

Arkadiusz Okrasa

Szkoła Główna Mikołaja Kopernika w Warszawie
<https://orcid.org/0009-0003-7486-8080>

Volume Weighted Average Price (VWAP) jako narzędzie wspierające proces podejmowania decyzji inwestycyjnych: na przykładzie indeksu DAX

Streszczenie

Celem artykułu jest analiza wykorzystania narzędzi wspomagających proces podejmowania decyzji inwestycyjnych w kontekście zarządzania pozycjami na rynku kapitałowym. Badanie koncentruje się na wskaźniku Volume Weighted Average Price (VWAP) oraz jego integracji z dodatkowymi narzędziami technicznymi, takimi jak Bollinger Bands, On Balance Open Interest oraz Percentage Change Since Open. Metodyka badawcza opiera się na analizie danych śróddziennych z rynku kontraktów terminowych na indeks DAX w latach 2014–2024, uwzględniając narzędzia mikrostruktury rynku oraz metody oceny relacji zysku do ryzyka, takie jak wskaźnik Sharpe’a i test Alfa. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że strategia oparta na VWAP, mimo zastosowania dodatkowych filtrów i narzędzi optymalizacyjnych, nie przewyższa wyników benchmarkowych indeksu DAX, co sugeruje ograniczoną efektywność w warunkach wysokiej zmienności rynkowej. VWAP oraz powiązane narzędzia mogą stanowić użyteczne wsparcie w procesie zarządzania ryzykiem i decyzjami inwestycyjnymi, lecz nie powinny być traktowane jako samodzielna strategia inwestycyjna.

Słowa kluczowe: VWAP, zarządzanie portfelem, indeks DAX, mikrostruktura rynku, decyzje inwestycyjne, benchmark, ryzyko i zysk, analiza techniczna, trading algorytmiczny, zarządzanie pozycją inwestycyjną

Kody klasyfikacji JEL: G11, G14, C58, G17

1. Wprowadzenie

Rynek kontraktów terminowych na indeks DAX cieszy się popularnością wśród inwestorów instytucjonalnych i indywidualnych, oferując wysoką płynność oraz możliwość zastosowania narzędzi inwestycyjnych opartych na danych śróddziennych (tickowych) i książce zleceń poziomu drugiego. Kluczowym elementem procesu inwestycyjnego jest identyfikacja optymalnych punktów wejścia i wyjścia, którą można realizować między innymi na podstawie analizy wolumenu i dynamiki ceny. Wskaźnik Volume Weighted Average Price (VWAP), mierzący średnią cenę transakcji ważoną wolumenem, pełni funkcję dynamicznie zmieniających się w ciągu sesji poziomów wsparcia i oporu. Znajduje zastosowanie w strategiach handlu algorytmicznego oraz jako benchmark oceny jakości realizacji zleceń, umożliwiając porównanie ceny transakcji z ważoną wolumenem średnią sesyjną [Berkowitz i in., 1988, s. 100]. Gatheral [2010, s. 18] wskazuje, że w strategiach VWAP istotne jest uwzględnienie wpływu rynkowego, modelowanego z zanikiem potęgowym, co zapewnia zgodność z zasadą braku dynamicznego arbitrażu.

W badaniach przeanalizowano przydatność VWAP w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych na kontraktach terminowych na indeks DAX, z uwzględnieniem narzędzi analitycznych, takich jak On Balance Open Interest, Percentage Change Since Open, Bollinger Bands oraz wykresy punktowo-symboliczne.

1.1. Uzasadnienie wyboru tematu

Wskaźnik VWAP wybrano ze względu na jego szerokie zastosowanie wśród inwestorów instytucjonalnych. Jego zaletą jest uwzględnianie zarówno ceny, jak i wolumenu, co umożliwia precyzyjne określenie poziomu równowagi między popytem a podażą. W odróżnieniu od tradycyjnych średnich kroczących, VWAP dostarcza informacji o „uczciwej wartości” ceny w danym przedziale czasowym. W badaniach uwzględniono również Strefy Kształtowania Obszarów Wartości (SKOW). Na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, że proponowane w badaniach rozwarstwienie SKOW, w połączeniu z narzędziami takimi jak On Balance Open Interest, Percentage Change Since Open, Bollinger Bands oraz wykresy punktowo-symboliczne, stanowią podejście niszowe. Połączenie tych narzędzi pozwala na identyfikację dystrybucji lub akumulacji pozycji, co, przy rozwarstwieniu między górnym a dolnym obszarem wartości, może wskazywać na potencjalne okazje inwestycyjne. Dzięki przejrzystości w interpretacji, VWAP pozostaje istotnym narzędziem w analizie śróddziennej, w której dominującą rolę odgrywają systemy algorytmiczne oraz duzi gracze giełdowi.

2. Przegląd literatury

2.1. Definicja VWAP, jego funkcje i zastosowanie

VWAP odzwierciedla średnią cenę, po której dane aktywo było kupowane i sprzedawane w określonym czasie, z uwzględnieniem wolumenu każdej transakcji. Ceny transakcji o większym wolumenie mają większy wpływ na wynik VWAP, co czyni go bardziej reprezentatywną miarą niż zwykła średnia arytmetyczna cen [Investopedia, 2024]. Biais i in. [2005] pokazują, że patrząc przez pryzmat mikrostruktury rynku, VWAP jest przydatnym narzędziem do analizy wpływu rynkowego, ponieważ uwzględnia tymczasowe efekty związane z kosztami obsługi zleceń i inwentarzowymi (*inventory costs*) oraz trwałe efekty wynikające z asymetrii informacji [Biais i in., 2005, s. 217]. VWAP dla kontraktów terminowych oblicza się według wzoru [Berkowitz i in., 1988, s. 100]:

$$VWAP = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

gdzie:

P_i – cena transakcji i -tej;

V_i – wolumen transakcji i -tej;

n – liczba transakcji w danym okresie.

VWAP znajduje zastosowanie jako benchmark dla inwestorów instytucjonalnych, służy do optymalizacji strategii egzekucji zleceń oraz ułatwia określenie płynności rynku. Jeśli cena rynkowa utrzymuje się blisko VWAP, oznacza to zrównoważony popyt i podaż. Duże odchylenia sugerują nadmierną presję kupujących lub sprzedających.

2.2. VWAP jako poziom wsparcia i oporu w analizie technicznej

W kontekście poziomu wsparcia i oporu punktem wyjścia jest dodanie Strefy Kształtowania Obszarów Wartości (*Developing Value Area*, DVA) do VWAP. W praktyce mamy do czynienia z Górną Strefą Obszaru Wartości (*Developing Value Area High*, DVAH) oraz Dolną Strefą Obszaru Wartości (*Developing Value Area Low*, DVAL), które w standardowej formie pokazują $\pm$ jedno odchylenie standardowe od VWAP. Koncepcja DVAH i DVAL pochodzi z narzędzia Market Profile [Steidlmayer, Hawkins, 2003], które służy m.in. do mierzenia obszarów wartości. W standardowym przypadku, to jest $\pm$ jednego odchylenia standardowego, obszar wartości obejmuje 68% dziennego handlu. Górna i dolna wstęga DVA działają podobnie jak Bollinger Bands, ale oparte są na realnym wolumenie, a nie tylko cenie, tworząc tak zwane dynamiczne obszary wsparcia i oporu. Jeśli cena znajduje się w obszarze górnego i dolnego DVA, można powiedzieć, że rynek jest w równowadze. Wyjście ceny poza górny

DVA może sugerować, w uproszczeniu, wykupienie rynku, co powinno zaowocować korektą w kierunku VWAP. Podobnie, jeśli cena wychodzi poza dolny DVAL, można mówić o możliwym wyprzedaniu rynku i potencjalnym powrocie do VWAP.

2.3. Znaczenie VWAP w strategiach algorytmicznych, tradingu wysokiej częstotliwości i na interwałach średniookresowych

W handlu algorytmicznym VWAP znajduje zastosowanie do stopniowego wprowadzania dużych zleceń na rynek w celu minimalizacji ich wpływu na cenę. W przypadku tradingu o wysokiej częstotliwości (HFT) VWAP może służyć jako punkt odniesienia do ciągłego porównywania ceny bieżącej z „przeciętną” ceną rynku. Przy dużej liczbie transakcji każda niewielka różnica w cenie nabycia lub zbycia aktywów przekłada się na wyniki [Harris, 2002, s. 1–3]. W artykule *Optimal VWAP Execution under Transient Price Impact* [Barzykin, Lillo, 2019] przedstawiony jest model matematyczny, który dostosowuje tempo realizacji zleceń do dynamicznie zmieniających się warunków rynkowych, uwzględniając chociażby reaktywność rynku na zlecenia przy dużym wolumenie. Autorzy opierają się na Transient Impact Model (TIM), który opisuje ewolucję ceny S_t w czasie t jako:

$$S_t = S_0 + \int_0^t f(\dot{X}_s)G(t-s)ds + \int_0^t \sigma_s dW_s$$

gdzie:

S_0 – początkowa cena,

$\dot{X}_s$ – tempo sprzedaży w momencie s ,

$f(\dot{X}_s) = -k\dot{x}s$ reprezentuje liniowy wpływ natychmiastowy zleceń na cenę,

$G(t-s)$ – funkcja propagacji opisująca, jak zlecenie w chwili s wpływa na cenę w chwili t ,

σ_s – deterministyczna funkcja zmienności,

W_s – proces Wienera reprezentujący losowe wahania cen.

Funkcja $G(t-s)$ jest malejąca, co odzwierciedla przejściowy charakter wpływu zleceń na cenę. Model ten pozwala na dynamiczne dostosowywanie strategii handlowych w odpowiedzi na zmieniające się warunki rynkowe, uwzględniając zarówno natychmiastowy, jak i opóźniony wpływ zleceń na cenę [Barzykin, Lillo, 2019, s. 3].

W inwestycjach średniookresowych VWAP bywa przydatny w strategiach obejmujących wielogodzinne lub kilkudniowe interwały czasowe, gdzie uczestnicy rynku starają się realizować zlecenia zgodne z profilem wolumenowym w ciągu jednej lub kilku sesji [Avatradeschool.pl, 2024]. Handel w średnim terminie pozwala często unikać negatywnego poślizgu cenowego, zwłaszcza przy większych wolumenach.

2.4. Przegląd badań nad strategiami opartymi na VWAP i ich skutecznością

VWAP, czyli wolumenowo ważona cena średnia, jest jednym z podstawowych narzędzi analizy technicznej i bardziej współczesnym narzędziem analizy mikrostrukturalnej, które rozszerza zakres tej analizy opisywanej przez O’Harę [1995, s. 1], a wykorzystywanym do oceny średniej ceny, po której dany instrument był handlowany w określonym przedziale czasowym. Strategie transakcyjne oparte o VWAP stanowią ważny element w realizacji zleceń na rynkach kapitałowych, zwłaszcza wśród inwestorów instytucjonalnych oraz w handlu o wysokiej częstotliwości (HFT). Poniższy przegląd literatury odwołuje się do czterech badań, które poświęcone są aspektom optymalizacji strategii VWAP.

Zaczynając od badań prowadzonych przez Kato [2015, s. 34], który skupiając się na optymalizacji strategii VWAP z perspektywy teorii optymalizacji zleceń, wykazuje, że strategia ta jest szczególnie efektywna wśród inwestorów neutralnych pod względem ryzyka, stanowiąc jednocześnie optymalne rozwiązanie minimalizujące koszty transakcyjne. Kolejne badanie [Li i in., 2022, s. 8] uwzględnia zaawansowane metody algorytmiczne, które wykorzystują hierarchiczne uczenie ze wzmocnieniem (*Hierarchical Deep Reinforcement Learning*) w strategiach VWAP.

Opracowany system Macro-Meta-Micro Trader (M3T) analizuje na bieżąco warunki rynkowe na różnych interwałach czasowych i dopasowuje realizację zleceń w czasie rzeczywistym. Badania wykazały redukcję odchylenia od VWAP o 1,16 punktu bazowego. Trzecie badanie [Busseti, Boyd, 2015, s. 3–4] skupia się na minimalizacji kosztów transakcyjnych w strategiach VWAP. Autorzy pokazują, że standardowe metody realizacji VWAP mogą być obciążone nadmiernymi kosztami wynikającymi z wpływu na rynek i ryzyka cenowego. Dynamiczna optymalizacja może ograniczyć te koszty i zwiększyć efektywność strategii.

2.5. Benchmarkowanie strategii inwestycyjnych – jak mierzyć ich skuteczność w porównaniu do rynku?

O wyborze strategii inwestycyjnej powinien między innymi decydować wskaźnik zysku do ryzyka, taki jak Sharpe’a czy Sortino. Z przeglądu literatury wynika, że choć Sortino koncentruje się na odchyleniach ujemnych, a Sharpe uwzględnia całkowitą zmienność, to ostateczne wyniki nie różnią się od siebie znacząco [Nilsson, 2024]. Ze względu na to, że obie metody mają szerokie zastosowanie w praktyce, przyjrzymy się podstawom obu z nich.

Wskaźnik Sharpe’a definiuje się jako [Sharpe, 1994, s. 49]:

$$\text{Sharpe } \alpha = \frac{E(R\alpha - R_f)}{\text{Standard Deviation}}$$

gdzie:

$E(R\alpha)$ – oczekiwana stopa zwrotu strategii inwestycyjnej α ,

R_f – stopa zwrotu aktywa wolnego od ryzyka (np. rentowność obligacji skarbowych),

$E(R\alpha - R_f)$ – oczekiwana premia za ryzyko, czyli różnica między stopą zwrotu strategii a stopą wolną od ryzyka,

σ – odchylenie standardowe stóp zwrotu strategii inwestycyjnej, które mierzy całkowitą zmienność portfela.

Wskaźnik Sortino definiuje się jako [Sortino, Price, 1994, s. 59]:

$$\text{Sortino } \alpha = \frac{E(R\alpha - R_f)}{\text{Targeted Downside Deviation or Semi Standard Deviation}}$$

gdzie:

$E(R\alpha)$ – oczekiwana stopa zwrotu strategii inwestycyjnej α ,

R_f – stopa zwrotu aktywa wolnego od ryzyka,

$E(R\alpha - R_f)$ – oczekiwana premia za ryzyko, podobnie jak w przypadku Sharpe'a,

Targeted Downside Deviation (Semi-Deviation) – mierzy jedynie negatywną zmienność, czyli ryzyko spadku wartości inwestycji poniżej określonego poziomu (najczęściej R_f lub innej docelowej stopy zwrotu).

Porównanie obu wskaźników znajdziemy także w artykule *Sortino: A Sharper Ratio* [Rollinger i in., 2013], gdzie autorzy przedstawiają wskaźnik Sortino jako modyfikację Sharpe'a, koncentrującą się na ocenie ryzyka spadku wartości inwestycyjnej, dodając, że wskaźnik Sharpe'a traktuje jednakowo zmienność w górę i w dół, co może być mylące dla inwestorów, ponieważ nie uwzględnia, że tylko ujemne odchylenia od oczekiwanej stopy zwrotu są rzeczywistym ryzykiem. W odpowiedzi na te ograniczenia wskaźnik Sortino został zaprojektowany tak, aby mierzyć jedynie zmienność związaną z negatywnymi odchyleniami, dostarczając bardziej precyzyjnej miary ryzyka inwestycyjnego [Rollinger, Hoffman, 2013, s. 1–2].

Mając do wyboru kilka strategii inwestycyjnych, warto je przeanalizować pod kątem oceny Sharpe'a lub Sortino i ostatecznie wybrać tę, która najlepiej odpowiada oczekiwaniom inwestora. W kolejnym kroku można dokonać benchmarku tej strategii do najbliższych skorelowanych portfeli inwestycyjnych. W naszym przypadku takie porównanie będzie miało miejsce w stosunku do niemieckiego indeksu DAX.

3. Metodologia badań

3.1. Opis danych

Dane pobierane są z platformy Sierra Chart na kontrakty terminowe dla niemieckiego indeksu giełdowego DAX. Są to dane śróddzienne zaciągnięte z tzw. książki zleceń poziomu drugiego. Badany okres obejmuje lata 2014–2024. Łącznie przeprowadzono ponad 500 obserwacji, badając trzy strategie inwestycyjne. Po ocenie każdej z tych strategii filtrowano dane, dodając lub odejmując wskaźniki, takie jak On Balance Open Interest, Percentage Change Since Open czy wolumen.

3.2. Opis testowanych strategii

W badaniach skoncentrowano się na strategii inwestycyjnej opartej o VWAP, a w szczególności na rozszczeniu wstęg wyznaczających obszar wartości ($\pm$ jedno odchylenie standardowe od VWAP), które nazywane są również wstęgami bądź płaszcami wolumenowymi. Podstawowym elementem analizy jest rozszczenie pomiędzy górną wstęgą obszaru wartości a dolną wstęgą obszaru wartości (tzw. dzień z podwójną dystrybucją), co w praktyce, przy zdefiniowanych parametrach, występuje stosunkowo rzadko. Badania przeprowadzono na niemieckim indeksie DAX, koncentrując się wyłącznie na otwarciach długich pozycji. Poszukiwano rozszczeń płaszczy wolumenowych w dół. Warunkiem koniecznym było, aby takie rozszczenie było widoczne przez minimum trzy świece punktowo-symboliczne o ustawieniu 12–4, tj. korpus trzech świeczek punktowo-symbolicznych musiał znajdować się poniżej DVA. Drugim warunkiem koniecznym do rozpoczęcia poszukiwania otwarcia pozycji było dotknięcie lub przekroczenie przez cenę dolnej wstęgi Bollinger Bands (BB) o ustawieniach: 2,3 odchylenia standardowego przy prostej średniej kroczącej wynoszącej 30 (2,3/30). Pierwsze dotknięcie/przekroczenie dolnej wstęgi BB musiało mieć miejsce w trakcie sesji, na której nastąpiło rozszczenie między obszarami wartości. Jeśli te dwa parametry wystąpiły, otwarcia dokonywano nie później niż siódmego dnia od rozszczenia, tylko wtedy, gdy w ciągu tego okresu cena ponownie dotknęła/przebiła dolną wstęgę Bollinger Bands.

Podkreślono, że to drugie dotknięcie/przebicie (D/P) jest ważne tylko wtedy, gdy miało miejsce po zamknięciu sesji, w której nastąpiło rozszczenie między obszarami wartości. Poziomem zysku w tej strategii była górna wstęga z obszaru wartości, w którym nastąpiło rozszczenie.

Otwarcie nie miało miejsca, jeśli pomiędzy pierwszym a drugim dotknięciem ceny o Bollinger Bands cena osiągnęła poziom zysku opisany powyżej. Wówczas drugie dotknięcie ceny o dolną wstęgę BB nie powodowało otwarcia pozycji. Ze względu na historycznie rosnący trend indeksu DAX, nie przyjmowano tzw. *stop loss*, a jedynie mierzono ryzyko, które wystąpiło od momentu otwarcia do czasu zamknięcia poszczególnych pozycji w każdej z badanych strategii. W pierwszej analizie założono, że na inwestycje przeznaczana jest jedna trzecia dostępnych środków, co pozwalało na równoległe otwarcie maksymalnie trzech pozycji. Przykładowo, przy kapitale 100 000 euro na jedną pozycję przeznaczano 33 333 euro.

W drugim badaniu przeanalizowano, które z zastosowanych wskaźników były najbardziej efektywne, i zastosowano tę strategię ponownie z najlepszymi parametrami. Na przykład, jeśli największe zyski przynosiły pozycje charakteryzujące się najwyższym wolumenem podczas otwarcia, skupiono się na poszukiwaniu takich otwarć. W trzecim podejściu sprawdzono, czy możliwe jest uzyskanie lepszych wyników poprzez zmianę poziomu zysku.

Filtrowanie i optymalizacja strategii opierały się między innymi na obserwacji przydatności takich narzędzi jak: On Balance Open Interest, Percentage Change Since Open, wolumen, Shaking Bar – jeśli występował na świeczce dotykającej Bollinger Bands po raz drugi.

Otwieranie pozycji liczono na otwarciu kolejnej świecy, która nastąpiła po zamknięciu świecy dotykającej/przekraczającej BB po raz drugi. Szczególną uwagę zwracano na następujące aspekty:

- a) Czy na krótkookresowym wskaźniku On Balance Open Interest liczba kontraktów była mniejsza czy większa pomiędzy pierwszym a drugim dotknięciem ceny o Bollinger Bands?
- b) Czy na średniookresowym wskaźniku On Balance Open Interest występowała podobna sytuacja jak w punkcie a?
- c) Jaki był poziom odchylenia na dziennym wskaźniku Percentage Change Since Open w momencie drugiego dotknięcia Bollinger Bands lub w okresie między pierwszym a drugim dotknięciem? Odnotowywano najwyższe odchylenie. Przyjęto, że dzienny spadek większy niż 1,5% zwiększa prawdopodobieństwo odwrócenia ceny.
- d) Jaki był poziom odchylenia na miesięcznym wskaźniku Percentage Change Since Open? Założono, że miesięczny spadek poniżej 5% zwiększa szanse na odwrócenie ceny. Obszarem obserwacji było miejsce przecięcia BB po raz drugi lub okres pomiędzy pierwszym a drugim dotknięciem/przecięciem BB.
- e) Jaki był poziom odchylenia na trzyletnim wskaźniku Percentage Change Since Open (PCSO)? Przyjęto, że wzrost powyżej 20% dla tego wskaźnika zapowiada głębsze spadki, zwłaszcza jeśli przekracza 40%, co może oznaczać głębszą korektę, a tym samym większe ryzyko. Spadek powyżej -20% zwiększa szanse na powrót ceny do trendu rosnącego. Zwracano uwagę, czy przed zakończeniem trzyletniego okresu występowały wartości powyżej 20% i jak zachowywała się cena w pierwszym kwartale nowego roku.
- f) Czy wolumen na pierwszym dotknięciu/przekroczeniu ceny na BB był wyższy niż na drugim, zakładając, że niższy wolumen na drugim dotknięciu zwiększa prawdopodobieństwo odwrócenia ceny?
- g) Czy występował Shaking Bar, do których zaliczano pin bar lub świece doji, uformowany na drugim dotknięciu Bollinger Bands, przy minimum 1,2% spadku na dziennym Percentage Change Since Open? Duży spadek ceny, np. 2%, również zaliczano do kategorii Shaking Bar.

Wnioski końcowe stanowiły podstawę do sformułowania hipotezy badawczej dla strategii, która okazała się najbardziej efektywna w badanym okresie.

3.3. Kryteria oceny skuteczności strategii

Ryzyko w każdej z badanych strategii mierzono w ten sam sposób, koncentrując się na średnim procentowym odchyleniu ceny zakupu względem maksymalnego spadku ceny w okresie, gdy pozycja była otwarta, uwzględniając procentowy zysk osiągnięty w badanym okresie. Innymi słowy, mierzono stosunek zysku do ryzyka. Najefektywniejszą strategię oceniono metodą Sharpe'a, a następnie poddano testowi Alfa.

3.4. Sposób testowania hipotez

Wybraną strategię poddano hipotezie badawczej, porównując ją z indeksem DAX. Hipoteza zerowa (H_0): Testowana strategia inwestycyjna nie osiąga wyższej stopy zwrotu niż średnia stopa zwrotu z indeksu DAX, co oznacza, że średnia stopa zwrotu strategii nie różni się istotnie od średniej stopy zwrotu indeksu DAX. Hipoteza alternatywna (H_1): Średnia stopa zwrotu testowanej strategii jest wyższa niż stopa zwrotu z indeksu DAX w badanym okresie. Jeśli strategia generowała niższy procentowy wzrost niż indeks DAX, zastosowano test Alfa, wyrażony wzorem:

$$\text{Alfa } (\alpha) = R_p - [R_f + \beta (R_m - R_f)]$$

gdzie:

R_p – stopa zwrotu testowanej strategii,

R_m – stopa zwrotu rynku (DAX),

R_f – stopa zwrotu wolna od ryzyka,

β – wskaźnik beta, przyjęty w badaniach jako równy 1 [Brealey i in., 2020, s. 207–208].

Takie założenie służy uproszczeniu konstrukcji testu Alfa. Wartość ta odpowiada neutralnemu poziomowi ryzyka systematycznego względem benchmarku i pozwala przeprowadzić wstępną ocenę efektywności strategii. W pełnej wersji badania możliwe byłoby wyznaczenie wskaźnika beta na podstawie regresji liniowej: $R_p = \alpha + \beta R_m + \varepsilon$, gdzie R_p oznacza stopę zwrotu portfela, R_m stopę zwrotu indeksu rynkowego (DAX), a ε składnik losowy. Dokładne oszacowanie tego parametru może zostać przeprowadzone w kolejnych etapach badań. Wzór ten jest zgodny z logiką modelu CAPM, który wskazuje, że stopa zwrotu z portfela zależy liniowo od stopy zwrotu z rynku i stanowi podstawę empirycznego wyznaczania współczynnika beta.

4. Wyniki badań

4.1. Strategia pierwsza

Pierwsza strategia przyniosła potencjalnie 5,4% zysku rocznie, co w okresie 11 lat dało 59% zysku bez uwzględnienia prowizji. Średnio rocznie otwierano 5,5 pozycji. Średni roczny spadek wynosił 14,11%, co w badanym okresie przełożyło się na 155% potencjalnej straty. Stosunek zysku do potencjalnej straty wyniósł 0,38, co oznacza, że na każdą jednostkę ryzyka przypadało 0,38 jednostki zysku. Średni zysk z pojedynczej pozycji wynosił 0,96%, podczas gdy średnia strata na pozycję wynosiła 2,5%. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że strategia oparta na rozszczepieniach obszarów wartości jest nieefektywna. Analiza wskaźników dodatkowych wykazała, że większość z nich, takich jak On Balance Open Interest czy wolumen, nie dostarczała solidnych sygnałów do otwarcia pozycji. Shaking Bar wystąpił

dwukrotnie i w obu przypadkach zaobserwowano znaczący spadek dziennego Percentage Change Since Open (PCSO). Efektywność tych otwarć była wyższa niż średnia. Na przykład zysk z pierwszej pozycji otwartej na Shaking Bar wyniósł 1,4% przy potencjalnej stracie 0,12%, a z drugiej 0,73% przy stracie 0,348%, czyli znacznie poniżej średniej 2,5%. W obu przypadkach dzienny PCSO wynosił -2%. Jednak w drugim przypadku trzyletni PCSO przekraczał 40%, co wskazuje na zwiększone ryzyko. Korelacja ta zasługuje na uwagę przy optymalizacji strategii. Ze względu na rzadkość Shaking Bar, ich wpływ na wyniki strategii był marginalny, choć pojedyncze pozycje wyróżniały się efektywnością. Największą uwagę w analizie zwrócono na trzyletni PCSO. Największe straty występowały, gdy trzyletni PCSO był dodatni i znajdował się w przedziale 20–45%.

4.2. Strategia druga

W strategii drugiej wyeliminowano otwarcia pozycji, gdy trzyletni PCSO przekraczał 20%. Po wprowadzonych zmianach zysk wyniósł 56,6%, a strata 117,7%. W rezultacie stosunek zysku do ryzyka wzrósł do poziomu 0,48, co oznacza poprawę o 21% względem strategii pierwszej. Wyeliminowanie 15 pozycji przy wysokim PCSO pozwoliło uniknąć pięciu najbardziej stratnych pozycji. W miejsce tych pozycji otwierano nowe, gdy trzyletni PCSO spadał poniżej 20%. Wprowadzono także siedmioletni PCSO, aby uniknąć równoległego zakończenia okresów wzrostu. Nowe pozycje otwierano, gdy przynajmniej jeden z tych wskaźników (trzyletni lub siedmioletni) był poniżej 20%. Zachowano analizę dziennego PCSO w poszukiwaniu Shaking Bar, które wykazywały ponadprzeciętną efektywność. Wyniki strategii drugiej były lepsze od pierwszej, lecz nadal niezadowalające. Zysk spadł z 59% do 56%, ale ryzyko straty zmalało z 155% do 117%, co oznacza poprawę o 25% w aspekcie ryzyka.

4.3. Strategia trzecia

W strategii trzeciej zmieniono poziom zysku. Górna wstęga obszaru wartości (PDVA) dla pozycji, które mogłyby być otwarte przy trzyletnim PCSO powyżej 20%, stanowiła nowy poziom zysku. Pozycje otwierano, gdy trzyletni lub siedmioletni PCSO spadał poniżej 20%, ale poziom zysku ustalano na podstawie najwyższego rozszczepienia przy wysokim PCSO. Strategia ta przyniosła 79,6% zysku i 125,4% straty w okresie 11 lat, osiągając stosunek zysku do ryzyka na poziomie 0,68, czyli o 44% lepszy niż w strategii pierwszej. Wyniki nadal nie były zadowalające, ponieważ zysk nie przewyższał ryzyka.

5. Ocena efektywności strategii trzeciej metodą Sharpe'a

Przy założeniu stopy wolnej od ryzyka ($R_f = 0,01472$), oczekiwanej stopy zwrotu ($E(R_\alpha) = 0,01474$) i odchylenia standardowego ($\sigma = 0,007215$) współczynnik Sharpe'a wyniósł $-0,0028$. Na podstawie wyników badań stwierdzono, że strategia nie zrekompensowała podjętego ryzyka i nie przewyższyła zwrotu bezpiecznych instrumentów finansowych, co wskazuje na jej nieefektywność w relacji zysku do ryzyka. Różnica między oczekiwaną stopą zwrotu strategii a rentownością niemieckich 10-letnich obligacji skarbowych była minimalna ($0,00002$ punktu procentowego), co przy relatywnie wysokiej zmienności potwierdza niską efektywność strategii.

6. Hipotezy badawcze – test Alfa

Indeks DAX w latach 2014–2024 przyniósł 112% wzrostu, podczas gdy najlepsza strategia (trzecia) osiągnęła 79% wzrostu. Porównanie strategii trzeciej z indeksem DAX przeprowadzono za pomocą testu Alfa:

$$\text{Alfa}(\alpha) = R_p - [R_f + \beta(R_m - R_f)]$$

gdzie:

$R_p = 0,79$ (stopa zwrotu strategii),

$R_m = 1,12$ (stopa zwrotu DAX),

$R_f = 0,0148$ (stopa zwrotu wolna od ryzyka, średnia rentowność 10-letnich obligacji niemieckich),

$\beta = 1$ (założenie neutralnego ryzyka systematycznego).

Wartość Alfa obliczono następująco:

$$\alpha = 0,79 - [0,0148 + 1 * (1,12 - 0,0148)] = 0,79 - 1,12 = -0,33$$

Ujemna wartość Alfa ($-0,33$) wskazuje, że strategia nie zrekompensowała ryzyka rynkowego, nawet przy założeniu neutralnej bety i stabilnej stopy wolnej od ryzyka.

7. Wnioski końcowe

Na podstawie wyników badań stwierdzono, że żadna z trzech testowanych strategii opartych na rozszczepleniach obszarów wartości przy VWAP nie przewyższyła stopy zwrotu indeksu DAX w badanym okresie. Nie uwzględniono jednak podziału okresu badawczego na warunki względnie stabilnego środowiska rynkowego oraz okresy turbulencji rynkowych, czyli sytuacji, w których rynki kapitałowe odnotowywały głębokie spadki, wywołane na przykład pandemią COVID-19. W badaniach celowo pominięto podział na warunki rynkowe, aby ocenić przydatność narzędzia VWAP bez względu na zmieniające się otoczenie rynkowe, co nie wyklucza możliwości przeprowadzenia analiz z uwzględnieniem takiego podziału. W kolejnych

badaniach można rozważyć filtrowanie otwarć pozycji na podstawie VWAP z dodatkowym zastosowaniem Market Profile. Jego wykorzystanie mogłoby polegać na identyfikacji tzw. ogona (ang. *tail*) w dolnej części Market Profile po pojawieniu się sygnału otwarcia na VWAP. Ogon definiuje się jako minimum dwa Time Price Opportunities (TPO), umieszczone jeden pod drugim, widoczne na dole profilu rynkowego. Wystąpienie takiego ogona zwiększa prawdopodobieństwo odbicia ceny, co może poprawić efektywność testowanych strategii.

Ponadto, po opracowaniu skutecznej metody zastosowania VWAP na indeksie DAX, zasadne wydaje się przeanalizowanie efektywności tego narzędzia w odniesieniu do indeksu WIG20 notowanego na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie.

Tym samym, na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że VWAP powinien być traktowany jako narzędzie wspierające podejmowanie decyzji inwestycyjnych, a nie jako samodzielna strategia. W przyszłych analizach warto uwzględnić podział na okresy stabilizacji i kryzysów, takich jak pandemia COVID-19 czy wojna w Ukrainie, ponieważ największe straty odnotowano w okresach głębokich korekt, sięgających 14% na pojedynczą pozycję, podczas gdy największe zyski wynosiły od 7% do 9%. Eliminacja tak dużych strat oraz szczegółowa analiza wpływu zmienności rynkowej wywołanej kryzysami może dostarczyć dodatkowych wniosków, na podstawie których możliwe będzie poprawienie efektywności prezentowanych strategii.

Bibliografia

Wydawnictwa zwarte

1. Brealey, R.A., Myers, S.C., Allen, F. (2020). *Zasady finansów przedsiębiorstw*. McGraw-Hill Education.
2. Harris, L. (2002). *Trading and Exchanges: Market Microstructure for Practitioners*. Nowy Jork: Oxford University Press.
3. O'Hara, M. (1995). *Market Microstructure Theory*. Oxford: Blackwell.
4. Steidlmayer, J.P., Hawkins, S.B. (2003). *Steidlmayer on Markets: Trading with Market Profile*. Hoboken, NJ: Wiley.

Artykuły naukowe

1. Barzykin, A., Lillo, F. (2019). Optimal VWAP Execution under Transient Price Impact, *arXiv preprint arXiv*, 1901.02327.
2. Berkowitz, S.A., Logue, D.E., Noser, E.A., Jr. (1988). The Total Cost of Transactions on the NYSE, *The Journal of Finance*, 42(3), s. 97–112.
3. Biais, B., Glosten, L., Spatt, C. (2005). Market Microstructure: A Survey of Microfoundations, Empirical Results, and Policy Implications, *Journal of Financial Markets*, 8(2), s. 217–264.
4. Busseti, E., Boyd, S. (2015). Volume Weighted Average Price Optimal Execution, *arXiv preprint arXiv*, 1509.08503.

5. Gatheral, J. (2010). No-Dynamic-Arbitrage and Market Impact, *Quantitative Finance*, 10(7), s. 749–759.
6. Kato, T. (2015). VWAP Execution as an Optimal Strategy, *JSIAM Letters*, 7, s. 33–36.
7. Li, X., Wu, P., Zou, C., Li, Q. (2022). Hierarchical Deep Reinforcement Learning for VWAP Strategy Optimization, *arXiv preprint arXiv*, 2212.14670.
8. Sharpe, W.F. (1994). The Sharpe Ratio, *Journal of Portfolio Management*, 21(1), s. 49–58.
9. Sortino, F.A., Price, L.N. (1994). Performance Measurement in a Downside Risk Framework, *The Journal of Investing*, 3(3), s. 59–64.

Materialy internetowe

10. Avatradeschool.pl. (2024). VWAP – co to za wskaźnik?, <https://avatradeschool.pl/vwap-co-to-za-wskaznik> (dostęp: 2.05.2025).
11. Investopedia. (2024). Volume-Weighted Average Price (VWAP): Definition and Calculation, <https://www.investing.com/academy/analysis/vwap-formula/> (dostęp: 2.05.2025).
12. Nilsson, D. (2024). Sharpe & Sortino – Does It Matter?, <https://caia.org/blog/2024/09/17/sharpe-sortino-does-it-matter> (dostęp: 30.04.2025).
13. Rollinger, T.N., Hoffman, S.T. (2013). Sortino: A ‘Sharper’ Ratio. *Red Rock Capital*, <https://www.cmegroup.com/education/files/rr-sortino-a-sharper-ratio.pdf> (dostęp: 30.04.2025).

Volume Weighted Average Price (VWAP) as a Tool Supporting the Investment Decision-Making Process as Exemplified by the DAX Index

Abstract

The purpose of this article is to analyse the application of tools that support investment decision-making processes in the context of position management on the capital market. The study focuses on the Volume Weighted Average Price (VWAP) indicator and its integration with additional technical instruments, such as Bollinger Bands, On Balance Open Interest and Percentage Change Since Open. The research methodology is based on the analysis of intraday data from the DAX futures market over the period of 2014–2024, accounting for market microstructure tools as well as methods for evaluating risk–reward relationships such as the Sharpe ratio and Alpha test. The research findings indicate that a strategy based on VWAP, even when combined with additional filters and optimisation tools, does not outperform the benchmark returns of the DAX index. This suggests limited effectiveness of such an approach under conditions of elevated market volatility. In conclusion, VWAP and related instruments may constitute valuable support tools within the framework of risk management and investment decision-making, yet they should not be considered as stand-alone investment strategies.

Keywords: VWAP, investment position management, DAX index, market microstructure, investment decision-making, benchmark, risk-reward ratio, technical analysis, algorithmic trading
