

Dr hab. Katarzyna Perez, prof. UEP  
Katedra Inwestycji i Rynków Finansowych  
Instytut Finansów  
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Krzysztofa Podgórskiego  
pt. *Sieci neuronowe a trafność prognozowania kursów na rynku walutowym*  
napisanej pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. Janiny Harasim (promotor)  
i dra Piotra Dąbrowskiego (promotor pomocniczy)

#### 1. Określenie trafności wyboru i oryginalności problemu badawczego

Podjęta w rozprawie doktorskiej mgr Krzysztofa Podgórskiego problematyka badawcza jest ważna i aktualna. Po pierwsze, ponieważ posiada **walor naukowy** związany z podejmowanymi od lat próbami poszukiwania czynników determinujących stopy zwrotu z instrumentów finansowych, w tym kursów walutowych. Nabrało to szczególnego znaczenia w ostatniej dekadzie, kiedy to na kanwie rozwoju gospodarki 4.0 zaczęto do badania efektywności inwestycyjnej na rynku finansowym stosować zaawansowane technologicznie metody bazujące na sztucznej inteligencji. Po drugie, ponieważ ma ona **walor aplikacyjny**. Może być bowiem pomocna w określaniu strategii dla inwestorów (tak indywidualnych, jak i instytucjonalnych) wykorzystujących waluty jako element portfela inwestycyjnego.

Autor we wstępie pracy pisze, że zamierza w niej „ustalić, czy sieci neuronowe pozwalają na trafne prognozowanie kursów walutowych oraz jaki rodzaj zmiennych pozwala na uzyskanie najbardziej trafnych prognoz” (s. 5). Tak skonstruowany cel główny rozprawy wskazuje, że podjęte w niej badanie ma co najmniej dwuwymiarowy charakter. Warto podkreślić, że w literaturze odnajdujemy coraz więcej prac na temat prognozowania stóp zwrotu instrumentów finansowych za pomocą metod uczenia maszynowego. Dotyczy to jednak głównie rynków akcji (Gu i in., 2020; Leippold i in., 2022; Tobek & Hronec, 2020) lub rynków obligacji (Bali i in., 2020; Bianchi i in., 2021), gdzie sieci neuronowe jako metoda prognozowania dają znacznie lepsze wyniki niż za pomocą regresji liniowej czy tradycyjnych narzędzi uczenia maszynowego. Badania takie na rynku walutowym wciąż są nieliczne i nie dają jednoznacznych rezultatów. Ponadto w badaniach tych czynnikiem branym pod uwagę w prognozach są zwykle historyczne notowania jednej pary walutowej. Poza tym nie zwraca się uwagi na to, jakie znaczenie dla jakości prognoz mają dane wejściowe użyte do zbudowania sieci neuronowych. Przez zbadanie mocy prognostycznej sieci dla różnych kursów walutowych, w oparciu o różne wskaźniki analizy technicznej, fundamentalnej oraz ich kombinację, do tego wykorzystując dane o różnej częstotliwości, Doktorant wypełnia istotną lukę badawczą, która powoduje, że jego badanie staje się złożone i zaawansowane.

Stwierdzam, że podejście Autora do problemu badawczego świadczy o Jego rzetelności i dociekliwości naukowej i sprawia, że **jej rozprawa ma wartość dodaną do nauki.**

## 2. Ocena merytoryczna pracy

### 2.1. Układ i konstrukcja pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska ma 347 strony, w tym wstęp, pięć rozdziałów, zakończenie, bibliografię, spisy rysunków, tabel i załączników oraz załączniki. Praca jest bardzo obszerna, tekst główny to 275 stron, bibliografia 15 stron, a załączniki aż 45 stron. Już pierwsze spojrzenie na spis treści pracy pozwala stwierdzić, że jest ona przygotowana w standardowym stylu, od ogółu do szczegółu – najpierw kilka rozdziałów wprowadzających i teoretycznych, a na końcu rozdział empiryczny, będący autorskim badaniem. W pierwszej chwili czytelnik może być przytłoczony tak dużą objętością pracy. Jednak w czasie czytania zaczyna doskonale rozumieć intencje Autora. Przedstawiał on kolejne zagadnienia tak, aby czytelnik zrozumiał teoretyczne tło Jego badania. Być może robi to również po to, aby opublikować pracę w formie zwartej – jeśli tak, to świetnie; jeśli nie, może warto, aby taką publikację rozważył. Chcę bowiem podkreślić, że **Doktorant ma bardzo duże umiejętności pisarskie** i wysoką kulturę języka polskiego, co jest bardzo ważnym argumentem za opublikowaniem pracy w języku polskim, nie tylko dla celów naukowych, ale i edukacyjnych. Dawno nie czytałam tak dobrze napisanej pracy awansowej, a w ostatnich latach miałam do czynienia głównie z pracami habilitacyjnymi, a nie doktorskimi, od których przecież wymaga się mniej.

**Treść recenzowanej pracy odpowiada jej tytułowi. Ogólna struktura pracy jest zrozumiała i podporządkowana wytyczonemu celowi badawczemu, co dowodzi umiejętności stawiania i rozwiązywania problemu badawczego przez Doktoranta.** Układ kolejnych rozdziałów jest logiczny i pozwala na weryfikację postawionych w pracy hipotez. Jedyne co bym poprawiła, to tytuł pracy. Po pierwsze, uprościłabym go do „Sieci neuronowe a trafność prognozowania kursów walutowych”. „Kursy na rynku walutowym” to niepotrzebne wydłużenie tytułu. Po drugie, zmieniałabym kolejność zagadnień w tytule na „Trafność prognozowania...” lub po prostu „Prognozowanie kursów walutowych za pomocą sieci neuronowych” – taki tytuł bardziej odpowiada celowi pracy. Sadzę też, że taki tytuł – w przypadku ewentualnej publikacji pracy w formie zwartej – cieszyłby się większą popularnością wśród czytelników. Autor adresuje swoją pracę do inwestorów (w zasadzie głównie indywidualnych). Przypuszczam, że większość z nich interesuje się bardziej kursami walutowymi niżli sieciami neuronowymi. Naturalnie, jest to sugestia do rozważenia przed publikacją pracy, nie umniejsza ona mojej pozytywnej oceny układu i konstrukcji pracy.

### 2.2. Cele badawcze, tezy i hipotezy badawcze

Przyjęta konstrukcja metodologiczna (cel główny i szczegółowe pracy, tezy badawcze, hipoteza główna i hipotezy szczegółowe, układ rozprawy) wiążą ze sobą warstwę poznawczą pracy – rozważania teoretyczne – z jej częścią empiryczną.

We wstępie Autor stawia przytoczone już dwa cele główne pracy, które są wsparte siedmioma celami szczegółowymi. Po zapoznaniu się z nimi, a także po przeczytaniu pracy stwierdzam, że:

- 1., 5., 6. i 7. cel szczegółowy zostały sformułowane poprawnie i osiągnięte przez Autora;
- 2. cel szczegółowy powinien obejmować nie tylko identyfikację, ale i klasyfikację oraz prezentację determinant zmienności kursów walutowych – to bowiem właśnie Autor czyni (podobnie rzecz ma się z trzecim celem szczegółowym);
- trudny (a nawet niemożliwy) do zrealizowania jest 4. cel szczegółowy, tj. ustalenie roli prognozowania oraz trafności prognoz kursów walutowych w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych. Moim zdaniem Autor tego zadania nie wykonał. Na początku pkt. 2.6. stwierdził jedynie, że prognozowanie kursów walutowych i jego skuteczność ma duże znaczenie dla podejmowania decyzji inwestycyjnych. Być może tak właśnie należałoby sformułować ten cel – byłoby to bezpieczniejsze i nie rodziło pytania, *w jaki sposób Autor ustalił rolę prognoz, i co ważniejsze, na czym ta rola polega*. Liczę na to, że Doktorant opowie mi o tym w trakcie obrony doktorskiej.

Po przedstawieniu celu głównego i szczegółowych we wstępie Autor stawia cztery tezy. Mam pytanie – *po co to robi? Jaka jest wartość dodana tych tez? Jaka jest ich rola w pracy?* Te tezy są dość oczywiste, nie trzeba ich uzasadniać, *czy to są założenia do jego badania i hipotez?* Pierwszy raz się z tym spotykam, więc chętnie wysłucham krótkiego komentarza na ten temat.

Hipoteza główna zakłada, że prognozy kursów walutowych wygenerowane za pomocą sieci neuronowych wykorzystujących jako zmienne wejściowe wskaźniki analizy technicznej, fundamentalnej i ich kombinację są na tyle trafne, że w ostatecznym rozrachunku dają zysk z inwestycji w waluty (w różnej częstotliwości czasowej). **Oceniam hipotezę główną jako dobrze sformułowaną i ambitną, pokazującą złożoność i wysoki stopień zaawansowania prowadzonego dyskursu. Hipoteza główna jest wsparta czterema logicznie sformułowanymi hipotezami szczegółowymi. Po zapoznaniu się z nimi czytelnik z ciekawością przechodzi do tekstu właściwego rozprawy.**

### 2.3. Szczegółowa ocena merytoryczna pracy

**Wstęp** zawiera wszystkie wymagane w pracy naukowej elementy: uzasadnienie wyboru tematu, cel pracy, hipotezę badawczą (główną i szczegółowe), zastosowane metody badawcze oraz charakterystykę każdego z rozdziałów i opis materiałów źródłowych. Uzasadnienie wyboru tematu mogłoby być poparte literaturą (choćby tą fundamentalną dla badanych zagadnień), szczególnie że Autor wykorzystał ją w późniejszych przeglądach literatury. Doceniam jednak dokładny opis przeprowadzonego w dysertacji badania empirycznego, które już na tym etapie ukazuje wkład Autora do nauk społecznych w dyscyplinie ekonomia i finanse.

**Rozdział pierwszy** rozprawy nosi tytuł „Zmienność kursów walutowych – ujęcie teoretyczne”. Ma on charakter wprowadzający i prezentuje przedmiot przeprowadzonego w dysertacji badania. Oceniam ten rozdział wysoko głównie z powodu:

- skrupulatnie zaprezentowanej klasyfikacji systemów i podsystemów kursowych wyszczególnionych przez różnych naukowców wraz z syntetycznie ukazującą ją Tabelą 2. Moim zdaniem tabela ta jest bardzo wartościowa. Nie tylko pokazuje umiejętność syntezy dokonań naukowych, ale i ma walor edukacyjny. Już na tym etapie czytelnik dostrzeże wysokiej jakości warsztat badawczy Doktoranta;
- czytelnie zaprezentowanych teorii odnoszących się do zmienności kursów walutowych;
- ciekawie zaprezentowanej ewolucji systemów walutowych na świecie i w Polsce wraz z wartościowymi tabelami 3, i 4 (choć należy zauważyć, że w Tabeli 3 Wenezuela powinna znaleźć się w Ameryce Południowej, a nie Australii i Oceanii).

**Rozdział drugi** zatytułowany „Czynniki wpływające na zmienność kursów na rynku walutowym” jest bardzo obszerny. Po lekturze tego rozdziału stwierdzam, że duża objętość rozdziału niekorzystnie wpłynęła na jego odbiór. W szczególności zgłaszam następujące uwagi i sugestie:

1. Dla zachowania prostoty w przekazie poprawiałbym tytuł rozdziału na „Determinanty (lub czynniki determinujące/ wpływające na) zmienności kursów walutowych”.
2. Uwzględniając obecne tytuły punktów, można by podzielić rozdział na dwa rozdziały, tj. rozdział dotyczący charakterystyki rynku walutowego na świecie i determinant jego rozwoju oraz rozdział nt. zachowania inwestorów na rynku walutowym. Jeśli jednak chce zachować rozważania w jednym rozdziale (argumentem za jest treść rozdziału, która dotyczy niemal w całości różnych determinant zmienności kursów walutowych), warto poprawić jego strukturę. Odnajduję w rozdziale cztery główne punkty:
  - charakterystykę rynku walutowego na świecie (pkt. 2.1.),
  - determinanty ekonomiczne zmienności kursów walutowych (pkt. 2.2.),
  - determinanty pozaekonomiczne zmienności kursów walutowych (pkt. 2.3.),
  - determinanty psychologiczne zmienności kursów walutowych (pkt. 2.5.), przy tym jego tytuł to „determinanty podejmowania decyzji na rynku walutowym”.

Oprócz nich w rozdziale jest punkt 2.4. z klasyfikacją inwestorów i opisem etapów podejmowania przez nich decyzji inwestycyjnych oraz ostatni punkt 2.6. nt. znaczenia prognoz kursów walutowych dla procesu decyzyjnego na tym rynku, który ma – moim zdaniem – wprowadzać do dalszych rozważań. Moim zdaniem punkt 2.4. można by z powodzeniem włączyć do punktu nt. determinant psychologicznych, bo to właśnie zachowania inwestorów na tym rynku on dotyczy (można by niektóre części skrócić, szczególnie tam, gdzie nie dotyczą meritum sprawy, np. czy w pracy o międzynarodowym rynku walutowym potrzebne są rysunki 17 i 18 dotyczące polskich inwestorów indywidualnych?). Dane dotyczące transakcji walutowych z podziałem na inwestorów indywidualnych i instytucjonalnych z powodzeniem mogłyby trafić do pkt. 2.1. Z kolei pkt. 2.6. powinien znaleźć się na końcu rozdziału trzeciego, gdzie jest mowa o trafności prognozowania kursów walutowych; z wcześniejszą zawartością rozdziału drugiego ten punkt ma on mało wspólnego.

3. Pkt. 2.1. ma charakter wprowadzający i poznawczy. Na jego końcu Autor pisze, że „na decyzje podmiotów o zakupie lub sprzedaży waluty danego kraju w głównej mierze wpływają 3 czynniki odzwierciedlające bieżący stan gospodarki: wielkość zmian PKB, różnice w cenach oraz poziom zmian stóp procentowych” (s. 48) – zatem czynniki fundamentalne. W tym miejscu rodzą się pytania: *czy na pewno tak jest – szczególnie jeśli spojrzeć na wyniki badań ukazane w rozdziale 3 w tabeli 19? Jeśli jednak tak, to czy hipoteza nt. wpływu czynników fundamentalnych na prognozy kursów walutowych nie powinna mieć nadrzędnego charakteru w stosunku do czynników technicznych? Dlaczego Autor nie odniósł się do tego w dyskusji wyników jego badań?* Oczekuję, że wyjaśni On to w trakcie obrony.
4. Dalej oprócz wymienionych 3 czynników na rysunku 10 Doktorant klasyfikuje te i inne determinanty zmienności kursów walutowych. Rysunek ten jest jego opracowaniem własnym, będącym efektem kwerendy literaturowej. Podjęcie próby klasyfikacji czynników determinujących zmienność kursu walutowego oceniam wysoko, jednak muszę stwierdzić, że próba ta jest nieudana i chyba nie do końca przemyślana. Według mnie klasyfikacja zawarta na tym rysunku to najśłabsza część recenzowanej pracy. Zgadzam się z Autorem, że determinanty można podzielić na ekonomiczne i pozaekonomiczne. Jednak te pierwsze warto byłoby podzielić na mikro i makroekonomiczne, a te drugie na polityczne, psychologiczne i ewentualnie inne). Przy tym, warto skorzystać z zawartości tabeli 16 i 21, gdzie również te determinanty występują, a nawet nałożyć na siebie rysunki 10 i 16 – taka klasyfikacja miałaby charakter i autorski i pionierski i cechowałaby się dużą wartością dodaną do nauki. Poza tym: *Czy na pewno polityka kursowa BC to czynnik pozaekonomiczny? A płynność i mikrostruktura rynku też?* Zachęcam Autora do ponownego przemyślenia tego rysunku i jego poprawy. Liczę na dyskusję w tym zakresie na obronie.
5. W części teoretycznej dotyczącej czynników behawioralnych bardziej niż do teorii portfela Markowitza, teorii arbitrażu cenowego czy modeli wyceny aktywów kapitałowych warto byłoby nawiązać do hipotezy rynku efektywnego Fama (1970) i jego braku na różnych segmentach rynków finansowych, co pozwala na prognozowanie stóp zwrotu z instrumentów finansowych, a co właśnie wynika z nieracjonalnego zachowania inwestorów, w tym głównie indywidualnych. Tego elementu zabrakło w rozważaniach punktu 2.5.

Bezsprzecznie **główną zaletą tego rozdziału jest szczegółowa i poparta literaturą prezentacja i ocena determinant zmienności kursów walutowych, a także jej syntetyczne ujęcie w tabelach podsumowujących nr 6, 7, 8 i 10.** Z tego powodu oceniam rozdział pozytywnie. Poznanie i zrozumienie tych determinant jest kluczowe dla interpretowania wyników osiąganych i prognozowanych stóp zwrotu ze strategii inwestycyjnych na tym rynku. Stąd umieszczenie tego rozdziału w tym miejscu uznaję za jak najbardziej konieczne i przydatne. Jego wartość dodana byłaby jednak większa, gdyby udało się poprawić klasyfikację tych determinant.

**Rozdział trzeci** jest zatytułowany „Klasyczne metody prognozowania kursów na rynku walutowym” (znowu szkoda, że nie po prostu „kursów walutowych”). To **dobrze zaprezentowany przegląd literatury** na temat analizy fundamentalnej i technicznej wykorzystywanej do prognozowania kursu walutowego. Autor wykorzystał ten przegląd do szczegółowej charakterystyki wskaźników fundamentalnych i technicznych oraz do zaprezentowania wyników badań nad ich stosowaniem jako metody prognozowania kursów walutowych. I tym razem nie zawiodł czytelnika, prezentując syntezę tego przeglądu w tabeli 19. Ważną częścią tego rozdziału jest też przedstawienie innych metod prognozowania zmian kursów walutowych. W części dotyczącej analizy technicznej zastanowiłabym się nad innym podziałem wskaźników technicznych niż zaproponowany, a do oscylatorów dodałabym też popularny MACD. To jednak nie umniejsza mojej **wysokiej oceny tego rozdziału**. Zaprezentowane zagadnienia opatrzone są zwięzłym i wystarczającym komentarzem na temat nieskuteczności opisanych metod w prognozowaniu kursów walutowych i konieczności poszukiwania innych rozwiązań. Tym samym Doktorant płynnie przechodzi do sieci neuronowych jako lepszego sposobu na przygotowanie prognoz kursów walutowych niż metody opisane w rozdziale.

W **rozdziale czwartym** pt. „Sieci neuronowe jako metoda prognozowania kursów na rynku walutowym” w sposób zwięzły i przyjazny czytelnikowi Autor wyjaśnia istotę pojęcia, metody budowy i rodzaje sieci neuronowych. Następnie pochyla się nad charakterystyką i oceną danych branych pod uwagę w badaniach jako wejściowe do sieci neuronowych. W dalszej kolejności zaś prezentuje wyniki wczesnych i późniejszych badań dotyczących ich zastosowania i przydatności w prognozowaniu kursów walutowych. W tej części zastanawia podział badań z zakresu prognozowania kursów walutowych za pomocą sieci neuronowych na pięcioletnie okresy – *dlaczego Autor je wyróżnił? Czy w ten sposób chciał pokazać ewolucję tych badań?* Jeśli tak, warto by o tym napisać, a samą Tabelę 22 uzupełnić o więcej szczegółów dotyczących danych badań (tzn. jakie rodzaje sieci wykorzystywali poszczególni badacze oraz jakie wyniki osiągnęli), a nawet zacytować więcej (i nowszych) badań (Islam & Hossain, 2021; Panda i in., 2021).

W tym rozdziale Doktorant przygotowuje grunt merytoryczny do przeprowadzenia badania empirycznego w rozdziale piątym. Tok myślenia, sposób pisania i prezentacji oraz wnioski własne na temat danych wejściowych do sieci przydatnych do prognozowania zmienności kursów walutowych podsumowane w Tabeli 23 oraz analiza tych badań zawarta w pkt. 4.7 dają podstawy do **wyróżniającej oceny merytorycznej tego rozdziału**. Uważam, że rozdział ten jest bardzo mocną stroną pracy. Sieci neuronowe nie są łatwym tematem do prezentacji, a Autor przedstawił je w sposób, który zrozumie nawet laik. Można by oczywiście przeprowadzoną analizę uzupełnić o analizę rodzajów stosowanych sieci neuronowych. Wyniki takiej analizy byłyby ewentualnym argumentem za zastosowaniem tej, a nie innej sieci do badania przeprowadzonego w rozdziale 5. Jednak nie sam rodzaj sieci, a rodzaj danych wejściowych do niej ma znaczenie dla celu recenzowanej pracy, stąd – moim zdaniem – ten wątek

w rozdziale został pominięty. Sądzę jednak, że mógłby zostać uzupełniony przed ewentualną publikacją pracy Autora.

Integralną częścią pracy jest **rozdział piąty**, w którym Doktorant dokonuje „Prognozowania kursów walutowych za pomocą sieci neuronowych wykorzystujących różne rodzaje danych wejściowych”. Chcę podkreślić, że rozdział ten jest **najmocniejszą stroną pracy i to on decyduje o jej wyróżnieniu**. Badanie przeprowadzone przez Autora okazuje się być nie dwu, a wielowątkowe. Bada on nie jedną, a sześć par walutowych, korzysta z danych zebranych nie w jednym, a w czterech interwałach czasowych, korzysta nie z jednego, a z dwóch rodzajów danych wejściowych, które dodatkowo w ostatnim etapie badania łączy, i wreszcie stosuje nie jedną, a dwie strategie inwestycyjne. Każdy badacz wyobrazi sobie masę pracy, jaką Autor włożył w zebranie i obróbkę danych służących do badania. Już za to należy mu się wyróżnienie. Umiejętne, dokładne, a przez to wyróżniające jest też przeprowadzenie czytelnika krok po kroku przez kolejne etapy Jego badania, tłumacząc przystępnie w punkcie 5.1. i 5.2., co i dlaczego zbadał. Następnie szczegółowo w tekście rozdziału piątego i w aneksie przedstawia i interpretuje wyniki przeprowadzonego badania.

Mam następujące spostrzeżenia do badania i tego rozdziału:

1. Szkoda, że Autor zastosował jeden rodzaj sieci neuronowych, tj. MLP. Moim zdaniem, sieć została dobrze dobrana do badania. MLP jest chyba najbardziej standardową siecią stosowaną w przypadku inwestycji finansowych. Sama też z niej korzystam. Jednak sieć ta nie dała mu zadowalających rezultatów. W ekonomii i finansach „brak dobrego wyniku to też wynik”. Jednak, aby badanie mogło być opublikowane w czasopiśmie wysokopunktowanym, powinno pokazać, że dane narzędzie działa lub jest lepsze niż inne narzędzie(a). Być może zastosowanie/porównanie do sieci rekurencyjnej okazałoby się lepszym rozwiązaniem (nie wspominam o sieciach głębokiego uczenia, bo to inny poziom badania). W tej pracy doktorskiej badanie już zostało zakończone. Zatem warto o tym pomyśleć na przyszłość.
2. Wśród zmiennych wejściowych o charakterze fundamentalnym wybranych do budowy docelowych sieci neuronowych znalazły się w ogromnej większości surowce. *Co mogło to spowodować? Jak to się ma do innych badań, gdzie zmiennymi tymi są głównie dane z rynku USA? Czy właśnie rodzaj fundamentalnych zmiennych wejściowych mógł wpłynąć na otrzymany przez Autora wynik? Chciałabym go prosić na obronie o komentarz w tej kwestii.*
3. Uważam za wartościowe to, że Autor ocenia otrzymane wyniki nie tylko łącznie, ale i szczegółowo. Jego wyniki cząstkowe w stosunku do niektórych walut są dla różnych danych wejściowych, w niektórych interwałach i w jednej ze strategii zadowalające. Stąd przy ewentualnej publikacji proponuję mu, aby właśnie na tych wynikach się koncentrował (a nie na wyniku łącznym). Przecież w rzeczywistości mało kto buduje portfel inwestycyjny złożony z sześciu walut i do tego stosuje obie strategie, dwa rodzaje danych wejściowych i do tego w różnych interwałach czasowych.

4. Do tabeli 64 dodałabym rodzaj wykorzystywanych przed danego badacza sieci i to wyniki szczegółowe porównywałabym do wyników otrzymanych tu badań.
5. Zauważam, doceniam i pochwalam dyskusję dotyczącą otrzymanych wyników z wynikami osiągniętymi przez innych badaczy. To standard w najlepszych czasopismach. Świadczy on o dojrzałości Doktoranta do prowadzenia jeszcze bardziej złożonych i zaawansowanych badań naukowych.

W **zakończeniu** rozprawy Doktorant przedstawił streszczenie struktury rozprawy oraz zawarł syntezę najważniejszych wyników i podsumowanie dysertacji. Pracę uzupełnia bardzo obszerny **aneks**, w którym Autor prezentuje szczegółowe obliczenia. Chętnie się z nim zapoznałam, i pochwalam jego dołączenie, ponieważ pokazuje on, jak dużo pracy włożył w badanie Doktorant i jak umiejętnie podsumowuje te wyniki. Sądzę jednak, że gdyby zdecydował się na publikację pracy (niezależnie od formy, czy zwartej, czy artykułowej), powinien pominąć aneks (dla oszczędności papieru i pieniędzy na druk), a jedynie zaznaczyć w treści wstępu, że szczegółowe wyniki mogą zostać udostępnione przez niego dla zainteresowanych via email lub link w bibliotece danych i wyników.

Reasumując, na podstawie przeprowadzonej oceny merytorycznej rozprawy uważam, że jej cel główny, jakim było „ustalenie, czy sieci neuronowe pozwalają na trafne prognozowanie kursów walutowych oraz jaki rodzaj zmiennych pozwala na uzyskanie najbardziej trafnych prognoz”, został zrealizowany.

### **3. Ocena strony formalnej pracy**

Strona formalna pracy zasługuje na wyróżnienie. Stwierdzam błędy językowe, głównie językowe i interpunkcyjne, których liczba jest naprawdę niewielka, co – podkreślę – nie jest wcale tak oczywiste w pracach młodych naukowców. Na przyszłość sugerowałabym poprawę następujących pojęć:

- R1, s. 18 – „nadwartowość” i „podwartowość”, to są słowa niewystępujące w słowniku języka polskiego; przeszacowanie i niedoszacowanie waluty w zupełności wystarczą i są logiczne; czytelnik szybko je zrozumie i zapamięta;
- R2, s. 67 – „sterylizowane” i „niesterylizowane” interwencje walutowe – pojęcie to nic nie mówi czytelnikowi, z resztą sterylizacja bynajmniej nie kojarzy się (nawet profesjonalnemu inwestorowi) z interwencjami walutowymi. Nazwałabym je po prostu interwencjami neutralizującymi i nieneutralizującymi wartość transakcji walutowych.

Rysunki, tabele i wykresy w sposób jak najbardziej czytelny ilustrują prezentowane treści. Są opisane tytułami i posiadają źródła.

W bibliografii zamieszczonej w rozprawie znajduje się 293 pozycji zwartych i artykułowych oraz 25 innych materiałów źródłowych, z których znaczna liczba to prace obcojęzyczne (głównie anglojęzyczne, ale i prace w j. francuskim czy niemieckim). Wykaz bibliograficzny jest skonstruowany poprawnie. Autor dopilnował zgodności lat wydania, numerów stron przy pozycjach artykułowych, w pełni opisał też pozycje bibliograficzne (wydawnictwo, miasto).



Wykazane w bibliografii pozycje były podane jako źródła w tekście rozprawy. Z punktu widzenia merytorycznego na pochwałę zasługuje też to, że Autor odniósł się w pracy do pionierskich i aktualnych pozycji bibliograficznych dotyczących prezentowanej problematyki, które można znaleźć w literaturze światowej. Zauważam jednak, że cytowane pozycje mają różną wartość punktową – są wśród nich prace za 200 pkt ministerialnych i z wysokim impact factor (np. publikowane w *JoFinance*, *American Economic Review* czy *JoEconometrics*), ale są też i takie z niską punktacją lub bez punktów, np. *Economic notes*, czy *Era Energii*. Z doświadczenia i obserwacji wiem, że problematyka podjęta w pracy (tak kursy walutowe, jak i metody uczenia maszynowego) nie cieszy się powodzeniem wśród redaktorów najlepszych czasopism z finansów na świecie, stąd nie łatwo znaleźć w tych czasopismach artykuły na ten temat. Jednak na przyszłość, aby dochować najwyższych standardów pisarskich, zachęcam Doktoranta do wspierania swoich badań przede wszystkim wysokopunktowanymi publikacjami (nawet z zarządzania, gdzie o takie publikacje łatwiej). Będzie miał wtedy znaczne większe szanse na przychylność redaktorów czytających wstęp lub przegląd literatury w jego artykułach.

#### **4. Ocena ogólna i konkluzja**

Podjęty w recenzowanej rozprawie problem badawczy jest interesujący i ważny zarówno pod względem naukowym, jak i aplikacyjnym. Należy podkreślić wyróżniającą się znajomość Doktoranta problematyki teorii i praktyki kursów walutowych i sieci neuronowych.

Do najważniejszych atutów pracy zaliczam:

1. bardzo przejrzyste i zrozumiałe zaprezentowane zagadnienia teoretyczne, w tym przegląd literatury dotyczącej kursów walutowych i sieci neuronowych, pokazujące skrupulatność i dociekliwość badawczą oraz talent pisarski Doktoranta;
2. wielowymiarowe badanie empiryczne przygotowane, opisane i przeprowadzone przez Doktoranta, które wyróżniająco udokumentował pod względem statystycznym, a także przedyskutował i porównał do dotychczasowych osiągnięć w tym obszarze, czym pokazał swój talent badawczy;
3. liczne tabele własne podsumowujące lub syntetycznie będące wizualnym wsparciem dla prezentowanych zagadnień, które mają wartość nie tylko naukową, ale i edukacyjną.

Uważam, że Doktorant wykazał się w pracy ponadprzeciętnym warsztatem badawczym i ma potencjał do jego dalszego rozwoju.

Za mankament pracy uznaję rozważania syntetycznie zaprezentowane na rysunku 10, w ramach których Autor dokonuje nie dość przemyślanej klasyfikacji determinant zmienności kursów walutowych. Pewnym niedociągnięciem jest też opieranie się głównie na wnioskach ogólnych, a nie podkreślanie wniosków szczegółowych, które są przecież wartościowe, zarówno dla naukowców, jak i praktyków rynku walutowego. Praca jeszcze bardziej zyskałaby na wartości, gdyby Autor skomentował wyniki cząstkowe i poszukał ich wytłumaczenia. Szkoda też, że Autor zastosował jeden rodzaj sieci neuronowych. Nie daje to pola do porównania i

wyciągania bardziej ogólnych wniosków na temat przydatności sieci neuronowych do prognozowania kursów walutowych. Jednak rozumiem i dostrzegam, że Doktorant wykonał potężną pracę i wykonywanie jej dla kolejnego rodzaju sieci (w lub poza próbą) zarówno wydłużyłoby proces przygotowania pracy, jak i zwiększyłoby jeszcze jej objętość. Wówczas skończylibyśmy na ocenie pracy habilitacyjnej, a nie doktorskiej.

Reasumując, zważywszy na całość zawartych w rozprawie rozważań, stwierdzam, że **recenzowana rozprawa spełnia wymogi merytoryczne i formalne stawiane rozprawom doktorskim** w Ustawie z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 poz. 1789) i **zgłaszam wniosek o dopuszczenia jej do publicznej obrony**. Poza tym, ze względu na liczne wskazane zalety, uważam, że **recenzowana rozprawa doktorska zasługuje na wyróżnienie, dlatego wnioskuję o nie do Komitetu Naukowego Dyscypliny Ekonomii i Finanse**.



Signed by / Podpisano przez:

Katarzyna Izabela Perez  
Uniwersytet Ekonomiczny w  
Poznaniu

Date / Data: 2022-08-18 15:22

#### Literatura

- Bali, T. G., Goyal, A., Huang, D., Jiang, F., & Wen, Q. (2020). The Cross-Sectional Pricing of Corporate Bonds Using Big Data and Machine Learning. *SSRN Electronic Journal*.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3686164>
- Bianchi, D., Büchner, M., & Tamoni, A. (2021). Bond Risk Premiums with Machine Learning. *The Review of Financial Studies*, 34(2), 1046–1089. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa062>
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383. <https://doi.org/10.2307/2325486>
- Gu, S., Kelly, B., & Xiu, D. (2020). Empirical Asset Pricing via Machine Learning. *Review of Financial Studies*, 33(5), 2223–2273. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa009>
- Islam, M. S., & Hossain, E. (2021). Foreign exchange currency rate prediction using a GRU-LSTM hybrid network. *Soft Computing Letters*, 3, 100009.  
<https://doi.org/10.1016/j.socl.2020.100009>
- Leippold, M., Wang, Q., & Zhou, W. (2022). Machine-Learning in the Chinese Factor Zoo. *Journal of Financial Economics*, 145(2), 64–82.  
<https://doi.org/10.1016/J.JFINECO.2021.08.017>
- Panda, M. M., Panda, S. N., & Pattnaik, P. K. (2021). Multi currency exchange rate prediction using convolutional neural network. *Materials Today: Proceedings*.  
<https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.11.317>
- Tobek, O., & Hronec, M. (2020). Does it pay to follow anomalies research? Machine learning approach with international evidence. *Journal of Financial Markets*, 100588.  
<https://doi.org/10.1016/j.finmar.2020.100588>