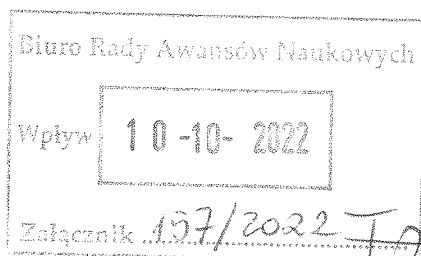


Dr hab. Witold Orzeszko, prof. UMK
Katedra Zastosowań Informatyki i Matematyki w Ekonomii
Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu



Recenzja pracy doktorskiej mgra Jakuba Morkowskiego
„Metoda neuronowo-rozmyta w prognozowaniu kierunku zmian wybranych kursów
walutowych”,
napisanej pod kierunkiem dr hab. Agaty Kliber, prof. UEP
na Uniwersytecie Ekonomicznym w Poznaniu.

I. Formalne podstawy wykonania recenzji

Formalną podstawę napisania niniejszej recenzji stanowi pismo Przewodniczącej Rady Awansów Naukowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu prof. dr hab. Barbary Jankowskiej, z dnia 19.07.2022 r., informujące o powierzeniu mi roli recenzenta.

II. Ocena pracy

Recenzowana praca poświęcona jest zbadaniu przydatności wybranych technik opartych o sieci neuronowe do prognozowania kierunku zmian kursów walutowych. W szczególności, zaproponowano autorską metodę neuronowo-rozmytą, łączącą algorytmy sieci neuronowych z metodyką zbiorów rozmytych.

Sieci neuronowe są jednym z najważniejszych i najczęściej stosowanych narzędzi uczenia maszynowego (ang. *machine learning*). Dynamiczny rozwój tej dziedziny wiedzy jest pewną pochodną obserwowanej w ostatnich dekadach rewolucji informatycznej, skutkującej bezprecedensowym wzrostem mocy obliczeniowej komputerów i powstaniem nowych, bardziej efektywnych algorytmów przetwarzania danych. Jednocześnie wiele z dotychczasowych wyników badań empirycznych potwierdza skuteczność metod uczenia maszynowego w analizie danych rzeczywistych, w tym także ekonomicznych i finansowych szeregów czasowych. Ze względu na swój duży potencjał, metody te są nie tylko przedmiotem zainteresowania środowiska akademickiego, ale i coraz powszechniej stosowanym narzędziem w praktyce biznesowej. Oczywiście, tak jak w przypadku każdej nowej dziedziny wiedzy istnieje duże zapotrzebowanie na prowadzenie badań o charakterze naukowym, ukierunkowanych na konstruowanie nowych narzędzi i poprawę efektywności istniejących już metod, a także na rozwój leżącej u ich podstaw teorii.

Rozprawa doktorska mgra Jakuba Morkowskiego wpisuje się w nurt współczesnych badań metodologicznych w zakresie uczenia maszynowego. Uważam, że wybrana tematyka, ze względu na jej duże walory zarówno naukowo-poznawcze, jak i aplikacyjne jest mocną stroną rozprawy.

Tytuł pracy: „Metoda neuronowo-rozmyta w prognozowaniu kierunku zmian wybranych kursów walutowych” został sformułowany poprawnie. Tak samo należy ocenić cel pracy, którym jest „skonstruowanie autorskiej metody neuronowo-rozmytej do prognozowania

kierunku zmian kursów walutowych i późniejszego wykorzystania tych prognoz do konstrukcji strategii opcyjnych – innych w przypadku gry na wzrost, spadek i stabilizację”. Można jedynie zastanawiać się, czy cel nie powinien wprost wspominać o weryfikacji proponowanej metody (do czego w istocie sprowadza się badanie empiryczne w rozdziale IV) i czy określenie „gra” jest właściwe. Mam natomiast pewne zastrzeżenia co do przedstawionej na str. 6 tezy rozprawy. Po pierwsze, uważam, że nie jest ona dobrze napisana stylistycznie. Sformułowanie „Tezą pracy doktorskiej jest: (...)” i tu następuje jej dosłowne zacytowanie brzmi, jakby Autor nie potrafił przekształcić jej w zdanie, np. „Teza pracy doktorskiej głosi, iż (...)”. Po drugie, jest ona nieprecyzyjna od strony merytorycznej, gdyż stwierdzenie, że proponowane podejście neuronowo-rozmyte umożliwia generowanie wyższych zysków niż wykorzystanie zespołowych prognoz sieci neuronowych stoi w sprzeczności z tym, że *de facto* proponowane podejście należy zaliczyć właśnie do tej grupy metod. We Wstępie Autor przedstawia również pytania badawcze. Pytania te zostały sformułowane właściwie i dowodzą, że Autor wie, jak poprawnie przeprowadzić proces badawczy, aby umożliwił on osiągnięcie zamierzonego celu.

Przyjętemu celowi i tezie pracy podporządkowana została jej struktura. Recenzowana praca została podzielona na pięć rozdziałów i zawiera dodatkowo: wstęp, zakończenie, spis literatury oraz wykaz rysunków i tabel. Praca liczy 203 strony.

Trzy pierwsze rozdziały mają charakter wprowadzający i metodologiczny, a dwa ostatnie – empiryczny.

W rozdziale pierwszym zawarto podstawowe informacje na temat rynku walutowego FOREX, a także opisano możliwości inwestowania w instrumenty pochodne, ze szczególnym uwzględnieniem opcji. Generalnie należy uznać, że zaprezentowano właściwy zakres informacji i zrobiono to w sposób przejrzysty i czytelny. Spośród większych niedociągnięć i kwestii dyskusyjnych wskazałbym następujące:

- 1) Str. 10: Wygląda na to, że we wprowadzeniu do rozdziału Autor zapomniał o podrozdziale trzecim.
- 2) Str. 10: Jak ma się zdanie „W przeciwieństwie do innych rynków finansowych, jak rynek akcji, notowania na rynku FOREX są ciągłe.” do rzeczywistości (np. system notowań ciągłych na GPW)?
- 3) Str. 10: Dane dotyczące obrotów na rynku FOREX wymagają aktualizacji, gdyż pochodzą z 2019 r.
- 4) Str. 13: Źle wyjaśniona różnica między walutą bazową a kwotowaną.
- 5) Wszystkie wykresy prezentujące zysk/stratę z tytułu instrumentu pochodnego mają ten sam błąd – na osi OX znajduje się oznaczenie „cena instrumentu pochodnego”, tymczasem powinna to być „cena instrumentu bazowego”. Poza tym „cena wykonania” powinna znajdować się na osi OX a nie być punktem na wykresie.
- 6) Autor próbuje uzasadnić swój wybór przedmiotu badania (tj. kierunek zmiany kursu a nie jej wartość), odwołując się do „przedstawionej powyżej charakterystyki kontraktów oraz opcji” (str. 41). Tymczasem powyżej tego tekstu znajduje się prezentacja modelu Blacka-Scholesa, który nie wykorzystuje informacji o kierunku zmiany kursu. Nie wiadomo więc, czemu model ten miałby uzasadniać wybór Autora. Nie budzi natomiast wątpliwości uzasadnienie wyboru par walutowych do badania.

Pozostałe uwagi szczegółowe dotyczące tego i kolejnych rozdziałów przedstawiam w dalszej części recenzji.

Rozdział drugi poświęcony jest metodom prognozowania szeregów czasowych. Zgodnie z zapowiedzią Autora zaprezentowano w nim metody, które zostały następnie wykorzystane w badaniu empirycznym. Jednak, moim zdaniem, rozdział ten jest zbyt pobieżny i zyskałby na wartości, gdyby uwzględnić w nim następujące aspekty:

- 1) Brakuje mi szerszego spojrzenia na metodykę prognozowania finansowych szeregów czasowych. Warto by wspomnieć o innych narzędziach prognozowania, w tym o innych modelach szeregach czasowych (nazywanych przez Autora, zbyt szeroko w moim mniemaniu, modelami statystycznymi) oraz o innych technikach uczenia maszynowego, dokonać ich systematyki i ogólnej charakterystyki.
- 2) Autor nic nie napisał o własnościach finansowych szeregów czasowych, które uzasadniałyby wybór takich a nie innych metod prognostycznych. W szczególności nic nie wspominał o modelowaniu wariancji warunkowej za pomocą modeli klasy ARCH.
- 3) Przeprowadzony opis wybranych modeli jest zbyt powierzchowny. W szczególności brakuje mi wyjaśnień nt. związku między modelami ARMA a stacjonarnością procesów. Autor nie wspomina w ogóle o modelach ARIMA. Ponadto, niezwykle szerokie zagadnienie weryfikacji jakości modelu sprowadzono do wymienienia jedynie dwóch testów statystycznych.
- 4) Dlaczego model ARMA został zdefiniowany akurat dla stóp zwrotu, a nie dla dowolnego szeregu czasowego? Jeśli jednak koniecznie Autor chce się skupić na stopach zwrotu, to należy je najpierw zdefiniować (tymczasem pojęcie stopy zwrotu zostało zdefiniowane dopiero w rozdziale czwartym).
- 5) Niewystarczające są odniesienia do literatury (zarówno w zakresie metodologii, jak i badań empirycznych), które uzasadniałyby wybór metod badawczych, czy też określałyby ich słabe i mocne strony.
- 6) Idea uczenia zespołowego jest bardzo ważna w kontekście recenzowanej pracy. Z tego względu trzeba uznać, że zawartość poświęconego jej podrozdziału 2.3 jest dalece niewystarczająca. Ponadto, uważam, że logika struktury treści nakazuje, aby najpierw opisać poszczególne metody prognozowania a dopiero później pisać o łączeniu ich w formie uczenia zespołowego.
- 7) Należałoby rozwinąć wątek wyboru hiperparametrów modeli (zasygnalizowany na str. 56).
- 8) Podrozdziały 2.5.1-2.5.3 niepotrzebnie zaczynają się od powtarzającego się słowa „Charakterystyka”, które już znajduje się w tytule podrozdziału nadrzędnego.

W rozdziale trzecim zaprezentowano metodę neuronową-rozmytą, będącą autorską propozycją techniki prognozowania kursów walutowych. Propozycja ta stanowi podstawowy wkład Autora w zakresie metodologii. Połączenie algorytmów prognozowania z metodyką zbiorów rozmytych wydaje się interesującym i obiecującym pomysłem, tym bardziej, że zawarte w dalszej części pracy wyniki badań Autora to potwierdzają. Samo przedstawienie metody nie jest jednak czytelne. Po pierwsze, jak definiuje Autor, pierwszym etapem metody jest wyznaczenie prognozy kursu walutowego z wykorzystaniem różnych sieci neuronowych

(str. 74). Przez określenie „sieci neuronowe” Autor rozumie w pracy pojedyncze algorytmy sieci neuronowych, tj. np. sieci typu MLP, ELM czy LSTM. Potem jednak w rozdziale czwartym i piątym pisze o „połączeniu metody neuronowo-rozmytej z metodą rekurencyjną”, co polega na zastąpieniu w etapie pierwszym sieci neuronowej innym predyktorem (metodą rekurencyjną) – tym razem o charakterze uczenia zespołowego. Skoro jednak immanentną cechą metodą neuronowo-rozmytej miało być użycie pojedynczej sieci neuronowej, to zastąpienie jej tym predyktorem powoduje, że *de facto* nie mamy już do czynienia z metodą neuronowo-rozmytą. W efekcie nie jest to wówczas, jak pisze Autor, „połączenie metody neuronowo-rozmytej z innym predyktorem”, tylko zupełnie inna metoda. A może należałoby zastosowane podejście nazwać po prostu „rozmywaniem wyników metody rekurencyjnej”? Po drugie, przedstawiając proponowaną przez siebie metodę, Autor nie przedstawia argumentów, dlaczego miałyby ona dawać dobre rezultaty. Autor pisze, że inspiracją dla jego pomysłu są metody uczenia zespołowego. Rzeczywiście, koncepcja uczenia zespołowego (którą do pewnego stopnia można utożsamić z metodą prognoz kombinowanych w klasycznej ekonometrii) ma liczne zalety i w wielu wypadkach prowadzi do poprawy jakości prognoz w porównaniu z pojedynczymi metodami, na których jest oparta (ang. *weak learners*). Propozycja Autora nawiązuje do grupy metod uczenia zespołowego, w których każdy pojedynczy model uczy się niezależnie od siebie a wynik jest uśrednieniem ich wskazań (tak jak w najbardziej znanym algorytmie tej klasy – w *baggingu*). Podobnie jak w przypadku *baggingu*, Autor przyjmuje, że każdy z pojedynczych modeli będzie miał taki sam wpływ na konstruowaną ostateczną prognozę. Co stoi u podstaw tej koncepcji? W przypadku wspomnianego *baggingu* nie ma podstaw, żeby uznać, że któryś z pojedynczych modeli jest lepszym predyktorem, natomiast w koncepcji metody neuronowo-rozmytej tak już nie jest. Autor stosuje w niej modele o różnych zestawach hiperparametrów a, jak wiadomo, wybór odpowiednich wartości hiperparametrów ma duży wpływ na jakość otrzymywanych prognoz (Autor sam to potwierdził w swoim dalszym badaniu – zob. odpowiedź na pytanie badawcze 1.2 w tabeli 23). W pracy brakuje mi uzasadnienia, dlaczego Autor rezygnuje z, szeroko omawianego w literaturze przedmiotu, procesu optymalizacji hiperparametrów, traktując na równi prognozę z każdego modelu.

Rozdział czwarty jest najbardziej obszerny i zawiera w sobie kluczowe wyniki badań. Na początku przedstawiono w nim schemat badania oraz szczegółowo opisano pytania badawcze. Jak wspomniałem wcześniej, pytania te są trafnie postawione i dobrze świadczą o opanowaniu przez Autora umiejętności prowadzenia badań naukowych. Dużo większe zastrzeżenia mam do sposobu przedstawienia przebiegu badania. W niektórych aspektach brakuje informacji niezbędnych do zrozumienia przeprowadzonego procesu badawczego. Przede wszystkim nie przedstawiono w wystarczający sposób stosowanych modeli i procesu ich konstrukcji (zarówno w zakresie pojedynczych sieci neuronowych, jak i metody rekurencyjnej). W szczególności nie wiadomo:

- 1) Co jest próbą treningową a co testową w poszczególnych modelach? Jeśli próba testowa składa się z wielu obserwacji, to czy próba treningowa ma charakter okna rozszerzającego, czy przesuwanego?
- 2) Jakie dokładnie zmienne wykorzystano w badaniu? W rozdziale można znaleźć informację, że badanie przeprowadzono „zarówno dla cen (poziomów), jak i

stacjonarnych zwrotów logarytmicznych” (s. 84). Czy ta informacja dotyczy regresorów, zmiennych objaśnianych, czy jednych i drugich? Jeśli dotyczy też zmiennych objaśnianych, to jak Autor buduje model ARMA dla poziomów kursów (obecność pierwiastka jednostkowego)? Czy metoda naiwna również budowana jest zarówno dla cen, jak i dla stóp zwrotu (zob. tabela 16)?

- 3) Jak wyznaczano prognozy dla horyzontu większego niż jeden (prognoza bezpośrednia, czy iteracyjna z horyzontem równym jeden)?

Ponadto, niejasno przedstawiono proces wyznaczania prognoz metodą rekurencyjną. Np. nie wiadomo, czy zmieniając horyzont prognozy (w obrębie tego samego interwału) zmienia się hiperparametry?

Poniżej wskazuję inne istotniejsze uwagi:

- 1) Zmieniłbym nazwę rozdziału z „Badanie możliwości poprawy trafności kursów (...)” na „Analiza trafności prognoz (...)”.
- 2) W odniesieniu do kursów walut lepiej używać pojęcia „poziomy” a nie „ceny”.
- 3) Tabele 5-7 przedstawiają wyniki dla poziomów. Dlaczego Autor nie podaje wyników dla stóp zwrotu, skoro napisał, że takie badanie przeprowadził?
- 4) Wnioski z badania formułowane są dość pobieżnie. W niektórych wypadkach otrzymane wyniki są nieoczywiste lub nawet zaskakujące, i brakuje mi próby wyjaśnienia tych sytuacji. Np.:
 - a. Dlaczego GBP/EUR zachowuje się inaczej niż pozostałe waluty (str. 92)?
 - b. Dlaczego w wielu wypadkach wraz ze wzrostem horyzontu prognoz poprawia się ich jakość (np. str. 93, 97, 125)?
 - c. Co jest powodem tak dużego zróżnicowania wyników w tabeli 20?
- 5) Na jakiej podstawie Autor formułuje wniosek, że niska kurtoza rozkładu może prowadzić do przeuczenia modelu (str. 111)?
- 6) Ostatnia kolumna w tabeli 32 jest niepotrzebna, bo *de facto* powiela informacje z kolumny przedostatniej. Jeśli jednak miałyby zostać, to wymaga wskazania rozważonego poziomu istotności (dlaczego Autor wybrał 0,1 a nie 0,05)?
- 7) Autor nie uzasadnia, dlaczego sieć LSTM ma 42 wartości hiperparametrów a pozostałe – 49 (str. 82). Z kolei na str. 128 pisze, że wszystkie te sieci miały 49 wariantów.
- 8) Str. 128: Jak Autor liczy medianę bez wartości skrajnych (tzn. ile wartości skrajnych odrzuca)?
- 9) Wielkość „średnia trafność” Autor nazywa „metodą średniej trafności” (np. str. 130, 133, 135). Jednak, w przeciwieństwie do „metody większości”, średnia trafność nie jest metodą (prognozowania). Powyższy zarzut nie sprowadza się wyłącznie do stwierdzenia, że Autor stosuje zbyt rażąco skrót myślowy. Problem jest głębszej natury, gdyż sprowadza się do pytania: czy w istocie decydent może wykorzystać prognozy z poszczególnych metod do wyznaczenia prognozy (inaczej niż poprzez głosowanie większościowe) i, jeśli taki sposób się znajdzie, to czy trafność tej prognozy będzie pokrywała się z wyznaczoną wcześniej średnią trafnością? Jeśli nie, to jaki, z praktycznego punktu widzenia, jest sens porównania trafności metody większości ze średnią trafnością?

- 10) Czy wskazane w tabelach 38, 42, 43 przewagi poszczególnych modeli są istotne statystycznie?
- 11) Autor swoją metodę czasami nazywa neuronowo-rozmytą a czasami neuronowo rozmytą (bez myślніка).
- 12) Na str. 134 znajduje się tabela, która z niezrozumiałych dla mnie powodów nie jest nazwana tabelą. Ponadto, w tabeli tej, opis pierwszej metody został niedokończony a w metodzie trzeciej i czwartej brakuje słowa „było”.
- 13) Interpretując wyniki tabel 45-48, należałoby się przede wszystkim skupić na porównaniu wyników analizowanej metody z techniką rekurencyjną typu I. To co różni oba podejścia, to stosowanie metodyki zbiorów rozmytych. Czy otrzymane wyniki dają podstawy do stwierdzenia, że zastosowanie tej metodyki prowadzi do poprawy prognoz?

Generalnie jednak należy uznać, że przeprowadzone badanie jest interesujące i ma duży walor poznawczy. Bardzo pozytywnie należy odebrać próbę twórczego zaproponowania nowej metody prognostycznej. Ponadto, warto również podkreślić, że prezentacja wyników badania jest czytelna (np. poprzez zastosowanie wykresów radarowych) a wnioski są ciekawe i w adekwatny sposób odnoszą się do postawionych pytań badawczych.

Rozdział piąty również ma charakter empiryczny. Analizowana jest w nim zyskowność różnych wariantów inwestycji w instrumenty pochodne, dokonywanych przy wykorzystaniu prognoz wyznaczonych wcześniej opisanymi metodami, w tym – proponowanej metody neuronowo-rozmytej. Pozytywnie oceniam fakt, że Autor zdecydował się na takie badanie. Stanowi ono ciekawe uzupełnienie rozdziału czwartego, gdyż prezentuje praktyczne możliwości zastosowania wyników analizowanych metod prognostycznych w procesie inwestycyjnym. Generalnie, należy uznać, że badanie przeprowadzone jest poprawnie a wyniki zostały we właściwy sposób zaprezentowane i zinterpretowane. Poniżej przedstawiam swoje uwagi i zastrzeżenia, których uwzględnienie mogłyby poprawić jakość tego rozdziału:

- 1) Autor nie określił okresu badania. Nie ma powodów zakładać domyślnie, że to jest ten sam okres, co w przypadku rozdziału czwartego.
- 2) Nie ma potrzeby powtarzać wykresu (rys. 44), który pojawił się już we wcześniejszej części pracy.
- 3) Przy ocenie zyskowności inwestycji przydałby się jakiś benchmark. Może strategia „kupuj-trzymaj”?
- 4) Wiele tabel w rozdziale ma większą czcionkę niż pozostałe tabele w pracy.
- 5) Str. 155: Powinno być „30 punktów procentowych” a nie „30%”. To nie jest to samo.
- 6) Podkreślając, że w niektórych wypadkach inwestycje podjęte na podstawie mniej trafnych prognoz przyniosły większy zysk (str. 156), Autor prowokuje pytanie: dlaczego ograniczać się do prognozowania wyłącznie kierunków zmian a nie ich skali (czyli stopy zmian)?
- 7) Nie widzę podstaw do stwierdzenia, że z Tabeli 61 wynika, iż „jeśli weźmiemy pod uwagę maksymalną stopę zwrotu dla danej sieci neuronowej i horyzontu prognozy, to dla każdej z sieci przewagę uzyskiwało inwestowanie w opcje i strategię stelaża” (sytuacje takie oznaczone były w Tabeli symbolem „O+”).

- 8) Stwierdzenie na str. 165, że „jeżeli uda się przy pomocy metody rekurencyjnej uzyskać wyższą maksymalną stopę zwrotu niż dla pojedynczej sieci, świadczyć to będzie o poprawnie dokonywanych parametrów przez metodę” stoi w sprzeczności ze sformułowaną wcześniej przez Autora obserwacją, że dobre prognozy nie muszą prowadzić do wyższych stóp zwrotu (str. 156).
- 9) Autor powinien się zdecydować, czy będzie używał w pracy pojęcia parametry, czy hiperparametry.
- 10) We wniosku na str. 169 Autor chyba miał na myśli zyski ujemne a nie – dodatnie. Szkoda, że Autor nie podjął się próby odpowiedzi na pytanie, dlaczego kurs USD/EUR zachowuje się inaczej niż pozostałe.
- 11) Jak rozumiem, wbrew informacji w tytule tabeli 73, nie zostały w niej przedstawione wartości statystyki testowej tylko wartości p (ang. p -value).
- 12) W odpowiedzi na pytanie badawcze 4.1 Autor pisze, że „przy inwestycji w kontrakty uzyskano bardzo niskie stopy zwrotu, zatem różnice między metodami można uznać za pomijalne”. Jak rozumiem słowo „pomijalne”, to nieformalny odpowiednik określenia „nieistotne statystycznie”. Jeśli tak, to sformułowany wniosek nie jest poprawny, gdyż fakt, że pewne statystyki mają niskie wartości nie oznacza, że różnice między nimi będą nieistotne.

W Zakończeniu Autor podsumowuje wnioski płynące z badania i dokonuje wskazania kierunków dalszych badań. Większą część Zakończenia stanowi tabela z odpowiedziami na postawione w pracy pytania badawcze. W istocie, jest ona połączeniem tabel z wcześniejszych rozdziałów, przez co można odnieść wrażenie, że Zakończenie w zbyt dużym stopniu jest tylko powtórzeniem wcześniejszych treści. Warto by nieco rozwinąć tę część pracy, aby miała ona charakter nieco bardziej ogólny niż podsumowania poszczególnych rozdziałów.

Przyjętą strukturę pracy uznaję za właściwą i umożliwiającą realizację postawionego celu oraz udzielenie odpowiedzi na postawione pytania badawcze.

Spis literatury obejmuje 153 pozycje (choć pozycja 99. została powtórzona jako 100.). Liczba wykorzystanych publikacji nie jest imponująca i może świadczyć o zbyt pobieżnym przeglądzie literatury przedmiotu. Rzeczywiście, w wielu częściach pracy można mieć niedosyt, że Autor nie popiera swoich wywodów odnośnikami do literatury albo, że brakuje stosownych informacji, czy to o charakterze metodologicznym, czy dotyczących badań empirycznych przeprowadzonych przez innych autorów.

Mimo stosunkowo wielu uwag krytycznych przedstawionych powyżej, wartość merytoryczną pracy oceniam pozytywnie. Przede wszystkim Autor wykazał się umiejętnością stawiania trafnych i istotnych z naukowego punktu widzenia pytań, a także wiedzą jak poprawnie przeprowadzić proces badawczy, aby uzyskać na nie odpowiedzi.

Formalną stronę pracę można uznać za poprawną, choć i ona rodzi dużo zastrzeżeń. W wielu miejscach można odnieść wrażenie, że Autorowi zabrakło czasu lub determinacji na jej dopracowanie. W tekście można znaleźć sporo błędów literowych (np. bardzo często zamiast litery „ę” na końcu wyrazu jest „e”, lub na odwrót) i językowych (np. Autor nagminnie używa określenia „stawianie prognoz”, albo „w porównaniu do” zamiast „w porównaniu z”).

Ponadto, warto zwrócić uwagę, że w przypadku prac naukowych preferowany jest tryb bezosobowy. Można mieć również zastrzeżenia, co do umieszczonych wzorów: część z nich nie została ponumerowana, w wielu wypadkach numery znajdują się w linii poniżej wzoru a w przypadku niektórych wzorów pojawiają się pod nimi niepotrzebne kropki lub przecinki (np. wzory 24, 25, 27). Poza tym, czytając pracę, odniosłem wrażenie, że Autor nie czuje się komfortowo w zakresie formalizmu matematycznego i unika wzorów, choć to moim zdaniem ułatwiłoby zrozumienie pewnych fragmentów pracy.

Oprócz wskazanych we wcześniejszej części recenzji uwag o charakterze ogólnym, przedstawiam poniżej również uwagi o charakterze bardziej szczegółowym:

Rozdział I:

Str. 12: Autor pisze o podziale transakcji na *spot* i *forward*, po czym w opisie wspomina (wprost) jedynie o transakcjach *spot*.

Str. 16, rys. 2: Zbyt duży skrót myślowy w określeniu „Bezpośrednie transakcje forward i forex”, tak jakby forex był rodzajem transakcji.

Str 17: Źle sformułowane zdanie: „Kontrakt futures jest standaryzowaną wersją kontraktu forward, który jest publicznie notowany na giełdzie kontraktów futures”. Czy rzeczywiście, intencją Autora było, żeby zdanie mówiło, że kontrakty forward są notowane na giełdzie kontraktów futures?

Str. 21: Co to jest „styl wykonania opcji”? Czy takie określenie funkcjonuje w literaturze przedmiotu?

Str. 23: Nie nazywałbym zajęcia długiej pozycji „przeciwieństwem” zajęcia pozycji krótkiej.

Str. 25: Nienaukowe określenie: „przypadek bardzo teoretyczny”.

Str. 33: Co to jest „wahanie w dół”? Wahanie jest zawsze symetryczne: w jedną i w drugą stronę.

Str. 37: Pomyłka w nazwisku autora. Jak sądzę miało być „Dziawgo”. Poza tym, brakuje tej pozycji książkowej w spisie literatury.

Str. 39: Opis dotyczący rys. 38 powinien znaleźć się na tej samej stronie co rysunek.

Str. 40: Moim zdaniem ekonometria nie zajmuje się wyceną opcji. Matematyka finansowa – jak najbardziej.

Str. 40: Złe określenie: „Model został sporządzony”. Lepiej: „Model został zaproponowany”.

Str. 40: Błąd we wzorze (2) – brak minusa przed d_2 .

Str. 41: W opisie zmiennej S warto dodać, że jest to cena instrumentu bazowego.

Str. 41: Ostatnie założenie ma inną konstrukcję stylistyczną niż pozostałe.

Str. 44: Brakuje wprowadzenia symbolu p w definicji procesu AR (wzór 9).

Rozdział II:

Str. 52, 53, rys 23, 24: W opisie pojawia się symbol y_n , którego nie ma na tym rysunku.

Str. 56 i in.: Przymiotnik „gaussowski” pisze się z małej litery.

Str. 59: Zamieszczając anglojęzyczne tłumaczenia, nie trzeba używać przedimka „a”, np. „forget gate”.

Str. 59: Niska jakość rys. 26.

Str. 61: Dziwne określenie: „umiejętność dobrego zapamiętywania informacji przez dobry czas”.

Rozdział III:

Str. 64, 69: Niepotrzebne sformułowania: „w swojej pracy”, „w swoim artykule”.

Str. 64: Zbyt duży skrót myślowy: „W zbiorze zwykłym wartość logiczna (...)”.

Str. 64: Zbiór / powinien być domknięty a nie otwarty.

Str. 64, nienumerowany wzór pod wzorem 23: Źle zapisany wzór pod względem matematycznym.

Str. 64: Wartość funkcji nie może przyjmować wartości.

Str. 64: Co oznacza przypis do literatury na końcu zdania: „Funkcje przynależności opisują szerzej w podrozdziale 2. (Lazzerini, Jain, Dumitrescu, 2000)”?

Str. 65, def. liczby rozmytej: W pierwszym warunku pojawia się symbol Z , który powinien znaleźć się już w zdaniu rozpoczynającym definicję.

Str. 66, nienumerowany wzór w trzeciej linii: Jak sens ma użycie spójnika \wedge , skoro dotyczy on dwóch liczb?

Str. 72: Zbyt duży skrót myślowy: „wnioskowanie rozmyte musiałyby podjąć decyzję”.

Str. 80, tabela 3: „Prognozowanie sieciami” nie jest poprawną nazwą metody.

Rozdział IV:

Str. 87: Nieodpowiedzialnie stawiane nawiasy. Powinno być: $a \in \{1,2, \dots, 7\}$ i $b \in \{1,2, \dots, 7\}$.

Str. 98: „Najbardziej widocznymi przykładami na rys. 41 (...)”? Chyba chodzi o wnioski a nie o przykłady?

Str. 111: Błędny numer podrozdziału „5.2”.

Str. 115: Co to znaczy, że „horyzont badania został podzielony na 11 równych okresów”?

Str. 116: Dwukrotnie w dziwnym kontekście zostało użyto słowo *ranking* („wariant rankingu”, „metoda rankingu”).

Str. 118: Co to jest t_1 ?

Str. 127: Niewłaściwe określenie „zbiorcze odpowiedzi”.

Str. 129: Źle sformułowane pierwsze zdanie.

Str. 129: Niewłaściwe określenie „zależności (...) można rozciągnąć”.

Str. 129, Tabela 36: Funkcje przynależności nie nazywają się „Trójkąt” i „Trapez”.

Str. 130: Odniesienia do złych numerów tabel.

Str. 135: Kuriozalne zdanie (nawet pomijając literówkę w pierwszym wyrazie): „Pozostałem metody występowały w mniej niż w 5% przypadków.” Kolejne zdanie też wymaga korekty – tym razem stylistycznej.

Str. 144: Nie wiadomo, co Autor miał na myśli, pisząc, że „W przypadku sieci ELM nie stwierdzono istnienia wyraźnych wzorców.”

Rozdział V:

Str. 146, Tabela 50: Błąd stylistyczny w opisie sposobu rozliczenia dla kontraktu terminowego.

Str. 147: Powinno być „profil wypłaty” a nie „profil wpłaty”.

Str. 156: Nad tabelą 57 Autor zapowiada, że będą podane pewne informacje w nawiasach kwadratowych. Tymczasem, takich nawiasów w tabeli nie ma.

Str. 156: Użyte tła w tabeli 57 (zwłaszcza zielone) są zbyt ciemne, przez co przesłaniają tekst.

Str. 166: Co znaczy określenie „Minimalizacja parametrów”?

Str. 176: Separatorami dziesiętnymi powinny być konsekwentnie przecinki.

Spis literatury:

- Występują niekonsekwencje w opisie bibliograficznym (np. „&” lub „and” lub „i”, a także niekiedy „pp” przed numerami stron), w użyciu małych i dużych liter w tytułach pozycji angielskich.
- W pozycji 62. brak nazwisk współautorów.
- W pozycji 79. znajduje się wzajemnie wykluczający opis: data publikacji 2022 i „w druku”.
- Nie widzę potrzeby określania nazwy miesiąca przy roku wydania (np. pozycja 75., 85., 106.).

Wykaz rysunków i tabel:

Skróty metod oraz cyfry pisane są większą czcionką niż pozostały tekst.

Pragnę jednak podkreślić, że wymienione powyżej uwagi nie obniżają istotnie mojej pozytywnej oceny rozprawy.

III. Konkluzja

Praca wpisuje się w aktualny i bardzo potrzebny nurt badań nad metodami uczenia maszynowego, koncentrując się na ocenie ich przydatności do modelowania i prognozowania finansowych szeregów czasowych. Przeprowadzone badania należy uznać za oryginalne, o dużym znaczeniu naukowym i praktycznym. Mgr Jakub Morkowski wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie ekonomia i finanse oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uwzględniając powyższe stwierdzam, że recenzowana praca doktorska pt. „Metoda neuronowo-rozmyta w prognozowaniu kierunku zmian wybranych kursów walutowych” spełnia wymogi ustawowe stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie ekonomia i finanse, i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej dyskusji.

Toruń, 30 września 2022 r.



