

Dr hab. Dariusz Filar
Emerytowany profesor
Uniwersytetu Gdańskiego

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr Jana Mrozowskiego zatytułowanej
Tarading strategies based on predicting prices of future contracts

Przedstawiona do zrecenzowania rozprawa doktorska napisana została w języku angielskim. Zbudowana jest ze wstępu i czterech rozdziałów o łącznej objętości 220 stron (w tym 10 stron, na których przedstawiono obejmującą 139 pozycji literaturę, liczący 3 strony spis tablic i wykresów oraz również liczący 3 strony załącznik, w którym zaprezentowana została lista zmiennych objaśniających, które utworzono w przeprowadzonym procesie modelowania).

Kluczowa część rozprawy poświęcona została rynkowi kontraktów futures w odniesieniu do złota (*Gold Futures*) oraz możliwości wykorzystania algorytmów samouczenia się maszynowego (*machine learning algorithms*) w procesie podejmowania decyzji na tym rynku. W świetle powyższej uwagi wstępnej dotyczącej treści rozprawy przychodzi uznać, iż przyjęty dla niej tytuł (***Tarading strategies based on predicting prices of future contracts***) ma zdecydowanie zbyt ogólny charakter i nie odzwierciedla w precyzyjny sposób tego, na czym skupione zostały własne, samodzielne rozważania Doktoranta. On sam stwierdza już we Wstępie (s.8) , że „podstawowym celem badawczej części pracy jest zbadanie odpowiedniości algorytmów samouczenia się maszynowego (MLAs) i modelowania typu State-Space (SSTS) do podejmowania decyzji w ramach proponowanych strategii handlu Gold Futures”. W tej sytuacji zdaniem recenzenta bardziej pasowałby do rozprawy tytuł *Machine learning algorithms and their applicability to trading of Gold Futures* lub jakiś zbliżony do niego. Pozwoliłoby to jednoznacznie wskazać, jakie konkretne, samodzielnie realizowane zadanie badawcze postawił przed sobą Doktorant i jaki nowy, własny wkład chciałby wnieść do wiedzy o funkcjonowaniu rynków finansowych.

We wstępie do rozprawy zostało zasygnalizowane, że proponowana przez Autora strategia w odniesieniu do kontraktów Gold Futures – wykorzystująca analizę opartą na modelach samouczenia się maszynowego – może przyczynić się do wyższej zyskowności podejmowanych decyzji przy równoczesnym lepszym rozeznaniu towarzyszącego im ryzyka. Można to traktować jako zapowiedź hipotezy badawczej pracy, która w bardziej rozwinięty sposób przedstawiona została w rozdziale czwartym (na s.183).

Z czterech rozdziałów rozprawy trzy pierwsze (s.10-178) w przeważającej mierze stanowią ogólne wprowadzenie czy też pewnego rodzaju tło do prezentacji najistotniejszego dla rozprawy rozdziału czwartego i zawartego w nim podsumowania rozważań (s.179-203). Te trzy pierwsze rozdziały zbudowane zostały z materiału, który pozostaje ogólnie dostępny w literaturze i stąd mają w znacznym stopniu charakter wiedzy wtórnej. Być może właśnie takie wewnętrzne proporcje rozprawy wpłynęły na wybrany dla niej zbyt ogólny tytuł, co

zostało już zasygnalizowane wyżej. Z drugiej strony wypada docenić, że prezentacja powyższego materiału jest szeroka i uwzględniająca wiele istotnych szczegółów.

Rozdział pierwszy rozprawy – *The Essence and Application of Future Contracts* (s. 10 – 67) – poświęcony został omówieniu istoty kontraktów futures jako jednej z form derywatów (instrumentów pochodnych) oraz ich roli w finansach. Znajdujemy w tym rozdziale przedstawienie mechanizmu działania tych kontraktów, a także zarys ich historii i wskazanie najważniejszych światowych rynków, na których prowadzony jest obrót nimi. Odnotowane zostało również wyzwanie, jakie zrodził wobec instrumentów tego typu kryzys finansowy lat 2007-2009 (kwestia obrotu derywatami na rynku pozagiełdowym lub giełdowym). W dalszej części rozdziału następuje prezentacja typowych derywatów wraz z syntetycznymi ich charakterystykami (Tab. 1.2 ze str. 22-26). Kolejny krok stanowi bardziej szczegółowa prezentacja kontraktów futures – łącznie z omówieniem zagadnienia standaryzowania kontraktów, a także składających się na nie elementów: ceny terminowej, daty rozliczenia, daty dostawy, kalkulacji wartości kontraktu, etc. Rozdział zakończony jest podpunktem dotyczącym kontraktów futures w odniesieniu do towarów (*commodities*) – w tym metali, metali szlachetnych i samego złota. Jeśli obecność tego podpunktu nie budzi wątpliwości z punktu widzenia dalszych rozważań podjętych w rozprawie, to trudniej znaleźć uzasadnienie dla zamieszczonych wcześniej dosyć szczegółowych wywodów na temat kontraktów futures w zakresie walut (*currency futures*) czy stopy procentowej (*interest rate futures*); w dodatku w wielu fragmentach wywody te stanowią prezentację przykładów o charakterze podręcznikowym, co trudno uznać za podejście właściwie dla pracy naukowej. Ich ograniczenie pozwoliłoby na zmniejszenie rozmiarów pierwszego rozdziału i zdaniem recenzenta przyczyniłoby się do większej przejrzystości całego wywodu.

W rozdziale drugim rozprawy – *Forecast Prices and Economic Forecasting* (s.68 – 123) – podjęte zostało zagadnienie prognozowania ekonomicznego czyli racjonalnego i naukowego przewidywania możliwych przyszłych zdarzeń w gospodarce. Podjęcie i rozwinięcie tego wątku jest w pełni uzasadnione ze względu na samą istotę kontraktów futures. Z samej swej istoty są one bowiem zorientowane ku przyszłości i wymagają prognostycznie ujętej kwantyfikacji (kalkulacji, szacunków) szans osiągnięcia zysku i uniknięcia straty. Na wstępie rozdziału wyeksponowana została podstawowa kwestia towarzysząca procesowi prognozowania jaką jest niepewność. Porównane zostały także z jednej strony techniki prognostyczne zakorzenione w tradycyjnej statystyce, a z drugiej korzystające z samouczenia się maszynowego (*Black-box modeling*), co stanowi ważny wątek z punktu widzenia dalszych fragmentów pracy.

W rozważaniach o prognozowaniu Doktorant nie ograniczył się do jego roli w odniesieniu do rynku kontraktów futures, ale nakreślił szeroki obraz obejmujący całość gospodarki, a nawet inne aspekty współczesnego życia (od prognozowania łańcuchów dostaw po prognozowanie trzęsień ziemi i pogody). Po wskazaniu obszarów, w których współcześnie wykorzystywane jest prognozowanie, Doktorant skupia się na omówieniu modeli prognozowania ilościowego, w których wykorzystywane są szeregi czasowe i metody statystyczne. Z tego punktu widzenia za interesującą część składową rozdziału można uznać tab. 2.1. ze s.73-74. Po prezentacji modeli prognozowania ilościowego ma miejsce

prezentacja wykresu 2.3, na którym zobrazowano modele prognozowania jakościowego. Z kolei w drugiej części rozdziału drugiego (2.2 od s.81) Doktorant przyjrzał się prognozowaniu zarówno ilościowemu, jak i jakościowemu w kontekście typów prognoz – badawczych, ostrzegawczych i normatywnych. Podrozdział został zamknięty tab. 2.2 ze s.89-91, w której zestawiono metody prognozowania wraz z ich krótkimi charakterystykami. Zestawienie to nie stanowi jednak samodzielnego opracowania Doktoranta, lecz zostało zacytowane z pracy T.J. Gordona. Podrozdział trzeci rozdziału drugiego poświęcony został najprostszym formom analizy opartej na wartościach średnich odnotowanych w przeszłości, a także analizie regresji i ekonometrycznych metodach prognozowania (z odwołaniem do dosyć dyskusyjnych, egzotycznych przykładów – sprzedaż gadżetów sportowych, parasoli czy zużycie wody w krajach muzułmańskich w okresie Ramadanu). W ostatnim podrozdziale podjęte zostało zagadnienie wnioskowania bayesowskiego (*Bayesian inference*), a dokładniej – jego wykorzystania do porównania zdolności opisowych modeli STUR i GARCH w odniesieniu do procesów finansowych (zmienności cen instrumentów finansowych). W końcowej części rozdziału Doktorant poświęcił również uwagę kwestii podkategorii uczenia się maszynowego, jaką jest *Deep Learning* i związane z nią tworzenie sieci neuronowych. Ostatecznie rozdział może więc być uznany za kompleksowy przegląd narzędzi dostępnych w prognozowaniu. Pewien niedosyt budzi fakt urwania rozważań na prezentacji jednego z modeli (CNN-LSTM Model) i pozostawienia ich bez całościowego podsumowania.

Trzeci rozdział pracy – *Strategies for Futures Trading* (s.124 – 178) – zgodnie ze swoim tytułem poświęcony został strategiom w obrocie kontraktami futures, jakie stosowane są na współczesnym rynku finansowym. Z punktu widzenia głównego tematu rozprawy rozdział o takiej tematyce w pełni znajduje uzasadnienie. Rozważania o strategiach otwiera omówienie strategii określanej jako *scalping*. Strategia ta związana jest przede wszystkim z rynkiem walutowym i polega na reagowaniu nawet na minimalne zmiany ceny oraz przeprowadzaniu bardzo znacznej liczby operacji w wymiarze dziennym. Ogólnemu zaprezentowaniu strategii – na s. 124 Doktorant pisze : *to bring profits, an investor must quickly anticipate future price movements in the market and open and close positions quickly, sometimes in a fraction of a second* – towarzyszy przegląd narzędzi, które mogą być stosowane w jej ramach. Problem w tym, że następnie wskazana strategia omówiona zostaje w odniesieniu do rynku walutowego oraz w mniejszym stopniu rynku akcji (i tych rynków dotyczą zamieszczone jako ilustracja wykresy), natomiast kwestia dotycząca tego, czy i na ile możliwe byłoby zastosowanie tej strategii na rynku Gold Futures – w ogóle nie została bezpośrednio podniesiona! Podobny problem ma miejsce w zakresie omówionej następnie strategii *Day Trading*, która zostaje zaprezentowana stosunkowo szczegółowo, ale także bez bezpośredniego i jednoznacznego wyeksponowania jej ewentualnego związku z rynkiem kontraktów futures, a zwłaszcza Gold Futures. Strategia ta w myśl zasady *One Strategy/One Market* bywa stosowana na rynku FOREX, akcji, CFDs (*Contract for Differences*), a także Commodities, ale należało wyraźniej ją naświetlić w powiązaniu z głównym zadaniem badawczym rozprawy. Końcowy podrozdział trzeciego rozdziału poświęcony został opcjom. Należy podkreślić, że rozdział trzeci - w odróżnieniu od rozdziałów pierwszego i drugiego - otrzymał interesujące podsumowanie, w którym pokazano ogóle charakterystyki strategii na rynku finansowym czy wręcz pewne ujęcie filozofii inwestowania.

Zgodnie z tym, co zasygnalizowane już zostało wyżej, pierwsze trzy rozdziały rozprawy stanowią jedynie wprowadzenie do tego, co zawiera kluczowy dla niej rozdział czwarty. W tych trzech pierwszych rozdziałach Doktorant korzystał z istniejącej, dostępnej literatury – często na poziomie podręcznikowym lub encyklopedycznym - dostosowując zawartą w niej wiedzę do własnych celów. Niestety, w niektórych fragmentach tego studium literaturowego (zwłaszcza w końcowej części rozdziału drugiego) zabrakło solidnego dopracowania redakcyjnego, co pociąga za sobą ujemny wpływ na ogólną ocenę rozprawy.

Szczególne znaczenie dla rozprawy ma jej czwarty rozdział, bowiem w nim zawarty został efekt empirycznej, samodzielnej i twórczej pracy Doktoranta. Rozdział otwiera prezentacja strategii powszechnie stosowanej na rynku złota, a polegającej na zajmowaniu długich pozycji w oparciu o wzajemną relację ruchomych średnich cen z okresów o różnych długościach. Na tym tle Doktorant formułuje swój cel, którym jest zbudowanie probabilistycznego modelu zdolnego do dostarczenia doskonalszych wskazówek w momencie zajmowania pozycji. Model ten – zbudowany w oparciu o historyczne dane dotyczące cen Gold Futures – miałby umożliwić lepsze przewidywanie przyszłego trendu wzrostowego i w konsekwencji osiągnięcie wyższej stopy zwrotu z dokonywanych inwestycji. Ogólny cel modelu, który wstępnie został zasygnalizowany we wstępie do rozprawy (s.8) i powtórzony na początku rozdziału czwartego, na stronie 183 przybiera postać skonkretyzowanej hipotezy : „Modelowo wygenerowane dane mogłyby pomóc w identyfikacji 90% udanych transakcji z dokładnością przewyższającą 50%.” (*The hypothesis is that created data can help to identify 90% of successful trades with accuracy over 50%*).

Zadanie, jakie postawił przed sobą Doktorant, jak i zaplanowany sposób jego realizacji, są interesujące. Dalsza część rozdziału czwartego została poświęcona prezentacji pracy, jaka została wykonana w procesie modelowania – od wyboru źródła historycznych danych, poprzez ich opracowanie, określenie zmiennych zależnych i niezależnych, zbadanie zjawisk korelacji, aż po zbudowanie szeregu modeli korzystających z różnych technik uczenia się maszynowego wraz z przeprowadzeniem walidacji, testowania i trenowania modeli. Wyniki uzyskane w powyższym procesie pozwoliły na stwierdzenie, że historyczne dane posiadają właściwości prognostyczne wobec nowych trendów i mogą służyć jako wskazówka przy alokacji kapitału. Jednocześnie wyniki uzyskane z modelu wskazały 33% trafnych przewidywań z dokładnością 43% - w ten sposób dokonana została weryfikacja postawionej hipotezy i umożliwione zostało jej uwiarygodnione odrzucenie.

Zakończenie rozprawy stanowią rekomendacje dotyczące wykorzystania modeli samouczenia się maszynowego w decyzjach inwestycyjnych – nie tylko w odniesieniu do Gold Futures – i wskazanie kierunków dalszych prac badawczych (przede wszystkim w zakresie sieci neuronowych - Neural Networks NN).

Rozprawę doktorską pana mgr Jana Mrozowskiego cechuje swego rodzaju dwoistość. Jej pierwsze trzy rozdziały w przeważającej mierze stanowią zgromadzenie materiału, który jest powszechnie dostępny w literaturze, a w niektórych przypadkach ma nawet charakter jedynie encyklopedyczny lub podręcznikowy. Należy jednocześnie docenić rozległość obszaru objętego rozważaniami, chociaż być może właśnie w niej kryje się przyczyna sygnalizowanej od początku recenzji nieadekwatności tytułu rozprawy do zawartych w niej faktycznych

treści. Z drugiej strony rozdział czwarty rozprawy stanowi samodzielne dokonanie Doktoranta i zawiera wiele nowych, wartościowych spostrzeżeń. Stąd zresztą wynikła sformułowana na początku recenzji sugestia, że do treści tego właśnie rozdziału nawiązywać powinien tytuł całej rozprawy. Formułując końcową ocenę należy brać pod uwagę oba aspekty zaprezentowanego dzieła.

Przyjmując powyższy punkt widzenia stwierdzam, że rozprawa pana mgr Jana Mrozowskiego spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w stopniu, który może być określony jako dostateczny. Na tej podstawie rekomenduję Radzie Akademickiej Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu przyjęcie tej pracy i dopuszczenie do przeprowadzenia jej publicznej obrony.

(-) Dariusz Filar

Gdynia, 14 sierpnia 2021 r.