

Zautomatyzowany handel giełdowy z zastosowaniem algorytmu *High Frequency Trading*

Stanisław Kaźmierczak

Agenda

- Wprowadzenie
- Model
- Kształtowanie się ceny równowagi
- Zyski
- Efekt zewnętrzny
- Krytyka



Wprowadzenie

- *High Frequency Trading* to systemy umożliwiające graczom giełdowym zawieranie bardzo szybkich transakcji
- Pozwalają wyprzedzać zlecenia sprzedaży czy kupna inwestorów, którzy nie korzystają z szybkich transakcji
- Obecnie są one dostępne głównie na dużych giełdach zachodnich, ale ich popularność rośnie (na największych giełdach *HFT* generuje już większość obrotów)
- Możliwość stosowania na GPW od października 2013
- Ogólna idea: zautomatyzowany handel bazujący na bardzo małych zmianach kursów, ale częstych transakcjach
- Efektywność wymaga, aby serwery wykonujące obliczenia znajdowały się jak najbliżej serwera giełdowego – w praktyce w tej samej serwerowni. Zapewnia to możliwość reakcji na zmiany kursów na poziomie mikrosekund

Wprowadzenie

- Większe możliwości konkurencji pojawiłyby się w przypadku transakcji, w których dopuszczalne byłyby wartości poniżej jednego centa
 - takie rozwiązanie od 2000 roku jest niedozwolone przez amerykańską Komisję Papierów Wartościowych i Giełd (United States Securities and Exchange Commission, SEC) i wartość przyrostów giełdowych jest rozliczana z dokładnością do drugiego miejsca po przecinku
- Podstawową bazą do algorytmów *HFT* nie są dane makroekonomiczne, czy cykle koniunkturalne w gospodarce, ale zachowanie cen poszczególnych instrumentów finansowych (nawet jeśli te ceny są mocno oderwane od rzeczywistej ekonomicznej wartości praw do określonego rodzaju majątku)
- W *HFT* najważniejsze jest wykorzystanie krótkoterminowych trendów przewagi popytu lub podaży i uprzedzenie konkurencji

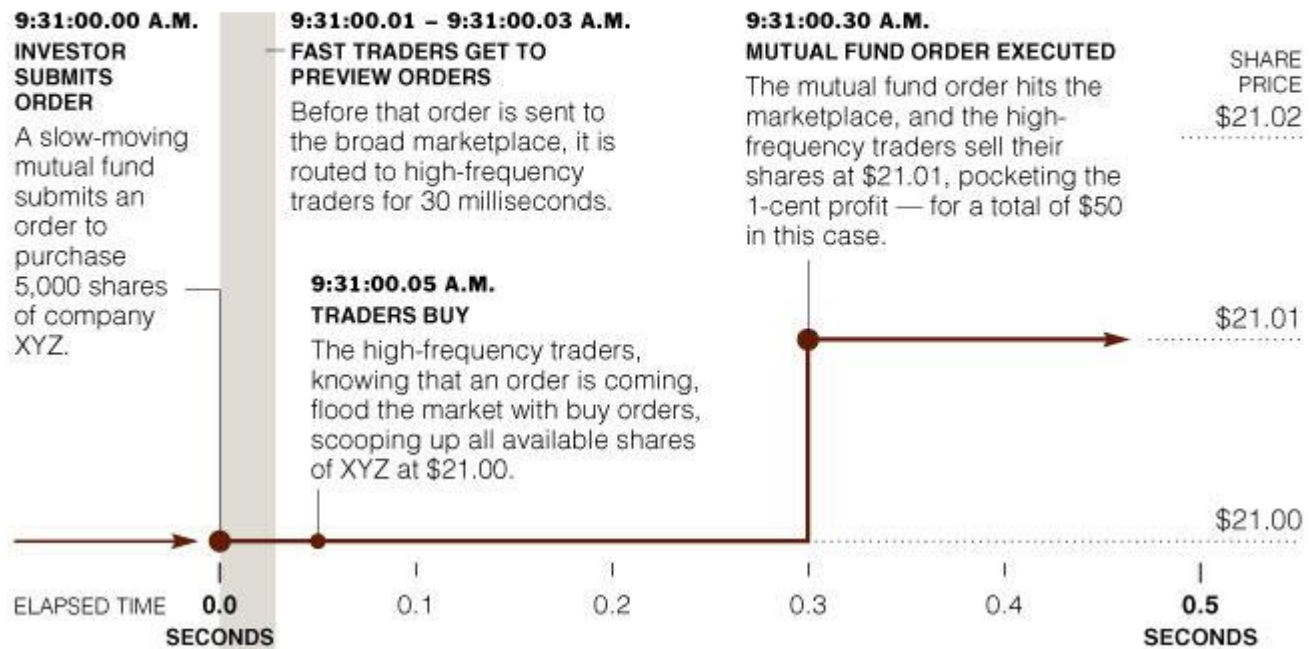
Wprowadzenie

- Walka rozgrywa się o tysięczne, a nawet milionowe części sekundy
- Duże środki inwestowane są w rozwój coraz szybszych modeli światłowodów
- Kluczem wydaje się być perfekcja w samym zawieraniu transakcji (chodzi o szybkość reakcji) niż odpowiedni dobór instrumentów finansowych ze względu na rzeczywistą wartość praw, jakie zapewniają one ich posiadaczowi
- HFT jest bardziej opłacalne dla dużych instytucji ze względu na znaczące koszty stałe: hardware, szybkie łącza, stworzenie i utrzymanie oprogramowania, wysoko wykwalifikowany personel, dostęp do danych)
 - Renaissance Technologies, amerykański fundusz hedgingowy na 300 pracowników zatrudnia ok. 100 doktorów matematyki, fizyki, informatyki, statystyki, etc.

Przykład

The Thirty-Millisecond Advantage

In high-frequency trading, computers buy and sell stocks lightning fast. Some marketplaces, like Nasdaq, often offer such traders a peek at orders for 30 milliseconds — 0.03 seconds — before they are shown to everyone else. This allows traders to profit by very quickly trading shares they know will soon be in high demand. Each trade earns pennies, sometimes millions of times a day.



THE NEW YORK TIMES

Model

- Założenia
 - Nieskończenie wiele instytucji finansowych, które są neutralne wobec ryzyka i maksymalizują zysk
 - W podstawowym wariacie rozważamy handel tylko jednym aktywem
- 3 fazy działania:
 - $\tau = 0$: Inwestowanie w środki trwałe
 - $\tau = 1$: Handel
 - $\tau = 2$: Wypłata aktywów

Model: faza $\tau = 0$

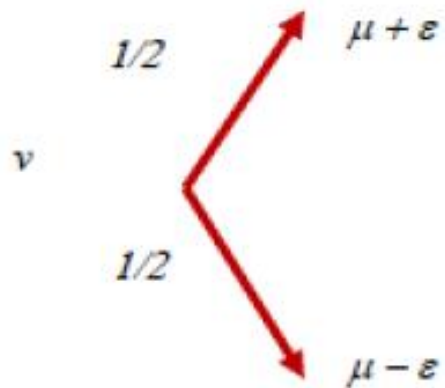
- Instytucje równocześnie decydują czy inwestować w infrastrukturę (komputery, łącza, ...) , kapitał ludzki, etc. celem wprowadzenia *HFT* po koszcie C
 - Instytucje, które wprowadziły *HFT* nazywamy *szybkimi*. Zbiór instytucji szybkich oznaczamy przez α
 - Pozostałe instytucje nazywamy *wolnymi*
- Korzyści z wprowadzenia *HFT*:
 - Szybkie instytucje uzyskują i przetwarzają informacje przed wolnymi, tzn. w tym samym momencie określają prywatną wartość zasobu i dowiadują się czy wypłata za aktywa v wyniesie $\mu + \varepsilon$ czy $\mu - \varepsilon$ (założenie zgodne z wynikami empirycznymi)
 - Bardziej prawdopodobne, że znajdą okazje do handlu (HFT poprawia efektywne wyszukiwanie korzystnych ofert)
 - Szybkie instytucje znajdują partnera do handlu z prawd. 1
 - Wolne instytucje znajdują partnera do handlu z prawd. $\rho < 1$

Model: faza $\tau = 1$

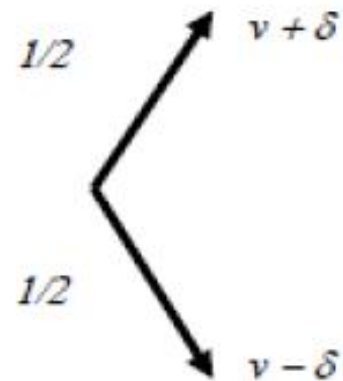
- Każda instytucja określa prywatną ocenę zasobu ($\delta > 0$ lub $-\delta$) i jeżeli jest szybka to dowiaduje się o realizacji v : $\mu + \varepsilon$ lub $\mu - \varepsilon$
- Prywatna ocena jest dodawana do wypłaty ($v + \delta$ lub $v - \delta$)
- Każda instytucja znajduje lub nie znajduje możliwości handlu. Jeżeli znajduje, to podejmuje decyzję: kupić jedną jednostkę, sprzedać jedną jednostkę lub nic nie robić
 - Instytucje, które oceniły zasób na $v + \delta$ powinny kupić go
 - Instytucje, które oceniły zasób na $v - \delta$ powinny sprzedać go
- W prezentacji rozważamy przypadek: $\frac{\varepsilon}{2} < \delta < \varepsilon$

Model: faza $\tau = 1$

Asset common value



An institution's private valuation



[1]

Model: faza $\tau = 1$

- Wyróżniamy 6 rodzajów instytucji:
 - Szybkie z dobrą wiadomością i wysoką oceną własną (ozn. *GH*)
 - Szybkie z dobrą wiadomością i niską oceną własną (ozn. *GL*)
 - Szybkie ze złą wiadomością i wysoką oceną własną (ozn. *BH*)
 - Szybkie ze złą wiadomością i niską oceną własną (ozn. *BL*)
 - Wolne z wysoką oceną własną (ozn. *H*)
 - Wolne z niską oceną własną (ozn. *L*)



Model: faza $\tau = 2$

- Wypłata v zostaje zrealizowana
- $v = \mu + \varepsilon$ lub $v = \mu - \varepsilon$ z tym samym prawdopodobieństwem
- Zamówienie ω jest realizowane w cenie $E(v|\omega)$

Kształtowanie się ceny równowagi

- β_j^F - prawdopodobieństwo, że szybka instytucja typu $j \in \{GH, GL, BH, BL\}$ kupi aktywa
- β_j^S - prawdopodobieństwo, że wolna instytucja typu $j \in \{H, L\}$ kupi aktywa
- $\beta_{GH}^F = 1$ i $\beta_{BL}^F = 0$, ponieważ ceny należą do przedziału $[\mu - \varepsilon, \mu + \varepsilon]$
- Z prawa Bayesa otrzymujemy cenę zamówień kupna:

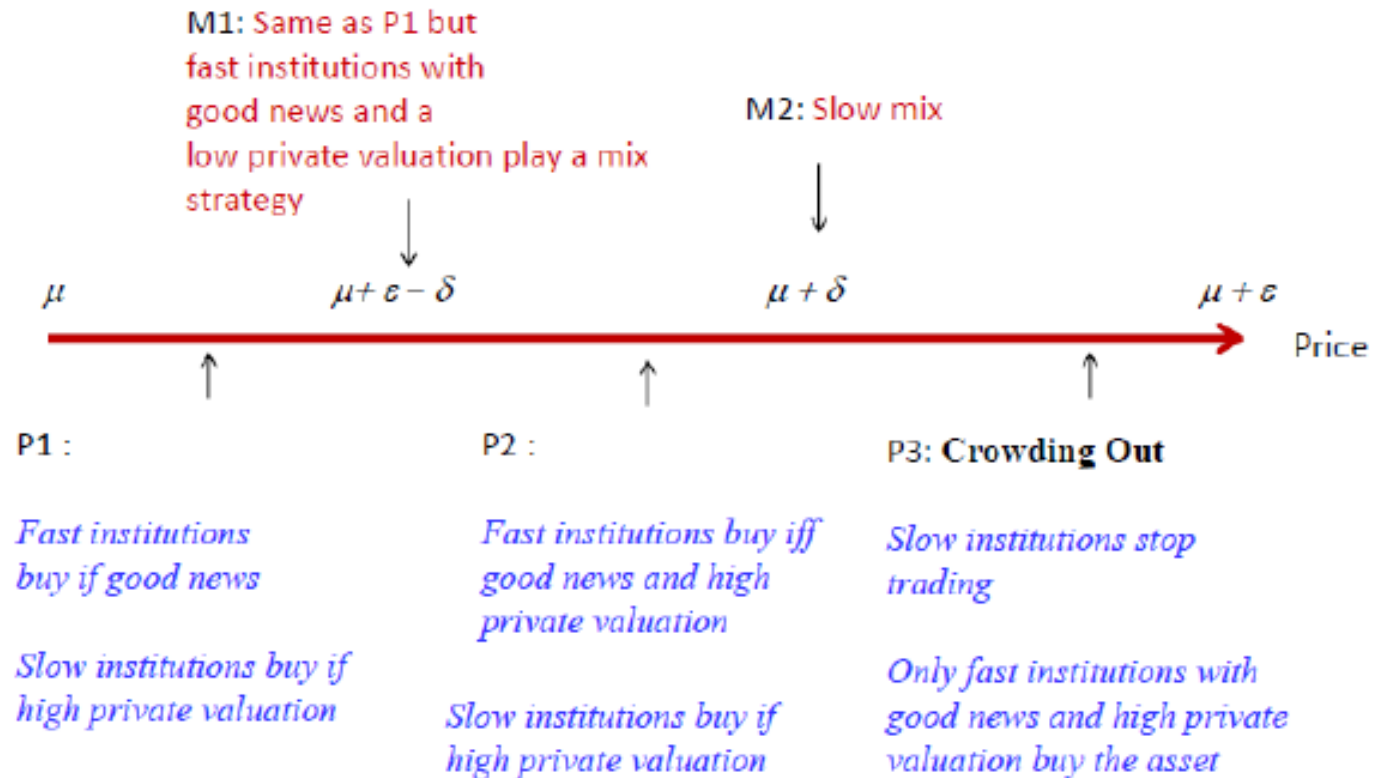
$$a = E(v | \text{buy}) = \mu + \frac{\alpha(1 + \beta_{GL}^F - \beta_{BH}^F)}{2((1 - \alpha)\rho(\beta_H^S + \beta_L^S) + \frac{\alpha}{2}(1 + \beta_{GL}^F + \beta_{BH}^F))} \varepsilon$$

Kształtowanie się ceny równowagi

- W dalszych rozważaniach zakładamy, że $\frac{\epsilon}{2} < \delta < \epsilon$
- Wynika z tego, że: $\mu < \mu + \epsilon - \delta < \mu + \delta < \mu + \epsilon < \mu + \epsilon + \delta$
- Kolejne wyrażenia od lewej oznaczają:
 - Bezwarunkowa wartość oczekiwana v
 - Waluacja aktywa dla szybkich inwestorów z dobrą wiadomością, ale negatywną oceną własną
 - Waluacja aktywa dla wolnych inwestorów z pozytywną oceną własną
 - Waluacja aktywa dla *dostawcy płynności* (ang. *Liquidity supplier*) przy dobrej wiadomości
 - Dostawca płynności – ogranicza *spread*, czyli różnicę między ceną kupna i sprzedaży; często są nimi duże banki lub instytucje finansowe
 - Waluacja aktywa dla szybkich inwestorów z dobrą wiadomością i pozytywną oceną własną

Kształtowanie się ceny równowagi

- Istnieje 5 możliwych stanów równowagi, odnoszących się do różnych cen wywoławczych aktywów

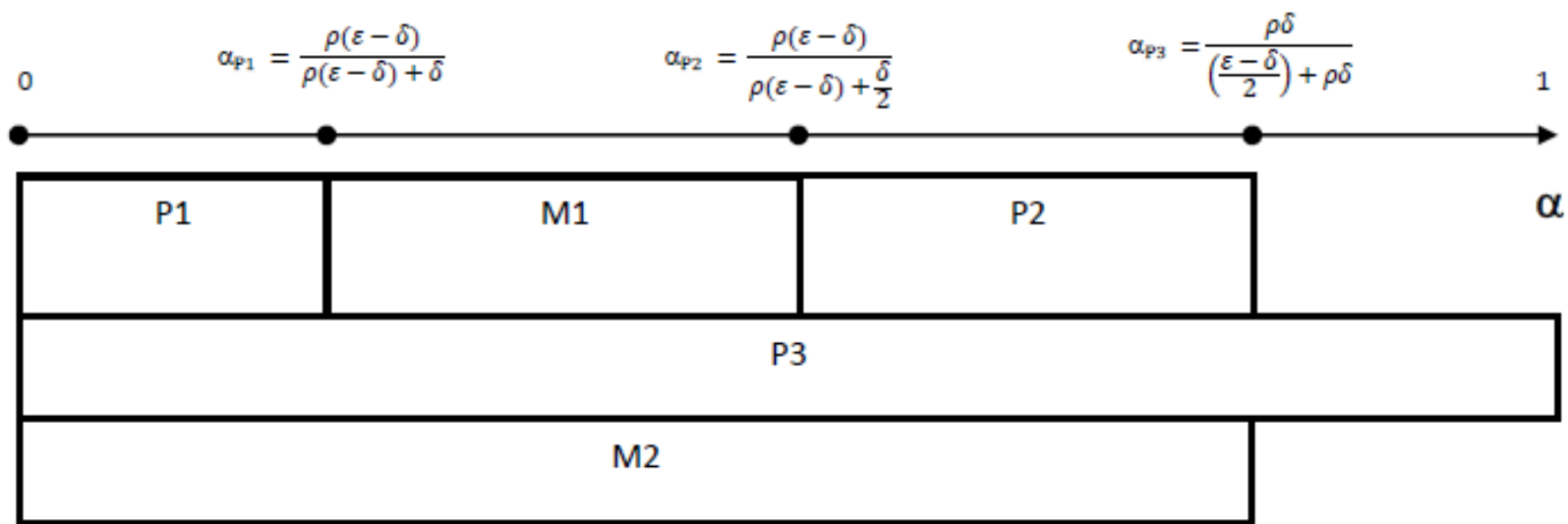


[1]

Kształtowanie się ceny równowagi

- W *P3* wolne instytucje zostają wypchnięte poza handel
- Oznacza to, że tylko część potencjalnych korzyści z handlu zostanie zrealizowanych
- Sytuacja ta może być stosunkowo częsta, np. jeżeli *liquidity suppliers* chcą, żeby handlowały tylko szybkie instytucje z dobrą wiadomością
- *Liquidity suppliers* ustawiają wtedy cenę na $\mu + \epsilon$ i wtedy wolne instytucje muszą zdecydować się na rezygnację z handlu (podobnie szybkie instytucje z niską prywatną oceną)

Możliwe punkty równowagi



[1]

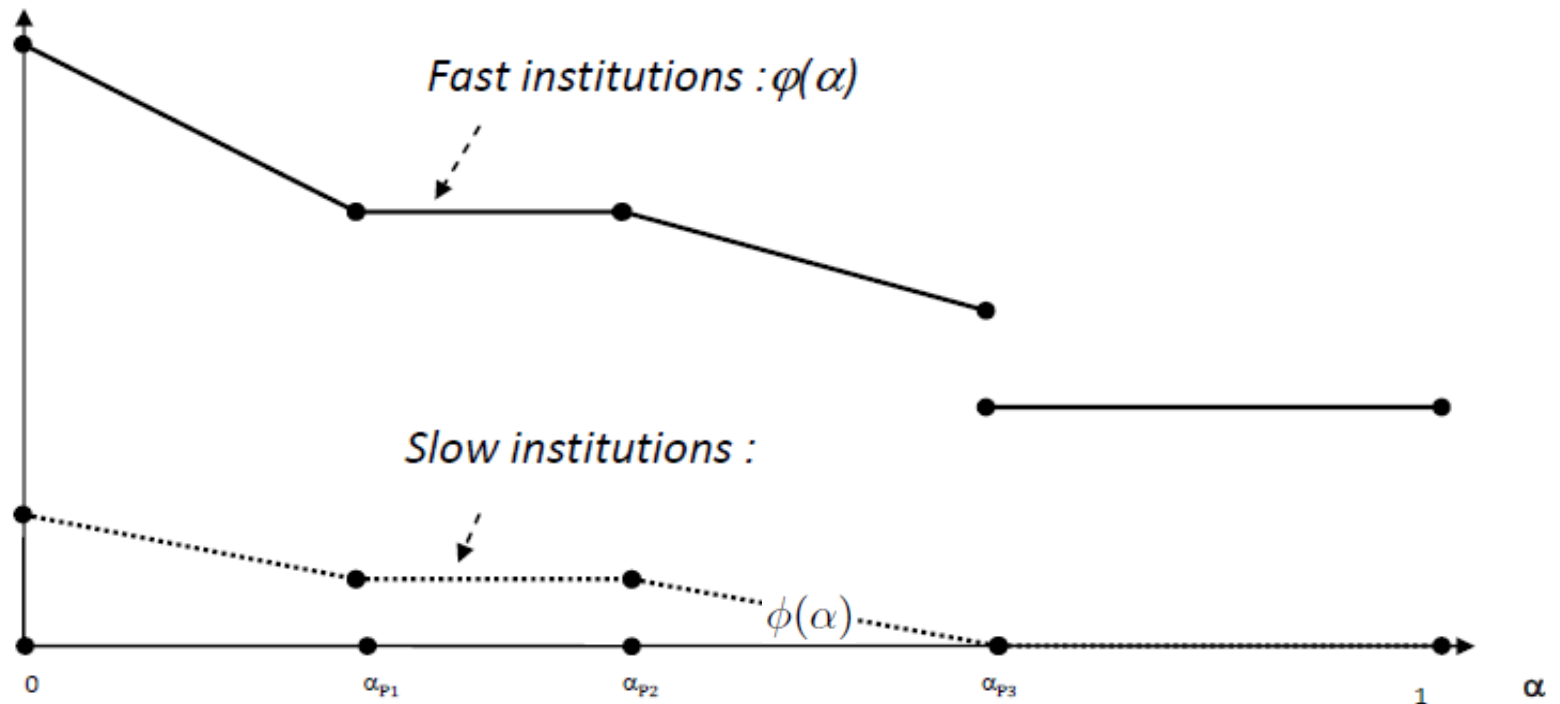
Zyski

- Niech $\psi(\alpha)$ i $\phi(\alpha)$ będą oczekiwanymi zyskami dla odpowiednio wolnych i szybkich instytucji
- Można pokazać, że:

$$\psi(\alpha) = \begin{cases} (\delta - \frac{\alpha}{\alpha+(1-\alpha)\rho}\epsilon)\rho & \text{for } 0 \leq \alpha < \alpha_{P1}, \\ (2\delta - \epsilon)\rho & \text{for } \alpha_{P1} \leq \alpha \leq \alpha_{P2}, \\ (\delta - \frac{\alpha/2}{\alpha/2+(1-\alpha)\rho}\epsilon)\rho & \text{for } \alpha_{P2} < \alpha \leq \alpha_{P3}, \\ 0 & \text{for } \alpha > \alpha_{P3}. \end{cases}$$

$$\phi(\alpha) = \begin{cases} \frac{(1-\alpha)\rho}{\alpha+(1-\alpha)\rho}\epsilon & \text{for } 0 \leq \alpha < \alpha_{P1}, \\ \delta & \text{for } \alpha_{P1} \leq \alpha \leq \alpha_{P2}, \\ \frac{1}{2}(\delta + \frac{(1-\alpha)\rho}{\alpha/2+(1-\alpha)\rho}\epsilon) & \text{for } \alpha_{P2} < \alpha \leq \alpha_{P3}, \\ \delta/2 & \text{for } \alpha > \alpha_{P3}. \end{cases}$$

Zyski



[1]

- Przyczyny
 - $\alpha \uparrow \rightarrow$ handel jest bogatszy w informacje \rightarrow większe marże (większy *spread*) \rightarrow mniejsza płynność \rightarrow mniejsze zyski
 - Wraz ze wzrostem α coraz mniej instytucji jest zdolnych do handlu (wypychanie z rynku)

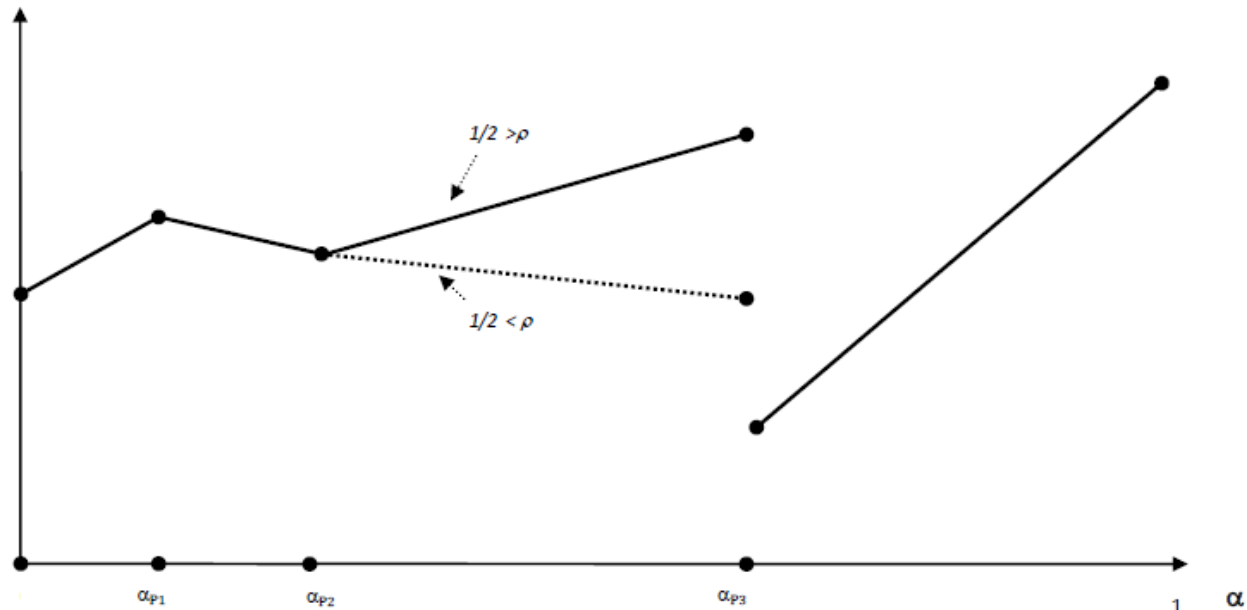
Efekt zewnętrzny

- Wejście nowych szybkich instytucji na rynek powoduje zwiększenie negatywnego efektu zewnętrznego
- Dla $\alpha = 0$ (tylko wolne instytucje), zysk $\psi(0) = \rho\delta$
- Dla $\alpha = 1$ (tylko szybkie instytucje), zysk $\phi(1) = \delta/2$
- Dla $\rho > 1/2$, wszystkie instytucje zyskują więcej, gdy $\alpha = 0$ niż gdy $\alpha = 1$
 - ρ – prawdopodobieństwo, że wolna instytucja znajdzie partnera do handlu
 - δ – własna ocena aktywa

Całkowita wielkość handlu

- Można pokazać, że całkowita wielkość handlu wyraża się wzorem:

$$Vol(\alpha) = \begin{cases} \alpha + (1 - \alpha)\rho & \text{for } 0 \leq \alpha < \alpha_{P1}, \\ (1 - \alpha)\rho\epsilon/\delta & \text{for } \alpha_{P1} \leq \alpha \leq \alpha_{P2}, \\ \alpha/2 + (1 - \alpha)\rho & \text{for } \alpha_{P2} < \alpha \leq \alpha_{P3}, \\ \alpha/2 & \text{for } \alpha > \alpha_{P3}. \end{cases}$$





Krytyka

- Błyskawiczny krach na Wall Street, maj 2010: w ciągu 10 min. indeksy giełdowe tracą 10%
- Użytkownicy *HFT* spowalniają ogólnodostępny system giełdowy poprzez składanie ogromnej liczby zleceń, które go zapychają (mimo, że między 2007 a 2012 prędkość zawierania transakcji zwiększyła się 500 tys. Razy)
- Dzięki temu transakcje inwestorów *HFT* są niemal nieobarczone żadnym ryzykiem
- Użytkownicy *HFT* wykupują bezpośredni dostęp do danych giełdowych z pominięciem ogólnodostępnego systemu (szybciej uzyskują dane)

Krytyka

- W okresie mocnych spadków systemy *High Frequency* nie mają komu odsprzedać akcji, co jeszcze bardziej zwiększa wahania cen
- Oderwanie giełdy od realnej gospodarki (w algorytmach HFT nie liczy się realna wartość spółek, analiza przedsiębiorstwa, a jedynie ruchy cen)
 - giełda może kreować realia gospodarcze
- Giełdy nie chcą narażać się użytkownikom HFT, ponieważ są zbyt zyskownymi graczami (duże obroty i prowizje)
- Nie osiąga społecznego (globalnego) optimum (podobny mechanizm działania jak wyścig zbrojeń)



Bibliografia

1. Biais, B., Foucault, T., and Moinas, S. *Equilibrium High Frequency Trading*. Working paper, Toulouse School of Economics and HEC, 2011.
2. <http://wyborcza.biz/Gieldy>
3. <http://pulsinwestora.pb.pl>
4. <http://www.coslychacwbiznesie.pl>
5. <http://lifeways.pl/publikacje/>
6. <http://bankier.pl/>
7. <http://pro-trading.pl/>



Dziękuję za uwagę