Istota optymalizacji wykonywania zleceń oraz zastosowanie wskaźników wpływu na rynek w handlu o wysokiej częstotliwości

Carlos Jorge Lenczewski Martins*

Streszczenie: Koncepcja handlu o wysokiej częstotliwości wiąże się z nowymi pojęciami związanymi ze sposobem przeprowadzania transakcji, w szczególności na rynku walutowym. Podmioty typu *market maker* na krótko pozostawiają otwarte pozycje, maksymalnie do końca dnia, w tym wypadku więc mało istotne wydają się zagadnienia związane np. z optymalizacją portfela inwestycyjnego. Bardziej istotne są pojęcia związane z wykonaniem zleceń, zależne od takich czynników, jak agresywność strategii, awersje na ryzyko czy wartość nominalna zleceń. Celem artykułu jest ukazanie istoty optymalizacji oraz składanie i wykonywanie zleceń podmiotów handlu o wysokiej częstotliwości. Ponadto zaprezentowano wybrany wskaźnik wpływu na rynek będący pomocnym narzędziem przy optymalizacji składania i wykonywania zleceń.

Słowa kluczowe: handel o wysokiej częstotliwości, HFT, wpływ na rynek, optymalizacja, zlecenia

Wprowadzenie

Rozwój obserwowany na rynku kapitałowym i walutowym w ciągu ostatniego pokolenia przekłada się na wzrost liczebności podmiotów, w tym na liczbę przeprowadzonych transakcji. Szczególnie istotną zmianą, jaka zaszła na tym rynku, jest pojawienie się podmiotów handlu o wysokiej częstotliwości (*high-frequency trading* – HFT). Tego rodzaju handel charakteryzuje się niezwykle wysoką częstotliwością składania i wykonywania zleceń – w mili- czy nawet nanosekundach. Ponadto stosowane są bardzo skomplikowane modele komputerowe umożliwiające podejmowanie decyzji i przeprowadzania transakcji w szybkim tempie. Budowa takich modeli wymaga wiedzy z zakresu informatyki, programowania, matematyki, ekonometrii oraz innych dziedzin nauki, które tworzą bardzo wysoko specjalistyczne modele biznesowe.

Trudność związana z możliwością przeprowadzania handlu o wysokiej częstotliwości nie dotyczy jedynie budowy określonego modelu, ale również interakcji modelu z otoczeniem – w szczególności z ceną instrumentu finansowego – i dlatego niezwykle istotna staje się optymalizacja zleceń.

* dr Carlos Jorge Lenczewski Martins, Instytut Bankowości i Ubezpieczeń Gospodarczych, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, e-mail: clencz@sgh.waw.pl.

Celem niniejszego artykułu jest omówienie istoty zleceń i wybranych wskaźników stosowanych w procesie optymalizacji składania i wykonania zleceń, co jest kluczowe w handlu o wysokiej częstotliwości.

1. Istota optymalizacji zleceń

Niezwykle istotnym czynnikiem determinującym poziom optymalizacji zleceń, w szczególności w handlu o wysokiej częstotliwości, to koszt wykonywania zleceń. Kiedy modele biznesowe skierowane są do osiągnięcia przychodu z tytułu najmniejszych zmian cenowych, to wszelkie zlecenia (w zależności od ich rozmiarów) wpływają na ceny i ostatecznie na potencjalne przychody. Negatywny wpływ na cenę określa się jako koszty, ale niekoniecznie koszty transakcyjne, które są mniej istotne dla znaczących podmiotów. Ostatecznie, optymalizacja zleceń wiąże się z minimalizacją kosztów względem stosowanej strategii (Cesari, Marzo, Zagaglia, 2012).

Cena wykonywania zleceń oraz sposób ich składania są niezwykle istotnymi elementami handlu o wysokiej częstotliwości dla dealerów walutowych. Dla strategii względnie długoterminowych typu *buy and hold* (kup i trzymaj) różnica ceny między momentem *decyzji* składania zleceń, a momentem *wykonywania* zlecenia nie ma dużego znaczenia. Inaczej jest dla najbardziej krótkoterminowych i agresywnych strategii. Dla podmiotów, dla których wyżej wspomniana różnica jest istotna, wzrasta znaczenie: *cena decyzji* (*decision price*) oraz *cena przetworzenia* (*arrival price*) (Labadie, Lehalle, 2010). *Cena decyzji* występuje wówczas, kiedy podmiot decyduje się składać zlecenia. Ponieważ do czasu realizacji cena może się zmienić (np. w wyniku wartości nominalnej zleceń), to wprowadza się jeszcze pojęcie *cena przetworzenia*, jako tę występującą między czasem otrzymania i realizacji zlecenia. Podmioty HFT są prawdopodobnie najmniej narażone na tego rodzaju różnice cenowe, gdyż czas podejmowania decyzji i składania zleceń jest niezmiernie krótki. Potencjalne straty nie wynikają jedynie z asymetrii informacji, ale zależne są od wpływu, jaki dany podmiot może mieć na poziom kursu walutowego. Nie znaczy to, że ryzyko różnic cenowych nie występuje. Im wolniej podmioty wykonują zlecenia, tym bardziej wzrasta ryzyko występowania różnicy między ceną *decyzji*, a ceną *przetworzenia* – o czym będzie mowa w dalszej części artykułu. Dodatkowo, im szybciej podmioty wykonują zlecenia, tym większy jest ich wpływ na ukształtowanie się cen instrumentów finansowych. Chociaż różnica między tymi cenami jest kwestią dosyć prozaiczną i trudno na nią wpłynąć, występują jednak istotne dylematy decyzyjne dla podmiotów HFT względem strategii przez nich stosowanych. Wiążą się one bezpośrednio z dwoma wyżej wymienionymi rodzajami cen i wpływają ostatecznie na potencjalne zyski transakcyjne. *Strategie cenowo dynamiczne* są niezależne od sposobu, w jakim zbudowane są inne strategie „tradycyjne”. Stanowią pewien rodzaj uzupełnienia, decydując o tym, jak zlecenia mają zostać wykonane w ramach głównej strategii, uwzględniając różnorodne parametry. Główna myśl, jaka się wywodzi

ze strategii cenowo dynamicznych¹, polega na decyzji, jaką należy podjąć biorąc pod uwagę ceny w momencie składania zleceń, ceny przetworzenia, „pośpiech” wykonania zleceń, awersję na ryzyko oraz wpływ zleceń na ceny.

W przypadku instrumentów o wysokiej płynności, podmioty mogą się zdecydować na zawieranie transakcji stopniowo, co zmniejsza wpływ na cenę, jak również na oczekiwane koszty transakcyjne. Konsekwencją tego jest większa zmienność oczekiwanego przychodu z transakcji. Można także zdecydować się na zawieranie transakcji znacznie szybciej, np. wykonać jednorazowo całkowitą zaplanowaną wartość nominalną, ograniczając w ten sposób zmienność oczekiwanego przychodu transakcyjnego. Koszty tego „pośpiechu” mogą jednak znacząco wzrosnąć.

Zgodnie z pojęciem optymalizacji portfela inwestycyjnego według Markowitza (1952, 1968), podmioty powinny przeprowadzić optymalizację stopy zwrotu względem ryzyka – rozumianą jako wariancja, odchylenie standardowe itd. Aby tego dokonać, należy zdefiniować optymalną granicę stopy zwrotu w miejscu, gdzie wariancja jest najniższa, jak to pokazano na rysunku 1. W innym przypadku podmioty muszą dokonać wyboru między większą stopą zwrotu a większym ryzykiem. Optymalne punkty dla określonej wariancji występujące powyżej wymaganej stopy zwrotu (kreskowana linia pionowa na rys. 1) to takie, które przynoszą większą stopę zwrotu (niż wymagana). Zbiór tych punktów określa optymalną granicę efektywności, przedstawioną pogrubioną linią na rysunku 1. Można dojść do wniosku, że możliwe jest dokonanie bardziej ryzykownych transakcji, jeśli przynoszą one wyższe stopy zwrotu (Alexander, 2008).

Rysunek 1. Optymalna granica efektywności w ujęciu Markowitza

Źródło: opracowanie własne.

¹ W niniejszym opracowaniu pojęcie składania zleceń zostanie jednocześnie utożsamione zarówno z procesem składania zleceń, jak również z realizacją zleceń, chyba że inaczej określono.

Almgren i Chriss (2001) wykorzystują ideę stojącą za optymalizacją portfela według Markowitza, adaptując ją w celu optymalizacji wykonania zleceń. W modelu optymalizacji wykonania zleceń (Almgren, Chriss, 2001)², znanym także jako „model awersji do ryzyka” (Yang, 2013), uwzględniane są określone czynniki egzogeniczne (np. informacje rynkowe), jak również endogeniczne (np. pośpiech w realizacji strategii). Mając wyznaczony każdy z tych parametrów, można zoptymalizować strategię minimalizując oczekiwane koszty i wariacje, zmieniając prędkość wykonania zleceń. To oznacza przykładowo, że dla instrumentów finansowych o niskiej płynności i dużej zmienności podmiot może zdecydować się na wykonanie wszystkich zleceń, a zatem całkowitą wartość strategii, powoli lub gwałtownie. W modelu Almgrena i Chrissa podmiotem badań jest optymalna prędkość wykonania zleceń.

Warto zwrócić uwagę na zagadnienia związane ze zmianą cen instrumentów finansowych. Spośród wielu można wymienić dwa elementy egzogeniczne (dla podmiotu), takie jak zmienność i kierunek/impet cen instrumentu finansowego, oraz czynnik endogeniczny, jakim jest wpływ na rynek (*market impact*). Ten czynnik jest bardzo ważnym składnikiem optymalizacji strategii wykonania zleceń i – ostatecznie – strategii HFT. Po pierwsze, ważne jest, aby rozróżnić *wpływ tymczasowy* (*temporary impact*) od *wpływu ostatecznego* (*permanent impact*). Istotność tego podziału wynika z zastosowanej strategii. Podmioty składają tyle zleceń, ile zaplanowano, doprowadzając przykładowo do całkowitej sprzedaży instrumentu finansowego³. *Wpływ tymczasowy* wiąże się z faktem, że każde wykonane zlecenie będzie wpływać na poziom cen. To z kolei wiąże się z krótkoterminowym dostosowaniem popytu i podaży instrumentu finansowego w wyniku składanych zleceń. Oznacza to, że tego rodzaju zmiany cenowe są uznawane za krótkoterminowe. *Wpływ ostateczny* występuje po całkowitym wykonaniu strategii. W tej sytuacji wpływ na ceny instrumentu finansowego może już być długoterminowy i wynika z całkowitej zmiany popytu i podaży danego instrumentu, do których doprowadził podmiot w chwili zakończeniu wszystkich transakcji.

Dwa rodzaje wpływów oddziałują na przychód, który jest konsekwencją stosowanej strategii i kosztami jej realizacji. Całkowity przychód strategii będzie uzależniony od ilości instrumentu finansowego podlegającego transakcji, jego początkowej wartości, planowanej ilości posiadanego instrumentu w momencie zakończenia strategii, *wpływu tymczasowego* i *ostatecznego*.

Warto podkreślić, że różnica pomiędzy wartością początkową instrumentu finansowego a całkowitym przychodem (kosztem) jest także miarą efektywności znaną jako *implementation shortfall* – porównując wyniki osiągnięte poszczególnymi zleceniami (*ex post*) i wartość portfela instrumentu finansowego przed realizacją strategii (*ex ante*). Koszt, który

² W ujęciu modelu Almgrena i Chrissa (2001) termin „strategia” można określić jako zbiór zleceń, składanych o stałej lub zmiennej częstotliwości, mających na celu realizację określonej strategii walutowej.

³ W przedstawionym modelu, podobnie jak w źródle, ukazano punkt widzenia strategii sprzedażowej; strategia kupna opiera się na analogicznych zasadach.

podlega optymalizacji w modelu Almgrena i Chrissa, to oczekiwany koszt całkowity $E(c)$ oraz wariancja tego kosztu $V(c)$. Generalizując, można zaznaczyć możliwość utożsamiania oczekiwanych kosztów z oczekiwaną stopą zwrotu, która prawdopodobnie jest częściej porównywana do zmienności w analizach optymalnych granic efektywności. Powód, dla którego takie uogólnienie można przyjąć, wynika z faktu, że im wyższa stopa zwrotu, tym większe koszty będą musiały zostać przez podmioty poniesione. Z tego powodu, w niniejszym artykule, brana pod uwagę jest *optymalizacja kosztów* (oczekiwanych), która wpływa ostatecznie na stopy zwrotu podmiotów HFT.

Jak wcześniej wspomniano, można zastosować strategię, która zminimalizuje oczekiwany koszt, tzn. $E(c) \rightarrow 0$. Takie strategie są często strategiami partycypacji dążącymi do tego, aby minimalizować wpływ cenowy, przykładowo osiągając podobne wartości do średniej ceny zdefiniowanego benchmarku. Całkowicie odmienne są grupy strategii agresywne, które minimalizują wariancję, czyli $V(c) \rightarrow 0$. Można także wybrać optymalną strategię, która znalazłaby równowagę pomiędzy tymi dwoma strategiami, tak jak przedstawiono to na rysunku 2.

Rysunek 2. Efektywna granica optymalnych strategii handlu o wysokiej częstotliwości

Źródło: opracowanie własne.

Efektywna granica optymalnych strategii, przedstawiona za pomocą grubej linii, stanowi sumę funkcji wariancji i funkcji oczekiwanego kosztu. Należy jednak przy tym uwzględnić stopień awersji do ryzyka λ , zgodnie ze wzorem (1) (Almgren, Chriss, 2001).

$$E(c) + \lambda V(c) \quad (1)$$

Strategie, o których wyżej mowa, mogą być zrealizowane w różnym „tempie”, co wiąże się ze zróżnicowaną prędkością realizowanych zleceń w danym przedziale czasowym. Umieszczenie w efektywnej granicy optymalnych strategii (rys. 2) będzie uzależnione od tzw. „pośpiechu” (k). Czynniki „pośpiechu” będzie wpływać na to, jak szybko zlecenia

zostaną zrealizowane, a zatem jak szybko strategia jest wykonana. W konsekwencji, stopień agresywności wykonania zleceń x_t w danej strategii (np. sprzedaży), jest funkcją zależną od ilości jednostek waluty, momentu czasowego i całkowitego czasu trwania strategii, jak również czynnika „pośpiechu” k . W konsekwencji parametr ten nie tylko determinuje krzywą $x(t)$ przedstawioną na rysunku 3, ale również promień krzywizny $x(t)$.

Rysunek 3. Krzywe $x(t)$ przedstawiające prędkość wykonania zleceń (przykładowej sprzedaży) dla różnych wartości pośpiechu

Źródło: opracowanie własne.

Jeśli $k = 0$, to krzywa $x(t)$ jest jednostajnie opadająca, odzwierciedlając strategię typu VWAP, w których podmioty nie spieszą się z ich wykonaniem. Oznacza to, że strategia jest zrealizowana stopniowo. Warto podkreślić, że jeśli odnieść ją do efektywnej granicy optymalnych strategii wykonania zleceń, to będzie się charakteryzować maksymalną wariancją, ale za to minimalnymi oczekiwanymi kosztami.

Na rysunku 4 przedstawiono miejsce w efektywnej granicy optymalnych strategii wykonywania zleceń odpowiadającym różnym stopniom „pośpiechu” ich wykonania. Każdy punkt będzie uzależniony w pewnym stopniu od wartości k . Maksymalna prędkość realizacji strategii prowadzi do minimalizacji wariancji $V(c)$ na rzecz maksymalnego oczekiwanego kosztu $E(c)$.

Można zauważyć, że w przedstawionym modelu Almgrena i Chrissa parametr „pośpiechu” jest związany z awersją na ryzyko. Oznacza to, że podmiot wykazujący się wysoką awersją na ryzyko może dążyć do tego, aby szybko zrealizować zlecenia i zminimalizować ryzyko wariancji – ponosząc większe koszty niż gdyby je zrealizował wolniej. Podmiot z „pośpiechem” odzwierciedlony jako $k < 0$ nie jest podmiotem z awersją na ryzyko, pomimo że k jest mniejsze od zera – opóźnia on jedynie realizację zleceń na początku, ale zwiększa prędkość wykonania zleceń bliżej końcowego okresu transakcyjnego. Oznacza to, że prowadzi do bardzo wysokiej wariancji. Ponadto będzie ona nieproporcjonalnie większa

Rysunek 4. Kształtowanie się efektywnej granicy optymalnych strategii wykonania zleceń w zależności od wartości parametru pośpiechu

Źródło: opracowanie własne.

w porównaniu do jednostkowego wzrostu oczekiwanego kosztu i stopy zwrotu. Zależność tę przedstawiono na rysunku 4 pogrubioną kreskowaną linią. Na rysunku 4 można zauważyć, że w efektywnej granicy optymalnych strategii wykonania zleceń optymalny punkt, dla którego należałoby maksymalizować wariancję, znajduje się tam, gdzie $k = 0$. Zwiększenie wariancji po tym punkcie prowadzi do mniej efektywnych strategii – chociaż z punktu widzenia wykonania zleceń w dalszym ciągu mieszczą się one na efektywnej granicy. Zupełnie inaczej jest w sytuacji, kiedy podmiot wykazuje się bardzo dużym „pośpiechem”, tj. $k > 0$. Podmiot w tym przypadku bardzo szybko stara się wykonać wszystkie swoje zlecenia (odzwierciedlające strategię), minimalizując wariancję, ale doprowadzając do bardzo wysokich kosztów wykonania całej strategii. W omówionym modelu dla podmiotów handlu o wysokiej częstotliwości kluczowe jest więc określenie potencjalnych kosztów związanych z wykonaniem zleceń czy też strategii. W tym celu przedstawiono wybrane wskaźniki wpływu na rynek (ceny).

2. Wpływ na rynek – *market impact*

Podstawowy znacznik wspomagający optymalizację wykonania zleceń to tzw. *market impact*, który można określić jako wpływ na rynek⁴ albo – bardziej szczegółowo – wpływ na ceny instrumentu finansowego. Podmioty zwracają dużą uwagę na to, jak wpływają

⁴ Chociaż *market impact* może być rozumiany jako wpływ wynikający z rynku, to w wypadku niniejszego artykułu należy go interpretować jako wpływ, jaki dany podmiot wywiera na poziom cen instrumentu finansowego w wyniku składanych zleceń.

na ceny, ponieważ jest to jeden z głównych czynników, który oddziałuje na wielkość zleceń oraz na moment składania zleceń. Ponieważ jakiegokolwiek wahania cenowe generowane przez podmiot handlu o wysokiej częstotliwości mogą zostać w krótkim czasie zdyskontowane przez inne podmioty, można by uznać, że wystarczy przedłużyć czas całkowitej implementacji strategii. Tego rodzaju działania doprowadzają jednak do jednego kluczowego problemu: wydłużenie czasu otwartych pozycji (a zatem czas trwania strategii) prowadzi do wzrostu ryzyka niekorzystnych innowacji cenowych, co wpływa negatywnie na stopę zwrotu stosowanej strategii.

Chociaż wpływ na rynek jest kluczowym zagadnieniem dla wielu modeli optymalizujących koszty transakcyjne, wiążą się z nim pewne trudności. Przy tak specyficznych modelach optymalizacyjnych trudność związana jest z odpowiednim wyborem pomiaru wpływu na rynek. Jednym z często stosowanych wskaźników w procesach optymalizacji zleceń handlu o wysokiej częstotliwości to zaproponowany przez Kissella i Malamuta (2006) *I-Star*, będący podstawą do określenia drugiego wskaźnika – wskaźnika wpływu na rynek.

2.1. Instantaneous Impact Equation – (I-Star)

Wskaźnik znany jako *I-Star* jest wskaźnikiem przedstawiającym teoretyczne koszty zlecenia dla wyznaczonej wartości jednostek instrumentu finansowego i przedstawiany jest wzorem (2) (Kissell, Malamut, 2006):

$$I = a_1 \left(\frac{Q}{ADV} \right)^{a_2} \sigma^{a_3} \quad (2)$$

który może zostać przekształcony na:

$$I = a_1 \sigma^{a_3} \left(\frac{Q}{ADV_k} \right)^{a_2} \quad (3)$$

gdzie, a_1, a_2, a_3 są parametrami modelu wyznaczonymi za pomocą regresji, Q to luka równowagi pomiędzy kupnem a sprzedażą, ADV stanowi średni dzienny obrót, a σ – odchylenie standardowe (rozumiane jako zmienność). Jak podkreślają Kissell i Malamut (2006), $a_1 \sigma^{a_3}$ we wzorze (3) stanowi element wrażliwości instrumentu finansowego.

Wskaźnik *I-Star* jest zbudowany na podstawie alokacji kosztów. Podmiot ponosi koszty na podstawie wielkość składanych zleceń oraz całkowitego udziału na rynku co oznacza, że *I-Star* przedstawia teoretyczny koszt danego zlecenia, symulując jego pełne wykonanie (Kissell, 2013). Można wynik tego wskaźnika zinterpretować jako konieczną „płatność” (koszt), do zachęcenia dodatkowych kupców czy też nabywców do udziału w transakcjach określonego instrumentu finansowego (Kissell, 2013). Rozwinięciem tego wskaźnika jest *wskaźnik wpływu na rynek* tych samych autorów.

2.2. Wskaźnik wpływu na rynek

Market impact, wskaźnik wpływu na rynek, jest to wskaźnik, który wykazuje oczekiwany koszt w wyniku wykonania zlecenia w ramach danej strategii. Uwzględnia się w nim jednocześnie tymczasowy, jak również stały wpływ na rynek (dalej opisany), tak jak przedstawiono we wzorze (4) (Kissell, Malamut, 2006):

$$MI = b_I \times I^* \times POV + (1 - b_I) \times I^* \quad (4)$$

gdzie tymczasowy wpływ na rynek jest określony jako:

$$b_I \times I^* \times POV \quad (5)$$

a stały wpływ na rynek jako:

$$(1 - b_I) \times I^* \quad (6)$$

Parametr I^* określa wpływ natychmiastowy wynikający ze wzoru 1, POV to strategia wykazująca zróżnicowane tempo wykonania zleceń, a b_I stanowi wartość procentową tymczasowego wpływu na rynek.

Gdy występuje określona wartość instrumentu finansowego podlegającego transakcji (kupna lub sprzedaży), a wartość transakcji kupna jest taka sama, jak wartość transakcji sprzedaży, cena instrumentu finansowego z dużym prawdopodobieństwem się zmieni. Sytuacja nieco się zmieni, kiedy dołącza kolejny podmiot zainteresowany nabyciem dodatkowej ilości tego samego instrumentu. Wówczas, jak wcześniej podkreślono, I^* będzie określać premię, jaką należy płacić, aby wykonać wszystkie zlecenia – te już istniejące wraz z dodatkowymi. Ostatecznie czynniki, które rzutują na tymczasowy wpływ na rynek, to: wartość procentowa tymczasowego wpływu na rynek b_I , pośpiech wynikający ze strategii POV oraz wymieniona „premia”. Skoro b_I jest wartością procentową określającą tymczasowy wpływ na rynek, to stały wpływ na rynek jest różnicą: $(1 - b_I)I^*$, jak to przedstawione we wzorze (6).

Wcześniej podkreślono, że przy optymalizacji strategii wykonania zleceń, oprócz wpływu na rynek należy także brać pod uwagę ryzyko czasowe, wynikające z niekorzystnych innowacji cenowych. Z definicji tzw. *timing risk* (Kissell, Glantz, 2003), można przedstawić jako:

$$TR = \sigma \sqrt{\frac{1}{250} \frac{1}{3} \frac{X}{ADV} \frac{1 - POV}{POV}} 10^4 \quad (6)$$

gdzie, X to wartość nominalna zlecenia, POV stanowi udział obrotu na rynku (dla rynku walutowego, np. przepływ zleceń), 250 to zakładana według autorów liczba dni roboczych w ciągu roku.

Biorąc pod uwagę zarówno zmienny, jak i stały wpływ na ceny, celem optymalizacji wykonania zleceń będzie minimalizacja (Cesari, Marzo, Zagaglia, 2012):

$$\min_{\alpha} (MI(\alpha) + \lambda TR(\alpha)) \quad (7)$$

gdzie λ to awersja do ryzyka.

Rysunek 5. Optymalizacja wykonania zleceń względem ryzyka czasowego oraz wpływ na rynek

Źródło: opracowanie własne na podstawie Cesari, Marzo, Zagaglia (2012).

Na rysunku 5 przedstawiono wpływ na rynek oraz ryzyko czasowe jako funkcję prędkości wykonania zleceń. Optymalne tempo ich wykonania jest określone na podstawie najniższego punktu w pogrubionej linii, co wynika z jego minimalizacji (7).

Uwagi końcowe

Handel o wysokiej częstotliwości stanowi względnie nową dziedziną finansów. Ze względu na bardzo krótkie okresy transakcyjne, wymaga od uczestników innego podejścia w składaniu i wykonywaniu zleceń, wpływając ostatecznie na osiągniętą stopę zwrotu. Każdorazowe składanie i wykonanie zleceń może w różnym stopniu wpłynąć na ukształtowanie się ceny. Przy okresach transakcyjnych określonych w milisekundach, sposób wykonania zleceń staje się bardziej istotny niż dla podmiotów stosujących strategię długoterminowe. Należy podkreślić, że sposób optymalizacji wykonania zleceń jest także uzależniony od agresywności stosowanej strategii. Z jednej strony, bardziej agresywne strategie mogą znacząco ograniczać wariancję, ale zwiększyć istotnie koszty. Z drugiej strony, strategie opóźniające wykonania zleceń zmniejszają koszty, ale widoczna wariancja będzie wyższa.

Niniejszy artykuł miał na celu przedstawić istotę optymalizacji wykonania zleceń za pośrednictwem modelu zaprezentowanego przez Almgrena i Chrissa oraz wskaźniki, które mogą pomóc w określeniu wpływu, jaki podmioty mogą mieć na ceny instrumentu finansowego.

Literatura

- Almgren, R. (2009). *Quantitative Challenges in Algorithmic Execution*. Pobrano z: http://www.finmath.rutgers.edu/seminars/presentations/RobertAlmgren_37.pdf (17.01.2016).
- Almgren, R., Chriss, N. (2001). Optimal execution of portfolio transactions. *Journal of Risk*, 3, 5–40.
- Alexander, C. (2008). *Quantitative methods in finance*. Chichester: Wiley.
- Cesari, R., Marzo, M., Zagaglia, P. (2012). Effective trade execution. W: G. Filbeck, K. Baker (red.), *Portfolio Theory and Management*. Oxford: Oxford University Press.
- Kissell, R. (2013). *I-Star Model – description of Market Impact Model from OTS*. Pobrano z: http://booksite.elsevier.com/9780124016897/downloads/MI_I-Star_Description_Kissell_draft_Jan_2013.pdf (10.12.2016).
- Kissell, R., Malamut, R. (2006). Algorithmic decision-making framework. *The Journal of Trading*, 1, 12–21.
- Labadie, M., Lehalle, C.A. (2010). *Optimal algorithmic trading and market microstructure*. HAL.
- Markowitz, H.M. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7 (1), 77–91.
- Markowitz, H.M. (1968). *Portfolio selection: efficient diversification of investments*. Cowles Foundation.
- Yang, S. (2013). *Portfolio optimization: Basic theory and practice*. Stevens Institute of Technology. Pobrano z <http://personal.stevens.edu/~syang14/fe670/presentation-fe670-lecture06.pdf> (22.03.2016).

ORDER EXECUTION OPTIMIZATION AND THE USE OF MARKET IMPACT RATIOS IN HIGH-FREQUENCY TRADING

Abstract: The conception of High-Frequency Trading is related with new issues on the ways of performing transactions. This is especially true in the foreign exchange market, where entities like market makers have their positions open for short periods of time, at the most until the end of the day, and where issues like those regarding portfolio optimization seem to be of less importance. More significant are those matters related with the execution of orders, dependent of such things as strategy aggressiveness, risk aversion or the nominal value of the orders. The aim of this article is to present the essence of order placement and execution optimization of high-frequency trading entities. In addition, a selected market influence ratio will be presented, used as an important guidance tool in the process of order placement and execution optimization.

Keywords: High-Frequency Trading (HFT), market influence, optimization, orders

Cytowanie

- Lenczewski Martins, C.J. (2017). Istota optymalizacji wykonywania zleceń oraz zastosowanie wskaźników wpływu na rynek w handlu o wysokiej częstotliwości. *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 5 (89/1), 57–67. DOI: 10.18276/frfu.2017.89/1-04.