

Joel Hasbrouck,
Empirical Market Microstructure

Oxford University Press, 2007

Katarzyna Bień*

Nadesłany: 28 czerwca 2010 r. Zaakceptowany: 28 lipca 2010 r.

„Książka poświęcona jest studium nad mechanizmem zawierania transakcji na rynkach finansowych: instytucjom, pryncypiom ekonomicznym, stanowiących podwalinę tychże instytucji, a także ilościowym modelom służącym analizie danych, jakie generują”. Zdanie to otwiera interesującą i wartą zauważenia książkę Joela Hasbroucka *Empirical Market Microstructure*.

Mimo że praca ukazała się trzy lata temu, na tle innych monografii dotyczących mikrostruktury rynków finansowych wydaje się wyjątkowo spójnym i aktualnym kompendium wiedzy, które warto polecić jako podręcznik służący ogólnemu wprowadzeniu do tej wciąż stosunkowo nowej dla polskiego czytelnika problematyki. Według tradycyjnej definicji Maureen O'Hary mikrostruktura rynku finansowego to studium procesu wymiany aktywów z uwzględnieniem określonych reguł dokonywania obrotu. Badania w tym zakresie ogniskują się na poznaniu mechanizmu, zgodnie z którym dochodzi do ustalania cen na rynkach finansowych (O'Hara 1995). Dziedzina ta, pierwotnie opierająca się na modelach czysto teoretycznych, obecnie ma charakter interdyscyplinarny – dotyczy problemów infrastruktury rynków finansowych, finansów behawioralnych, a niekiedy rozumiana jest jako dział ekonometrii finansowej, proponujący instrumentarium modelowania danych o bardzo wysokiej częstotliwości. Należy podkreślić, że badania z tego zakresu trwają już od ponad trzydziestu lat. Obejmują one liczne teoretyczne modele, wyjaśniające współzależności pomiędzy wybranymi charakterystykami procesu transakcyjnego – cenami transakcyjnymi, kwotowaniami, spreadem *bid-ask*, głębokością rynku czy wolumenem transakcji. Równolegle, w miarę zwiększania dostępu instytucji naukowych do baz danych, w których rejestrowane są poszczególne charakterystyki procesu transakcyjnego (zlecenia wykonania transakcji, kursy, wartość transakcji) oraz wzrostu mocy obliczeniowej komputerów, studiom tym coraz częściej towarzyszą badania empiryczne. Analizy takie, przeprowadzane na podstawie danych o bardzo wysokiej częstotliwości, służyły do weryfikacji

* Narodowy Bank Polski, Departament Systemu Finansowego; Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Instytut Ekonometrii; e-mail: katarzyna.bien@sgh.waw.pl.

postulatów i hipotez teoretycznych w odniesieniu do różnych rodzajów rynków, charakteryzujących się różnymi protokołami obrotu (*trading protocol*), czyli instytucjonalnymi uwarunkowaniami procesu transakcyjnego.

Na rynku nie ma wielu pozycji książkowych podsumowujących i oceniających dorobek naukowy w tej dziedzinie. Studia dotyczące mikrostruktury rynku rozwijają się wyjątkowo prędko przede wszystkim dzięki artykułom publikowanym w periodykach naukowych, a wyjątkowa aktualność i pozytywny skutek dociekań naukowych wynikają z dużej liczby artykułów dyskusyjnych i konferencji poświęconych tej tematyce. Wciąż najczęściej cytowana i aktualna jest monografia Maureen O'Hary *Market Microstructure Theory* z 1995 r., dokonująca przeglądu formułowanych do połowy lat 90. teoretycznych modeli opisujących scenariusz procesu transakcyjnego, a także ich kategoryzacji w zależności od przyjmowanych formalnych założeń koncepcyjnych. Przez kilka następnych lat książka ta stanowiła w zasadzie jedyne kompendium wiedzy z tego zakresu. W 2003 r. ukazała się bardzo odmienna pod względem koncepcyjnym pozycja Larry'ego Harrisa *Trading and Exchanges*, poświęcona problemom mikrostruktury rynków finansowych, aczkolwiek w ujęciu empirycznym. Książka ta skierowana była przede wszystkim do praktyków, ponieważ cechuje ją raczej intuicyjny i mało sformalizowany sposób prezentacji wyводу, poświęconego przede wszystkim instytucjonalnym uwarunkowaniom organizacji i funkcjonowania rynków finansowych. Spośród bardziej specjalistycznych pozycji należy wymienić pracę Richarda Lyonsa (2001), poświęconą mikrostrukturze rynku walutowego, oraz obszerną książkę Dacorogna i in. (2001). W tej ostatniej dokonano przeglądu narzędzi ilościowych wykorzystywanych w modelowaniu finansowych szeregów czasowych o bardzo wysokiej częstotliwości. W 2009 r. nakładem wydawnictwa Cambridge ukazała się monografia autorstwa Franka de Jonga i Barbary Rindi *Microstructure of Financial Markets*. Rozprawa ta, pomimo swej aktualności, ma jednak wyjątkowo teoretyczny charakter. Wydaje się również skierowana do bardziej zaawansowanych czytelników, głównie ze względu na niewielki nacisk położony na intuicyjną argumentację oraz stosunkowo skąpą interpretację licznie prezentowanych formuł matematycznych. W porównaniu z powyższymi pozycjami książka prof. Hasbroucka prezentuje się wyjątkowo atrakcyjnie, głównie dzięki swojemu interdyscyplinarnemu charakterowi. Autor omawia kolejne modele mikrostruktury wraz z opisem metod ich empirycznej weryfikacji, nie zaniebując jednak spójnego intuicyjnego uzasadnienia, a także bardziej sformalizowanych uzasadnień prezentowanych kwestii. Głównie z tego powodu pozycję tę warto zarekomendować szerszemu gronu polskich czytelników.

Książka składa się z piętnastu krótkich, ale treściwych rozdziałów. Rozdział pierwszy jest próbą syntetycznego wprowadzenia do tematyki mikrostruktury rynku, jej podstawowych pojęć, a także – w gruncie rzeczy ulotnych i trudnych do jednoznacznego zdefiniowania – kategorii oceny jakości rynków finansowych, jak płynność czy przejrzystość rynku. Autor formułuje tu również listę otwartych pytań, wytyczających kierunki obiecujących dalszych poszukiwań naukowych w tym zakresie.

Rozdział drugi poświęcono instytucjonalnym ramom funkcjonowania rynków finansowych. W syntetyczny sposób przedstawiono podstawowe kategorie rynków, wyróżnione ze względu na sposób dokonywanego na nich obrotu, czyli rynki kierowane zleceniami (*limit order markets*), rynki, w przypadku których obrót dokonywany jest na parkiecie (*floor markets*), rynki dealerskie (*dealer markets*), a także tzw. rynki hybrydowe, łączące cechy wcześniej wymienionych. Przedstawiona struktura i charakterystyka rynków wydają się stosunkowo skromne w porównaniu z analogicznymi prezentacjami w pracach Larrego Harrisa czy Franka De Jonga i Barbary Rindi,

jednak nie zmniejsza to istotnie wartości książki. Rozdział ten należy czytać w połączeniu z aneksem, w którym przedstawiono podstawowe zagadnienia dotyczące organizacji i funkcjonowania amerykańskich giełd akcji NYSE i NASDAQ. Treść aneksu jest istotna, gdyż zasadnicza część prezentowanych w literaturze empirycznych badań mikrostruktury rynku analizuje właśnie te dwa rynki, co wynika głównie z możliwości korzystania z bogatego zbioru danych z tzw. bazy transakcyjnej TAQ (Trades and Quotes Database), w której od połowy ubiegłego dziesięciolecia archiwizowane są charakterystyki transakcji i zleceń zawartych na NYSE, NASDAQ i na innych regionalnych amerykańskich rynkach akcji.

W rozdziale trzecim punktem wyjścia teoretycznych rozważań jest prosty pod względem konstrukcji strukturalny model Rolla (1984). Zgodnie z argumentacją autora „model odzwierciedla fundamentalną dychotomię właściwą modelom mikrostruktury – podziału cen na dwa komponenty wynikające z fundamentalnej wartości instrumentu finansowego oraz komponentów o charakterze przejściowym, wynikających z organizacji rynku oraz procesu transakcyjnego” (s. 23). Po raz pierwszy zatem w literaturze położono akcent na istotne z punktu widzenia teorii mikrostruktury różnienie pomiędzy efektywną ceną (rzeczywistą ceną) aktywów a czynnikami wynikającymi z tzw. tarć rynku (*market frictions*), nazywanych inaczej szumem mikrostruktury, których przyczyną jest m.in. spread *bid-ask*, wpływający na tzw. odbicie *bid-ask* (*bid-ask bounce*). W podstawowej wersji modelu identyfikacja obu komponentów ceny następuje na podstawie oszacowań funkcji autokowariancji przyrostów cen transakcyjnych. Model ten umożliwia oszacowanie spreadu *bid-ask* po przyjęciu upraszczającego założenia, że wynika on tylko ze stałego kosztu obsługi napływających na rynek zleceń zakupu i sprzedaży.

Do opisu zagadnień poruszonych w rozdziale czwartym przejdziemy za chwilę, natomiast rozważania dotyczące teoretycznych podstaw mikrostruktury rynku kontynuowane są w rozdziałach piątym, szóstym i siódmym. Autor prezentuje w nich modele, które można przypisać do klasy tzw. modeli informacji (*information based models*). Ich podstawowym wyróżnikiem jest założenie o niejednorodności informacyjnej poszczególnych uczestników rynku. Przyjmuje się, że neutralny wobec ryzyka animator rynku (*market maker*) może zawierać transakcje z dwoma typami inwestorów: (1) charakteryzujących się dostępem do informacji prywatnej (nieznanej innym), dotyczącej wartości instrumentu finansowego (*informed traders*), i (2) niemających dostępu do takiej informacji (*uninformed traders*). W takim ujęciu scenariusz aktywności poszczególnych uczestników rynku (np. rodzaj składanych zleceń, ich wolumen) dowodzi asymetrii informacyjnej, więc sam proces zawierania transakcji jest niejako sposobem transmisji sygnału informacyjnego. W kategorii modeli informacji można wyróżnić dwie podstawowe grupy modeli. Pierwszą, opisywaną w literaturze jako modele sekwencyjnego zawierania transakcji (*sequential trade models*), prezentuje rozdział piąty. Szczegółowo scharakteryzowano w nim model Glostena i Milgroma (1985), który stanowi pewien wzór konstrukcji modelowych tej kategorii, przytaczany we wszystkich pracach przeglądowych na ten temat. W konstrukcji modelu przyjmuje się, że inwestorzy, którzy dysponują pełniejszą informacją, zawierają transakcje zakupu w przypadku informacji dobrej, a transakcje sprzedaży – w przypadku informacji złej. Animator rynku nie ma dostępu do prywatnej informacji, ale zdaje sobie sprawę, że zawiera transakcje z inwestorami, którzy mogą mieć taki dostęp. Każdorazowo wyznacza więc ceny *bid* i *ask* na poziomie odzwierciedlającym wartość oczekiwaną ceny instrumentu finansowego, warunkową względem zaobserwowanych typów zleceń (zakupu lub sprzedaży) składanych przez uczestników rynku. Im większą frakcję na rynku stanowią inwestorzy mający dobrą informację, tym

wyższa jest cena zakupu, a im większa jest frakcja inwestorów mających złą informację – tym niższa cena sprzedaży. Zawierając kolejne transakcje, animator rynku uczy się, gdyż odkrywa informację posiadaną przez inwestorów. W konsekwencji dostosowuje kwotowane ceny *bid* i *ask* na podstawie swoich warunkowych oczekiwań co do prawdziwej wartości instrumentu finansowego. Należy podkreślić, że w modelach sekwencyjnego zawierania transakcji ceny zmieniają się w reakcji na zaobserwowane transakcje, a obecność spreadu *bid-ask* wynika z natury samego procesu transakcyjnego i stanowi niejako kompensatę – premię dla animatora rynku w związku ze stratami z tytułu zawierania transakcji z kontrahentami mającymi lepszą informację (*adverse selection costs*). Formalny teoretyczny opis modelu kończy lista wniosków precyzujących statystyczne własności poszczególnych charakterystyk procesu zawierania transakcji, co zdecydowanie ułatwia czytelnikowi połączenie abstrakcyjnych konstrukcji teoretycznych i umożliwia empiryczną weryfikację postawionych hipotez. W końcowej części rozdziału krótko opisano również nieco bardziej złożone konstrukcje modeli sekwencyjnego zawierania transakcji. Przykładem takiej konstrukcji jest model Easley'a i O'Hary (1987), w którym wartość informacyjną ma nie tylko sekwencja składanych zleceń, ale również ich wolumen, lub model tych samych autorów z 1992 r., zawierający dodatkowe źródło niepewności związane z samym faktem pojawienia się sygnału informacyjnego.

Kontynuacją kwestii poruszonych w rozdziale piątym jest krótki rozdział poświęcony koncepcji przepływu zleceń (*order flow*) oraz prawdopodobieństwu zawierania transakcji na podstawie dostępu do prywatnej informacji (*probability of informed trading*). Czytelnik może czuć niedosyt po zapoznaniu się z zaledwie pięciostronicowym tekstem, który dotyczy modeli wyjątkowo często wykorzystywanych w empirycznych badaniach mikrostruktury. Koncepcja przepływu zleceń ma zastosowanie przede wszystkim w obszarze mikrostruktury rynku walutowego, gdzie nadwyżka transakcji zakupu nad transakcjami sprzedaży traktowana jest jako zmienna objaśniająca krótkookresowe zmiany kursu walutowego. Modele prawdopodobieństwa zawierania transakcji na podstawie napływu informacji, zaproponowane przez Easleya, Kiefera i O'Hare (1997), a następnie rozwijane przez Easleya, Hvidkjaera i O'Hare (2002) lub Easleya i in. (2008), to z kolei narzędzia ekonometryczne umożliwiające weryfikację modeli sekwencyjnego zawierania transakcji. Formalny opis liczby transakcji zakupu i sprzedaży jako mieszanek dwuwymiarowych rozkładów Poissona o różnych wartościach oczekiwanych w zależności od napływu dobrej lub złej informacji, umożliwia oszacowanie tzw. prawdopodobieństwa zawierania transakcji na podstawie informacji prywatnej, zdefiniowanego jako relacja transakcji zawartych na podstawie informacji poufnej do liczby wszystkich transakcji. Za drobny niedostatek można jednak uznać brak zaakcentowania dużej popularności tej metody, stosowanej w różnych analizach empirycznych, np. do analizy efektywności rynku (Vega 2006) czy analizy różnic pomiędzy systemami transakcyjnymi (Grammig i in. 2001).

W rozdziale siódmym autor zapoznaje czytelnika z drugą kategorią modeli informacji, czyli tzw. strategicznymi modelami informacji, zapoczątkowanymi publikacją Kyle'a (1985). Opiswane modele rozwijają koncepcję sekwencyjnego zawierania transakcji. M.in. opierają się na założeniu, że inwestorzy, składając zlecenia zakupu i sprzedaży na rynku, uwzględniają wpływ, jaki ich działania mogą mieć na ceny ustanawiane przez animatora rynku. Inwestorzy mający dostęp do sygnałów informacyjnych chcą zmaksymalizować zyski wynikające z przewagi informacyjnej, jednak biorą pod uwagę, że zlecenia o zbyt dużym wolumenie mogą niekorzystnie wpłynąć na cenę, po jakiej dojdzie do rozliczenia transakcji. W modelu Kyle'a cena równowagi ustalana jest na podstawie

aukcji jednej ceny (*batch auction*), będącej zwieńczeniem strategicznej gry rozgrywanej pomiędzy animatorem rynku a inwestorami mającymi dostęp do prywatnej informacji.

Rozdziały czwarty, ósmy i dziewiąty omawianej rozprawy odbiegają tematyką od dotychczas prezentowanych. Przedstawiają jedno- i wielorównaniowe liniowe modele ekonometryczne, mające zastosowanie w empirycznych badaniach procesu formułowania się cen, przeprowadzanych na podstawie danych o bardzo wysokiej częstotliwości. Rozdziały te stanowią jednocześnie najbardziej autorską część książki, chociaż powstaje wrażenie (co mogą odczuć głównie czytelnicy znający dorobek naukowy prof. Hasbroucka), że treść tych rozdziałów ma charakter nieco wtórny i powie-la dotychczas zaproponowane rozwiązania (por. Hasbrouck 1991a; 1991b; 1993; 1995). Z drugiej strony dla osób, które z tematyką spotykają się po raz pierwszy, wywód prezentowany w tej części rozprawy jest raczej udaną próbą uporządkowania i syntezy licznych badań autora w tym zakresie. Przykładowo, prezentowane w rozdziale ósmym modele ekonometryczne czerpią ze wspomnianego wcześniej paradygmatu, głoszącego, że ceny transakcyjne (lub kwotowane) składają się z cen efektywnych oraz zakłócenia wynikającego z niedoskonałości (szumu) mikrostruktury. Zgodnie z tezą, że scenariusz zawieranych transakcji odpowiada za proces „wbudowywania” sygnałów informacyjnych w wartości cen, sama cena efektywna może podlegać dalszej dekompozycji: na czynnik wynikający z wpływu samych transakcji (*trade correlated*) i czynnik wynikający z oddziaływania informacji publicznej (*trade uncorrelated*). Prezentowane modele wektorowej autoregresji (VAR) i ich reprezentacje VMA, w powiązaniu z metodami dekompozycji niestacjonarnych procesów na proces błędzenia losowego (będący niejako atrybutem dynamiki cen efektywnych) oraz proces stacjonarny (przejściowe zakłócenia mikrostruktury) umożliwiają wyodrębnienie z wariancji cen efektywnych (a raczej z wariancji innowacji procesu błędzenia przypadkowego) dwóch komponentów, co pozwala niejako na oszacowanie wartości informacyjnej samych transakcji.

Opisywane w rozdziale dziesiątym wielowymiarowe modele wektorowej korekty błędem (VECM) mogą służyć do praktycznych badań w zakresie jednej z gałęzi mikrostruktury rynków finansowych określanej jako proces odkrywania cen (*price discovery process*). Badania wykorzystujące przedstawione narzędzia ekonometryczne mogą służyć do identyfikacji rynku będącego tzw. liderem cen (*price leader; price setter*), np. w odniesieniu do tych samych instrumentów notowanych na rynku natychmiastowym i terminowym lub notowanych równolegle na kilku giełdach (*crosslisted stocks*). W tym ujęciu treść rozdziału stanowi uogólnienie wyводу prezentowanego w części poprzedniej. Analizowanych jest w nim kilka rynków, które charakteryzują się taką samą wartością ceny efektywnej (w ujęciu ekonometrycznym oznacza to wspólny trend stochastyczny). Źródła zmienności wartości tego trwałego komponentu, dotychczas przypisywane wpływowi transakcji, są obecnie określane przez oddziaływanie poszczególnych segmentów rynkowych. Wpływ danego rynku na proces „odkrywania cen” może być następnie wyznaczony za pomocą tzw. udziału informacyjnego (*information share*), czyli części zmienności innowacji procesu błędzenia przypadkowego charakteryzującego cenę efektywną, przypisywanej wybranemu rynkowi. Należy przyznać, że termin „udziały informacyjne Hasbroucka” (*Hasbrouck information shares*) wszedł na stałe do języka mikrostruktury rynku, jako jedno z podstawowych narzędzi licznych badań empirycznych.

W rozdziale jedenastym uwaga czytelnika kierowana jest powtórnie na teoretyczne modele mikrostruktury rynku, tzw. modele zapasu (*inventory models*). W przeciwieństwie do modeli informacji podejście to zakłada, że dealerzy charakteryzują się awersją do ryzyka i wynikającym z niego preferowanym poziomem zapasu (inaczej – wartością pozycji w danym instrumencie finansowym).

Ponieważ na rynkach finansowych dealerzy (animatory rynku) są stroną napływających z różną częstotliwością zleceń zakupu i sprzedaży oraz pełnią funkcję podmiotu zapewniającego podaż płynności, są również narażeni na ryzyko wynikające z utrzymywania nieoptymalnych pozycji w aktywach finansowych. Koszty ponoszone z tego tytułu stanowią w takim ujęciu dodatkową determinantę kwotowanego przez dealerów spreadu *bid-ask*. Przez odpowiednie obniżanie (podwyższanie) poziomu kwotowanych cen *bid* i *ask* animator rynku zachęca swoich kontrahentów do zawierania z nim transakcji zakupu (sprzedaży), które wpłynęłyby na zmianę struktury jego portfela. Należy jednak zauważyć, że z powodu ścisłej zależności zmian cen od aktualnej pozycji dealera nie mają one żadnego związku z fundamentalną (efektywną) wartością instrumentu finansowego. Są to zmiany krótkookresowe, również zaliczane do niedoskonałości (szumu) mikrostruktury. Należy nadmienić, że wiele badań empirycznych potwierdziło założenia modeli zapasu w praktyce (Manaster, Mann 1996; Madhavan, Sofianos 1998).

W rozdziale dwunastym zaprezentowano teoretyczne i empiryczne modele opisujące wybory typów zleceń składanych przez inwestorów na rynkach kierowanych zleceniami (*limit order markets*). W kontekście prezentowanych modeli zatarciu ulega dotychczasowe rozróżnienie na dealerów, którzy kwotują ceny i zapewniają rynkowi płynność, i inwestorów wyłącznie konsumujących tę płynność. Przedstawione teoretyczne modele Parlour (1998) i Foucault (1999) badają strategie dokonywanego przez uczestników rynku wyboru pomiędzy agresywnymi zleceniami rynkowymi (*market orders*) a generującymi płynność zleceniami z limitem ceny (*limit orders*). Ponieważ obserwacje płynące z rynku mają charakter zmiennych skokowych, weryfikacje hipotez dotyczących zachowań uczestników rynku można – jak proponuje Hasbrouck – przeprowadzić za pomocą uporządkowanych modeli logitowych. Należy jednak zauważyć, że proponowane w książce instrumentarium narzędzi ilościowych nie jest kompletne. Analiza procesów punktowych, które utożsamiają zdefiniowany przez badacza „w skali mikro” cykl zdarzeń (złożenie zlecenia, zawarcie transakcji, zmiana ceny), może być również dokonana za pomocą modeli czasu trwania (*duration models*). W tym kontekście analizę wpływu wybranych czynników na strategie wyboru zleceń rozważano m.in. w pracach: Hollifield i in. (2006) czy Lo, Sapp (2008).

Ostatnie trzy rozdziały książki poświęcone są modelom bardziej szczegółowo opisującym dynamiczne strategie składania zleceń oraz ich wpływ na schemat cen i głębokości arkuszy zleceń (*price/quantity schedules*). Rozważane są również modele opisujące koszty transakcyjne w powiązaniu ze strategiami opierającymi się na fragmentaryzacji dużych zleceń w celu minimalizacji kosztów. Ze względu na niedużą objętość książki całkowicie pominięto jednak bardzo aktualną problematykę zleceń ukrytych (nazywanych inaczej górami lodowymi) oraz algorytmicznych systemów transakcyjnych i ich oddziaływanie na płynność rynku. Należy podkreślić, że modelowanie wewnętrznych miar płynności rynku (głębokości, spreadu *bid-ask*) ma coraz większe znaczenie, a sama płynność instrumentu finansowego może być przedmiotem wyceny w ramach modeli CAPM, czego dowodzą badania Amihuda (2002), Acharai i Pendersena (2005), Sadki (2006).

Podsumowując, należy wskazać na duże walory dydaktyczne i użyteczne recenzowanej pozycji. Można ją polecić studentom oraz doktorantom, a także praktykom wykorzystującym analizowane strategie handlowe. Książka napisana jest w przystępny sposób. Jej jedyną wadą może być fakt, że wbrew tytułowi wywodom teoretycznym towarzyszy stosunkowo niewiele przykładów opisów zastosowań modeli do rzeczywistych danych. Należy jednak podkreślić, że te aplikacje, które zostały zaprezentowane, poparte są ciągłą i spójną argumentacją teoretyczną. Odbiór treści

poszczególnych rozdziałów ułatwiają ćwiczenia, pozwalające na monitorowanie zrozumienia poruszanych zagadnień. Wielką zaletą książki jest również to, że zawarte w niej modele teoretyczne i ekonometryczne nie są prezentowane na zasadzie czarnej skrzynki. Na stronie internetowej profesora Hasbroucka w Stern School of Business w New York University (<http://pages.stern.nyu.edu/~jhasbrou/>) znajduje się bowiem odnośnik do strony zawierającej kody programów Mathematica i SAS, służące do prezentacji obliczeń i estymacji wybranych modeli, a także rozwiązania ćwiczeń prezentowanych w książce.

Bibliografia

- Acharaya V.V., Pedersen L.H. (2005), Asset pricing with liquidity risk, *Journal of Financial Economics*, 77, 375–410.
- Amihud Y. (2002), Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects, *Journal of Financial Markets*, 5, 31–56.
- Dacorogna M.M., Gençay R., Müller U., Olsen R.B., Pictet O.V. (2001), *An Introduction to High-Frequency Finance*, Academic Press, London.
- De Jong F., Rindi B. (2009), *The Microstructure of Financial Markets*, Cambridge University Press.
- Easley D., O'Hara M. (1987), Price, Trade Size and Information in Securities Markets, *Journal of Financial Economics*, 19 69–90.
- Easley D., O'Hara M. (1992), Time and the Process of Security Price Adjustment, *Journal of Finance*, 47, 676–605.
- Easley D., Engle R., O'Hara M., Wu L. (2008), Time-Varying Arrival Rates of Informed and Uninformed Trades, *Journal of Financial Econometrics*, 171–207.
- Easley D., Hvidkjaer S., O'Hara M. (2002), Is Information Risk a Determinant of Asset Returns?, *Journal of Finance*, 57, 2185–2221.
- Easley D., Kiefer N., O'Hara M., Paperman J. (1996), Liquidity, Information and Infrequently Traded Stocks, *Journal of Finance*, 51(4), 1405–1436.
- Foucault T. (1999), Order Flow Composition and Trading Costs in a Dynamic Limit Order Market, *Journal of Financial Markets*, 2, 99–134.
- Glosten L.R., Milgrom P.R. (1985), Bid, Ask and Transaction Prices in a Specialist Market with Heterogeneously Informed Traders, *Journal of Financial Economics*, 14, 71–100.
- Grammig J., Schrierek D., Theissen E. (2001), Knowing Me, Knowing You: Trader Anonymity and Informed Trading in Parallel Markets, *Journal of Financial Markets*, 4, 385–412.
- Harris L. (2003), *Trading and Exchanges: Market Microstructure for Practitioners*, Oxford University Press, Oxford.
- Hasbrouck J. (1991a), Measuring the information content of stock trades, *Journal of Finance*, 46, 179–207.
- Hasbrouck J. (1991b), The Summary Informativeness of Stock Trades: An Econometric Analysis, *Review of Financial Studies*, 4, 571–595.
- Hasbrouck J. (1993), Assessing the quality of a security market: a new approach to transaction cost measurement, *Review of Financial Studies*, 6, 191–212.

- Hasbrouck J. (1995), One security, many markets: determining the contributions to price discovery, *Journal of Finance*, 50, 1175–1199.
- Hasbrouck J. (2002), One Stalking the “efficient price” in market microstructure specifications: an overview, *Journal of Financial Markets*, 5, 329–339.
- Hollifield B., Miller R., Sandas P., Slive J. (2006), Estimating the gains from trades in limit order markets, *Journal of Finance*, 61, 2753–2804.
- Kyle A.S. (1985), Continuous Auctions and Insider Trading, *Econometrica*, 53, 1315–1336.
- Lo I., Sapp S.G. (2008), The submission of limit orders or market orders: The role of timing and information in the Reuters D2000-2 system, *Journal of International Money and Finance*, 27, 1056–1073.
- Lyons R.K. (2001), *The microstructure approach to exchange rates*, MIT Press, London.
- O’Hara M. (1995), *Market Microstructure Theory*, Blackwell Publishing, Oxford.
- Parlour C.A. (1998), Price Dynamics in Limit Order Markets, *Review of Financial Studies*, 11, 789–816.
- Madhavan A., Sofianos G. (1998), An Empirical Analysis of NYSE Specialist Trading, *Journal of Financial Economics*, 48, 189–210.
- Manaster S., Mann S.C. (1996), Life in the Pits: competitive market making and inventory control, *Review of Financial Studies*, 9, 953–975.
- Roll R. (1984), A Simple Implicit Measure of the Effective Bid-Ask Spread in an Efficient Market, *Journal of Finance*, 39, 1127–1139.
- Sadka R. (2006), Momentum and post-earnings-announcement drift anomalies: the role of liquidity risk, *Journal of Financial Economics*, 80, 309–349.