Analiza zdarzeń
Event studies

Dobromił Serwa

akson.sgh.waw.pl/~dserwa/ef1.htm

Literatura

- Campbell J., Lo A., MacKinlay A.C.(1997) *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press, *Rozdział 4*.

- MacKinlay A.C. (1997) *Event Studies in Economics and Finance*, Journal of Economic Literature 35, s. 13-39.

Literatura

- Rubaszek M. i inni (2009) *Analiza kursu walutowego*, wyd. C.H.BECK, *Rozdział 3*.

- Gurgul H. (2011) Analiza zdarzeń na rynkach akcji. Wpływ informacji na ceny papierów wartościowych, wyd. Wolters Kluwer.

- Na podstawie prezentacji: Gerald P. Dwyer (2001) „*The Use of Event Studies in Finance and Economics*”

Co to jest analiza zdarzeń

- Badanie wpływu zdarzenia lub grupy zdarzeń na wybraną zmienną
  (ekonomiczną, finansową)

* * *

- Czy zmienna pod wpływem zdarzenia zachowuje się w nieoczekiwany sposób?
- Czy zmienna reaguje na zdarzenie?
- Jak silna jest reakcja?

Analizowane zmienne

- Ceny instrumentów finansowych
  - *Stopy zwrotu z akcji, innych indeksów giełdowych*
  - *Zmiany kursu walutowego, cen obligacji, bonów, rynkowych stóp procentowych*

- Inne zmienne ekonomiczne i nie tylko
  - przykład: *koszty kryzysów bankowych*

Przykłady analizowanych zdarzeń

- Podziały akcji (*stock splits*)
- Ogłoszenia wyników finansowych
- Ogłoszenia przejęć i połączeń spółek
- Zmiany regulacyjne (np. sposób notowania)

- Założenie: Zdarzenia egzogeniczne względem analizowanej zmiennej

Zastosowania

- Corporate finance – analiza efektów decyzji akcjonariuszy i zarządów wokół okresów ogłoszeń informacji przez spółki
- Testy efektywności rynków finansowych
- Prawo i ekonomia – wpływ regulacji na ceny akcji, ocena strat w postępowaniach sądowych

Jak przeprowadzić analizę zdarzeń

- Sprawdzamy:
  - czy jakieś zdarzenie wywołało istotną zmianę badanej zmiennej…

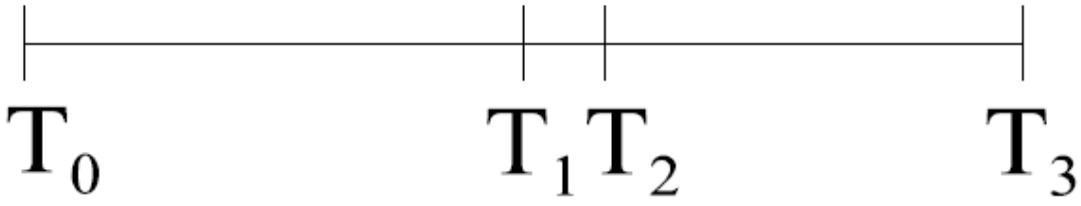
    … niezależną od „normalnych” zmian tej zmiennej (zgodnych z modelem ekonomicznym)

Jak przeprowadzić analizę zdarzeń

- Ustalamy okres, kiedy zmienna zachowywała się normalnie
  - parametry modelu są estymowane w „oknie estymacji” (*estimation window*)
- Ustalamy okres zdarzenia – tutaj analizujemy „dziwne” zachowanie zmiennej
  - analiza w oknie zdarzenia (*event window*)

Wybór okresu analizy

- Okno zdarzenia relatywnie małe w porównaniu z oknem estymacji



$(T_0, T_1]$ – okno estymacji

$(T_1, T_2]$ – okno zdarzenia

$(T_2, T_3]$ – okno po zdarzeniu (post-event window)

Jak przeprowadzić analizę zdarzeń

- Obliczamy odchylenia zmiennej od „normalnych” wartości w oknie zdarzenia

- **Przykład:** odchylenia stóp zwrotu akcji PEKAO od tych wynikających z modelu rynkowego w czasie ogłaszania wyników spółki
  - „nadzwyczajne” stopy zwrotu (*abnormal returns*)

Analiza zdarzeń

- „Nadzwyczajne” zmiany cen X_t
  = rzeczywiste zmiany cen X_t
  – zmiany cen X_t wynikające z modelu

- Potrzeba oszacowania „normalnych” zmian X_t (wynikających z modelu)

  – Jak zachowałaby się zmienna, gdyby zdarzenia nie było?

Przykład: stopy zwrotu

$$AR_{i\tau} = R_{i\tau} - E(R_{i\tau}|X_\tau) \qquad (1)$$

Modele objaśniające „normalne” stopy zwrotu:

- wykorzystujące teoretyczne modele ekonomiczne

- modele „ateoretyczne”

Modele stóp zworotu

Modele ateoretyczne:

- Constant Mean Return Model

$$R_{it} = \mu_i + \zeta_{it} \qquad (2)$$

$$E(\zeta_{it}) = 0 \qquad \mathrm{var}\,(\zeta_{it}) = \sigma^2_{\zeta_i}.$$

- Market model (one-factor model)

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{it} \qquad (3)$$

$$E(\varepsilon_{it}) = 0 \qquad \mathrm{var}(\varepsilon_{it}) = {\sigma_{it}}^2$$

Modele stóp zwrotu

Modele ateoretyczne (c.d.):

- Model wieloczynnikowy (multifactor model)

Modele wykorzystujące teorie ekonomiczne:

- Capital Asset Pricing Model

$$R_{i\tau} = R_f + \beta_i (R_{m\tau} - R_f)$$

- Arbitrage Pricing Theory

Modele stóp zwrotu

- W praktyce zwykle modele ateoretyczne jako bardziej ogólne
- Model wieloczynnikowy niewiele lepszy od jednoczynnikowego (*market model*)
- Założenia do modeli ateoretycznych też nie zawsze spełnione

Szacowanie parametrów modelu

- Klasyczna metoda najmniejszych kwadratów (KMNK, ang. *OLS*)
- Wykorzystujemy dane z okna estymacji
- Obliczamy teoretyczne (wynikające z modelu) wartości zmiennej w oknie zdarzenia $E(R_{i\tau}|X_\tau)$

Obliczane nadzwyczajnych stóp zwrotu

- Oszacowany model **w oknie estymacji**:

$$R_{i\tau} = \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i R_{m\tau} + \hat{\varepsilon}_{i\tau}$$

- Odchylenia rzeczywistych stóp zwrotu od normalnych stóp zwrotu **w oknie zdarzenia**:

$$AR_{i\tau} = \hat{\varepsilon}_{it} = R_{it} - \left(\hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_i R_{mt}\right)$$

Analiza zdarzeń

- Zakładamy, że nadzwyczajne stopy zwrotu przeciętnie równe 0 = brak wpływu zdarzenia na zmienną

$$E(AR_{i\tau}) = E(\varepsilon_{i\tau}) = 0$$

- Obliczamy wariancję nadzwyczajnych stóp zwrotu prognozowaną przez model

$$\mathbf{V}_i = \sigma^2_{\varepsilon_i}[\mathbf{I} + \mathbf{X}^*_i(\mathbf{X}'_i\mathbf{X}_i)^{-1}(\mathbf{X}^*_i)']$$

Analiza zdarzeń

- Agregujemy obserwacje (nadzwyczajne stopy zwrotu)
  - po czasie i po spółkach (jeśli mamy wiele spółek) by zobaczyć łączny, średni efekt

- Zwykle analizujemy różne okna zdarzenia by sprawdzić jak od wyboru okna zależą wyniki

Agregowanie stóp zwrotu

- Obliczamy skumulowane (po czasie) nadzwyczajne stopy zwrotu dla spółki *i*

$$CAR_i = \sum_{\tau=T_1+1}^{T_2} AR_{i\tau}$$

$$CAR_i = \sum_{\tau=T_1+1}^{T_2} \hat{\varepsilon}_{i\tau}^{*}$$

$$\mathrm{Var}[CAR_i] = \hat{\sigma}_{CAR,i}^2 = \mathbf{1}'\mathbf{V}_i\mathbf{1}$$

$$L_2 = T_2 - (T_1 + 1) + 1 = T_2 - T_1$$

Testowanie efektu zdarzenia

- Kiedy założymy, że składnik losowy w modelu ma rozkład normalny to statystyka

$$\frac{CAR_i}{\hat{\sigma}_{CAR,i}}$$

ma rozkład t-Studenta z L_2-2 stopniami swobody

…ale zwykle zakłada się, że asymptotycznie ma rozkład normalny.

Testowanie efektu zdarzenia

- Agregowanie po spółkach (przy założeniu niezależności tychże dla uproszczenia)

$$C\overline{A}R = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} CAR_i$$

$$\mathrm{Var}[C\overline{A}R] = \sigma^2_{C\overline{A}R} = N^{-2}\sum_{i=1}^{N} \hat{\sigma}^2_{CAR,i}$$

- Poniższa statystyka asymptotycznie ma standardowy rozkład normalny

$$C\overline{A}R / \sigma_{C\overline{A}R}$$

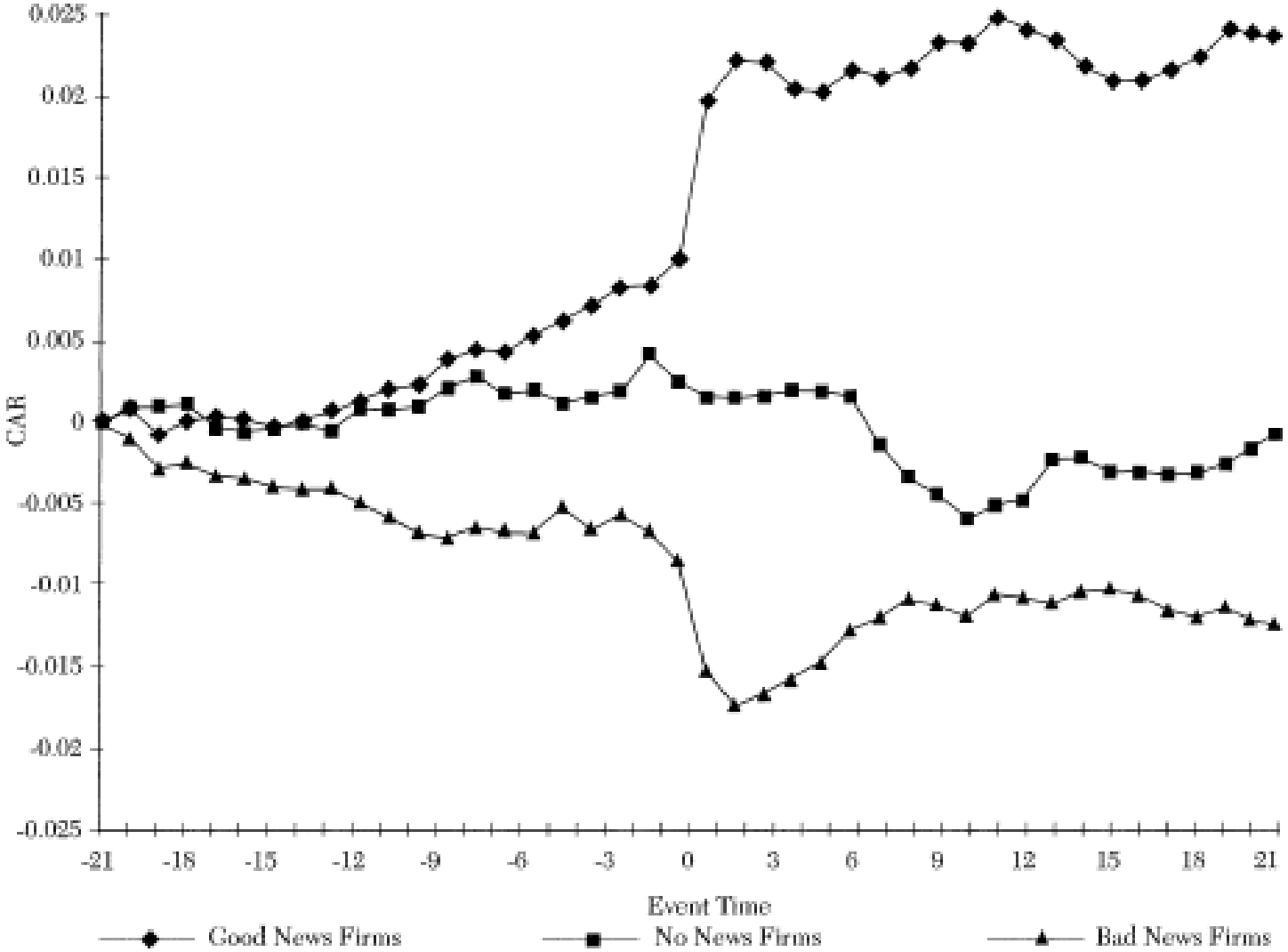


Figure 2a. Plot of cumulative abnormal return for earning announcements from event day -20 to event day 20. The abnormal return is calculated using the market model as the normal return measure.

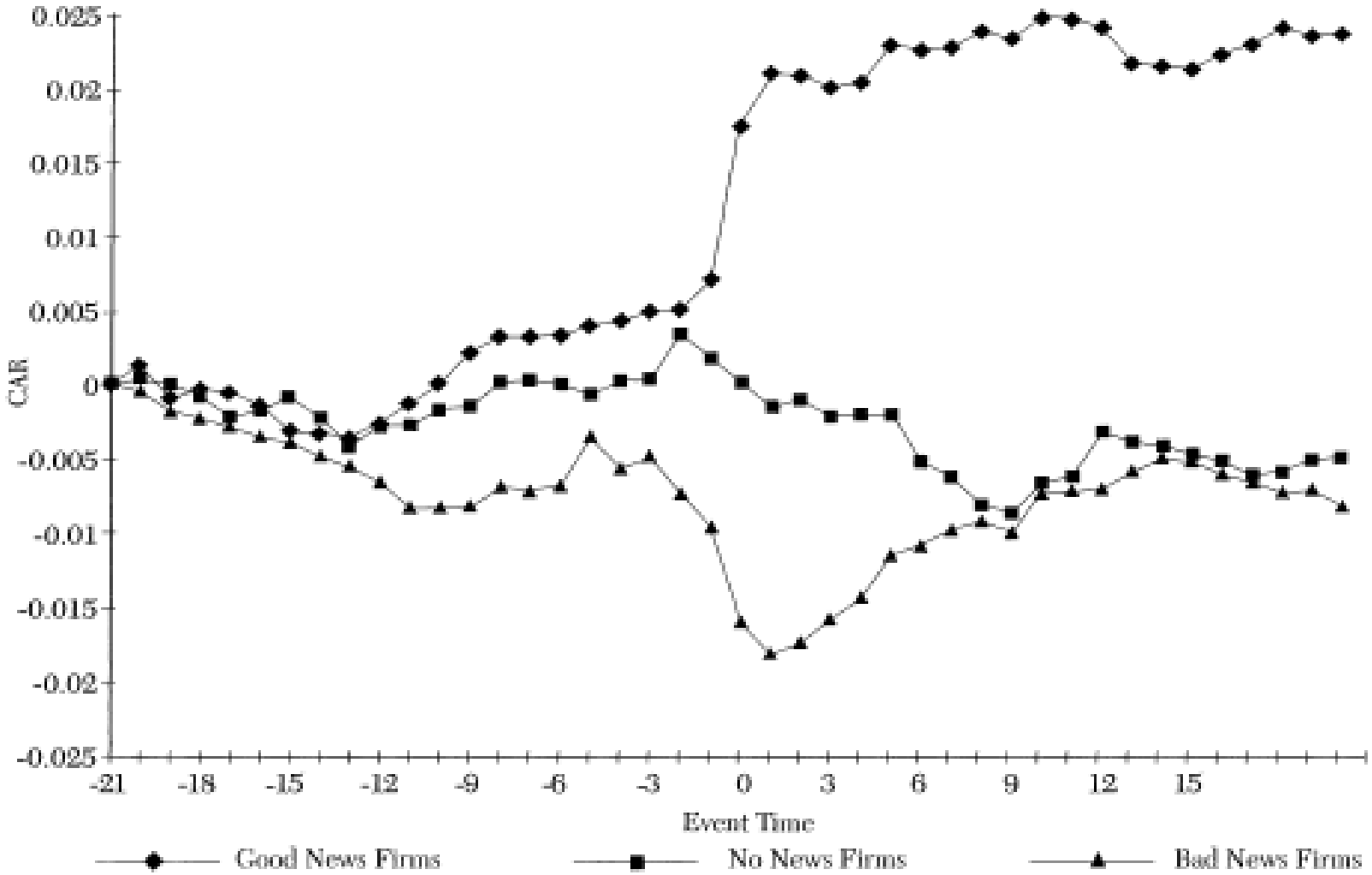


Figure 2b. Plot of cumulative abnormal return for earning announcements from event day -20 to event day 20. The abnormal return is calculated using the constant mean return model as the normal return

Testowanie efektu zdarzenia

- H0: Brak wpływu zdarzenia na stopy zwrotu

- H1: Jest wpływ zdarzenia na stopy zwrotu (nadzwyczajne stopy zwrotu różnią się przeciętnie istotnie od 0)

Testy nieparametryczne

- Test znaków (czy przeciętnie nadzwyczajna stopa zwrotu dodatnia, ujemna, czy bliska zeru?)

$$\theta_2 = \left[\frac{N^+}{N} - 0.5\right]\frac{\sqrt{N}}{0.5} \sim N(0,1).$$

- N+ liczba obserwacji, kiedy nadzwyczajne stopy zwrotu są dodatnie

Przykład

Tabela 3.24. Testy reakcji kursu walutowego na szoki w polityce pieniężnej

Zmienna objaśniana	USD/PLN			EUR/PLN			Fo–USD1M			Fo–USD3M			FUSD			FEUR		
Model	M3	M1	M0	M3	M1	M0	M3	M1	M0	M3	M1	M0	M3	M1	M0	M3	M1	M0
Długość okna zdarzenia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Liczba obserwacji użytych do estymacji	1685	1685	1685	1685	1685	1685	1685	1685	1685	1661	1661	1661	1685	1685	1685	1596	1596	1596
Liczba obserwacji w oknach zdarzeń	42	42	42	42	42	42	42	42	42	39	39	39	42	42	42	39	39	39
$\sigma^{1/2}$	0,508	0,558	0,652	0,523	0,585	0,636	0,510	0,558	0,651	0,512	0,555	0,649	0,625	0,651	0,684	0,636	0,658	0,681
R^2	0,39	0,27	0,00	0,32	0,15	0,00	0,39	0,26	0,00	0,38	0,27	0,00	0,17	0,09	0,00	0,13	0,07	0,00
skoryg. R^2	0,39	0,27	0,00	0,32	0,15	0,00	0,39	0,26	0,00	0,38	0,27	0,00	0,17	0,09	0,00	0,13	0,07	0,00
F	362,2	613,9	–	268,7	306,4	–	352,9	603,9	–	338,6	611,7	–	112,3	175,5	–	77,5	112,4	–
P(F)	0,00	0,00	–	0,00	0,00	–	0,00	0,00	–	0,00	0,00	–	0,00	0,00	–	0,00	0,00	–
AIC	–1,35	–1,17	–0,86	–1,29	–1,07	–0,91	–1,34	–1,16	–0,86	–1,34	–1,18	–0,86	–0,94	–0,86	–0,76	–0,90	–0,84	–0,77
SC	–1,34	–1,16	–0,85	–1,28	–1,06	–0,90	–1,33	–1,16	–0,86	–1,32	–1,17	–0,86	–0,93	–0,85	–0,76	–0,89	–0,83	–0,77
DW	1,94	1,91	1,84	1,95	1,94	2,01	1,95	1,91	1,84	1,96	1,92	1,85	1,94	1,91	1,83	2,10	2,07	2,01
CAR	–5,65	–5,59	–3,77	–5,54	–5,27	–6,61	–6,58	–6,51	–4,71	–7,88	–8,35	–6,55	–10,54	–10,69	–9,56	–7,16	–7,93	–8,88
SCAR	–1,69	–1,53	–0,88	–1,61	–1,37	–1,59	–1,96	–1,78	–1,10	–2,43	–2,38	–1,60	–2,57	–2,50	–2,13	–1,78	–1,91	–2,06
P($SCAR$)	0,05	0,06	0,19	0,05	0,09	0,06	0,02	0,04	0,14	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,02
J	–1,23	–1,85	–0,93	–1,54	–1,85	–1,54	–1,85	–1,54	–1,54	–1,44	–2,08	–1,12	–2,47	–2,78	–3,39	–1,44	–1,12	–2,72
P(J)	0,11	0,03	0,18	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06	0,06	0,07	0,02	0,13	0,01	0,00	0,00	0,07	0,13	0,00
β_0	0,008 (0,012)	0,005 (0,014)	0,004 (0,016)	0,008 (0,013)	0,005 (0,014)	0,006 (0,015)	0,008 (0,012)	0,006 (0,014)	0,004 (0,016)	0,005 (0,013)	0,002 (0,014)	0,000 (0,016)	0,012 (0,015)	0,011 (0,016)	0,010 (0,017)	0,002 (0,016)	0,002 (0,016)	0,004 (0,017)
β_1	0,136 (0,045)	–0,553 (0,022)		0,367 (0,021)	0,409 (0,023)		0,132 (0,045)	–0,548 (0,022)		0,098 (0,046)	–0,552 (0,022)		0,185 (0,055)	–0,344 (0,026)		0,258 (0,026)	0,284 (0,027)	
β_2	0,287 (0,037)			0,395 (0,031)			0,285 (0,037)			0,257 (0,038)			0,185 (0,046)			0,093 (0,050)		
β_3	0,453 (0,030)			0,423 (0,030)			0,446 (0,031)			0,438 (0,031)			0,384 (0,037)			0,375 (0,038)		

Uwaga: szok w polityce pieniężnej oznacza tu zmianę oprocentowania depozytów trzymiesięcznych o więcej niż 0,1 pkt. proc. w ciągu dwóch pierwszych dni po ogłoszeniu decyzji RPP.
Źródło: opracowanie własne.

Źródło: Rubaszek i inni (2009) Analiza kursu walutowego, wyd. C.H.Beck, str. 254.

Pytanie sprawdzające

- Jak KNF może zbadać czy miał miejsce insider trading przed ogłoszeniem wyników spółki X w dniu xx.yy.zzzz?

(czy dane o wynikach spółki wyciekły parę dni przed ich oficjalnym ogłoszeniem…)

Problemy z analizą zdarzeń

- Założenia modeli nie są z reguły spełnione:
  - wariancja składnika losowego zmienna w czasie
  - notowania spółek wzajemnie zależne
  - ważne czynniki ekonomiczne nie uwzględnione w modelach
  - zdarzenia mogą być zależne od wartości analizowanej zmiennej (!!!)

Przykład

- Badamy czy zmiany kursu walutowego zależą od decyzji Rady Polityki Pieniężnej dotyczących poziomu stopy referencyjnej

- Ale czy decyzje RPP nie zależą od zmian kursu (przykład: aktualny kryzys)?

Alternatywna metoda analizy zdarzeń

- Znana zależność funkcyjna między zdarzeniem a badaną zmienną

$$y_{it} = \beta \cdot c_{it} + B \cdot x_{it} + \eta_{it}$$

- Tylko analizowane okresy zdarzenia
- Możemy zmierzyć siłę zależności (!!!)

Przykład

- Reakcje stóp zwrotu, cen instrumentów finansowych na nieoczekiwane decyzje władz monetarnych o zmianie poziomu stóp procentowych
  - Można przyporządkować zdarzeniu pewną zmienną (wielkość zmiany st. procentowych)
  - Można przyjąć liniową zależność między tą zmienną a rynkowymi stopami zwrotu

Przykład

$$\Delta s_t = \alpha \Delta i_t + \beta + \varepsilon_t$$ [Cook, Hahn, 1989]

$$\Delta s_t = \alpha \Delta i_t^u + \beta \Delta i_t^e + \gamma + \varepsilon_t$$ [Kuttner, 2001]

$$\Delta i_t = \beta \Delta s_t + \gamma z_t + \varepsilon_t$$

$$\Delta s_t = \alpha \Delta i_t + z_t + \eta_t$$ [Rigobon, Sack, 2004]

- Przykładowe wyniki

Tabela 3.20. Reakcje kursów walutowych na szoki w polityce pieniężnej w dniu ogłoszenia decyzji przez RPP

Model (3.106)												
Miara szoku / Zestaw zmiennych	M0				M1				M3			
	Δi^0	Δi^1	Δi^2	Δi^3	Δi^0	Δi^1	Δi^2	Δi^3	Δi^0	Δi^1	Δi^2	Δi^3
USD/PLN	0,035 (0,322)	0,130 (0,610)	0,083 (0,424)	0,075 (0,481)	0,043 (0,518)	0,117 (0,730)	0,054 (0,370)	0,088 (0,746)	0,049 (0,613)	0,122 (0,820)	0,018 (0,130)	0,134 (1,248)
EUR/PLN	0,023 (0,256)	–0,115 (0,660)	–0,141 (0,887)	–0,060 (0,465)	0,019 (0,234)	–0,108 (0,691)	–0,125 (0,879)	–0,067 (0,582)	0,034 (0,413)	–0,099 (0,643)	–0,144 (1,028)	–0,034 (0,306)

Rubaszek i inni (2009) Analiza kursu walutowego, wyd. C.H.Beck, str. 234.

Aneks

Przykład trudniejszy

- Czy wzrost gospodarczy zależy od wielkości kryzysu bankowego?

- Analiza zdarzeń:
  - 125 kryzysów bankowych na świecie
  - Miara wielkości kryzysu, miara wzrostu gospodarczego
  - Czy słaby wzrost gospodarczy nie wywołuje kryzysu?

Model

$$c_{it} = \alpha \cdot y_{it} + A \cdot x_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$y_{it} = \beta \cdot c_{it} + B \cdot x_{it} + \eta_{it}$$

c – miara wielkości kryzysu
y – wzrost gospodarczy
x – zmienne kontrolne

Metoda (1)

- Wykorzystanie „identyfikacji przez heteroskedastyczność” oraz uogólnionej metody momentów (UMM) do estymacji parametru β w równaniu:

$$y_{it} = \beta \cdot c_{it} + B \cdot x_{it} + \eta_{it}$$

Metoda: Rigobon, Sack (2004)

- Wybór i testowanie instrumentów

Metoda (2)

$$c_{it} = \alpha y_{it} + Ax_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$y_{it} = \beta c_{it} + Bx_{it} + \eta_{it}$$

Forma zredukowana modelu:

$$c_{it} = \frac{1}{1-\alpha\beta}\left(Gx_{it} + \varepsilon_{it} + \alpha\eta_{it}\right)$$

$$y_{it} = \frac{1}{1-\alpha\beta}\left(Hx_{it} + \beta\varepsilon_{it} + \eta_{it}\right)$$

Metoda (3)

Macierze wariancji zmiennych objaśnianych w podpróbach *T1* i *T2*:

$$\Omega^{T_1} = \frac{1}{(1-\alpha\beta)^2}\begin{bmatrix} G\Omega_x^{T_1}G' + \sigma_\varepsilon^{T_1} + \alpha^2\sigma_\eta^{T_1} & G\Omega_x^{T_1}H' + \beta\sigma_\varepsilon^{T_1} + \alpha\sigma_\eta^{T_1} \\ \cdot & H\Omega_x^{T_1}H' + \beta^2\sigma_\varepsilon^{T_1} + \sigma_\eta^{T_1} \end{bmatrix}$$

$$\Omega^{T_2} = \frac{1}{(1-\alpha\beta)^2}\begin{bmatrix} G\Omega_x^{T_2}G' + \sigma_\varepsilon^{T_2} + \alpha^2\sigma_\eta^{T_2} & G\Omega_x^{T_2}H' + \beta\sigma_\varepsilon^{T_2} + \alpha\sigma_\eta^{T_2} \\ \cdot & H\Omega_x^{T_2}H' + \beta^2\sigma_\varepsilon^{T_2} + \sigma_\eta^{T_2} \end{bmatrix}$$

Metoda (4)

Różnica macierzy wariancji:

$$\Delta\Omega = \Omega^{T_2} - \Omega^{T_1} = \frac{(\sigma_\varepsilon^{T_2} - \sigma_\varepsilon^{T_1})}{(1-\alpha\beta)^2}\begin{bmatrix} 1 & \beta \\ \beta & \beta^2 \end{bmatrix}$$

Wyznaczamy β:

$$\beta = \frac{\Delta\Omega_{12}}{\Delta\Omega_{11}} \qquad \beta = \frac{\Delta\Omega_{22}}{\Delta\Omega_{12}}$$

Metoda (5)

Estymatory MZI:

$$\hat{\beta} = \frac{\frac{1}{N_2}(\mathbf{c}_{T_2})'\mathbf{y}_{T_2} - \frac{1}{N_1}(\mathbf{c}_{T_1})'\mathbf{y}_{T_1}}{\frac{1}{N_2}(\mathbf{c}_{T_2})'\mathbf{c}_{T_2} - \frac{1}{N_1}(\mathbf{c}_{T_1})'\mathbf{c}_{T_1}}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\frac{1}{N_2}(\mathbf{y}_{T_2})'\mathbf{y}_{T_2} - \frac{1}{N_1}(\mathbf{y}_{T_1})'\mathbf{y}_{T_1}}{\frac{1}{N_2}(\mathbf{c}_{T_2})'\mathbf{y}_{T_2} - \frac{1}{N_1}(\mathbf{c}_{T_1})'\mathbf{y}_{T_1}}$$

Metoda (6)

Estymatory MZI:

$$\hat{\beta} = (\mathbf{vc}'\mathbf{c})^{-1}(\mathbf{vc}'\mathbf{y})$$

$$\hat{\beta} = (\mathbf{vy}'\mathbf{c})^{-1}(\mathbf{vy}'\mathbf{y})$$

Metoda (7)

Różnica między wektorami średnich dla zmiennych objaśnianych w podpróbach:

$$\Delta E\begin{pmatrix} c_{it} \\ y_{it} \end{pmatrix} = \frac{E^{T_2}(\varepsilon_{it}) - E^{T_1}(\varepsilon_{it})}{1-\alpha\beta}\begin{bmatrix} 1 \\ \beta \end{bmatrix}$$

Estymator MZI:

$$\hat{\beta} = \frac{\frac{1}{N_2}\mathbf{e}'\mathbf{y}_{T_2} - \frac{1}{N_1}\mathbf{e}'\mathbf{y}_{T_1}}{\frac{1}{N_2}\mathbf{e}'\mathbf{c}_{T_2} - \frac{1}{N_1}\mathbf{e}'\mathbf{c}_{T_1}} \qquad \hat{\beta} = (\mathbf{m}'\mathbf{c})^{-1}(\mathbf{m}'\mathbf{y})$$

Metoda (8)

- Konstrukcja instrumentów:
  – uwzględniających zmiany w wariancji

$$vc_{it} = \begin{cases} c_{it}/N & \text{kiedy} \quad it \in T_1 \\ -c_{it}/N & \text{kiedy} \quad it \in T_2 \end{cases}$$

  – uwzględniających zmiany w średniej

$$m_{it} = \begin{cases} 1/N & \text{kiedy} \quad it \in T_1 \\ -1/N & \text{kiedy} \quad it \in T_2 \end{cases}$$