

prof. dr hab. Waldemar Tarczyński
profesor zwyczajny Uniwersytetu Szczecińskiego
Uniwersytet Szczeciński
Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania
Katedra Ubezpieczeń i Rynków Kapitałowych

Ocena

pracy doktorskiej mgr **Anny Marszał** pt.: *„Podejmowanie decyzji inwestycyjnych na giełdzie niemieckiej w oparciu o matematyczne metody analizy danych”*

Po zapoznaniu się z treścią stwierdzam, że praca doktorska mgr Anny Marszał niewątpliwie stanowi wartościowe opracowanie. Nie ulega wątpliwości, że proces podejmowania decyzji inwestycyjnych na rynku kapitałowym, a w szczególności na giełdzie papierów wartościowych jest złożony i trudny. Składa się na to zarówno duża liczba czynników wpływających na zmiany cen, jak i ryzyko samego procesu inwestowania, które powinno być uwzględniane przy każdej decyzji inwestycyjnej. Dodatkowo można zaobserwować dynamiczne zmiany środowiska otaczającego i tworzącego rynek kapitałowy oraz rosnącą niepewność związaną z uwarunkowaniami mikro i makroekonomicznymi. W tym kontekście oczywiste jest, że nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie ryzyka decyzji inwestycyjnych, natomiast możliwa jest częściowa eliminacja ryzyka głównie dzięki zastosowaniu mniej lub bardziej złożonych metod ilościowych. Do wspomnienia procesu inwestowania na giełdzie papierów wartościowych zaproponowano wiele metod z zakresu podejmowania decyzji w warunkach niepewności. Autorka we wstępie pracy wspomina o takich metodach jak analiza decyzyjna oparta na studiach przypadku, czy metody sztucznej inteligencji. We wszystkich przypadkach celem takich propozycji i badań jest zwiększenie obiektywizmu i efektywności procesu inwestycyjnego. Nie ulega wątpliwości, że podejmowanie decyzji inwestycyjnych na rynku giełdowym jest procesem, na który oddziałuje wiele czynników, wśród których szczególnie ważne są: zmienność rynków finansowych, duża liczba danych oraz wysokie ryzyko inwestycji. Dodatkowo wykazano empirycznie istotny wpływ czynników behawioralnych, których bezpośrednie uwzględnienie w procesie podejmowania decyzji inwe-

stycyjnych nie jest proste. Wszystko to uzasadnia potrzebę i konieczność zastosowania w praktyce metod wspomagających proces decyzyjny, które umożliwią uwzględnienie złożoności zagadnienia i ryzyka związanego z inwestowaniem w papiery wartościowe. Najczęściej prowadzący badania w tym zakresie korzystają z metod prognozowania wykorzystujących metody statystyczne i ekonometryczne oraz narzędzi zbudowanych z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji.

Każdą pracę prowadzącą do opracowania metod wspomagania decyzji inwestycyjnych na rynku kapitałowym należy powitać z uznaniem. Proponowany przez Autorkę temat dotyczący problemu podejmowania decyzji inwestycyjnych za pomocą matematycznych metod analizy danych należy uznać za ważny i warty rozprawy doktorskiej. Prezentowane w rozprawie rozważania prowadzą do dwóch etapów wspomagania procesu decyzyjnego: przewidywania i bezpośredniego wsparcia decyzyjnego. Jak słusznie zauważa Autorka w literaturze podano wiele dowodów zachowania się rynków finansowych jako nieliniowych układów dynamicznych. Niestety standardowe modele nie są w stanie uwzględnić skomplikowanej rzeczywistości (na przykład grube ogony rozkładów stóp zwrotu). Pojawia się tu miejsce na sztuczne sieci neuronowe, które charakteryzują się wyższą efektywnością prognoz w porównaniu do klasycznych modeli statystycznych i ekonometrycznych. Drugim elementem badań jest zaproponowanie systemu transakcyjnego, który może się opierać na danych uzyskanych z sieci neuronowych co może pozwolić na właściwe reakcje systemu na krótkookresowe zmiany tendencji rynkowej. Do zweryfikowania skuteczności proponowanych metod na rynku instrumentów pochodnych Autorka wybrała giełdę niemiecką uzasadniając wybór poziomem rozwoju tego rynku oraz wysoką płynnością notowanych na nim instrumentów finansowych co umożliwia analizy empiryczne i obiektywną ocenę metod.

Podejmując ten ważny i trudny zarazem temat Doktorantka postawiła w pracy bardzo ambitne zadania badawcze, zarówno w obszarze teorii i metodyki, jak i aspektów poznawczych. Zasadniczym celem pracy było opracowanie matematycznego instrumentarium wspomagającego podejmowanie decyzji inwestycyjnych na rynku kontraktów *futures* dostosowanego do specyfiki rynku giełdowego Niemiec. W pracy sformułowano również cele szczegółowe:

- Uzasadnienie potrzeby wspomagania podejmowanych decyzji inwestycyjnych na rynku giełdowym;
- Wykorzystanie metod matematycznego wspomagania podejmowania decyzji, uwzględniając aspekty decydowania o charakterze inwestycyjnym na rynku giełdowym;
- Przedstawienie problematyki *SSN* ze szczególnym wskazaniem na ich zastosowanie w prognozowaniu danych finansowych;
- Przedstawienie niemieckiego rynku giełdowego, a także zasad zawierania i rozliczania transakcji instrumentów pochodnych w Niemczech;
- Dokonanie krótkoterminowych prognoz zmian nachylenia linii regresji notowań niemieckich indeksów giełdowych;
- Sformalizowany opis systemu transakcyjnego oraz zaproponowanie zasad jego działania.

Z celów jakie zostały postawione w pracy wynika główna hipoteza badawcza: zakładająca, że możliwe jest opracowanie narzędzia matematycznego, które pozwoliłoby na podstawie przewidywania zmiany krótkookresowej tendencji notowań indeksu giełdowego podjąć korzystną decyzję inwestycyjną przy użyciu instrumentu pochodnego, którego wycena jest powiązana z danym indeksem. Autorka sformułowała również hipotezy cząstkowe:

- Podejmowanie decyzji na rynku giełdowym w obecnych czasach wymaga uwzględnienia matematycznych metod wspomagających proces decyzyjny;
- Specyfika finansowych szeregów czasowych uzasadnia zastosowanie sztucznych sieci neuronowych jako metody prognozowania;
- Na dokładność prognozy mają wpływ architektura sieci, a także typ i liczba zmiennych na których oparta jest sieć neuronowa;
- Wstępne przetwarzanie danych polegające na doprowadzeniu ich do postaci znormalizowanej, ma wpływ zarówno na wyniki prognozowania na rynku akcji, jak i na wyniki inwestowania na rynku instrumentów pochodnych;
- Oparcie systemu transakcyjnego na przewidywanej krótkoterminowej tendencji rynkowej pozwala skutecznie zareagować na zmiany zachodzące na rynku;

- Przyjęcie strategii inwestycyjnej uwzględniającej sygnały systemu ostrzegające przed możliwą zmianą krótkoterminowej tendencji rynkowej na rynku akcji skutkuje zmniejszeniem liczby niekorzystnych transakcji na rynku instrumentów pochodnych.

Akceptuję sformułowane w rozprawie cele badania oraz podstawową hipotezę badawczą i cząstkowe hipotezy badawcze wynikające z celów jakie postawiła przed sobą w rozprawie Doktorantka.

Strona metodologiczna pracy nie budzi zastrzeżeń. Doktorantka dobrze poradziła sobie z nierzadko trudnymi problemami ekonomicznymi. Dobrze dokonała też przeglądu literatury przedmiotu porządkując wiele różnych koncepcji i podejść. Bardzo wysoko oceniam wyniki badań empirycznych zamieszczone w pracy. Badania są przeprowadzone bardzo rzetelnie i dobrze udokumentowane.

Weryfikacji przyjętych założeń i realizacji celu badań dokonano na podstawie badań empirycznych przeprowadzonych dla danych rzeczywistych z oficjalnych stron Giełdy Papierów Wartościowych we Frankfurcie i europejskiej giełdy *Eurex* dla lat 2005-2015. Dane finansowe i ekonomiczne zostały pobrane z systemu informacyjnego *Bloomberg*.

Zadanie podjęte w pracy jest na pewno trudne. Oceniam, że Doktorantka poradziła sobie z tematem podejmowania decyzji inwestycyjnych na giełdzie niemieckiej w oparciu o matematyczne metody analizy danych bardzo dobrze, a recenzowana praca może być przyczynkiem do powstania zwartej monografii w tym zakresie.

Treść pracy jest zgodna z tytułem pracy. Tytuły rozdziałów pracy są dostosowane do treści pracy. Konstrukcję pracy oceniam dobrze. Praca składa się ze wstępu, sześciu rozdziałów, zakończenia, bibliografii, spisów: tablic, rysunków oraz dwóch załączników. W pracy została wykorzystana najważniejsza literatura krajowa i zagraniczna z zakresu tematycznego pracy obejmująca 220 pozycji. Wykorzystanie adekwatnej literatury jest jednym z warunków pozytywnej oceny rozprawy doktorskiej. Przeprowadzone badania zostały prawidłowo udokumentowane, czego dowodem jest obszerna dokumentacja zamieszczona w rozdziałach empirycznych oraz za-

łącznikach. Kolejność poszczególnych rozdziałów odpowiada kolejności etapów badania naukowego podporządkowanych realizacji celu badania.

Bardzo dobrze oceniam redakcyjną i formalną stronę pracy – została ona przygotowana bardzo starannie. Całość pracy została zamieszczona na 245 stronach. Ponieważ zwięzła charakterystyka poszczególnych rozdziałów została ujęta we wstępie pracy, jako recenzent czuję się zwolniony z charakterystyki treści rozdziałów pracy. Walory pracy i osiągnięcia Doktorantki można ująć w następujące punkty:

1. W pracy przedstawiono wyniki badań nad opracowaniem systemu prognozowania cen instrumentów finansowych (indeksów giełdowych) wykorzystując do tego celu sztuczne sieci neuronowe. W obszarze tym omówiono i badano model *MLP* i algorytm wstecznej propagacji oraz model *GRNN*. Autorka przedstawiła uniwersalne miary jakości prognoz szeregów czasowych oraz omówiła podział danych na podzbiory w modelowaniu *SSN*. Działanie proponowanych sztucznych się neuronowych przetestowano dla niemieckich indeksów z grupy *DAX*.
2. Doktorantka zaprojektowała ciekawy system transakcyjny wspomagający decyzje inwestycyjne na rynku kontraktów *futures* w Niemczech. Przetestowano działanie systemu za pomocą symulacji inwestowania w kontrakty terminowe *futures* oraz oceniono skuteczność systemu za pomocą losowych sygnałów.
3. Autorka dobrze dokonała przeglądu literatury przedmiotu porządkując wiele koncepcji i teorii.
4. W trakcie badań Doktorantka przeprowadziła za pomocą wybranych wskaźników analizę techniczną indeksu *DAX* (podrozdział 5.2) określając punkty zwrotne będące podstawą decyzji inwestycyjnych. Pozwoliło to na wykazanie zdolności zaproponowanych wskaźników do generowania sygnałów zakupu/sprzedaży w krótkim horyzoncie inwestycji. Umożliwiło to zbudowanie bazy zmiennych wejściowych dla zaprojektowanej przez Doktorantkę sztucznej sieci neuronowej dla prognozowania zmian indeksu *DAX*.
5. Zweryfikowano pozytywnie główną hipotezę badawczą, że możliwe jest opracowanie narzędzia matematycznego, które pozwoliłoby na podstawie przewidywania zmiany krótkookresowej tendencji notowań indeksu giełdowego podjąć korzystną decyzję inwestycyjną przy użyciu instrumentu pochodnego, którego

wycena jest powiązana z danym indeksem. Weryfikację głównej hipotezy badawczej przeprowadzono na podstawie obszernych badań empirycznych dla danych rzeczywistych z Giełdy Papierów Wartościowych we Frankfurcie za lata 2005-2015. Pozwoliło to objąć badaniami okresy zarówno hossy, bessy oraz wychodzenia z kryzysu na rynkach finansowych w na świecie.

6. Doktorantka na podstawie studiów literaturowych i oceny poszczególnych teorii i modeli wykorzystywanych w ramach sztucznych sieci neuronowych na giełdzie papierów wartościowych wskazała na teorie i czynniki najbardziej istotne co pozwoliło skonstruować sieć pozwalającą na zbudowanie bazy dla systemu transakcyjnego i przetestowanie trzech strategii inwestycyjnych. Ten kierunek badawczy należy ocenić wysoko i warto kontynuować badania w tym kierunku. Pozwala to na dużą obiektywizację tego typu analiz.
7. Propozycja Doktorantki i przeprowadzone przez nią badania empiryczne oraz weryfikacja postawionej hipotezy badawczej otwierają szerokie możliwości rozbudowy teorii i praktyki inwestowania na rynku kapitałowym z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych i systemów transakcyjnych opartych o wskaźnik analizy technicznej. Można opracować na tej podstawie określone strategie inwestycyjne prowadzące do ponadprzeciętnych zysków w krótkim i średnim horyzoncie inwestycji.
8. Dodatkowym walorem pracy jest bardzo dobra dokumentacja przedstawionych w pracy badań.

Cel, jaki postawiła przed sobą Doktorantka został w pełni zrealizowany, a wiele propozycji zawartych w pracy jest wybitnym osiągnięciem Doktorantki, na co wskazano powyżej.

W pracy są również sformułowania dyskusyjne lub budzące uwagi i pytania. Z obowiązku recenzenta zamieszczam je poniżej.

1. Autorka sformułowała we wstępie obok celu głównego sześć celów pomocniczych. Niektóre z nich są „niedookreślone” i mało precyzyjne. W szczególności dotyczy to celów cząstkowych pierwszego i drugiego. Uwaga ta dotyczy również pomocniczych hipotez badawczych (pierwszej, drugiej i trzeciej).



2. W podrozdziale 1.2.2 omówiono wybrane miary ryzyka. Zabrakło krótkiego przedstawienia założeń stosowania poszczególnych metod oraz omówienia porównawczego ich zalet i wad. Należało również odnieść się szerzej do kwestii możliwości zastosowania ich w praktyce zarówno z punktu widzenia spełniania założeń ich stosowania oraz zalet i wad.
3. W podrozdziale 1.3.2 omówiono wybrane wskaźniki analizy technicznej jakie zostały wykorzystane w dalszej części pracy. Brakuje merytorycznego uzasadnienia takiego wyboru (na przykład założenia ich stosowania i trudność ich spełnienia w praktyce, rodzaje analizowanych sygnałów, zalety i wady tych wskaźników). Stwierdzenie ze strony 39 to zbyt mało na uzasadnienie.
4. W rozdziale drugim przedstawiono zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do prognozowania na rynku giełdowym. Zabrakło szerszego odniesienia na czym polega przewaga omawianego podejścia w stosunku do klasycznych ekonometrycznych metod stosowanych w procesie prognozowania szeregów finansowych.
5. We wnioskach końcowych z przeprowadzonych badań zawartych w zakończeniu pracy należało podać co wynika z przeprowadzonych badań z ekonomicznego punktu widzenia dla rynku kapitałowego i dla inwestorów giełdowych oraz gospodarki.
6. W pracy stwierdziłem pewną liczbę drobnych omyłek (literówek, przejęzczeń, przekręceń wyrazów), które nie mają jednak istotnego wpływu na walory pracy, dlatego odnotowując ten fakt nie przytaczam szczegółów.

Pragnę również zadać Autorce dwa pytania, jakie nasunęły mi się w trakcie czytania rozprawy.

- 1) Jak często należy weryfikować sztuczną sieć neuronową zaproponowaną przez Doktorantkę i jak Doktorantka ocenia stabilność i wrażliwość na zmiany na giełdzie zaproponowanego podejścia wspomagania procesu inwestowania na giełdzie papierów wartościowych ?
- 2) Jak Autorka proponuje wykorzystać w praktyce inwestycyjnej wyniki swoich badań. Kto powinien korzystać z tego typu systemów inwestowania jakie zaproponowano w rozprawie ?

Wymienione drobne uwagi nie podważają w żadnym stopniu wartości merytorycznej recenzowanej pracy. Dlatego biorąc pod uwagę walory naukowe rozprawy, duży nakład pracy, umiejętność posługiwania się aparatem matematycznym, dojrzałość Autorki do podejmowania samodzielnych badań i zrealizowanie postawionego we wstępie celu badań uważam, że praca doktorska mgr Anny Marszał w pełni spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, zgodnie z treścią art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i stanowi podstawę do nadania stopnia naukowego doktora nauk ekonomicznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu.

Konkludując oceny i sformułowania zawarte w niniejszej recenzji stwierdzam, że:

- Problem badawczy podjęty w rozprawie jest oryginalny i trafnie wybrany;
- Cele i hipoteza badawcza sformułowane w pracy czynią zadość wymogom stawianym w tym zakresie pracom doktorskim;
- Struktura pracy jest poprawna metodologicznie i zgodna z kolejnością etapów badania naukowego;
- Autorka wykazała się wysokim poziomem wiedzy teoretycznej z zakresu nauk ekonomicznych;
- Od strony formalnej rozprawa została przygotowana prawidłowo i pozwala na jednoznacznie pozytywną ocenę jej poziomu naukowego;
- Metodologia badań, przyjęte metody badawcze, ich dobór oraz interpretacja wyników badań z wykorzystaniem właściwej literatury przedmiotu są poprawne;
- Szerokie zastosowanie metod ilościowych podnosi walory naukowe pracy;

Wnoszę do Rady Wydziału Organizacji i Zarządzania Politechniki Łódzkiej o przyjęcie pracy doktorskiej mgr Anny Marszał pt.: „*Podejmowanie decyzji inwestycyjnych na giełdzie niemieckiej w oparciu o matematyczne metody analizy danych*” i dopuszczenie Autorki do publicznej obrony pracy.

Szczecin, 2016.10.30

Waldemar Jarczyński