

ANNA MOSPAN

Wydział Organizacji i Zarządzania
Politechnika Łódzka

WSPOMAGANIE PODEJMOWANIA DECYZJI O INWESTOWANIU W KONTRAKTY TERMINOWE NA INDEKS MDAX

Artykuł jest poświęcony decyzjom inwestycyjnym oraz wspomaganie procesu decyzyjnego w zakresie finansów. W opracowaniu zostały dokonane prognozy zmian indeksu giełdowego MDAX za pomocą sztucznych sieci neuronowych. W oparciu o prognozowane dane sformułowano reguły podejmowania decyzji o inwestowaniu krótkoterminowym w kontrakty futures na indeks MDAX. W celu analizy decyzji inwestycyjnych opracowano trzy strategie inwestycyjne i przedstawiono wyniki symulacji inwestowania wg każdej strategii.

1. Decyzje o charakterze finansowym

Najprawdopodobniej codziennie znajdujemy się w sytuacjach, w których podejmujemy decyzje. Są one wyborem jednego lub kilku możliwych wariantów decyzyjnych. Ludzie podejmują decyzje w różnych celach, czasami nieświadomie, wyznaczając w ten sposób różne systemy wartościowe [1]. Oprócz tego na wybór alternatywy decyzyjnej ma wpływ stopień przygotowania profesjonalnego decydenta.

Decyzje o charakterze finansowym mają swoją specyfikę i wymagają od decydenta pewnej kwalifikacji w zakresie finansów. W literaturze ekonomicznej wśród decyzji finansowych wyróżnia się decyzje dotyczące poszukiwania kapitału, jego struktury oraz decyzje inwestycyjne. Czasami autorzy identyfikują podejmowanie decyzji finansowych jako zarządzanie wiedzą, czyli jako *proces, przy którego pomocy organizacja generuje bogactwo w oparciu o swoje intelektualne lub oparte o wiedzę aktywa organizacyjne*, a same decyzje finansowe są zatem *produktem wytworzonym w procesie generowania i wykorzystania wiedzy finansowej* [2], [3]. Nogalski, Falencikowski (2005) opisali decyzję finansową jako *wolny, nielosowy wybór jednego z przygotowanych wariantów działania w zakresie zjawisk i procesów pieniężnych* [4].

Ważnym kryterium w decydowaniu w zakresie finansów jest horyzont czasowy, w zależności od którego decyzje finansowe można podzielić na bieżące – krótkoterminowe (np. zarządzanie zapasami, monitoring należności, krótkookresowe inwestowanie) oraz decyzje strategiczne – długoterminowe (np. decyzje inwestycyjne, decyzje związane z wypłatami na rzecz akcjonariuszy).

Decyzje inwestycyjne są jednym z najważniejszych rodzajów decyzji finansowych. Podejmowane są one w celu realizacji działalności inwestycyjnej, której przedmiotem są wszystkie procesy i operacje związane z *nabywaniem lub zbywaniem składników aktywów trwałych i krótkoterminowych aktywów finansowych oraz wszystkie z nimi związane koszty i korzyści pieniężne* [5].

Problem decyzyjny w finansach zwykle należy do problemów niestukturalnych. Jednoznaczny opis algorytmiczny takich decyzji jest uciążliwy, a czasami niemożliwy, z powodu m.in. dużej liczby danych, ich wysokiej dynamiki i losowości, burzliwego otoczenia (np. do zmian na rynku giełdowym przyczynia się koniunktura gospodarcza i polityczna, uwarunkowania prawne i społeczne, katastrofy naturalne, a w ostatnich latach dzięki możliwościom technologii telekomunikacyjnych coraz większe znaczenie nabierają media, które są w stanie rozpowszechniać informacje w ciągu kilku sekund). Stąd podejmowanie decyzji finansowych można przedstawić przez system ostrzegania reagujący na najmniejsze zmiany (ryzyka), co wiąże się zarówno z szansą, jak i zagrożeniem.

2. Wspomaganie procesu decyzyjnego w zakresie finansów

Na proces podejmowania decyzji finansowych ma wpływ wiele czynników, co utrudnia decydowanie i stanowi ryzyko związane z wyborem właściwej decyzji finansowej, a zatem ten proces powinien być wspierany poprzez nowe rozwiązania technologiczne. Wraz ze wzrostem złożoności problemu decyzyjnego zwiększa się zapotrzebowanie na wsparcie podejmowania decyzji przez różne metody, techniki, a nawet systemy. Stopień wspomagania procesu decyzyjnego zależy od metody, na której ono się opiera. Prostsze metody polegają na analizie bieżącego stanu sytuacji, zagłębieniu się w problem i wyjaśnieniu związków przyczynowo-skutkowych, np. metoda „siedmiu pytań”, w której zadawane pytania zaczynają się od słowa „dlaczego”, wykres Ishikawy (inaczej „ości ryby”) albo metoda Pareto, w której poszukuje się 20% możliwych przyczyn powodujących 80% skutków. Istnieją też bardziej zaawansowane metody wspomagania procesu decyzyjnego, opierające się o aparat matematyczny i narzędzia komputerowe. Wśród tych metod można wymienić programowanie matematyczne (liniowe i nieliniowe), teorię gier, analizę sieciową oraz techniki inteligentne. Z racji

tego, że w niniejszym artykule została użyta jedna z technik inteligentnych, naturalne wydaje się odrębne przedstawienie tego narzędzia wspomagania procesu decyzyjnego.

2.1. Techniki inteligentne. Sztuczne sieci neuronowe

Początki technik inteligentnych sięgają lat 40. ubiegłego stulecia, kiedy dynamicznie rozwijała się cybernetyka i powstawały pierwsze komputery. Napisane w owych czasach prace McCullocha i Pittsa, Wienera, Neumanna, Shannona i Weavera oraz innych autorów były fundamentem rozwoju dzisiejszych możliwości sztucznej inteligencji. Uważa się, że pojęcie „sztuczna inteligencja” zostało zapoczątkowane przez Johna McCarthy’ego, który zdefiniował je w 1958 r. jako *...konstruowanie maszyn, o których działaniu dałoby się powiedzieć, że są podobne do ludzkich przejawów inteligencji* [6]. A w latach 1957-1962 F. Rosenblatt zaproponował i zbadał model sieci neuronowej, nazwany później perceptronem.

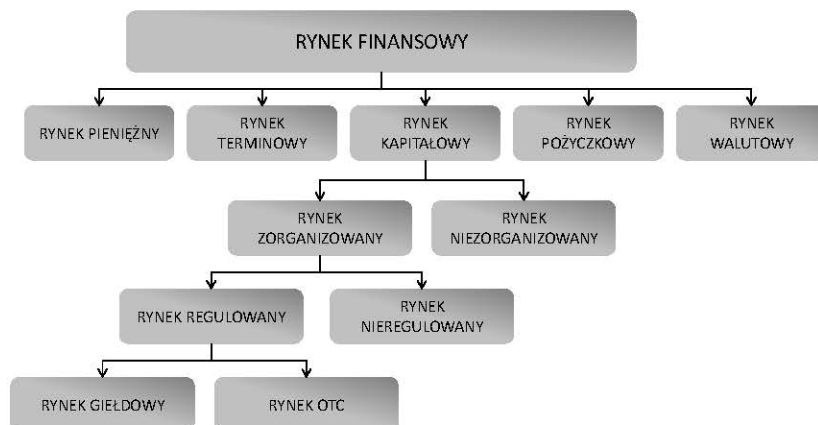
W ciągu ostatnich dekad coraz większe zastosowanie mają takie techniki inteligentne, jak algorytmy genetyczne, logika rozmyta oraz sztuczne sieci neuronowe (SSN). SSN jako zaawansowana technologia obliczeniowa często pomagają w procesie decyzyjnym w finansach (np. sieci pozwalają dokonywać prognozy indeksów giełdowych i wskaźników finansowych, analizując przy tym dużą liczbę danych, które mogą być „zaszumione”, czy też pomagają w ocenie ryzyka kredytowego albo w wycenie nieruchomości itp.). Zastosowanie SSN zależy od typu zagadnienia i ogólnie można je podzielić na zastosowanie w celu: (i) analizy struktury danych (zagadnienia klasyfikacji) oraz (ii) analizy zależności między zmiennymi (zagadnienia regresji).

Kluczem do pojawienia się aktualnych możliwości budowy złożonej architektury SSN było przejście od neuronu biologicznego do sztucznego. Sztuczny neuron jest uproszczeniem komórki biologicznej (np. ma ograniczoną liczbę wejść i wyjść sieci oraz połączeń między neuronami, aktywacja neuronu sprowadza się do określonej liczby rodzajów funkcji aktywacji), niemniej jednak pozwala na projektowanie sieci, które są w stanie przetwarzać dużą ilość informacji [7]. Ten artykuł tylko nawiązuje do SSN jako informatycznego narzędzia analizy danych, natomiast nie ujawnia szczegółów dotyczących technicznych aspektów SSN, które są wyczerpująco opisane w literaturze.

3. Podejmowanie decyzji inwestycyjnych na niemieckim rynku finansowym

W literaturze nie ma jednej powszechnie akceptowanej struktury rynku finansowego, jednak najczęściej wyróżnione są segmenty rynku jak na rysunku 1 [8]. Przedmiotem analizy w tym artykule jest rynek giełdowy i pozagiełdowy (ang. *over-the-counter*, OTC) niemieckiego rynku finansowego.

Stock trading w Niemczech można podzielić w wymiarze pionowym i poziomym. W pionie tradycyjnie funkcjonują trzy segmenty rynku: (i) segment zawierający najbardziej płynne akcje – rynek oficjalny (*amtlicher Markt*), (ii) segment dla mniejszych spółek (tzw. *mid* i *small caps*) – rynek regulowany (*geregelter Markt*), stworzony w połowie lat 80. oraz (iii) najmniej regulowany segment – rynek nieoficjalny, nazywany czasami rynkiem otwartym (*Freiverkehr*) [9].



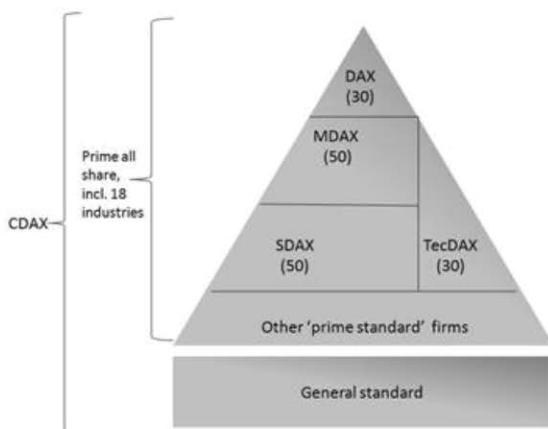
Rys. 1. Struktura rynku finansowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie studiów literaturowych

Struktura organizacyjna w wymiarze poziomym dzieli się na giełdy w Berlinie, Dusseldorfie, Frankfurtie nad Menem, Hamburgu, Hanowerze, Lipsku, Monachium, Stuttgartu oraz system elektroniczny Xetra.¹ Główna giełda papierów wartościowych w Niemczech mieści się we Frankfurcie i wchodzi w skład grupy „Deutsche börse” AG.

Indeksy na giełdzie we Frankfurcie można też podzielić wg standardów i segmentów (rys. 2).

¹ Lista giełd została podana wg danych z 2012 r.



Rys. 2. Standardy i segmenty indeksów akcji na giełdzie we Frankfurcie

Źródło: Jan P. Krahnert, Reinhard H. Schmidt, *The German Financial System*, Oxford University Press, 2004, p. 145.

Standard *general* był stworzony dla mniejszych spółek o znaczeniu krajowym, natomiast standard *prime* przeznaczony jest dla spółek o znaczeniu międzynarodowym. Ma on bardziej surowe wymogi dopuszczenia spółek do obrotu na giełdzie i zawiera przede wszystkim cztery segmenty, którym odpowiadają cztery indeksy giełdowe (DAX, MDAX, SDAX, TecDAX). Wyjątkiem jest indeks CDAX zawierający wszystkie spółki giełdowe z obydwu standardów.

3.1. SSN w prognozowaniu indeksu giełdowego

Zdolność SSN do analizy zależności między danymi została wykorzystana w tej pracy w celu prognozowania jednego z indeksów giełdy niemieckiej. Ścisłej rzecz ujmując, w pracy została zrealizowana prognoza zmian niemieckiego indeksu średnich spółek z klasycznych obszarów przemysłu, tzw. „starej gospodarki” (ang. *old economy*), MDAX. Dzielne notowania indeksu MDAX w okresie styczeń 2006 r. – grudzień 2013 r. zostały dostarczone przez agencję Bloomberg (rys. 3).



Rys. 3. Notowania indeksu MDAX w okresie 2006-2014 r.

Źródło: Bloomberg.

Zaprojektowana w tej pracy sieć neuronowa dokonuje prognozowania na podstawie danych historycznych zarówno samych wartości indeksu, jak i dodatkowych czynników, które potencjalnie mogą mieć wpływ na kształtowanie się wartości indeksu. Należy podkreślić, że prognozowane były nie same wartości indeksu, a zmiany nachylenia trendu liniowego z dziewięciodniowego okresu. Pozwala to dostrzec możliwe odwrócenie trendu i odpowiednio zareagować na zmiany. Krótkookresowa analiza trendu zwiększa czułość prognozy na mniejsze zmiany, a jednodniowy horyzont prognozy zabezpiecza możliwość szybszego podjęcia decyzji dotyczącej realizacji inwestycji. Wśród czynników, które należy wziąć pod uwagę podczas analizy indeksu MDAX zostały wybrane dane finansowe (np. notowania indeksu DAX, kurs EUR/USD, rentowności niemieckich obligacji rządowych itp.), dane makroekonomiczne (np. tempo wzrostu PKB, inflacja, PMI itp.) oraz wybrane wskaźniki analizy technicznej (np. różnego rodzaju średnie ruchome, MACD, momentum itp.).

W celu analizy otrzymanych wartości prognozowanych policzono standardowe wskaźniki błędów predykcji szeregów czasowych: średni absolutny błąd predykcji (ang. *MAPE*), precyzja prognozy *FP*, błąd średniokwadratowy (ang. *MSE*), błąd średni (ang. *ME*), odchylenie standardowe (ang. *SD*). Obliczone zostały również współczynniki korelacji i determinacji R-kwadrat (tabela 1).

Tabela 1. Wskaźniki oceny wiarygodności prognozy

MAPE, %	FP, %	MSE	ME	SD	Korelacja	R2
21,66	78,34	41,01	-0,40	32,43	0,98	0,96

Źródło: obliczenia własne.

Obliczone wskaźniki oceny wiarygodności prognozy wskazują na dobre dopasowanie modelu SSN, stąd nie ma przyczyn do korekty zmiennych wejściowych, parametrów i architektury sieci.

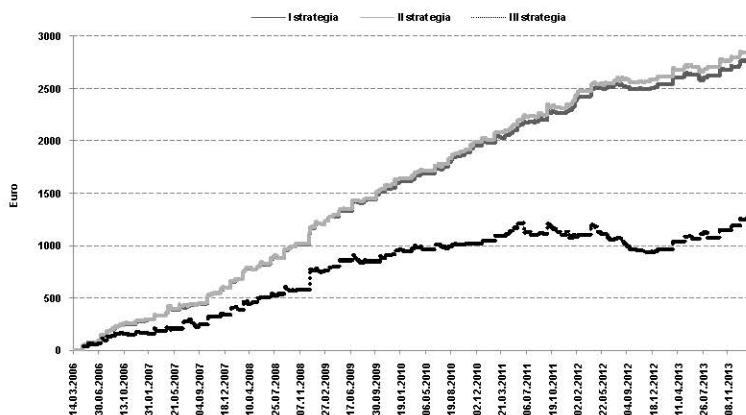
3.2. Podejmowanie decyzji inwestycyjnych w oparciu o dane prognozowane

Prognozowane wartości zmian indeksu MDAX zostały zastosowane w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych na rynku kontraktów *futures* na indeks MDAX. W zależności od oczekiwanej wartości trendu indeksu możliwe są następujące działania inwestora:

- sprzedaż aktywa – przy zmianie dodatniej wartości na ujemną,
- kupno aktywa – przy zmianie ujemnej wartości na dodatnią,
- przygotowanie do zmiany trendu; możliwe działania inwestora w takiej sytuacji to brak reakcji albo dokonanie operacji przeciwnej niż poprzednia – przy wartości w przedziale $(-1; 1)$,
- oczekiwanie na inny sygnał – w pozostałych przypadkach.

Dodatkowo zostały przyjęte trzy możliwe strategie inwestycyjne, które różnią się podejściem do reakcji inwestora podczas uzyskania wartości z przedziału z największym prawdopodobieństwem odwrócenia trendu oraz momentem zajęcia zalecanej pozycji na rynku *futures*.

Pierwsza strategia inwestycyjna uwzględnia zajęcie pozycji natychmiast po otrzymaniu sygnału o kupnie albo sprzedaży kontraktu. Nie bierze ona pod uwagę sygnału o możliwej zmianie trendu (czyli, kiedy wartość prognozowana znajduje się w przedziale od -1 do 1). Strategia druga jest analogiczna do poprzedniej, natomiast uwzględnienia ona również ostrzeżenie o zmianie trendu, po wystąpieniu którego inwestor zajmuje odwrotną od poprzedniej pozycję na rynku. Przy stosowaniu trzeciej strategii inwestor nie zajmuje pozycji długiej (kupno) bądź krótkiej (sprzedaż) od razu przy pojawieniu się sygnału, lecz oczekuje na potwierdzenie przez kolejną sesję. Jeśli podczas drugiej sesji pojawia się sygnał o oczekiwaniu, inwestor zajmie odpowiednią pozycję. Zastosowanie trzeciej strategii jest uzasadnione pojawieniem się sygnałów o kupnie i sprzedaży aktywa naprzemiennie w dwóch sąsiadujących ze sobą dniach, co skutkuje większymi opłatami z tytułu zawieranych transakcji. Jednak w celu uproszczenia modelu w symulacji założono brak tych opłat. Wyniki symulacji przedstawia rysunek 4.



Rys. 4. Zyski skumulowane otrzymane wg trzech strategii inwestycyjnych

Źródło: obliczenia własne.

Ze względu na podobieństwo pierwszych dwóch strategii ich wyniki są zbliżone do siebie, jednak uwzględnienie w drugiej strategii inwestycyjnej sygnałów o możliwym odwróceniu trendu potwierdziło swoją skuteczność (zyski wg drugiej strategii o 1,5% wyższe niż wg pierwszej i o 40% niższe niż wg trzeciej). Zyski otrzymane od inwestowania wg trzeciej strategii były też większe od strat (51% zyskowych transakcji, które przyniosły 64% zysków), jednak strategia okazała się najmniej zyskowna ze wszystkich, co można wyjaśnić opóźnioną realizacją transakcji. Uwzględnienie w modelu opłat z tytułu zawieranych transakcji mogłoby zmienić wynik dla przedstawionych strategii.

4. Podsumowanie

Podejmowanie decyzji inwestycyjnych jest utrudnione, biorąc pod uwagę dużą liczbę danych z rynku finansowego, które charakteryzują się wysoką dynamiką. W celu wspomagania procesu decyzyjnego stosuje się różnego rodzaju metody i systemy, m.in. sztuczne sieci neuronowe należące do metod sztucznej inteligencji. Jak wykazano w artykule sztuczne sieci neuronowe mogą być wiarygodnym narzędziem dla prognozowania na niemieckim rynku giełdowym. W oparciu o dane zostały przewidziane sformułowane reguły, kierując się którymi inwestor może podejmować decyzje inwestycyjne. Opracowane trzy strategie inwestycyjne pomogły przeanalizować właściwość wygenerowanych decyzji inwestycyjnych oraz uwidocznili konieczność uwzględnienia przedziałów wcześniejszego reagowania na możliwe odwrócenie trendu na rynku.

Literatura

- [1] **Kisielnicki J., Turyna J.:** *Decyzyjne systemy zarządzania*, DIFIN, Warszawa 2012.
- [2] **Hankus-Kubica A.:** *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych we wspomaganii podejmowania decyzji*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2013, s. 81.
- [3] **Wawrzywniak B.:** *Od koncepcji do praktyki zarządzania wiedza w przedsiębiorstwie*. Master of Business Administration, nr 1, 2002, s. 30.
- [4] **Nogalski B., Falencikowski T.:** *Aspekty epistemologiczne decyzji finansowych*. Biznes, bankowość i finanse na rynkach wschodzących, tom II, red. naukowy D. Zarzecki, Szczecin 2005, ss. 27-32.
- [5] Ustawa z dnia 29 września 1994 r. o rachunkowości (Dz.U. 1994 Nr 121, poz. 591), Rozdział 5. Sprawozdania finansowe jednostki, art. 48b pkt. 3.
- [6] **Sroka H.:** *Inteligentne systemy wspomaganii decyzji w zarządzaniu: przegląd problematyki: materiały z konferencji naukowo-badawczej*. Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, 2009, s. 9.
- [7] **Mospan A.:** *Projektowanie systemu transakcyjnego opartego na zmianach indeksu MDAX, prognozowanych za pomocą sztucznych sieci neuronowych*. Zarządzanie przedsiębiorstwem. Teoria i praktyka [w druku], Wydawnictwo AGH, Kraków 2013.
- [8] **Thiel S.:** *Rynek kapitałowy i terminowy. Skrypt dla nauczycieli do przedmiotu*. Podstawy przedsiębiorczości, Fundacja Edukacji Rynku Kapitałowego, Warszawa 2007, s. 6.
- [9] **Krahnen J.P., Schmidt R.H.:** *The German Financial System*. Oxford University Press, 2004.