

Jacek Buko, Marta Rozwałka

Wpływ rozwoju technologii teleinformatycznych na funkcjonowanie warszawskiej Giełdy Papierów Wartościowych

Ekonomiczne Problemy Usług nr 123, 19-28

2016

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

JACEK BUKO, MARTA ROZWAŁKA

Uniwersytet Szczeciński

WPLYW ROZWOJU TECHNOLOGII TELEINFORMATYCZNYCH NA FUNKCJONOWANIE WARSZAWSKIEJ GIEŁDY PAPIERÓW WARTOŚCIOWYCH

Streszczenie

Postęp technologiczny, w tym zwłaszcza teleinformatyczny, odmienił i wciąż zmienia współczesny obrót gospodarczy. W sposób szczególnie wyraźny można zaobserwować to na rynkach giełdowych. Co najmniej od kilkunastu lat większość notowanych tam instrumentów finansowych ma postać zdematerializowana, a procesy transakcyjne obsługiwane są przez wyrafinowane oprogramowanie komputerowe. Zmiany te zdyktowały handel na rynku kapitałowym w sposób stopniowo eliminujący bezpośrednio uczestnictwo człowieka, gdyż zarówno o dokonaniu, jak i wyniku inwestycji decydują parametry techniczne łączy internetowych, wydajność komputerów oraz zastosowane oprogramowanie. Choć potencjalnymi beneficjentami tych zmian wydają się być niemal wszyscy uczestnicy handlu na giełdzie, to sceptycy zgłaszają niejednokrotnie uzasadnione obawy, że daleko posunięta eliminacja czynnika ludzkiego na tym rynku może mieć nieprzewidywalne, negatywne skutki.

Słowa kluczowe: giełda, informatyzacja, handel wysokich częstotliwości.

Wprowadzenie

We współczesnej gospodarce rynek papierów wartościowych pełni rolę ważnego mechanizmu w zakresie transformacji, alokacji i wyceny kapitału. Jedną z podstawowych zasad działania polskiego rynku kapitałowego jest dematerializacja obrotu, polegająca na tym, że papiery wartościowe dopuszczone do publicznego obrotu nie mają formy dokumentu, co w praktyce oznacza zastąpienie dokumentu inkorporującego prawa z waloru zapisem komputerowym na rachunku papierów wartościowych prowadzonym przez upoważnioną do tego instytucję. Dematerializacja przyczynia się do obniżenia kosztów emisji papierów wartościowych oraz

umożliwia ich lepsze zabezpieczanie przed fałszerstwami, utratą czy uszkodzeniem (Komajda 2003).

W latach 80. i 90. XX wieku postęp technologiczny, rozwój komputerów oraz nowoczesne systemy informacyjne pozwoliły na szybki wzrost rynków kapitałowych. Wraz z popularyzacją sieci Internet oraz liberalizacją w zakresie globalnych przepływów finansowych możliwość inwestowania na różnych giełdach¹ stała się dostępna dla inwestorów na całym niemal świecie (Kochan 2006).

Obrót instrumentami finansowymi na polskiej giełdzie papierów wartościowych (GPW) realizowany jest na trzech rynkach, charakteryzujących się odmiennymi zasadami organizacji obrotu. Podstawowe znaczenie ma Główny Rynek GPW, na który przypada ponad 90% obrotów giełdy. Kolejnym rynkiem giełdowym jest NewConnect obsługujący przede wszystkim handel akcjami niedużych spółek akcyjnych, niespełniających niektórych z norm wejścia na Główny Rynek (Główny Rynek jest uznawany za rynek regulowany, a NewConnect za alternatywny system obrotu). Trzecim rynkiem giełdowym jest Catalyst, utworzony dla obrotu instrumentami dłużnymi. Dążąc do rozszerzenia sfery działalności, GPW nabyła w 2012 roku 80,33% akcji Towarowej Giełdy Energii SA obsługującej transakcje energią elektryczną, paliwami ciekłymi i gazowymi oraz limitami wielkości produkcji i emisji zanieczyszczeń (Dobosiewicz 2013). Warszawska giełda jest obecnie niekwestionowanym liderem w Europie Środkowo-Wschodniej, a jej obroty są przeciętnie dwukrotnie większe od drugiej co do wielkości w regionie giełdy wiedeńskiej.

1. Nowoczesne rozwiązania teleinformatyczne wdrożone na GPW

Rynek kapitałowy to skomplikowany system, którego centrum stanowi giełda i system transakcyjny, na którym w sposób automatyczny zawierane są transakcje, zbierane zlecenia, jak również wyznaczane kursy. W praktyce giełda funkcjonuje dzięki ponad 60 biuram maklerskim, kilkunastu dystrybutorom informacji giełdowych, współpracy z Krajowym Depozytem Papierów Wartościowych, Izbą Rozliczeniową, Komisją Nadzoru Finansowego oraz Narodowym Bankiem Polskim. Ich współdziałanie wspierane jest technologią i systemami teleinformatycznymi, które muszą być zintegrowane. W latach 2011–2013 na warszawskiej GPW trwały prace nad wymianą centralnego elementu teleinformatycznego, czyli systemu transakcyjnego. Nowy system, określany jako UPT (*Universal Trading Platform*), zastąpił

¹ Polska nazwa „giełda” pochodzi prawdopodobnie od słowa „gildia”, oznaczającego zgromadzenie kupców, które odbywało się do końca XVIII w. przy różnych okazjach dla realizacji spraw bankierskich i handlowych. Jako instytucja prawna giełda papierów wartościowych pojawiła się po raz pierwszy na ziemiach polskich w 1809 r., w związku z wprowadzeniem mocy obowiązującej kodeksu Napoleona (Grabowski 1996).

system Warset, który funkcjonował na polskiej giełdzie przeszło 13 lat. Zmiana technologiczna związana z UTP jest największym przedsięwzięciem teleinformatycznym na polskim rynku kapitałowym od kilkunastu lat. Jego wdrożenie oraz osiągnięcie wymaganej funkcjonalności wymagało zintegrowania systemów informatycznych blisko stu różnych instytucji (GPW 2016).

Dostawcą systemu UTP jest giełda nowojorska NYSE Euronext, a jego twórcą NYSE Technologies. System UTP znany jest międzynarodowym inwestorom i brokerom z największych światowych rynków, gdyż tę samą platformę obrotu wykorzystują giełdy grupy NYSE Euronext z siedzibami w Nowym Jorku, Paryżu, Lizbonie, Amsterdamie i Brukseli, jak również wiele innych rynków giełdowych. W porównaniu z Warsetem UTP jest znacznie szybszy, bardziej wydajny i ma większą przepustowość, co w praktyce oznacza możliwość obsługi kilkadziesiąt razy większej liczby zleceń w danej jednostce czasu. Nowy system umożliwia bowiem obsługę co najmniej 20 tys. zleceń na sekundę, podczas gdy Warset mógł ich obsłużyć maksymalnie 850. Jednocześnie czas odpowiedzi na wysłane zlecenia zmniejszył się do okresu poniżej jednej tysięcznej sekundy. Efektem tego jest zwiększenie płynności instrumentów notowanych na giełdzie oraz wolumenu ich obrotu.

W ramach nowych użyteczności oferowanych przez system transakcyjny warszawskiej giełdy inwestorzy mogą przede wszystkim:

- animować różne klasy instrumentów – aktywa notowane w ten sposób nie mają ograniczeń kursów, tj. widełek, gdyż rolę tę spełniają oferty kupna i sprzedaży wystawiane przez tzw. animatora rynku²;
- korzystać z instrumentów w nowych segmentach rynku dedykowanych określonym grupom produktów, m.in. warrantom (instrumentom pochodnym dającym posiadaczom pierwszeństwo nabycia określonych akcji po ustalonej cenie) i produktom strukturyzowanym (instrumentom finansowym, których cena jest uzależniona od wartości określonego wskaźnika rynkowego).

Na warszawskiej GPW wprowadzono ponadto lepsze możliwości zarządzania zleceniami zarówno w zakresie terminów ich ważności, jak i limitów. Dzięki zwiększonej wydajności systemu poprawiła się również jakość i komfort pracy bezpośrednich uczestników rynku. UTP spełnia przy tym wszystkie wymagania w zakresie bezpieczeństwa oraz standardów nowoczesnych rozwiązań informatycznych (GPW 2016).

Pomimo że UTP to przełom technologiczny, nie spowodował on jednak tak zasadniczych zmian w dotychczasowych zasadach obrotu, aby wymuszał na inwe-

² Animatorem rynku jest członek giełdy lub inny podmiot, który na podstawie umowy z GPW zobowiąże się do dokonywania na własny rachunek czynności mających na celu wspomaganie płynności danego instrumentu finansowego (GPW 2016).

storach, w tym zwłaszcza indywidualnych, ponowną adaptację do zasad funkcjonowania giełdy. Przede wszystkim zmianom nie uległy tak podstawowe elementy, jak terminy rozliczenia transakcji, system notowań oraz harmonogram sesji.

Po wdrożeniu UTP warszawska giełda GPW nie odstaje pod względem technologicznym od zaawansowanych giełd europejskich, a nawet światowych. Dzięki użyciu tego systemu polski rynek giełdowy stał się jednym z najnowocześniejszych rynków w Europie, otwierając się dzięki większej przepustowości systemu na nowe kategorie profesjonalnych inwestorów instytucjonalnych, w tym duże, globalne firmy brokerskie. Podmioty te zainteresowane są podejmowaniem działalności w miejscach, w których mogą jak najszerzej korzystać ze swoich zaawansowanych technologicznych narzędzi informatycznych wspomagających proces giełdowego inwestowania. Do narzędzi takich należą przede wszystkim oparte na algorytmach zautomatyzowane oprogramowania handlujące. Bazujące na takim oprogramowaniu różnorodne techniki handlu giełdowego określane są najczęściej mianem Algo Tradingu.

Pierwsze algorytmiczne oprogramowania stosowane przez firmy brokerskie pojawiły się pod koniec lat 90. XX wieku, gdyż dopiero wówczas upowszechniły się dostatecznie wydajne urządzenia obliczeniowe. Analizowanie wielkiej ilości danych rynkowych wymaga dostępu zarówno do odpowiednio obszernych ich zbiorów, jak również wyrafinowanej wiedzy: matematycznej, z zakresu metod ilościowych, finansów, informatyki, inżynierii komputerowej, a nawet fizyki. Unikalność algorytmicznego oprogramowania decyduje o konkurencyjności firm brokerskich, dlatego jest ściśle chronioną tajemnicą tych podmiotów.

Analiza ilościowa dokonywana przez komputerowe algorytmy sprowadza się do poszukiwania statystycznie wiarygodnych hipotez dotyczących zależności rynkowych. Zależności te mogą być silnie zróżnicowane, na przykład mogą łączyć ceny różnych instrumentów czy ceny tego samego instrumentu finansowego w różnych okresach. Po zidentyfikowaniu takich statystycznych zależności programiści tworzą z nich kod automatycznego systemu transakcyjnego, który nieustająco monitoruje rynek i wychwytuje jego bieżące nieefektywności. Dokonuje tego w czasie nie dłuższym niż kilka milisekund, a więc w sposób całkowicie niedostępny percepcji człowieka³. Gdy co najmniej jedna z obserwowanych zależności zmieni się korzystnie, to wówczas zostaje wygenerowany sygnał inwestycyjny i złożone zlecenie (Czekaj 2012).

Pomimo, że Algo Trading to funkcjonalność przeznaczona przede wszystkim dla profesjonalnych inwestorów, to nie ma formalnych przeszkód, aby z algorytmów znajdujących się w ofercie biur maklerskich mogli korzystać również inwesto-

³ Eliminacja czynnika ludzkiego w procesie decyzyjnym może być traktowana jako zaleta, gdyż niweluje uwarunkowania psychologiczne podejmowania decyzji, dość powszechnie uważane za wpływające negatywnie na ten proces.

rzy indywidualni. Zdaniem zarządzających warszawską GPW handel wysokich wolumenów oparty na algorytmach oznacza ponadto większą liczbę ofert sprzedaży i kupna, a to jest korzystne dla wszystkich uczestników rynku. Inwestorzy niestosujący programów do handlu algorytmicznego skorzystają zatem na związanych z większą płynnością niższych kosztach transakcyjnych (GPW 2016).

Należy wskazać, że Algo Trading był możliwy na warszawskiej GPW również przed wprowadzeniem UTP, jednak inwestorzy, nie mogąc osiągać oczekiwanej efektywności, wykorzystywali tę formę generowania zleceń w sposób ograniczony. Zaawansowane technologie algorytmiczne pojawiają się bowiem na szeroką skalę dopiero tam, gdzie giełda jest na tyle rozwinięta, aby tego rodzaju handel był nie tylko możliwy, ale przede wszystkim opłacalny. Handel algorytmiczny ma bowiem sens tylko w środowisku o dużej płynności i zmienności notowanych aktywów. Na świecie Algo Trading już w 2012 roku generował blisko 85% transakcji na wiodących giełdach⁴, a jego udział w tym zakresie wciąż rośnie (Glantz i Kissell 2013).

Na warszawskiej GPW handlowi algorytmicznemu dedykowana jest usługa kolokacji, dla której przyjęto nazwę własną HPA (*High Performance Access*). Usługa ta polega na zapewnieniu możliwości instalacji w bezpośrednim sąsiedztwie systemu transakcyjnego GPW sprzętu i oprogramowania służącego wyłącznie generowaniu zleceń lub przetwarzaniu informacji rynkowych, co ma na celu zapewnienie najszybszego możliwego dostępu do systemu transakcyjnego GPW. Ponadto usługa ma w założeniu zmniejszać koszty infrastruktury sieciowej dedykowanej do przekazywania zleceń i odbioru danych rynkowych po stronie klientów.

Obecnie najsilniej rozpowszechnioną, a zarazem najbardziej opłacalną formą Algo Tradingu na świecie jest handel wysokich częstotliwości (HFT – *High Frequency Trading*). HFT jest to w zasadzie proces, w którym wysoce wyspecjalizowane algorytmy dokonują masowych transakcji kupna i sprzedaży w bardzo krótkim czasie. Przewagę rynkową uzyskuje się tu dzięki korzystaniu z napływających od inwestorów danych o zleceniach kupna i sprzedaży, uzyskiwanych z licznym w mikrosekundach wyprzedzeniem w stosunku do reszty rynku. To krytyczne wyprzedzenie uzyskiwane jest wskutek zastosowania najszybszych technik telekomunikacyjnych (światłowody, mikrofalę), minimalizacji fizycznej odległości do źródła danych (kolokacja), a także coraz częściej akceleracji sprzętowej, tj. efektywnemu zastosowaniu sprzętu komputerowego do przyspieszenia pewnych funkcji, które wcześniej były wykonywane za pomocą oprogramowania.

Transakcje w ramach HFT zawierane są przy wykorzystaniu najmniejszych zmian cen aktywów, w praktyce nawet do sześciu miejsc po przecinku. Zysk z poszczególnych transakcji jest znikomy, jednak pomnożony przez miliony wykonanych operacji oferuje już wymierne korzyści przy niewielkim ryzyku poniesienia

⁴ Brak jest wiarygodnych szacunków udziału Algo Tradingu w obrotach warszawskiej GPW.

straty (Dobrowolski i Ruszała 2012). Inwestorzy korzystający z HFT otwierają i zamykają swoje krótkoterminowe pozycje nawet kilkanaście razy dziennie (Czekaj 2012), stąd przy wysokim wolumenie obrotów przypisuje się HFT istotne zwiększanie płynności rynku.

2. Implikacje prowadzenia handlu wysokich częstotliwości

Handel wysokiej częstotliwości odpowiada za większość obrotów na głównych światowych giełdach. Według danych Tabb Group już w 2010 roku generował przeszło 60 proc. obrotów na rynku papierów wartościowych w USA (Meyer, Masoudi i Stafford 2015), w tym odpowiadał za ponad 70% wszystkich transakcji na najbardziej liczącej się giełdzie świata New York Stock Exchange (Dobrowolski i Ruszała 2012). Tak duże i wciąż rosnące znaczenie tej formy handlu algorytmicznego powoduje, że współczesne rynki finansowe są, jak nigdy wcześniej, silnie uzależnione od technologii i rozwiązań teleinformatycznych.

Ekspertcy oceniają, że nieco więcej niż połowa akcji w obrocie giełdowym na świecie zostaje sprzedana w czasie krótszym od jednej minuty po ich zakupie. Te proporcje uświadamiają, dlaczego podejmowanie decyzji na giełdzie zaczynają przejmować od ludzi automaty. Powstaje mianowicie nowy rodzaj informacji przeznaczonych do odczytu wyłącznie bezpośrednio przez komputery (Cipiur 2013). Po raz pierwszy w historii finansowej maszyny mogą wykonywać transakcje, znacznie szybciej niż ludzie mogą interweniować, a zaburzenia gdzieś w systemie mogą eskalować się do globalnego kryzysu w ciągu kilku sekund (Adler 2012).

W środowiskach inwestorów, komisji nadzoru finansowego oraz zarządach największych liczących się na świecie giełd trwa dyskusja co do uczciwości transakcji zawieranych w ramach HFT. Przeciwnicy twierdzą, że algorytmy HFT można tak zaprogramować, aby wysłały setki fałszywych zamówień i anulować je w następnej sekundzie. Tworzy to natychmiastowy skok popytu/podaży prowadzący do anomalii cenowych, które następnie mogą być wykorzystywane przez handlowców HFT. Przykładowo 6 maja 2010 roku miał miejsce tzw. Flash Crash, polegający na tym, że w efekcie błędu algorytmów indeks Dow Jones Industrial Average (DJIA) spadł o ponad 9% (1000 pkt). Spadek spowodowany był masowym zawieszaniem się pracy automatycznych algorytmów po wykryciu straty, co dla rynku skutkowało nagłą utratą płynności i umacniało dalszy spadek indeksu. W tym czasie inne automatyczne algorytmy już rozpoczęły reakcję – masowe wyprzedaje. Ostatecznie, pomimo że dzień ten na nowojorskiej giełdzie zamknął się częściowo odrobioną stratą indeksu (3,17%) w stosunku do otwarcia, był to jednak największy spadek i drugi największy ruch cenowy w ciągu dnia w historii DJIA. W wyniku wielomiesięcznego śledztwa prowadzonego przez działającą w USA Komisję Papierów War-

tościowych i Gieldy (SEC)⁵ ustalono, że to automatyczne algorytmy HFT, składając duże, agresywne zlecenia i wykorzystując początkowy ruch cen, przyczyniły się do pogorszenia zlej sytuacji na giełdzie (Kozłowska 2012).

Przytoczony przykład to oczywiście nie jedyna taka sytuacja. 1 marca 2011 roku na New Mercantile Exchange kurs opcji na kakao spadł w minutę o 12,5%, co też jest przypisywane automatycznym algorytmom. Kolejnym przykładem może być sytuacja z 15 października 2014 roku, gdy w wyniku aktywności algorytmów HFT na amerykańskim rynku papierów skarbowych wystąpiły nienotowane nigdy wcześniej bardzo szybkie serie wahań kursowych. Po zbadaniu tego zdarzenia przedstawiciele SEC oświadczyli, że choć „nie znaleziono jednej przyczyny zaburzeń”, to jednoznacznie wykazano zdolność HFT do wywoływania zagrożeń dla płynności cen lub wolumenu obrotów giełdowych (Shobhit 2015).

Niezależnie od celowych działań każdą ludzką lub własną pomyłkę inwestycyjną automatyczne algorytmy są w stanie tak zwielokrotnić, że liczba zrealizowanych transakcji może przekroczyć zdolności rozliczeniowe nawet bardzo dużej instytucji brokerskiej. Przykładowo 1 sierpnia 2012 roku dom maklerski Knight Capital Group (KCG), obsługujący około 10% transakcji papierami wartościowymi na amerykańskiej giełdzie, wskutek błędu nowego algorytmu wygenerował nieuzasadnione zlecenia masowego zakupu i sprzedaży akcji za 7 mld dolarów. Transakcje dokonane w okresie 45 minut skutkowały dla KCG stratą 440 mln dolarów i utratą 40% wartości giełdowej tego domu maklerskiego, w praktyce doprowadzając do jego przejścia przez innego brokera – Getco (Gandel 2012).

Szukając sposobu ograniczania możliwych negatywnych skutków działania automatycznych algorytmów, giełdy (w tym GPW) coraz częściej oferują uczestnikom obrotu usługi pozwalające na określanie szeregu limitów związanych ze składanymi zleceniami, a w przypadku ich przekroczenia blokowanie wprowadzania kolejnych zleceń. Dla poszczególnych klas aktywów oferowane jest ponadto definiowanie statycznych i dynamicznych ograniczeń wahań kursów. Wzorem wiodących giełd na warszawskiej GPW uruchomiono usługę Kill Switch Buton, za pomocą której można anulować wszystkie aktywne zlecenia danego uczestnika obrotu znajdujące się w danym momencie w systemie transakcyjnym. Z drugiej strony świadomość występujących zagrożeń nie powstrzymuje zarządów giełd, nieustannie poszukujących nowych możliwości rozwoju oraz zwiększania zysków, przed coraz szerszym otwieraniem się na HFT. W tym celu oferują specjalizującym się w takim handlu instytucjom różnorodne wsparcie: od wspomnianej już wcześniej kolokacji, aż do kontrowersyjnej usługi Flash Tradingu, umożliwiającej chwilowy, tj. kilkudziesięciomilisekundowy wgląd w tabele nadchodzących zleceń. W reakcji

⁵ SEC prowadzi od 2013 roku systematyczny monitoring takich nieuczciwych działań związanych z użyciem algorytmów HFT, wykorzystując w tym celu własny informatyczny system analityczny MIDAS (Shobhit 2015).

w wielu krajach podejmowane są próby prawnego blokowania HFT poprzez składanie do sądów pozwów o wykorzystywanie przez handlujące w ten sposób firmy nieuzasadnionej przewagi czasowej. Inną formą przeciwdziałania rozwojowi HFT jest ustanawianie dla tej formy handlu specjalnego podatku, czego przykładem są rozwiązania przyjęte we Włoszech i Francji (Shobhit 2015).

Podsumowanie

W 1973 roku F. Black i M. Scholes ogłosili wzór matematyczny umożliwiający skonstruowanie z akcji oraz opcji portfela wolnego od ryzyka i na jego podstawie wyprowadzenie analitycznego modelu wyceny opcji kupna (Black i Scholes 1973). Obecnie programy komputerowe oparte na wzorze Blacka-Scholesa znajdują się na wyposażeniu każdego domu maklerskiego, a technologie teleinformatyczne stały się najważniejszym czynnikiem konkurencyjności dla podmiotów działających na rynku kapitałowym. Należy jednak mieć na uwadze, że informatyzacja niesie wiele zagrożeń, „a generalnie zagrożeniem jest brak wiary w ryzyko informatyczne”, co wielokrotnie i przy różnych okazjach podkreślane jest m.in. przez specjalistów z Komisji Nadzoru Finansowego. W niniejszym artykule, na przykładzie algorytmów HFT, wskazano, że rozwiązania informatyczne, za których wprowadzaniem niejednokrotnie nie nadążają regulacje prawne, stwarzają możliwości stosowania na rynkach nowych rozwiązań, mających często znamiona nadużyć.

Warto uzupełniająco przytoczyć również przykład kradzieży danych z systemów informatycznych warszawskiej GPW, dokonanej w październiku 2014 roku. Wykradzione dane osobowe oraz wrażliwe informacje dotyczące funkcjonowania systemów informatycznych GPW zostały przez złodziei upublicznione w Internecie, co z kolei umożliwiło innym przestępcom przeprowadzenie włamań do kolejnych systemów wykorzystywanych przez klientów GPW (NIK 2015).

W praktyce nie ma jednak odwrotu od implementacji na rynku kapitałowym coraz bardziej zaawansowanych technologii informatycznych. Jak się wydaje, niemal wszyscy znaczący gracze inwestycyjni na świecie prowadzą scharakteryzowany w niniejszym tekście handel algorytmiczny wysokiej częstotliwości. Robią to za zgodą i poparciem zarządów instytucji giełdowych, które chcąc sprostać konkurencji, nie mają właściwie innego wyboru. Nikt nie może bowiem zakazać inwestorom korzystania z usług innych giełd.

Literatura

1. Adler J. (2012), *Raging Bulls: How Wall Street Got Addicted to Light-Speed Trading*, www.wired.com [dostęp 15.12.2015].
2. Black F., Scholes M. (1973), *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*, „Journal of Political Economy”, www.cs.princeton.edu [dostęp 10.01.2016].
3. Cipiur J. (2013), *Milisekundy na wagę milionów dolarów*, www.obserwatorfinansowy.pl [dostęp 14.01.2016].
4. Czekaj M. (2012), *Algozarabianie, czyli komputer jako inwestor*, www.gazeta.trend.pl [dostęp 12.01.2016].
5. Dobosiewicz Z. (2013), *Gielda. Zasady działania. Inwestorzy. Rynki giełdowe*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
6. Dobrowolski P., Ruszała K. (2012), *Handel wysokich częstotliwości – nowy wiek, nowe pokolenie*, gpwmedia.pl [dostęp 10.01.2016].
7. Gandel S. (2012), *Why Knight lost \$440 million in 45 minutes*, fortune.com [dostęp 14.01.2016].
8. Glantz M., Kissell R. (2013), *Multi-Asset Risk Modeling: Techniques for a Global Economy in an Electronic and Algorithmic Trading Era*, San Diego: Academic Press.
9. GPW (2016), *System notujący UTP*, www.gpw.pl [dostęp 10.01.2016].
10. Grabowski J. (1996), *Publiczny obrót papierami wartościowymi. Ustrój prawny i procedury*, Warszawa: Wydawnictwa Prawnicze PWN.
11. Kochan K. (2006), *Fortex w praktyce. Vademecum inwestora walutowego*, Gliwice: Wydawnictwo „Helion”.
12. Komajda E. (2003), *Rynek papierów wartościowych. Wybrane zagadnienia*, Warszawa: Wyższa Szkoła Handlu i Prawa im. Ryszarda Łazarskiego.
13. Kozłowska K. (2012), *Błędy wysokiej częstotliwości*, www.obserwatorfinansowy.pl [dostęp 14.01.2016].
14. Meyer G., Massoudi A., Stafford P. (2015), *Casualties mount in high-speed trading arms*, www.ft.com [dostęp 06.01.2016].
15. NIK (2015), *Realizacja przez podmioty państwowe zadań w zakresie ochrony cyberprzestrzeni Rzeczypospolitej Polskiej – kontrola planowa nr P/14/043 2015*, Warszawa: Najwyższa Izba Kontroli.
16. Shobhit S. (2015), *The World Of High Frequency Algorithmic Trading*, www.investopedia.com [dostęp 10.01.2016].

DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND ITS IMPACT ON WARSAW STOCK MARKET

Summary

Technological progress and constant development of IT solutions have significantly influenced contemporary trading methods, especially trading on stock market. Most of financial instruments are dematerialized and the majority of transnational processes are based on sophisticated computer softwares. As a consequence, trading on capital market has become more intense on one side but on the other side, it gradually eliminates the direct participation of human beings in those processes. Technical specifications of internet connections, computer's performance and types of softwares are factors that mainly determine the procedure of investment and its outcome. Although, the potential beneficiaries of these changes seem to be almost only participants trading on the stock markets, the skeptics raise alarming and often legitimate questions that far-reaching elimination of human factor in this market may lead to dangerous and mostly unpredictable adverse effects.

Keywords: stock market, informatization, High Frequency Trading.

Translated by Marta Rozwałka