

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 mgr inż. Jarosława Malczewskiego  
„Modele i algorytmy głębokiego uczenia  
w analizie szeregów czasowych cen mleka w proszku”,  
napisanej pod kierunkiem dra hab. Zbigniewa Krysiaka, prof. SGH  
w Federacji Naukowej WSB-DSW Merito**

### **I. Formalne podstawy wykonania recenzji**

Formalną podstawę napisania niniejszej recenzji stanowi pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Ekonomia i Finanse Federacji Naukowej WSB-DSW Merito prof. dr hab. Wiesławy Przybylskiej-Kapuścińskiej, z dnia 17.01.2024 r., informujące o powierzeniu mi roli recenzenta.

### **II. Ocena pracy**

Recenzowana praca poświęcona jest zbadaniu przydatności wybranych technik opartych o sieci neuronowe do prognozowania szeregów czasowych cen mleka w proszku. W szczególności, podjęto próbę zaproponowania autorskiego podejścia, będącego połączeniem konwolucyjnych sieci neuronowych z metodą eliminacji szumu próbkowania oszczędnego.

Sieci neuronowe są jednym z najważniejszych i najczęściej stosowanych narzędzi uczenia maszynowego. 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.





**Tytuł pracy:** „Modele i algorytmy głębokiego uczenia w analizie szeregów czasowych cen mleka w proszku” został sformułowany poprawnie, choć można mieć zastrzeżenia do użytego słowa „analiza”. W istocie, w pracy podjęta jest kwestia wyłącznie prognozowania, czyli zagadnienia dużo węższego niż analiza. Można też polemizować, czy „modele” i „algorytmy” nie są w kontekście recenzowanej pracy synonimami i, w związku z tym, czy oba powinny się znaleźć w tytule. Moim zdaniem, właściwym tytułem pracy powinno być „Modele głębokiego uczenia w prognozowaniu szeregów czasowych cen mleka w proszku”.

We Wstępie poprawnie określono **cel pracy**, którym jest „zaprojektowanie oraz implementacja autorskiego algorytmu predykcji cen odtłuszczonego mleka w proszku. Skonstruowany algorytm numeryczny ma ponadto zostać poddany rygorystycznym testom ilościowym w celu wykazania jego przewagi nad konkurencyjnymi rozwiązaniami”. Nie rozumiem natomiast, dlaczego w późniejszych częściach pracy Autor zmienia podany we Wstępie cel, pisząc iż: „Głównym celem pracy jest dowiedzenie jednej z tez pracy mówiącej o wykorzystaniu głębokich sieci neuronowych w systemach predykcji szeregów czasowych cen mleka w proszku.” (s. 93) oraz „Celem niniejszej pracy jest przedstawienie metodologii uczenia splotowych sieci neuronowych wektorami danych odsumianych przy użyciu protokołu rekonstrukcji sygnałów rzadkich próbkowania oszczędnego.” (s. 125).

W odniesieniu do sformułowanych **hipotez badawczych**, należy zwrócić uwagę na następujące zastrzeżenia:

- Hipoteza (a): „Algorytmy sztucznej inteligencji są właściwym narzędziem służącym do konstrukcji i implementacji przewyższających rozwiązania konkurencyjne systemów prognozowania cen odtłuszczonego mleka w proszku.” Hipoteza ta nie jest precyzyjnie sformułowana. Algorytmy sztucznej inteligencji są narzędziem prognozowania. Nie wiem, co miałyby oznaczać, że są narzędziem konstrukcji a tym bardziej implementacji cokolwiek.
- Z kolei hipotezy (c) i (d) są zbyt szczegółowe i zbyt proste, aby móc stanowić wartościową hipotezę badawczą pracy doktorskiej. Ich weryfikacja jest banalna, gdyż sprowadza się do zastosowania odpowiedniego testu statystycznego, np. ADF lub KPSS. Należy również zwrócić uwagę, że w swojej pracy Autor nie przedstawił wyników takiego testu, choć na str. 147 twierdzi, że je stosował. Co więcej, w tym fragmencie Autor odwołuje się do hipotezy czwartej i piątej (choć we Wstępie przedstawia cztery hipotezy), trudno więc zorientować się, co tak naprawdę Autor poddał badaniu. Mogę się jedynie domyślać, że zweryfikował hipotezę (c).

Zastrzeżenia mam również do sformułowanych **celów szczegółowych** (a) oraz (e):

- Cel (a): „Identyfikacja czynników wpływu na zmienność cen odtłuszczonego mleka w proszku”. Czym innym w ekonometrii jest modelowanie zmienności (mierzonej, np.





kwadratem dziennej stopy zwrotu cen), a czym innym – modelowanie cen (czym w swojej pracy zajmuje się Autor). Dodam również, że wbrew deklaracji Autor nie przeprowadził badań zmierzających do identyfikacji jakichkolwiek „czynników wpływu” modelowanych procesów.

- Cel (e): „Optymalizacja algorytmów sztucznej inteligencji poprzez zastosowanie metod głębokiego uczenia”. Metody głębokiego uczenia są szczególnym rodzajem właśnie algorytmów sztucznej inteligencji. Tak sformułowany cel może więc rodzić wątpliwość, że dokonana zostanie próba zastosowania pewnej metody do optymalizacji samej siebie. Należałoby więc jasno określić, jakie konkretnie algorytmy sztucznej inteligencji poddawane są w pracy optymalizacji. Warto by było również doprecyzować, o jaką „optymalizację” chodzi (tzn. jakie kryterium optymalizacji ma się na myśli).

We Wstępie Autor formułuje również **pytania szczegółowe**, spośród których rodzi wątpliwość sformułowanie pytania (a): „Czy istnieje możliwość predykcji cen produktów mleczarskich przy użyciu optymalnych algorytmów sztucznej inteligencji?” Jak rozumiem, Autor miał na myśli „Czy istnieje możliwość efektywnej/trafnej predykcji (...)”, bo prognozować można wszystko, wątpliwość może dotyczyć jedynie jakości wyznaczonych prognoz. Wątpliwość budzi również określenie „optymalnych algorytmów”. Optymalnych z punktu widzenia jakiego kryterium? Ponadto, do zrealizowania tego celu Autor powinien wykorzystać algorytmy, o których wiadomo, że są optymalne. Czy jest to w ogóle możliwe?

Recenzowana praca została podzielona na dwa rozdziały i zawiera dodatkowo: wstęp, streszczenie (które powinno nazywać się Zakończeniem), spis literatury oraz wykaz ilustracji i tabel. Praca liczy 197 stron.

W pierwszym rozdziale zaprezentowano wybrane metody analizy ekonomicznych szeregów czasowych, w tym modele statystyczne oraz sztuczne sieci neuronowe. W drugim rozdziale przedstawiono proponowane podejście do prognozowania cen odtłuszczonego mleka proszku – stanowiące połączenie konwolucyjnych sieci neuronowych z metodą eliminacji szumu próbkowania oszczędnego. Przedstawiono w nim także wyniki badań empirycznych polegających na zastosowaniu proponowanego podejścia do analizy rzeczywistych notowań cen odtłuszczonego mleka proszku.

Oceniana praca jest bardzo źle napisana. Mam liczne zarzuty dotyczące jej zawartości merytorycznej, układu treści oraz strony formalnej.





Moje główne zarzuty są następujące:

**1) Autor nie scharakteryzował przedmiotu badania, tj. rynku mleka w proszku.**

Istotą pracy z zakresu ekonomii i finansów powinno być podjęcie pewnego problemu badawczego w tej dyscyplinie wiedzy. Zgodnie z tytułem i deklaracjami we Wstępie, obszarem badawczym recenzowanej pracy jest rynek odtłuszczonego mleka w proszku, a przedmiotem badania – ceny odtłuszczonego mleka w proszku. Tymczasem Autor w swojej pracy nie zamieścił rozdziału, w którym ten rynek zostałby opisany, a z dokonanej charakterystyki wynikałaby potrzeba przeprowadzenia takich a nie innych badań. Nieumieszczenie w pracy doktorskiej z zakresu ekonomii i finansów takich treści jest niedopuszczalne. Kuriozalne jest, że Autor we Wstępie twierdzi, że jego praca składa się z trzech rozdziałów i właśnie w rozdziale pierwszym (w rzeczywistości nieistniejącym) „przedstawiono problematykę rynku w gospodarce” (str. 9). To samo twierdzi na str. 7: „Zakres pracy obejmuje zarówno wprowadzenie teoretyczne dotyczące charakterystyki produkcji, rynku i przetwórstwa mleka, jak też uwarunkowań ekonomicznych stanowiących podłoże dużej zmienności dynamicznej oraz nieregularności szeregów czasowych cen mleka w proszku (...)” oraz na str. 162: „Pierwszą część pracy poświęcono analizie teoretycznej istoty i uwarunkowania kształtowania cen na rynku mleka.” Można więc przypuszczać, że Autor zdawał sobie sprawę, że taki rozdział jest niezbędny i prawdopodobnie planował go zamieścić. Tak się jednak nie stało i twierdzenie Autora, że jest inaczej musi budzić najwyższe zdumienie.

**2) Istnieją fragmenty pracy, które noszą wyraźne znamiona plagiatu.**

Pierwszym z nich jest tekst na stronach 112-124, który – mimo pewnych zmian w sformułowaniu zdań – stanowi niemal identyczną kopię artykułu: Klamra, M. Podstawowe idee próbkowania oszczędnego. *Czasopismo Techniczne Technical Transactions*, 2012, 18(109). Publikacja ta została wymieniona w spisie literatury, natomiast nie została wskazana w treści pracy, jako źródło z którego pochodzi treść na wskazanych stronach.

Drugim jest Wstęp – a zwłaszcza jego dwie pierwsze strony. Z niewiadomych dla mnie powodów Autor zdecydował się już na pierwszej stronie Wstępu podsumować wyniki badań otrzymanych w pracy. Ku mojemu wielkiemu zdziwieniu z treści Wstępu wynika, że Autor nie badał w niej cen odtłuszczonego mleka w proszku a ceny akcji! Nie wiem skąd Autor zaczerpnął przedstawione wyniki, ale – wbrew deklaracji – nie pochodzą z jego pracy doktorskiej. Również część modeli wymieniona we Wstępie jako narzędzia, które jakoby zostały wykorzystane w przeprowadzonym badaniu (np. GRU/TCN, ARCH), w istocie nie były



w nim stosowane. Ponadto, w dalszej części pracy znajdują się fragmenty, w których Autor „myli się”, co do tematyki i zakresu swojej pracy doktorskiej, np.:

- s. 56: „Niniejsza praca dotyczy wykorzystania modelu Autoregresji z Wejściami Egzogenicznymi (ARX) do identyfikacji i analizy sekwencji obserwacji danego procesu technologicznego.”
- s. 126: „Dane dotyczące cen OMP oraz dane trendów Google mogą być traktowane jako dane wejściowe dla rekurencyjnych sieci neuronowych (RNN).”
- s. 161: „Połączenie analizy technicznej, sztucznych sieci neuronowych pozwoliły na osiągnięcie dokładniejszej predykcji od wcześniej stosowanych metod obliczeniowych”.
- s. 162: „Tematem dalszej części pracy są aspekty związane z produkcją, przetwórstwem oraz handlem krajowym i międzynarodowym.”
- s. 164: „Wykazano również, że (...) konieczne było zastosowania odmiennych mechanizmów opisujących dynamikę zmian oraz pozwalających na wiarygodne wyznaczenie przyszłych wartości, na podstawie przeszłych wartości z uwzględnieniem dotychczas pomijanych, zewnętrznych czynników wpływu.”

Nie widzę innego racjonalnego wytłumaczenia powodów tego stanu rzeczy, jak to, że fragmenty te zostały przekopiowane z innych opracowań.

Takie samo skojarzenie nasuwa się, gdy Autor pisze o swoim tekście, jako o artykule, np. „Artykuł ten ma na celu (...)” (s. 17, 21).

Jednocześnie daje się zauważyć, że pewne części pracy są napisane lepiej (np. rozdziały 1.4-1.5 oraz rozdz. 2) a inne dużo gorzej (np. podrozdziały 1.1-1.3). Trudno mi racjonalnie wyjaśnić przyczynę, dlaczego jeden autor mógłby tak zasadniczo zmienić styl i jakość pisanego przez siebie tekstu.

### **3) Treść w wielu wypadkach nie stanowi spójnej i logicznej całości, podporządkowanej realizacji zamierzonych celów. Nieczytelna struktura pracy.**

Generalnie, większość pracy sprawia wrażenie, jakby była efektem nieprzemyślanego połączenia fragmentów tekstów z różnych źródeł, przez co nie stanowi spójnej i logicznej całości. Kolejne akapity, a często nawet kolejne zdania, nie łączą się sensownie ze sobą i nie widać w nich myśli przewodniej. Istnieje wiele powtórzeń – te same stwierdzenia pojawiają się w różnych miejscach pracy, przykładowo, w paru miejscach można znaleźć definicję tego samego pojęcia (np. autoregresji), te same wzory (np. miary trafności prognoz) czy opis działania sieci neuronowych.

Pomijając fakt, że w pracy brakuje kluczowego rozdziału poświęconego kontekstowi ekonomicznemu, dokonany podział treści w obu istniejących w pracy rozdziałach, co do założenia, jest logiczny – w pierwszym rozdziale przedstawione są narzędzia badawcze a w





drugim – proponowany algorytm oraz wyniki badań empirycznych. Można dyskutować, czy proponowany algorytm powinien się znajdować w rozdziale empirycznym, czy nie lepiej byłoby go przenieść do wcześniejszego rozdziału metodologicznego albo poświęcić mu osobny rozdział.

Niestety, wczytując się w treść obu rozdziałów, można zauważyć brak przekonującej struktury treści w ich obrębie. Przykładowo, w przypadku rozdziału pierwszego już w podrozdziale 1.1 niepotrzebnie pojawiają się informacje o sztucznych sieciach neuronowych, którym poświęcony jest przecież podrozdział 1.4. Generalnie nie wiadomo też, po co Autor tak dużo pisze o dekompozycji szeregów czasowych na trend oraz składnik sezonowy i cykliczny, skoro w swoim badaniu tej dekompozycji nie wykorzystuje. Nieczytelny jest w moim odczuciu podział podrozdziałów 1.2 i 1.3 na podrozdziały niższego rzędu. Ponadto, zupełnie niepotrzebne jest umieszczenie w podrozdziałach 1.3.8, 1.3.10 wyników badań dotyczących kursów walutowych, czyli – niezwiązanych z tematyką pracy. Wątpliwości budzi też treść przedstawionej w podrozdziale 1.5 kwestii filtracji, która nie nawiązuje bezpośrednio do analizy ekonomicznych szeregów czasowych.

Jeszcze większe zastrzeżenia mam do treści rozdziału drugiego. Przede wszystkim nie ma powodu, żeby przeprowadzać tam badania niezwiązane z tematem pracy (s. 135-140). Jak rozumiem, miały to być pewne ilustracje działania prezentowanych metod, trzeba jednak pamiętać, że praca doktorska nie jest podręcznikiem i powinna prezentować wynik rozwiązania określonego problemu badawczego. Niepotrzebnie też dołączono kody źródłowe wykorzystanych skryptów, tym bardziej, że nie dotyczą badania empirycznego związanego z tematyką pracy tylko przykładów – o których piszę powyżej. Rozdział ten zawiera też informacje teoretyczne dotyczące sztucznych sieci neuronowych (s. 126, 132-135) oraz metod odszumiania (s. 129), które powinny się znaleźć w rozdziale wcześniejszym – metodologicznym. Z drugiej strony, Autor ani w rozdziale pierwszym, ani w drugim nie przedstawił uzasadnienia stosowania metod odszumiania danych do cen odtłuszczonego mleka w proszku. Przede wszystkim jednak, opis realizacji badań nie odpowiada standardom pracy naukowej. W szczególności, w rozdziale tym brakuje tego co najważniejsze, czyli jasno przedstawionego celu badania oraz jego przebiegu. Brakuje w nim też satysfakcjonującego zaprezentowania przedmiotu badania, czyli analizowanych danych. Po raz pierwszy czytelnik spotyka się z informacją dotyczącą analizowanych danych dopiero w podrozdziale 2.7 („Wnioski”), gdzie pokazany został ich wykres. Nie sposób doszukać się w tekście informacji co dokładnie reprezentują te dane, z jaką częstotliwością są próbkowane (notowania dzienne?) i z jakiego dokładnie zakresu czasowego pochodzą. Mimo, że samo badanie empiryczne wydaje się ciekawe, gdyż prezentuje wyniki analizy porównawczej trafności prognoz dobrze dobranych nowoczesnych metod prognostycznych, to mam duże





zastrzeżenia do sposobu przedstawienia jego przebiegu. Przykładowo, dopiero z tytułów Tabel 2.4-2.13 czytelnik dowiaduje się, jaki był horyzont prognozy. Nie wiadomo natomiast, jak w szczegółach przebiegała procedura prognozowania, np. (a) czy okno z danymi treningowymi było przesuwne czy rozszerzające, (b) czy w przypadku horyzontu czasowego większego niż 1 Autor stosował procedurę bezpośrednią czy iteracyjną? W rozdziale brakuje też analizy niestacjonarności badanych szeregów (mimo, że zostało to zadeklarowane jako trzecia i czwarta hipoteza badawcza), która może istotnie wpływać na efektywność niektórych z rozważonych metod prognozowania. Na str. 147 można znaleźć informację, że do tego celu zastosowano testy ADF i KPSS, jednak wyników tego badania nie przedstawiono. Nie rozumiem też, dlaczego niektóre metody Autor porównuje jednymi miarami (Tabela 2.2) a inne – zupełnie innymi (Tabele 2.4-2.13). Autor nie wyjaśnił, jak wyznaczył ocenę punktową metod w Tabeli 2.3. Nie przedstawił też jaki model ARIMA wzięto do badania. Na str. 142 Autor zadeklarował, że „Celem wyznaczenia statystycznie istotnych różnic w znaczeniu dokładności prognozowania pomiędzy różnymi technikami predykcyjnymi zastosowano statystykę Diebolda-Mariano (DM)”. Niestety zapowiadane badania Autor nie wykonał.

**4) Praca zawiera bardzo dużo nienaukowych lub co najmniej – nieprecyzyjnych sformułowań a nawet błędów merytorycznych.**

1. Należą do nich np.: „Liczba zmiennych przebiegu procesu” (s. 15), „manifestacja zmiennych” (s. 17), „zbiór wartości procesowych” (s. 18), „Dane dotyczące równości sugerują” (s. 19), „proces stacjonarny w najściślejszym tego słowa znaczeniu” (s. 19), „stacjonarny w bardziej ogólnym sensie” (s. 19), „modele autoregresji (...) można formułować przy użyciu różnych technik matematycznych, takich jak regresja liniowa, oszacowanie największej wiarygodności i wnioskowanie bayesowskie” (s. 20), „parametr kowariancji procesu AR(1)” (s. 22), „program do symulacji nauki sieci” (s. 89), „głębokie metody nauki” (s. 105), „ekonomiczne szeregi czasowe są cyklami nieokresowymi” (s. 105), „W praktyce filtr HP wyklucza trendy długofalowe” (s. 107), „regresja przewidywanej wartości” (s. 126), „filtrowanie oparte na bazie Fouriera” (s. 131), „testowanie statystyki S” (s. 142), „jedno- i pięciostopniowe przypadki predykcyjne” (s. 146), „zmienność dynamiczna” (s. 161), „nienadzorowane funkcje uczenia się” (s. 163).
2. Wiele terminów statystycznych lub ekonomicznych zostało źle przetłumaczonych, np. „ciągi czasowe” lub „sekwencje czasowe” zamiast „szeregi czasowe” (np. s. 16, 17, 23), „model autoregresji warunkowej heteroskedastyczności” (s. 17), „funkcje dystrybucyjne” (s. 18), „szum biały” (s. 21), „Metoda maksymalnego oszacowania





wiarygodności (MLE)” (s. 38), „autokorelacja częściowa” (s. 41), „dane szkoleniowe” (s. 61), „zbiór testujący” (s. 88) i in.

Nie wiem, dlaczego Autor nie zdecydował się przetłumaczyć na język polski terminu „Schwarz Criterion” (s. 143), skoro w literaturze polskojęzycznej powszechnie mówi się o „kryterium Schwarza”.

Z kolei, przetłumaczenie nazwy pakietu „Facebook Prophet” na język polski (jako „Prorok”, s. 48) sugeruje, że tekst mógł być tłumaczony przez translator, który „zapędził” się i przetłumaczył nazwę własną pakietu. Obowiązkiem autora zawsze jest sprawdzenie jakości tłumaczenia a także podanie źródła oryginalnego tekstu.

3. W niektórych wypadkach Autor opiera się na starych opracowaniach naukowych, na dodatek nie pochodzących z zakresu nauk ekonomicznych, w których używa się pojęć nieadekwatnych do tej dziedziny wiedzy.
4. Wydaje się, że wielu podanych przez siebie treści Autor po prostu nie rozumie albo się nad nimi nie zastanowił. Autor popełnił wiele błędów w przytaczanych wzorach (np. s. 19, 39, 80, 83, 93, 119, 120, 121, 131, 134, 135, 141). W wielu z nich Autor zdaje się nie rozróżniać przecinka od znaku mnożenia. Ponadto, w pracy można znaleźć wiele nieprawidłowych a niekiedy wręcz absurdalnych stwierdzeń, jak np. „Dowody empiryczne sugerują, że wariancję procesu AR(1) można wyrazić następująco:  $|a| < 1$ .” (s. 22), „Parametry modelu, oznaczone przez a i b, podlegają wpływowi stochastycznego procesu białego szumu, reprezentowanego przez  $\varepsilon_n$ ” (s. 22), „funkcja korelacji jest zawsze obecna w procesie stochastycznym drugiego rzędu.” (s. 23), „Można zaobserwować  $\theta_\tau^2(1 + b^2)$ .” (s. 24), „Model ARMA składa się z dwóch podstawowych modeli szeregów czasowych, a mianowicie modelu autoregresji.” (s. 24), „Funkcja autokorelacji jest zwykle używana do opisu cech modeli ARMA, podobnie jak modele AR i MA” (s. 25), „Osiąga się to poprzez analizę rozbieżności między wartościami obecnymi w ciągach znaków, a nie samych wartości oryginalnych.” (s. 25), „Według Niederlińskiego (1979) model ARX wyraża się w określonej formie.” (s. 27), „Przedstawione równanie ma charakter matematyczny, a konkretnie równanie wielomianowe.” (s. 27), „Kontekst stochastyczny, podobnie jak inne modele błędów równań, powstrzymuje się od formułowania wyraźnych założeń dotyczących źródła zgodności między wynikiem procesu a obserwacjami.” (s. 27), „W konsekwencji modele autoregresji liniowej, które są ustalone dla pełnego zestawu obserwacji, nie są już odpowiednim obrazem.” (s. 26), „Model TAR jest złożeniem modeli autoregresyjnych, które są wykorzystywane do rozwiązywania nieliniowości w obliczeniach” (s. 28), „Metoda najmniejszych kwadratów błędów modelu jest kryterium wyboru modelu” (s. 31), „Po zastosowaniu różnych przekształceń wynikowy





wynik to:", (s. 34), „Wyrażenie (...) oznacza równanie matematyczne.” (s. 34), „Negatywność pojawia się w sytuacjach (...)” (s. 41), „Funkcja autokorelacji (ACF) zapewnia korelacje między obserwacjami”, (s. 51), „Niniejsza ilustracja przedstawia rysunek 4.31, który przedstawia (...)” (s. 64), „Najniższy współczynnik RMSE okazał się metodą CS-CNN.” (s. 147) i wiele innych.

##### 5) Niezrealizowanie zadeklarowanych działań.

W tekście można znaleźć deklaracje Autora o rzekomym zrealizowaniu przez niego pewnych działań, co jednak nie ma swojego potwierdzenia w rzeczywistości. Dobitnie ukazuje to podsumowanie w Zakończeniu („Streszczeniu”) pracy, w którym Autor wskazuje 10 „etapów analitycznych”, które – jego zdaniem – zostały zrealizowane w pracy (s. 163). Jednak, wbrew tym deklaracjom, Autor nie zrealizował następujących:

1. scharakteryzowanie rynku mleka,
4. identyfikacja czynników ograniczających dokładność algorytmów predykcji,
7. opracowanie hybrydowego algorytmu do przewidywania cen mleka w proszku z zastosowaniem wskaźników analizy technicznej oraz splotowych SSN,

Nie ma też podstaw, aby przyjąć, że zrealizowane zostało zadanie:

9. zaprojektowanie i zbudowanie eksperckiego systemu informatycznego do ograniczenia ryzyka inwestycyjnego oraz ułatwienia inwestorom podejmowania decyzji strategicznych w przedsiębiorstwach wytwarzających, sprzedających oraz przetwarzających jako półprodukt odtłuszczone mleko w proszku;

gdyż nie ma informacji, gdzie taki system informatyczny się znajduje (np. w postaci linku), ani nie dołączono zrzutów ekranu dokumentujących istnienie takiego systemu.

##### 6) Praca napisana jest bardzo źle pod względem językowym. Jest niestaranna, zawiera wiele niedociągnięć świadczących o niewłaściwym opanowaniu techniki pisania pracy.

- Praca zawiera liczne zdania niepoprawne stylistycznie, a nawet takie – których sensu nie da się zrozumieć, gdyż np. nie mają podmiotu lub orzeczenia.
- W tekście znajdują się niezawierające numeru odnośniki do literatury i do tabel (tj. „[?]” ) lub podające numery błędne (np. s. 61-63).
- Wiele wzorów nie ma swoich numerów a niektóre mają numery błędne (np. s. 25, cały rozdz. 1.47).
- Zamiast podrozdziałów Autor używa nagłówków (np. str. 7, 11, 26, 27, 38, 76, 77, 89, 115, 122). Na dodatek część z tych „tytułów” zakończona jest przecinkami (np. s. 97, 98).





- Wiele rysunków i tabel nie ma podanego źródła, przez co nie można ocenić, czy przedstawiają wkład własny Autora, czy przepisany tekst z innych publikacji.
- Na str. 7 pojawia się wielokrotnie używany później skrót OMP. Skrót ten nie został wyjaśniony, choć można się domyślać, że Autor ma na myśli odtłuszczone mleko w proszku. Nie jest to jednak takie oczywiste, bo w innych miejscach pracy sugeruje, że skrót ten oznacza „algorytm poszukiwania dopasowania ortogonalnego” (s. 131, 143).
- Brak konsekwencji w używaniu skrótu Sztucznych Sieci Neuronowych – czasami jest to ANN, a czasami SSN.
- Brak konsekwencji w używaniu symboli matematycznych (np. liczba obserwacji to w niektórych wzorach  $n$  a w innych  $N$ , zmieniane są też oznaczenia wartości prognozowanych).
- Niekonsekwencja w formacie odwołań do literatury.
- Na niektórych stronach są duże puste przestrzenie (np. s. 29, 103, 109, 117).
- Numery stron w spisie treści są niezgodne z rzeczywistością.

## 7) Niewłaściwe wykorzystanie literatury.

- Wiele istotnych stwierdzeń, które pojawiają się w tekście, nie zostało potwierdzonych odwołaniem do literatury, np. „Obecnie najpowszechniejszym zastosowaniem technologii sieci neuronowych jest problem rozpoznawania, zwłaszcza problem rozpoznawania kontekstu.” (s. 69), „Dowodzono również, że techniki uczenia głębokiego, w tym splotowe sieci neuronowe (CNN), są skuteczne w identyfikowaniu, klasyfikowaniu i przewidywaniu wzorców obserwowanych w szeregach czasowych.” (s. 125) i in.
- Niewystarczający przegląd literatury (zwłaszcza w zakresie analizy rynku OMP). Mimo deklaracji, np. na str. 11: „W części teoretycznej pracy zaprezentowano studium literatury przedmiotu badań, w tym przeanalizowano krajową i zagraniczną literaturę z zakresu analizy rynków, sytuacji produkcyjnej i cenowej na światowych rynkach mleka (...)”, taki przegląd literatury nie został przeprowadzony. Powoduje to trudność w ocenie wkładu własnego Autora i wskazanie luk badawczych, w które wpisuje się recenzowana praca.
- Autor przytacza fragmenty z literatury odnoszącej się do zupełnie innych obszarów, tak jakby dotyczyły one jego obszaru badawczego, np.: walut (s. 13, 44), decyzji inwestorów (s. 29), procesów technologicznych (s. 31, 56), równań chemicznych (s. 35), warunków akustycznych (s. 38), przetwarzania języka naturalnego (s. 103),





rozpoznawania obrazów (s. 103), kompresji obrazów (s. 113), diagnostyki medycznej (s. 114), akcji (s. 126, 165), rynku masła (s. 147, 161).

- Autor cytując inne prace, myli to, czy jej autor wprowadził dane pojęcie lub udowodnił określoną własność, czy je tylko przytoczył. Np. „Twierdzenie to zostało sformułowane przez Dooba (1953), Fisza (1967) i Papoulisa (1972)” (s. 19), „Według Welfe (2009) model MA(q), który obejmuje średnią ruchomą rzędu q, można wyrazić w następującej postaci.” (s. 23) i in.
- W tekście pojawiają się odwołania do pozycji literatury, których Autor nie uwzględnił w spisie bibliograficznym (np. Fisz, 1967, Mańczak, 1970).
- Można sądzić, że istnieją pozycje w spisie bibliograficznym, które nie zostały przytoczone w tekście. Trudno to jednoznacznie zweryfikować, gdyż jak wspominałem wcześniej, wiele odnośników ma błędną postać „[?]”, przez co nie wiadomo, do której pracy Autor się odwołuje.
- Na str. 14 można znaleźć informację, że 178 pozycji („[122]-[299]”) wskazuje, iż „rosnącą podgrupą technik predykcyjnych są modele bazujące na koncepcji sztucznych sieci neuronowych.” Tymczasem bardzo duża część tych publikacji nic na ten temat nie mówi.

#### Inne wybrane uwagi:

- 1) Dlaczego Autor uważa, że „Uzasadnieniem stosowania mechanizmów sztucznej inteligencji i zainteresowania rynkiem mleka są trudności w oszacowaniu przyszłych wartości przy pomocy metod konwencjonalnych (...) z uwagi na immanentny szum informacyjny, który prowadzi do błędów predykcji [146] i [188].” (s. 5). Podane prace nie dotyczą rynku mleka, więc nie stanowią one potwierdzenia tej tezy. Kwestia ta jest istotna, gdyż stanowi motywację dla pomysłu Autora, żeby prognozowane szeregi czasowe cen mleka poddawać procedurze eliminacji szumu.
- 2) Czym uzasadnia Autor stwierdzenie: „Należy zauważyć, że w ramach badań zrealizowanych w niniejszej pracy ujawniono istotną lukę badawczą oznaczającą brak dostępnych narzędzi do prognozowania cen OMP.” (s.7) Autor nie przedstawił w swojej pracy wyników przeglądu literatury, który uzasadniałby to stwierdzenie.
- 3) Co ma Autor na myśli, pisząc, iż: „Rynki rolne nie cieszą się szczególnym zainteresowaniem środowiska ekonometrycznego, które nie dysponuje ostatnimi zdobyczami nauki w tym zakresie.” (s. 7). W jakim „zakresie”? W zakresie „rynków rolnych” czy w zakresie narzędzi do prognozowania cen OMP (o czym pisze w zdaniu poprzedzającym)? Nie rozumiem, na czym Autor opiera swoją opinię (w obu tych ewentualnościach).





- 4) Czy formułując zdanie: „Z tego powodu uwagę poświęcono sieciom pamięci długoterminowej (Long Short Term Memory - LSTM) [183], sztucznym sieciom neuronowym (Artificial Neural Network-ANN), modelom opartym na mechanizmie uwagi oraz głębokim sieciom splotowym (Deep Convolutional Network-DCN) [232]” Autor sugeruje, że LSTM i DCN to jakaś inna grupa niż ANN?
- 5) „Należy podkreślić fakt istnienia kilku czynników obecnych w praktycznych metodach modelowania [90]. Czynniki te należy uważać za abstrakcyjne i związane z przeszłym zachowaniem modelowanego procesu [315].” (s. 13) Jakie czynniki ma Autor na myśli? Co znaczy, że czynniki są „abstrakcyjne”?
- 6) Na str. 13 Autor głosi, iż źródłem „szumu, który wpływa na dane wejściowe” są m.in. „interaktywna złożoność” i „dynamiczny charakter” algorytmów prognozowania. Stwierdzenie, że szum w danych, które dopiero następnie poddaje się analizie pewnymi metodami, został przez nie wywołany jest co najmniej dziwne.
- 7) Na str. 15 pojawia się zdanie: „W skomplikowanych procesach stochastycznych, jakim bez wątpienia jest rozkład ceny mleka w proszku w czasie, (...)” Na jakiej podstawie Autor uważa, że ceny mleka w proszku (zakładam, że Autor miał na myśli ceny mleka w proszku a nie ich rozkład) są skomplikowanym (i to na dodatek – „bez wątpienia”) procesem stochastycznym? Autor ani nie dokonał takich badań, ani nie poparł swojego stwierdzenia literaturą.
- 8) Co znaczy, że coś przedstawiono „w kontekście akademickim” (s. 22) albo jakaś formuła jest „wyrażeniem akademickim” (s. 26)?
- 9) Zły tytuł Tabeli 1.1.
- 10) Wzór (1.38) nie przedstawia funkcji PACF tylko model AR.
- 11) Hannan i Quinn nie zaproponowali kryteriów AIC i BIC (s. 45).
- 12) Autor nie wyjaśnił, jaki jest związek algorytmu grupowania  $k$ -średnich ani drzew decyzyjnych z modelem TAR (s. 46-48).
- 13) Autor niepoprawnie interpretuje wyniki testu ADF (s. 50).
- 14) Co to znaczy, że „sztuczne sieci neuronowe są odporne na uszkodzenia/zniszczenia”? (s. 68, 73). Jak można uszkodzić/zniszczyć algorytm?
- 15) Co to znaczy, że sztuczne sieci neuronowe „łączą metody wykorzystujące nowe techniki modelowania przepływu pracy i wpływu.”
- 16) Nie rozumiem rysunku 1.33. Dlaczego na wejściu jest zbiór testowy?
- 17) Wzór 1.67 nie przedstawia postaci miary VCdim tylko jej własność (oszacowanie dolne i górne).
- 18) Gdzie w formule (1.38) uwzględniony jest rozkład Gaussa? (s. 97).
- 19) Zły tytuł rysunku 1.41.





- 20) Nie jest prawdą, że: „operacje arytmetyczne dokonywane na szeregach czasowych, czyli te związane są z ich analizą, prognozowaniem, modelowaniem, sterowaniem itp. można potraktować jako filtrację cyfrową.” (s. 105). Przykładowo, zdaniem Autora, prognozowanie jest filtracją?
- 21) Sugeruję sprawdzenie w słowniku, co oznacza słowo „paradygmat” i zastanowienie się, czy rzeczywiście Autor zaproponował „nowy paradygmat uczenia spłotowych sieci neuronowych” (s. 106).
- 22) Brak wzoru 1.48 (s. 108).
- 23) Zdanie: „Uczenie maszynowe okazało się obiecującą techniką przewyższania niedogodności zidentyfikowanych w obszarze ekonometrii.” (s. 125) wymaga rozwinięcia (wskazania tych „niedogodności”) lub uzupełnienia przypisem do literatury.
- 24) „CNN wymaga użycia dwuwymiarowych obrazów wejściowych jako wektora wejściowego” (s. 125). Co to stwierdzenie ma wspólnego z analizą szeregów czasowych?
- 25) „Rzadka reprezentacja” to niewłaściwe sformułowanie kroku procedury odsumiania (s. 129-130) – brak w nim określenia czynności.
- 26) Co oznacza stwierdzenie: „Proces odsumiania zmniejsza wymiary pierwotnych szeregów czasowych.” (s. 131) w sytuacji, gdy Autor zajmuje się szeregami jednowymiarowymi?
- 27) We wzorze na str. 130 jest nieprzetłumaczone „such that”.
- 28) Str. 132: niewyjaśniony symbol  $\alpha$ .
- 29) Czy wniosek „Tego typu funkcja okazała się skuteczna w przypadkach, gdy miało zostać usunięte zjawisko nadpasowania” wynika z badania Autora, czy pochodzi z pracy [272]? Co oznacza termin „nadpasowanie”?
- 30) Str. 142: „Patrz tabele poniżej”. Poniżej nie ma żadnych tabel. To samo na str. 146 („W poniższych tabelach”).
- 31) Dlaczego rys. 2.5 poprzedza Tabelę 2.2, skoro jest skonstruowany na jej podstawie?
- 32) Str. 145: „W wyniku przeprowadzonych analiz testem t-studenta zauważa się, że (...)”. O jaki test chodzi? Gdzie są te wyniki?
- 33) Nieuprawnione uogólnienie: „W doświadczalnej części pracy wykazano, że z powodzeniem mogą być one stosowane również jako efektywne narzędzie predykcji cen surowców mleczarskich, zwłaszcza mleka w proszku.”
- 34) Czy fakt, iż na ceny odtłuszczonego mleka w proszku wpływają „silne mechanizmy interwencyjne” i „aspekty polityczne” (s. 161) czyni sztuczne sieci neuronowe dobrym narzędziem ich prognozowania?





- 35) Str. 164: Na jakiej podstawie Autor formułuje wniosek o wszehstronności proponowanego algorytmu i o jego stabilności?
- 36) Str. 165: Na czym Autor opiera nadzieję, że metody uczenia maszynowego mogą mieć przewagę nad innymi narzędziami prognostycznymi w kontekście takich zdarzeń, jak np. pandemia COVID-19 czy agresja zbrojna Rosji na Ukrainę?

### III. Konkluzja

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgra inż. Jarosława Malczewskiego nie spełnia ustawowych wymogów pracy doktorskiej, zgodnie z art. 187, ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Stwierdzam jednoznacznie, że w rozprawie Doktorant nie dowiódł posiadania wystarczającej ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie *ekonomia i finanse* oraz kompetencji do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Z tego powodu wnioskuję o niedopuszczenie mgra inż. Jarosława Malczewskiego do dalszego etapu procedury doktorskiej.

Ułubek Onur