

Jacek Wallusch
Akademia Ekonomiczna w Poznaniu

HIPOTEZA STOPY NATURALNEJ. MIĘDZY EKONOMETRIĄ A HISTORIĄ MYŚLI EKONOMICZNEJ.

*Dazu brauche ich eine
Besatzung, die mitmacht,
damit alles klappt. Wenn
sie mitmachen soll, dann
muß sie nicht nur etwas
können (...), sondern
dann muß sie auch Freude
am Dienst haben.*

Wolfgang Lüth

1. UWAGI WSTĘPNE

Hipoteza stopy naturalnej (NRH) stanowi od roku 1968 integralną część zdecydowanej większości współczesnych modeli makroekonomicznych stworzonych w obrębie tzw. głównego nurtu. Bez względu na orientację paradygmatyczną autorów – czy to *nowi klasycy* czy też *nowi keynesiści* – wszyscy odwołują się do niej. Znacząca rola, jaką NRH odgrywa dla trzech pokoleń ekonomistów, nie przełożyła się jednak na programy nauczania. Dydaktyka zdominowana została przez różnego rodzaju mutacje hicksowskiego IS-LM, bezkrytycznie oferując studentom prostą wizję otaczającej ich rzeczywistości. Deterministyczny, rozpatrujący przypadek pułapki płynności model IS-LM, z niewiadomych względów nazwany *keynesowskim*¹, idealnie obrazuje przepaść między współczesną ekonomią a nauczaniem ekonomii. W procesie kształcenia nie sam model IS-LM stanowi największą bolączkę, lecz brak połączenia wiedzy zdobywanej na przedmiotach „technicznych” (matematyka, statystyka, ekonometria itp.) i „ekonomicznych” (mikroekonomia, makroekonomia, historia myśli ekonomicznej itp.). Równania pojawiające się w skryptach wywołują lęk bądź techniczne zafrasowanie, pozostawiając treści ekonomiczne zasłonięte całunem z całek Riemanna, wartości oczekiwanych i warunków Kuhna-Tuckera.

Zwrócenie większej uwagi na NRH może pomóc w zaniechaniu lansowania stereotypowej wizji ekonomii, tej „technicznej” i „ekonomicznej”, jako wiedzy tajemnej, objawionej nielicznym. Pisząc ten artykuł nie stawiałem sobie zadania prezentacji NRH, gdyż ta jest większości dobrze znana, lecz próbowałem połączyć dwa bodaj najbardziej kontrowersyjne i nie lubiane przedmioty: ekonometrię i historię myśli ekonomicznej. Można w ten sposób pokazać techniczną stronę modelu, a przy okazji estymując go z wykorzystaniem danych statystycznych zademonstrować jego praktyczne znaczenie. Rzecz jasna nie luję się, że nastrój zwątpienia uleci z sali wykładowej, jednak pytania

¹ Choć sam JM Keynes (1985, s.232) pisał o pułapce płynności: „(...) *nie słyszałem, by miał on [przypadek pułapki płynności] kiedyś faktycznie miejsce*”.

kwestionujące przydatność obu przedmiotów zostaną pozbawione uzasadnienia. Artykuł podzieliłem na dwie części. W pierwszej z nich prezentuję krótkie podsumowanie modeli Friedmana (1977) i Lucasa (1973), koncentrując się na roli oczekiwań w podejmowanych przez producentów decyzjach. Część druga przedstawia sposoby testowania NRH, omawiając modele Lucasa oraz procedury zaproponowane przez Barro (1978) i Sargenta (1976).

2. NRH – PODSTAWOWE WIADOMOŚCI

NRH najłatwiej analizować poprzez funkcję produkcji typu Lucasa. Podzielmy zagregowaną bieżącą produkcję y_t^* na dwa komponenty – długookresowy y^{LR} oraz krótkookresowy y . Drugi z nich jest rzeczą jasną odchyleniem od pewnej długookresowej tendencji, np. trendu liniowego, trendu Hodricka-Prescotta czy też Kalmana. Dla uproszczenia posłużmy się trendem liniowym. Wówczas reszty KMNK γ z regresji:

$$(1) \quad y_t^* = at + \gamma$$

są niczym innym, jak komponentem krótkookresowym ($\gamma_t = y_t$). Zgodnie z NRH krótkookresowe odchylenia od długookresowej tendencji rozwojowej y^{LR} wywołane są szokami popytowymi, których wielkość jest podmiotom nieznana. Zgodnie z teorią ilościową pieniądza, ale także typowym dla modeli keynesowsko-wicksellowskich równaniem inflacji², wzrost popytu będzie wywoływał wzrost cen, tak więc miarą zmiany popytu będzie cena. Dlatego też:

$$(2) \quad y_t = \alpha y_t^{LR} + \beta [p_t - E_t(p_t | I_t)] + u_t, \quad \beta > 0,$$

gdzie: y^{LR} – zagregowana realna produkcja długookresowa, p – zagregowany poziom cen, E – operator oczekiwań (wszystkie wielkości wyrażone w logarytmach naturalnych), I – zbiór wykorzystywanych przez podmioty informacji. Jeżeli oczekiwania są trafne, wówczas $p_t = E_t(p_t)$, a produkcja krótkookresowa nie odchyła się od długookresowej. Cały problem tkwi więc w sposobie formowania oczekiwań [**Ćwiczenie 1.**].

W modelach *monetarystycznych* zakładano, że podmioty formują swe oczekiwania zgodnie z tzw. hipotezą oczekiwań adaptacyjnych³. Warunkowa funkcja gęstości prawdopodobieństwa G , stanowiąca najistotniejszy element przy formowaniu oczekiwań miała postać jak w (3):

$$(3) \quad E_t(p_t | p_{t-1}, p_{t-2}, \dots, p_{t-k}) = \int_{-\infty}^{\infty} p_t G_1(p_t | p_{t-1}, p_{t-2}, \dots, p_{t-k}) dp_t$$

² W modelach takich (Fischer 1972) inflacja jest funkcją różnicy między zagregowanym realnym popytem D a zagregowaną realną podażą S : $dp/dt = \lambda(D - S)$.

³ Najpełniejszy, a zarazem najbardziej przystępny przegląd rozwoju poglądów na formowanie oczekiwań w literaturze polskiej znajdzie Czytelnik w pracy Tadeusza Kowalskiego (2001). Oczekiwania adaptacyjne i racjonalne opisano w dwóch rozdziałach otwierających.

Budowany przez reprezentatywnego przedsiębiorcę czy konsumenta prognostyczny model cen był niczym innym, jak modelem autoregresyjnym rzędu k :

$$(4) \quad p_t = \sum_{i=1}^k \pi_i p_{t-i} + \varepsilon_t.$$

Na podstawie wcześniejszych obserwacji starano się określić spodziewaną wielkość ceny. Zaskoczeniem może być formowanie oczekiwań w okresie t na okres t , jednak należy pamiętać, że posługujemy się logarytmem ceny zagregowanej, która nie jest w okresie bieżącym znana podmiotom. Każdy producent dysponuje wiadomościami wyłącznie z rynku, w którym sam partycypuje. Informacje z pozostałych rynków docierają do niego z opóźnieniem (na wyobraźnię idealnie oddziałuje choćby termin i sposób ogłaszania przez GUS informacji dotyczących inflacji miesięcznej), wobec czego przedsiębiorca nie jest w stanie określić, na ile wzrost ceny na „jego” rynku wywołany jest przez wzrost popytu realnego (a więc wyrażonego w jednostkach fizycznych), na ile zaś przez wzrost popytu nominalnego. Niedoskonała informacja jest podstawowym założeniem NRH i stanowi element wspólny dla modeli *monetarystycznych* i *nowoklasycznych*.

W taki właśnie sposób Milton Friedman tłumaczył krótkookresowe funkcjonowanie rynku pracy zgodnie z krzywą Phillipsa. Zarówno popyt, jak i podaż na rynku pracy są funkcją płacy realnej. Jednak w inny sposób „odczuwa” płacę realną pracobiorca, który urealnia płacę nominalną cenami dóbr i usług konsumpcyjnych, inaczej zaś pracodawca, urealniający wypłacaną przez siebie płacę cenami produkowanego przez jego przedsiębiorstwo dobra [Ćwiczenie 2.]. Załóżmy, że wzrośnie podaż pieniądza. Przedsiębiorca nie jest w stanie poprawnie zinterpretować wzrostu ceny ($p > E(p)$) produkowanego przez siebie dobra – skoro wzrasta cena ponad poziom oczekiwany, wówczas może się okazać, że wzrósł popyt realny, a w takim przypadku konieczne jest zwiększenie produkcji realnej. W tym celu (pamiętajmy, że wszystkie nurty wywodzące się z *neoklasycyzmu* zakładają ciągłą optymalizację, w związku z tym przedsiębiorca zatrudnia zawsze optymalną liczbę pracowników potrzebną do wyprodukowania optymalnej ilości dóbr) należy zwiększyć zatrudnienie, podnosząc oferowane stawki płac. Również pracobiorcy nie będą w stanie doskonale urealnić nowego poziomu płac, gdyż, tak samo jak pracobiorcy, mają jedynie ograniczone możliwości gromadzenia informacji z innych rynków.

W długim okresie każda szokowa, nieprzewidziana zmiana popytu zostaje odczytana prawidłowo. Płace urealnione zostają prawidłowo, poziom zatrudnienia powróci do swojego stanu wyjściowego. Poziom cen się jednak nie zmieni. W tej części wywodu najbardziej istotne jest podważenie funkcjonowania rynku pracy zgodnie z iluzją pieniężną oraz jasne odróżnienie wpływu zmian oczekiwanych na nieoczekiwane. Często bowiem przypisuje się podmiotom w modelu Friedmana uleganie krótkookresowej iluzji pieniężnej. Nic bardziej błędnego. Jak pisał Friedman *only surprise matters*, a ma to swe odzwierciedlenie właśnie w sposobie formowania oczekiwań. Gdybyśmy założyli, że podmioty ulegają iluzji pieniężnej, wówczas funkcja podaży pracy L^s byłaby funkcją rosnącą płacy nominalnej w :

$$(5) \quad L_t^s = \omega_1(w_t), \quad \omega_1' > 0.$$

Tymczasem funkcja ta w pracach Friedmana ma postać:

$$(6) \quad L_t^S = \omega_2 \left[\frac{w_t}{E_t(p_t)} \right], \quad \omega_2' > 0.$$

Jak widać płaca urealniana jest oczekiwanymi cenami, które w okresie t znane są z prawdopodobieństwem $0 \leq \phi < 1$. Nie ma w takim przypadku mowy o iluzji pieniężnej, lecz o niezgodnym z rzeczywistością stanie oczekiwań.

Prezentowane przez Cagana czy Friedmana postrzeganie sposobu formowania oczekiwań ma rzecz jasna wpływ na implikacje dla prowadzenia polityki gospodarczej. Wystarczy bowiem zmieniać poziom zagregowanego popytu, aby konsekwentnie zaskakiwać podmioty i w ten sposób uzyskiwać krótkookresowy wzrost produkcji realnej. A wszystko to przy okazji w zgodzie z zasadą transparentności, zaufania itp. hasel przyświecających postmodernistycznej rachunkowości kreatywnej stosowanej na poziomie finansów państwa. Dopiero przedstawiona przez Johna F. Mutha hipoteza racjonalnych oczekiwań (REH) pozwoliła zanegować możliwość skutecznego prowadzenia aktywnej i transparentnej polityki gospodarczej przy założeniu ciągłej optymalizacji.

Jak wiadomo różnica między racjonalnymi a adaptacyjnymi oczekiwaniami sprowadza się do określenia zbioru wykorzystywanych informacji. O ile w przypadku oczekiwań adaptacyjnych warunkowa gęstość prawdopodobieństwa była zgodna z (3), to w przypadku REH ma ona inną postać:

$$(7) \quad E_t(p_t | \Theta_{t-1}) = \int_{-\infty}^{\infty} p_t G_2(p_t | \Theta_t) dp_t.$$

Racjonalnie oczekiwania formowane są z wykorzystaniem całego zasobu informacji, w (7) przedstawionego jako Θ . Zbiór wykorzystanych informacji obejmuje więc wszelkie wiadomości przydatne w procesie prognozowania ceny (np. poziom stóp procentowych, wielkość wydatków rządowych, stawki opodatkowania itp.). Istotne są też błędy predykcji η popełniane przez podmioty. Posiadają one bowiem pewne określone własności:

$$(8) \quad p_t = E_t(p_t | \Theta_{t-1}) + \eta_t, \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2),$$

czyli rozkład normalny z zerową średnią i skończoną wariancją [**Ćwiczenie 3.**]. Tymi drobnymi szczegółami różni się model Roberta E. Lucasa, Jr. od koncepcji Friedmana. Jeśli polityk chce wywołać wzrost podaży realnej z pomocą dostępnych mu środków, wówczas jego posunięcia muszą stanowić zaskoczenie dla społeczeństwa. W innym przypadku racjonalne oczekiwania będą zawsze uwzględniały postępowanie władz, co najdobitniej pokazali Sargent i Wallace (1975). Załóżmy, że żaden z podmiotów nie posiada przewagi informacyjnej, a cena w krótkich okresach stabilnych kształtuje się zgodnie z teorią ilościową pieniądza:

$$(9) \quad p_t = \frac{m_t v_t}{y_t}, \quad v, y - const.$$

Zmiany p są więc wprost proporcjonalne do zmian podaży pieniądza m zakładając, że szybkość jej obiegu v oraz wielkość zawartych transakcji y są stałe. Zmienna m nie znajduje się pod całkowitą kontrolą banku centralnego czy rządu (najlepszym przykładem może być tu wzrost zainteresowania obywateli oszczędzaniem w Polsce wywołany kilkanaście miesięcy temu bardzo wysoką realną stopą procentową), stąd jej poziom w okresie t określa schemat:

$$(10) \quad m_t = m_{t-1} + \mu_t.$$

Wielkość μ o którą w okresie t wzrosła podaż pieniądza jest oczywiście częściowo kontrolowana przez bank centralny (μ^b), lecz jej część μ^x pozostaje poza kontrolą. Stąd:

$$(11) \quad E_t(\mu_t^b) = \mu_t^b; \quad E_t(\mu_t^x) = 0.$$

Podstawiając (10) i (11) do (9) i przedstawiając w kategoriach oczekiwanych uzyskujemy:

$$(12) \quad \forall \mu_t^x \neq 0: \quad E_t(p_t) = E_t\left[\frac{(\mu_t^b + \mu_t^x)v_t}{y_t}\right] = \frac{\mu_t^b v_t}{y_t} \neq p_t,$$

co jasno dowodzi neutralności polityki pieniężnej przy REH i potwierdza NRH, gdyż bank centralny nie może wpływać na różnicę między rzeczywistym a oczekiwanym poziomem cen [**Ćwiczenie 4.**].

3. JAK TESTOWAĆ EMPIRYCZNIE NRH – KILKA NIEZBĘDNYCH INFORMACJI

Testowanie empiryczne NRH możemy prowadzić dwoma sposobami. Pierwszy z nich, najczęściej kojarzony z Robertem J. Barro, zakłada znajomość prawdziwego procesu generującego dane (DGP) i stanowi proste rozwinięcie (2). Drugi, zaproponowany przez Thomasa J. Sargenta, odwołuje się do twierdzenia Wolda o dekompozycji i definicji przyczynowości w sensie Grangera.

Podobnie jak Barro przeanalizujemy sposób badania wpływu zmian podaży pieniądza, zarówno oczekiwanych, jak i nieoczekiwanych, na realną produkcję. Barro, od „zawsze” znajdujący się w *avant-gardzie* neoklasycznych ekonomistów, w pełni akceptował REH, dlatego też, aby posługiwać się REH, musimy badania rozpocząć od określenia prawdziwej postaci DGP zmian podaży pieniądza. Barro określił ją w sposób następujący:

$$(13) \quad \Delta m_t = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i \Delta m_{t-i} + b g_t + c U_{t-1}^* + \xi_t,$$

gdzie: g – odchylenia bieżących wydatków rządowych od ich *naturalnego* poziomu, U^* – stopa bezrobocia (nie logarytmowana). Pamiętajmy, iż $\Delta m_t = E(\Delta m_t) + \xi_t$, stąd też należy testować hipotezę $H_0: \xi_t \sim N(0, \sigma_\xi^2)$, aby dowieść (a przynajmniej próbować) racjonalności oczekiwań. Następnie Barro prezentuje równanie realnej produkcji:

$$(14) \quad y_t = a_{2,0} + a_{2,1}\xi_t + a_{2,2}\xi_{t-1} + a_{2,3}\xi_{t-2} + a_{2,4}\xi_{t-3} + a_{2,5}A_t + a_{2,6}t + \mathcal{Q}_t,$$

gdzie: A – stosunek personelu wojskowego do całkowitej populacji mężczyzn w wieku 15-44 lat dla lat, w których dokonywano uzupełnień w armii (Ameryka zawsze stała na straży światowego rozbrojenia). Inaczej niż w (13) komponent permanentny jest włączony do (14) poprzez trend, nie zaś opóźnione wartości m . Reszty KMNK z estymacji (13) są oczywiście tożsame z komponentem μ^x w (11) i (12). Testując NRH musimy więc testować hipotezę, czy parametry $a_{2,i}$ ($i = 1,2,3,4$) są łącznie równe 0, a także czy każdy z osobna jest równy 0. Jeśli odrzucamy tak sformułowane hipotezy zerowe, wówczas potwierdzamy NRH. Ale to nie koniec pracy, gdyż potwierdzenie NRH wymaga też sprawdzenia wpływu oczekiwanych zmian podaży pieniądza na wielkość produkcji. Ponownie odwołując się do (13) pamiętamy, że $\Delta m_t = E(\Delta m_t) + \xi_t$ i zastępujemy w (14) element ξ_t wartością oczekiwaną przyrostu m . Rzecz jasna powtarzamy procedurę testowania warunków zerowych z przeformułowanymi odpowiednio hipotezami⁴.

Równie intuicyjnie przejrzyste, choć nieco bardziej zawile statystycznie, są procedury proponowane przez Sargenta (1976) w których wykorzystuje definicję przyczynowości Clive'a Grangera⁵. Przedstawiając ją rozpoczniemy od kilku podstawowych definicji z zakresu statystyki matematycznej: przestrzeń probabilistyczna (Ω, F, P) , gęstość prawdopodobieństwa, warunkowa wartość oczekiwana [**Definicja 1.**]. Szczególnie przydatna będzie tu gęstość łączna, do której definicji można odwołać się wyjaśniając koncepcję przyczynowości w ujęciu Grangera [**Definicja 2., 2a.**]. Jej definicję zobrazować można schematem budowy modelu prognostycznego produkcji realnej:

1. Określamy badane zjawisko: *wpływ podaży pieniądza na produkcję realną*;
2. Budujemy model prognostyczny *produkcji realnej* z uwzględnieniem *podaży pieniądza*;
3. Budujemy model prognostyczny *produkcji realnej* bez *podaży pieniądza*;
4. Porównujemy własności obu modeli: jeśli błąd średniokwadratowy prognozy dokonanej na podstawie modelu bez *podaży pieniądza* jest mniejszy, niż błąd średniokwadratowy prognozy dokonanej na podstawie modelu uwzględniającego *podaż pieniądza*, wówczas *zmiany podaży pieniądza nie są przyczyną zmian produkcji realnej* w sensie Grangera.

Teraz w prosty sposób możemy połączyć przyczynowość Grangera z NRH w sposób zaproponowany przez Sargenta. Dla studentów kierunków *Informatyka i Ekonometria*

⁴ Przegląd literatury poświęconej testowaniu REH i NRH znaleźć można w pracy Mishkina (1983).

⁵ Bardzo przydatny w tej części, a także przy pewnych definicjach w następnym rozdziale, jest podręcznik Charemzy i Deadmana.

oraz pokrewnych można przedstawić wnioskuje Sargenta odwołując się do twierdzenia Wolda o dekompozycji (twierdzenie to znaleźć można np. w Bierens (1994).

Przyjmijmy, że będziemy badać NRH śledząc wspomniane już podaż pieniądza i produkcję realną. Procedura proponowana przez Sargenta jest dwuetapowa. Pierwszy etap polega na obliczeniu reszt KMNK z regresji:

$$(15) \quad y_t = a_0 + \sum_{i=1}^z a_i y_{t-i} + \eta_t.$$

W ten sposób uzyskany wektor reszt η_t jest zmienną objaśnianą w modelu testu:

$$(16) \quad \eta_t = b_0 + \sum_{i=1}^z b_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^z c_i m_{t-i} + \varepsilon_t.$$

Należy zwrócić uwagę, że długość opóźnień w (15) i (16) jest taka sama. Hipoteza zerowa testu Grangera jest sformułowana:

$$(17) \quad H_0 : c_1 = c_2 = \dots = c_z = 0,$$

czyli, pamiętając o (8), testujemy hipotezę o braku wpływu opóźnionych zmian podaży pieniądza na oczekiwane zmiany produkcji realnej. Aby ściśle trzymać się założeń należałoby zamienić w (16) η_t na $y_t - \eta_t$, a więc w nawiązaniu do (8)

$y_t - \eta_t = E_t(y_t)$, jednak często wartość oczekiwaną zastępuje się resztami (Charemza i Deadman, 1997, s. 160.). Hipotezę (17) testujemy wykorzystując np. test Walda. Jeśli nie ma podstaw do odrzucenia H_0 , wówczas stwierdzamy brak wpływu przyczynowego w sensie Grangera zmian podaży pieniądza na produkcję realną, a tym samym dowodzimy „prawdziwości” NRH. Najważniejszą jednak od strony technicznej uwagą jest konieczność przeprowadzenia testów jednostkowego pierwiastka, gdyż wyniki testów przyczynowości, wykazujące (lub przeczące) istnienie pewnych związków między parametrami badanych modeli, są obciążone, gdy posługujemy się zmiennymi zintegrowanymi.

4. PIERWIĄSTEK JEDNOSTKOWY

Gdy już uda nam się przekonać odpowiednie władze o konieczności prowadzenia choć części zajęć z historii myśli ekonomicznej w laboratorium komputerowym stajemy przed problemem najpoważniejszym: jakiego użyć programu? Z ogólnodostępnych pakietów ekonometrycznych najwięcej (a przede wszystkim najtaniej!) oferuje stworzony i dystrybuowany przez Hermana J. Bierensa *EasyReg*. Pakiet, a także wiele artykułów Bierensa, udostępniane są na stronach <http://econ.la.psu.edu/~hbierens/EASYREG.HTM> oraz <http://econ.la.psu.edu/~hbierens/>. Po zainstalowaniu i stworzeniu odpowiedniej bazy danych możemy przystąpić do obliczeń.

Zgodnie z wszelkimi standardami makroekonometrycznymi badania musimy rozpocząć od przeprowadzenia testów jednostkowego pierwiastka (*unit root*), co wybiega poza podstawowy program nauczania ekonometrii. Dlatego też niezbędne jest zapoznanie studentów z tym zagadnieniem. Najbardziej przystępną i przemawiającą egzemplifikację

problemu pierwiastka jednostkowego przedstawiają Charemza i Deadman (1997, s. 101-113). Ich przykład możemy rozszerzyć o eksperymenty wykorzystując EasyReg [*Ćwiczenie 5.*]. Dobrze jest też uzmysłowić problem regresji pozornej ilustrując go szeregami czasowymi, które nie są generowane przez komputer, badając w dwóch etapach związku między np. podażą pieniądza $M2$ a realną produkcją sprzedaną [*Ćwiczenie 6a.*]. Większość dostępnych pakietów ekonometrycznych oferuje możliwość przeprowadzenia różnego rodzaju testów jednostkowego pierwiastka. Należy jednak pamiętać o nikłej mocy większości z nich. W EasyReg znajdziemy test KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin), rekomendowany jako test o największej mocy. Oprócz niego możemy rzecz jasna wykonać standardowe parametryczne testy ADF oraz test Phillipsa i testy Phillipsa-Perrona. W nawiązaniu do najnowszych badań (Aznar i Salvador 2002) w przypadku ADF proponuję długość opóźnień dobierać wykorzystując zasadę minimalizacji bayesowskiego kryterium informacyjnego Schwarza (SC). Po wykonaniu testu dla proponowanej na podstawie wielkości próby przez EasyReg długości opóźnień możemy sprawdzić ich optymalną długość na podstawie minimalizacji SC. Przy pozostałych testach można stosować metodę proponowaną przez EasyReg lub tzw. *metodę mechaniczną* autorstwa Whitney K. Newey i Kennetha D. Westa (1994), zakładając dla szeregów do 100 obserwacji 3, a od 100 obserwacji 4 opóźnienia. Inny problem stanowi dobór postaci modelu pomocniczego w testach jednostkowego pierwiastka, polegający na wyborze zmiennych deterministycznych (stała, trend liniowy), które mają pojawić się w modelu. Najprostsza i bardzo często stosowana jest metoda analizowania wykresu; ma ona jednak niewiele wspólnego z wysublimowanymi procedurami doboru zmiennych, z tego też powodu można po raz kolejny dobierać postać modelu na podstawie minimalizacji SC.

5. ZACZYNAJEMY LICZYĆ

Ponieważ testując NRH interesują nas związki pomiędzy parametrami modelu, obciążenie wyników wynikające z niestacjonarności analizowanych szeregów może zaważyć na rezultatach badań. W przypadku modelu Lucasa nie jest to konieczne; dla studentów o niewielkim doświadczeniu w zakresie ekonometrii stosowanej estymacja modelu Lucasa może być wskazana i traktowana jako ćwiczenie początkowe.

Pierwszym etapem badań jest, nawiązując do (1), wydzielenie komponentu krótkookresowego, którego zachowanie będziemy wyjaśniać. Urealniając nominalną produkcję sprzedaną przemysłu y^{nom} poziomem cen producenta p^p i estymując równanie trendu liniowego

$$(18) \quad y_y^{nom} - p_t^p = at + \gamma_t,$$

uzyskujemy reszty KMNK, które są owym krótkookresowym komponentem. W drugim etapie estymujemy model:

$$(19) \quad \gamma_t = b_0 + b_1 \Delta y_t^{nom} + b_2 \gamma_{t-1} + u_t.$$

Spodziewane znaki i wielość parametrów uzależniamy od NRH, wobec czego najbardziej interesujący nas parametr określający siłę wpływu wahań zagregowanego popytu nominalnego $b_1 > 0$. Wielkość tego parametru Lucas uzależnił od wariancji y^{nom} : wraz ze wzrostem wariancji popytu nominalnego wartość parametru b_1 maleje. Wniosek

ten należy sprawdzić, warto tym samym dysponować obserwacjami dla kilku państw, niekoniecznie o podobnym stanie rozwoju gospodarczego, aby móc porównać wielkość parametru b_i i starać się wykazać zależność jego wielkości od wariacji zagregowanego popytu nominalnego. Dla państw Europy Środkowej i Wschodniej przechodzących transformację dane statystyczne są dostępne (w większości przypadków) na stronach internetowych banków centralnych; tam też znaleźć można przekierowania do stron ministerstw finansów i centralnych urzędów statystycznych⁶.

Ten sam materiał statystyczny może być wykorzystany do testów Barro i Sargenta, choć najlepiej z ich pomocą badać neutralność pieniądza przy założeniu NRH. W takich przypadkach można posłużyć się danymi dotyczącymi oczekiwań inflacyjnych (dostępnymi na stronie NBP), a także modelami inflacji stosowanymi przez poszczególne banki centralne. Demonstrujemy wówczas model (bezwarunkowy) VAR [*Cwiczenie 7.*] i testujemy wszystkie postulowane przez NRH zależności. Model taki o postaci ogólnej:

$$(20) \quad \mathbf{X}_t = \mathbf{A}\mathbf{B}_t + \sum_{i=1}^k \mathbf{Q}_i \mathbf{X}_{t-i} + \mathbf{u}_t,$$

gdzie $\mathbf{X}_t = [m_t, p_t, y_t^{nom} - p_t]^T$, \mathbf{B} – macierz zmiennych deterministycznych (stała, trend liniowy), estymujemy z pomocą EasyReg (panel MENU/MULTIPLE EQUATION MODELS/ INNOVATION RESPONSE ANALYSIS). Długość opóźnień k dobieramy ponownie na podstawie minimalizacji SC (EasyReg zwraca wartości SC dla poszczególnych, wybranych wielkości opóźnień). W przypadku obu procedur należy mieć na uwadze, że testy te mają dwa etapy, wobec czego do modelu (20) podstawiamy w miejsce m (w przypadku testu Barro) lub y (w przypadku testu Sargenta) odpowiednie zmienne.

Niezbędne jest też omówienie zagadnienia testowania hipotez ze szczególnym uwzględnieniem testu Walda. Test ten proponuję wykorzystywać do testowania warunków zerowych, choć należy pamiętać, że równie dobrze można stosować test ilorazu wiarygodności (*likelihood ratio*) czy test mnożników Lagrange'a. [*Cwiczenie 8.*]

6. FREUDE AM DIENST – ZAMIAST ZAKOŃCZENIA

Przyjemność z pełnienia służby miała według słów Wolfganga Lütha zapewniać sukces. Abstrahując od typowego dla tamtego czasu uniesienia propagandowego, którym odpowiednie siły krępowały czytelników, a także – jak sądzę w przypadku Lütha – autorów, trudno o lepszy sposób zainteresowania tak trudnymi, a więc i nudnymi z punktu widzenia większości, przedmiotami. NRH tworzy dodatkowe możliwości dla prowadzącego zajęcia, gdyż w odróżnieniu od IS-LM oferuje wizję świata, w którym zamiar polityka nie zawsze oznacza automatycznie skutek. Samo przedstawienie tej hipotezy nie przesądza jednak o zmniejszeniu odsetka popadających w letarg słuchaczy. Wątpić należy w jakąkolwiek skuteczność zajęć, jeśli przedstawimy wyłącznie równania. Zajęcia prowadzone w zgodzie z lansowaną przez klasyka polskiej telewizji edukacyjnej zasadą *zrób to sam*, gdy pozwolimy studentom wyestymować omówiony model – a także go skrytykować, jeśli zajdzie taka potrzeba – powinny przynieść zamierzony efekt. Zakładam przy tym naiwnie, że wśród słuchających znajdują się jedynie osoby

⁶ W przypadku kłopotów ze znalezieniem danych służę pomocą.

zaintrygowane studiowanym kierunkiem, a nie wyłącznie spełniające ambicje rodziców.

Bibliografia

- Aznar, Antonio, Manuel Salvador (2002), Selecting the Rank of the Cointegration Space and the Form of the Intercept Using an Information Criterion, *Econometric Theory* 18, 926-947.
- Barro, Robert J. (1978), Unanticipated Money, Output, and the Price Level in the United States, *Journal of Political Economy*, 86(4), s. 549-580.
- Bierens, Herman J. (1994), *Topics in Advanced Econometrics: Estimation, Testing, and Specification of Cross-Section and Time Series Models*, Cambridge University Press.
- Charemza, Wojciech W., Derek Deadman (1997), *Nowa ekonometria*, Warszawa: PWE.
- Fischer, Stanley (1972), Keynes-Wicksell and Neoclassical Models of Money and Growth, *American Economic Review* 62(5), s. 880-890.
- Friedman, Milton (), Nobel Lecturer: Inflation and Unemployment, *Journal of Political Economy*, 85(3).
- Keynes, John M. (1985), *Ogólna teoria zatrudnienia, procentu i pieniądza*, Warszawa: PWN.
- Kowalski, Tadeusz (2001), *Proces formułowania oczekiwań a teoria cyklu wyborczego. Implikacje dla polityki gospodarczej*, Poznań: Wydawnictwo AE w Poznaniu.
- Krzyśko, Mirosław (1996), *Statystyka matematyczna*, Poznań: WN UAM.
- Krzyśko, Mirosław (2000), *Wykłady z teorii prawdopodobieństwa*, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- Lucas, Robert E., Jr. (1973), Some International Evidence on Output-Inflation Trade-Off, *American Economic Review*, 63(3), s. 326-334.
- Plucińska, Agnieszka, Edmund Pluciński (2000), *Probabilistyka: rachunek prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna, procesy stochastyczne*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Mishkin, Frederic S. (1983), *A Rational Expectations Approach to Macroeconomics: Testing Policy Ineffectiveness and Efficient Markets Models*, Chicago: University of Chicago Press for The National Bureau of Economic Research.
- Newey, Whitney K., Kenneth D. West (1994), Automatic Lag Selection in Covariance Matrix Estimation, *Review of Economic Studies*, 61, s. 631-653.
- Panek, Emil (2000), *Ekonomia matematyczna*, Poznań: Wydawnictwo AE w Poznaniu.
- Sargent, Thomas J. (1976), A Classical Macroeconometric Model of the United States, *Journal of Political Economy*, 84(2), s. 207-237.
- Sargent, Thomas J., Neill Wallace (1975), 'Rational Expectations', the optimal Monetary Instrument and the Optimal Money Supply Rule, *Journal of Political Economy*, 83(2), s. 241-254.
- Varian, Hal R. (2002), *Mikroekonomia: kurs średni, ujęcie nowoczesne*, wyd. 3., Warszawa: WN PWN.

Plan zajęć

1. NRH – wiadomości wstępne
 - a. procedury optymalizacyjne: zwrócenie uwagi na kształtowanie się i rolę ceny równowagi w modelach *neoklasycznych*, *monetarystycznych* i *nowoklasycznych*;
 - b. procedury optymalizacyjne: przypomnienie podstawowych procedur optymalizacyjnych (maksymalizacja zysku, maksymalizacja użyteczności, cena równowagi, optimum produkcji);
 - c. warunkowe wartości oczekiwane: rola oczekiwań w modelach *monetarystycznych* i *nowoklasycznych*, analiza (1) – (2) oraz (7) – (8);LITERATURA: *IiE* Panek (2000), Krzyżko (1996), (2000) *PK* Varian (2002), Plucińska i Pluciński (2000)
2. Długookresowa krzywa Phillipsa – model Friedmana
 - a. **rola iluzji pieniężnej w wyjściowych modelach Phillipsa i Lipseya: analiza podstaw mikroekonomicznych modeli Phillipsa i Lipseya, iluzja pieniężna a optymalizacja;**
 - b. efekt niespodzianki i założenie niedoskonałej informacji: urealnianie wynagrodzeń cenami konsumenta i producenta, analiza (5) – (6);LITERATURA: Friedman ()
3. Model Lucasa
 - a. reszty KMNK: interpretacja ekonomiczna;
 - b. estymacja modelu: rola wariacji popytu nominalnego;LITERATURA: *IiE* Charemza i Deadman (1997), *IiE+PK* Lucas (1973), Mishkin (1983)
4. Pierwiastek jednostkowy
 - a. regresja pozorną: interpretacja pierwiastka jednostkowego i eksperymenty;
 - b. pierwiastek jednostkowy a model Lucasa
 - c. testy: optymalna długość opóźnień, dobór postaci modelu, interpretacja wyników;LITERATURA: *IiE+PK* Charemza i Deadman (1997)
5. Model Barro
 - a. **prawdziwy DGP: interpretacja (8), racjonalność oczekiwań;**
 - b. testowanie warunków zerowych: test Walda;*IiE+PK* Charemza i Deadman (1997), Barro (1978)
6. Test przyczynowości – procedura Sargenta
 - a. twierdzenie Wolda o dekompozycji: interpretacja (8);
 - b. przyczynowość w sensie Grangera: NRH a prognozowanie, modelowanie VAR, testowanie warunków zerowych;LITERATURA: *IiE* Bierens (1994), *IiE+PK* Charemza i Deadman (1997), Sargent ()
7. NRH a polityka gospodarcza
 - a. implikacje polityczne modelu Friedmana: efekt niespodzianki;
 - b. model Sargenta i Wallace’a: interpretacja (8) – (12);
 - c. wyniki badań empirycznych: porównanie wyników z powyższymi modelami, porównanie wyników analizy z wykorzystaniem IS-LM z modelami NRH;

LITERATURA: *IiE+PK* Sargent i Wallace (1975)

Skróty przy opisie literatury: *IiE* – dla studentów kierunków Informatyka i Ekonometria i pokrewnych;
PK – studenci pozostałych kierunków.

Założenia, definicje i ćwiczenia

Założenie 1.: FUNKCJA WARUNKOWEJ GĘSTOŚCI PRAWDOPODOBIENSTWA

oczekiwania adaptacyjne: $G_1(p_t | p_{t-1}, p_{t-2}, \dots, p_{t-k})$

oczekiwania racjonalne: $G_2(p_t | \Theta_t)$

Ćwiczenie 1.: WARUNKOWA WARTOŚĆ OCZEKIWANA

Krzyżko (1996, s. 12), Przykład 1.1.

Założenie 2.: NIEDOSKONAŁA INFORMACJA

przedsiębiorca nie jest w stanie doskonale (z prawdopodobieństwem $\varphi = 1$) odróżnić zmian popytu nominalnego od zmian popytu realnego.

Ćwiczenie 2.: PŁACE REALNE

urealnij płace zagregowane stosując a. ceny dóbr i usług konsumpcyjnych;
b. ceny dóbr i usług produkcyjnych (*wskazówka: użyć odpowiednie przekształcenia indeksów CPI i PPI*).

Ćwiczenie 3.: REH A OCZEKIWANIA ADAPTACYJNE

wykaż różnicę między funkcjami warunkowej gęstości prawdopodobieństwa w równaniach (3) i (7).

Ćwiczenie 4.: REH A EFEKT NIESPODZIANKI

podstaw (12) do (2) i omów a następnie zinterpretuj otrzymane przez Lucasa (1973) wyniki estymacji dla Argentyny i USA. Nawiązując do wielkości wariancji zmian popytu uzasadnij wielkości wyestymowanych przez Lucasa parametrów.

Definicja 1.: PRZESTRZEŃ PROBABILISTYCZNA (Ω, F, G)

inflacja 1994:1 – 2002:12: *przestrzeń zdarzeń elementarnych* Ω (wszystkie możliwe wyniki obserwacji, inflacja w całym badanym okresie od pierwszej, do ostatniej obserwacji);

inflacja 2001:1 = 100,8: *klasa F podzbiorów zbioru Ω* (σ -algebra, przestrzeń poszczególnych zdarzeń w poszczególnych okresach);

funkcja gęstości inflacji: *miara probabilistyczna G na przestrzeni mierzalnej (Ω, F)*

(Ω, F, G) tworzą przestrzeń probabilistyczną

Założenie 3.: PRZYCZYNOWOŚĆ W SENSIE GRANGERA

Pewien proces stochastyczny w_t rozwija się w czasie do okresu $t-1$ w następujący sposób $\mathbf{W}_{t-1} = (\mathbf{W}_0, w_1, w_2, \dots, w_{t-1}) = (\mathbf{W}_0, \mathbf{W}_{t-1}^1)$, gdzie \mathbf{W}_0 jest zbiorem warunków wyjściowych. Proces generowania danych (Data Generation Process) dla próby o długości $t = 1, 2, \dots, T$ jest dany wzorem:

$$D_w(\mathbf{W}_T^1 | \mathbf{W}_0, \mathbf{s}) = \prod_{t=1}^T D_w(w_t | \mathbf{W}_{t-1}, \mathbf{k}_t),$$

gdzie: $D_w(\cdot | \cdot)$ – funkcja łącznej gęstości, \mathbf{k} – parametry generowane przez pewną funkcję $\mathbf{f}(\mathbf{s}) = (\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2, \dots, \mathbf{k}_T)$. Dzieląc w_t na dwa zbiory $w_{1,t}$ oraz $w_{2,t}$, \mathbf{W}_{t-1} na $\mathbf{W}_{1,t-1}$ oraz $\mathbf{W}_{2,t-1}$ i w podobny sposób dokonując faktoryzacji funkcji $D_w(w_t | \mathbf{W}_{t-1}, \mathbf{k}_t)$ otrzymujemy:

$$D_{w_t}(w_t | \mathbf{W}_{t-1}, \mathbf{k}_t) = D_{w_{1,t}|w_{2,t}}(w_{1,t} | w_{2,t}, \mathbf{W}_{t-1}, \mathbf{k}_t) D_{w_{2,t}}(w_{2,t} | \mathbf{W}_{t-1}, \mathbf{k}_{2,t}).$$

Definicja 2a.: PRZYCZYNOWOŚĆ W SENSIE GRANGERA

Wykorzystując Założenie 3 określimy, że w_1 nie jest przyczyną w sensie Grangera, gdy funkcja gęstości $D_{w_{2,t}}(w_{2,t} | \mathbf{W}_{t-1}, \mathbf{k}_{2,t})$ nie jest zależna od $\mathbf{W}_{1,t-1}$, czyli:

$$D_{w_{2,t}}(w_{2,t} | \mathbf{W}_{t-1}, \mathbf{k}_{2,t}) = D_{w_{2,t}}(w_{2,t} | \mathbf{W}_{2,t-1}, \mathbf{k}_{2,t}).$$

Definicja 2b.: PRZYCZYNOWOŚĆ W SENSIE GRANGERA

zmiany X są przyczyną w sensie Grangera zmian Y jeśli model prognostyczny zmiennej Y zawierający wśród zmiennych objaśniających zmienną X prognozuje dokładniej zmienną Y , niż model prognostyczny nie zawierający zmiennej X .

Ćwiczenie 5.: REGRESJA POZORNA

Z modułu *TOOLS* w EasyReg wybierz *TEACHING TOOLS*, a następnie *SPURIOUS REGRESSION*. Przeprowadź eksperyment dla $n = 100$.

Ćwiczenie 6a.: REGRESJA POZORNA

Przedstaw szeregi podaży pieniądza $M2$ i realnej produkcji sprzedanej przemysłu dla okresu 1994:1 – 2002:2. Wyestymuj parametry prostego modelu $y_t = a_0 + a_1 M2_t + u_t$, zapisz wartości statystyki t dla parametrów, statystyki Durбина-Watsona, oraz R^2 i zinterpretuj wyniki.

Ćwiczenie 6b.: REGRESJA POZORNA

Wykonaj test KPSS dla zmiennych z Ćwiczenia 6a., a następnie z uwzględnieniem ich wyników wykonaj regresję. Porównaj wyniki Ćwiczenia 6a. z uzyskanymi w Ćwiczeniu 6b.

Ćwiczenie 7.:VAR

Na podstawie podręcznika Charemzy i Deadmana (1997, rozdziały 6.1. i 6.2.) wykaż różnice między VAR a klasycznymi modelami wielorównaniowymi. Estymując VAR w EasyReg wykaż różnice na przykładzie modelu dla $\mathbf{X}_t = [m_t, p_t, y_t^{nom} - p_t]^T$.

Ćwiczenie 8.: KONIECZNOŚĆ TESTOWANIA PRZYCZYNOWOŚCI

Wyestymuj parametry modeli $y_t = a_0 + a_1 M2_t + u_t$ i $M2_t = b_0 + b_1 y_t + \xi_t$. Porównaj wielkość i znaki parametrów $a1$ oraz $b1$, dopasowanie modeli, istotność parametrów, poczym na podstawie wyników określ przyczynę i skutek (w potocznym rozumieniu).