wiedzy reprezentowanej przez literaturę światową

Rozprawa, opierając się na bardzo szerokim wykazie pozycji literatury światowej, stanowi pewne kompendium wiedzy w dziedzinie budowy i symulacji modeli wieloagentowych w zastosowaniu do badania zachowań konsumentów w warunkach gospodarki wolnorynkowej i w pewnym stopniu rozwija tę dziedzinę o nowe wyniki dotyczące zagadnień sformułowanych w dwóch hipotezach rozprawy i badanych za pomocą obliczeń symulacyjnych.

4. Opinia o znaczenia uzyskanych wyników dla danej dyscypliny naukowej

Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie nie tyle z punktu widzenia zweryfikowanych w rozprawie hipotez o możliwościach symulacji, prognozowania i stymulowania zachowań konsumenckich za pomocą modeli wieloagentowych, ile poprzez szczegółowe przedstawienie i zastosowanie złożonej metodologii tworzenia takiego modelu, który posłużył następnie do badania zachowań konsumentów na konkretnym przykładzie rynku urządzeń elektrycznych.

Do osiągnięć naukowych rozprawy zaliczam:

1. Opracowanie wspomnianej metodologii tworzenia złożonego modelu wieloagentowego.
2. Uwzględnienie w modelu wieloagentowym aparatu teorii zbiorów przybliżonych do generowania reguł decyzyjnych konsumentów, określających ich zachowania rynkowe.
3. Zastosowanie obszernego zestawu algorytmów do analizy statystycznej danych pomiarowych zebranych na podstawie kwestionariuszy i służących do symulacji modelu.
4. Wykonanie wielu eksperymentów obliczeniowych mających na celu potwierdzenie użyteczności opracowanego modelu na podstawie rzeczywistych danych.

5. Opinia o umiejętnościach Autorki do poprawnego i przekonującego przedstawiania uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)

Rozprawa napisana jest starannie i z wyraźnie widocznym usiłowaniem Autorki, aby zapewnić jej jasność i zrozumienie u czytelnika. Świadczą o tym liczne i wyczerpujące opisy dotyczące uzyskanych wyników oraz częste odnoszenie się do literatury i wyników badań innych autorów. Nie mam zastrzeżeń do redakcji rozprawy.

- **Wskazanie głównych wad rozprawy, jej słabych stron wraz z krytycznymi uwagami szczegółowymi**

Uwagi krytyczne

Nie mam specjalnych uwag krytycznych a pewne zastrzeżenia zamieściłem podczas szczegółowego przedstawiania treści rozprawy. I tak w rozdziale 2 Autorka, dokonując przeglądu metod stosowanych do modelowania zachowań konsumenckich, podaje ich opisy w sposób dosyć ogólny a byłoby korzystnym, gdyby te opisy były dokładniejsze i gdyby dokonano analizy porównawczej przedstawianych metod. Wynikiem tego przeglądu jest wybór modelowania wieloagentowego do dalszych badań i takie porównanie, wykazujące braki lub niedogodności innych metod, byłoby jednoznacznym uzasadnieniem wyboru modelowania wieloagentowego. Również bardziej szczegółowe informacje o metodzie symulacji wieloagentowej przedstawione w rozdziale 2 dotyczą okresu sprzed 8 lat i byłoby korzystnym, gdyby Autorka odniosła się do publikacji bardziej współczesnych. Z kolei w rozdziale 4 Autorka przeprowadza szczegółową analizę zebranych danych pomiarowych i dokładnie opisuje otrzymywane wyniki, jednak bez odautorskich komentarzy, które w niektórych przypadkach wydają się potrzebne. I tak na przykład, wykonując obliczenia za pomocą analizy wariancji otrzymano, że mało istotny jest wpływ płci na decyzję o zakupie, a obliczenia wykonane za pomocą regresji wielokrotnej pokazały, że takie czynniki, jak wiek i sytuacja ekonomiczna mało wpływają na jego zachowania rynkowe. Oba wyniki są moim zdaniem niezgodne z intuicją i byłoby dobrze, gdyby zostały odpowiedni skomentowane.

Uwagi dyskusyjne

Rozprawa jest napisana w sposób jasny i wyczerpujący i dlatego nie mam pytań wymagających dodatkowych wyjaśnień.

Uwagi redakcyjne

Rozprawa napisana jest dosyć starannie i nie mam uwag redakcyjnych.

- **Sformułowanie i uzasadnienie dopuszczenia rozprawy do publicznej obrony**

Oceniając wartość recenzowanej rozprawy pod względem merytorycznym stwierdzam, że praca Fatimah Mohammed Furaiji pt. "Zastosowanie symulacji wieloagentowej w modelowaniu zachowania konsumentów" spełnia wymagania stawiane rozprawom

doktorskim i stanowi podstawę do publicznej obrony przed Komisją Doktorską Rady Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Władysław". The signature is written in a cursive, flowing style.

Warszawa, marzec 2018.