

Krzysztof Jajuga*

EKONOMETRIA A FINANSE – HISTORIA I WSPÓŁCZESNOŚĆ

1. EKONOMETRIA I FINANSE – KILKA UWAG HISTORYCZNYCH

Historia ekonometrii jako nauki liczy mniej niż sto lat. Jest to jednak wystarczająco długi okres dla stwierdzenia, że ekonometria jest dyscypliną o dobrze ukształtowanym profilu i wielu osiągnięciach. Na wstępie przedstawimy kilka ważnych faktów, wiążących się z powstaniem ekonometrii jako nauki. Oto one:

- 1912 – Irving Fisher próbuje bez sukcesu zorganizować towarzystwo naukowe promujące ilościowe badania ekonomiczne;
- 1926 – Francois Divisia proponuje Irvingowi Fisherowi utworzenie towarzystwa naukowego łączącego ekonomistów matematycznych;
- 1926 – ukazuje się artykuł Ragnara Frischa pt. „Sur un probleme d’economie pure”, opublikowany w czasopiśmie naukowym „Norsk Matematisk Forenings Skrifter”, w którym po raz pierwszy Frisch używa terminu „ekonometria”;
- 1926 – Ragnar Frisch w liście do Francois Divisia po raz pierwszy używa terminu „Econometrica”;
- 1928 – Ragnar Frisch przebywa w Stanach Zjednoczonych na kilkumiesięcznym stażu, w jego trakcie przeprowadza rozmowy z Irvingiem Fisherem i Charlesem Roosem, dotyczące powstania towarzystwa naukowego.

Te wydarzenia doprowadziły do powstania Towarzystwa Ekonometrycznego – *Econometric Society*. Miało to miejsce w Cleveland 29 grudnia 1930 roku. W spotkaniu założycielskim uczestniczyło 16 osób (12 osób ze Stanów Zjednoczonych i 4 osoby z Europy). Spotkaniu przewodniczył Joseph Schumpeter, zaś pierwszym prezydentem *Econometric Society* został wybrany Irving Fisher. Z kolei pierwsze spotkanie naukowe Towarzystwa miało miejsce we wrześniu 1931 roku w Lozannie. Wówczas wiodący referat przedstawił Jan Tinbergen.

* Prof. dr hab., Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu.

Powstanie Towarzystwa Ekonometrycznego było ważnym faktem w rozwoju ekonometrii. Oprócz tego należy wyróżnić jeszcze dwa inne wydarzenia, dzięki którym był możliwy dynamiczny rozwój tej dyscypliny nauki. Wydarzeniami tymi były: powstanie Komisji Cowlesa i powstanie czasopisma „Econometrica”.

Komisja Cowlesa (*Cowles Commission for Research in Economics*) powstała z inicjatywy Alfreda Cowlesa, który był również jej fundatorem. Cowles zajmował się badaniami nad prognozowaniem cen akcji (od roku 1928). Chciał finansować badania ilościowe zjawisk ekonomicznych i w pewnym momencie skontaktował się z Irvingiem Fisherem, prezesem Towarzystwa Ekonometrycznego, przedstawiając taką ofertę. Formalnie Komisja Cowlesa powstała w 1932 roku w Colorado Springs (w 1939 jej siedziba została przeniesiona do Chicago, a potem do New Haven), a jej mottem było stwierdzenie: „Science is measurement”. Komisja Cowlesa finansowała powstanie czasopisma „Econometrica” oraz monografie i artykuły w serii firmowanej nazwą przez Komisję. W serii artykułów Komisji jako pierwszy w 1943 roku ukazał się artykuł Oskara Langego o mnożniku.

Powstanie czasopisma „Econometrica” stanowiło kolejny krok we wczesnej fazie rozwoju ekonometrii. Jak już wskazywaliśmy, powstanie to zostało sfinansowane przez Komisję Cowlesa. Pierwszy numer czasopisma, którego redaktorem naczelnym został Ragnar Frisch, ukazał się w styczniu 1933 roku, a w przedmowie Joseph Schumpeter napisał m.in. „Economics is a science ... has important quantitative aspects”, podkreślając element ilościowy badań ekonomicznych, który wzmacnia rolę ekonomii jako nauki.

Rola ekonometrii jako dyscypliny naukowej będącej ważnym składnikiem nauk ekonomicznych jest dobrze znana. Rola ta została doceniona poprzez przyznanie Nagrody im. Nobla w dziedzinie nauk ekonomicznych – bardzo dużą część tych nagród (przyznawanych od 1969 roku) otrzymali uczeni zajmujący się ekonometrią, bądź stosujący jej narzędzia w innych obszarach. Oto lista tych osób – podajemy rok otrzymania nagrody, jak również (w niektórych przypadkach) lata, w których osoba pełniła funkcje prezydenta Towarzystwa Ekonometrycznego:

Ragnar Frisch (1969, prezydent 1949), Jan Tinbergen (1969, prezydent 1947), Paul A. Samuelson (1970, prezydent 1952), Kenneth J. Arrow (1972, prezydent 1956), Wassily Leontief (1973, prezydent 1954), Leonid Kantorovich (1975), Tjalling C. Koopmans (1975, prezydent 1950), Lawrence R. Klein (1980, prezydent 1960), James Tobin (1981, prezydent 1958), Gerard Debreu (1983, prezydent 1971), Richard Stone (1984, prezydent 1955), Franco Modigliani (1985, prezydent 1962), Robert M. Solow (1987, prezydent 1964), Trygve Haavelmo (1989, prezydent 1957), Harry M. Markowitz (1990), John C. Harsanyi (1994), John F. Nash (1994), Reinhard Selten (1994), Robert E. Lucas

(1995, prezydent 1997), James Mirrlees (1996, prezydent 1982), Amartya Sen (1998, prezydent 1984), James J. Heckman (2000), Daniel L. McFadden (2000, prezydent 1985), Robert Engle (2003), Clive Granger (2003).

Związki ekonometrii i statystyki z innymi dyscyplinami zaliczanymi do nauk ekonomicznych są bardzo ścisłe. Jak się wydaje, spośród wszystkich dyscyplin nauk ekonomicznych, finanse są tą dyscypliną, której rozwój w bardzo dużym stopniu stał się możliwy dzięki udziałowi ekonometryków i innych przedstawicieli dyscyplin ilościowych, stosujących właśnie metody matematyczne do analizy zjawisk ekonomicznych.

We wczesnych etapach rozwoju nowoczesnych finansów bardzo istotną rolę odegrało zagadnienie modelowania cen instrumentów finansowych, przede wszystkim cen akcji. Autorem pierwszej znaczącej pracy z zakresu modelowania cen instrumentów finansowych był Louis Bachelier. W roku 1900 powstała jego praca doktorska „Teoria spekulacji” (Bachelier (1900)). Dziś praca ta uważana jest za epokowe dzieło z zakresu finansów. Praca ta była w środowisku naukowym niezauważona przez ponad pół wieku. Po jej obronie Bachelier otrzymał stopień doktora nauk matematycznych na Sorbonie. W pracy tej Bachelier rozwinął koncepcję procesu stochastycznego, w szczególności ruchu Browna.

Jak już wspomnieliśmy, prace Bacheliera były niezauważone w środowisku naukowym przez wiele lat. Dopiero Savage w 1954 odkrył na nowo pracę doktorską Bacheliera. W międzyczasie praktycy zajmujący się instrumentami finansowymi poszukiwali efektywnych metod modelowania cen, a w konsekwencji prognozowania tych cen.

Bardzo istotny fakt historyczny łączący ekonometrię i finanse wiąże się ze wspomnianym już Alfredem Cowlesem. Jak już wskazywaliśmy, prowadził on badania nad cenami akcji. Starał się odpowiedzieć na pytanie, czy ceny akcji mogą być skutecznie prognozowane. Kontakty z członkami młodego wówczas Towarzystwa Ekonometrycznego zaowocowały powołaniem do życia w styczniu 1932 Komisji Cowlesa Badań Ekonomicznych. Wtedy Alfred Cowles zdecydował się finansować badania naukowe w zakresie ekonomii. Dzięki wsparciu Komisji możliwe było powstanie czasopisma „Econometrica”, którego pierwszy numer zawierał również artykuł Alfreda Cowlesa o inwestycjach finansowych.

Spośród innych znaczących badań nad cenami akcji prowadzonymi w okresie poprzedzającym powstanie nowoczesnych finansów, warto wspomnieć prace Workinga (1934), Kendalla (1953) i Robertsa (1959).

Dyskusja nad możliwością prognozowania cen instrumentów finansowych zaowocowała sformułowaniem przez Eugene Famę tzw. hipotezy rynku efektywnego (Fama (1965)). Według tej hipotezy rynek nazywa się efektywnym, gdy bieżące ceny instrumentów na tym rynku w sposób pełny i natychmiastowy odzwierciedlają wszystkie dostępne informacje o tych instrumentach.

Drugi nurt w rozwoju nowoczesnych finansów jest związany z teorią portfela. Jej twórcą jest Harry Markowitz. W swoim epokowym artykule (Markowitz (1952)), Markowitz wprowadził pojęcie ryzyka inwestycji finansowych i rozwinął zagadnienie zmniejszenia ryzyka inwestycji poprzez tzw. dywersyfikację portfela. W tym celu zastosował takie podstawowe pojęcia statystyczne, jak odchylenie standardowe i współczynnik korelacji. Odchylenie standardowe jest do dziś traktowane jako podstawowa miara ryzyka inwestycji.

Z formalnego punktu widzenia zagadnienie wprowadzone przez Markowitza jest to zadanie programowania kwadratowego, polegające na minimalizacji ryzyka portfela przy warunku określającym oczekiwaną stopę zwrotu portfela. To proste zagadnienie było następnie rozwijane przez Markowitza i zaowocowało pracą doktorską obronioną w uniwersytecie w Chicago, a następnie książką (por. Markowitz (1959)). Należy dodać, że wiele badań Markowitz prowadził będąc na etacie asystenta naukowo-badawczego w Komisji Cowlesa. Jednym z profesorów, z którym Markowitz często się kontaktował w trakcie swoich badań był słynny ekonometryk, Tjalling Koopmans.

Interesujące jest to, że prawie w tym samym okresie, w którym ukazał się artykuł Markowitza, inny ekonometryk, Roy, opublikował artykuł w czasopiśmie „Econometrica” (por. Roy (1952)), w którym to artykule również zajmował się ryzykiem i portfelem, stosując wszakże inną (niż odchylenie standardowe) miarę ryzyka. Artykuł Roya pozostał bez echa przez wiele lat.

Teoria portfela jest dziś szeroko stosowana w praktyce rynków finansowych. Za fundamentalny wkład do nauk ekonomicznych Harry Markowitz otrzymał Nagrodę im. Nobla w roku 1990. Warto jednak wskazać dwóch innych profesorów, których prace pozwoliły na rozwój teorii portfela.

Pierwszy z nich to James Tobin. W połowie lat pięćdziesiątych Tobin został dyrektorem Komisji Cowlesa. Wtedy również Komisja zmieniła nazwę na Fundację Cowlesa (*Cowles Foundation*) i przeniosła się z Chicago do New Haven. James Tobin bardzo interesował się rezultatami badań prowadzonych przez Markowitza. Rozszerzył te wyniki rozpatrując portfel złożony z ryzykownych instrumentów i instrumentów wolnych od ryzyka. W swoim znanym artykule (Tobin (1958)) pokazał, że wprowadzenie do portfela instrumentów wolnych od ryzyka może spowodować spadek ryzyka przy zachowaniu stałego oczekiwanego dochodu. Ponadto w tym artykule udowodnił tzw. twierdzenie o separacji. Zgodnie z tym twierdzeniem decyzja wyboru akcji do portfela może być oddzielona od decyzji o określeniu struktury portfela w podziale na instrumenty ryzykowne i wolne od ryzyka. Badania prowadzone przez Tobina doprowadziły do powstania koncepcji *Capital Market Line*, szeroko dziś stosowanej.

Drugim profesorem, który miał olbrzymi wkład w rozwój teorii portfela, jest William Sharpe. Dla ułatwienia procesu wyboru portfela opracował tzw. model jednoindeksowy (por. Sharpe (1963)). Model ten (w postaci regresji) przedsta-

wia liniową zależność stopy zwrotu akcji od stopy zwrotu rynku kapitałowego (mierzonej z reguły za pomocą stopy zwrotu indeksu giełdowego). W modelu tym występuje współczynnik beta, szeroko stosowany w nowoczesnych finansach i traktowany jako miara ryzyka rynku. Warto nadmienić, że swoje wyniki Sharpe przedstawił po raz pierwszy na zebraniu Towarzystwa Ekonometrycznego w 1962 roku.

2. WSPÓŁCZESNE ZWIĄZKI – EKONOMETRIA FINANSOWA

W ostatnich kilkunastu latach można zaobserwować szczególnie dynamiczny rozwój badań w dziedzinie teorii i zastosowań metod ekonometrycznych w finansach. Po części jest on wywołany rozwojem rynków finansowych, po części rozwojem technologii komputerowej, który umożliwia zastosowanie i weryfikację zaawansowanych metod w praktyce. Najbardziej istotne osiągnięcia dotyczą metod analizy finansowych szeregów czasowych. Zalicza się je obecnie do szerokiego działu, umiejscowionego na pograniczu ekonometrii i finansów. Ten dział to **ekonometria finansowa** (*financial econometrics*). Dziedzina ta rozpatruje:

- weryfikację proponowanych modeli teorii finansów za pomocą narzędzi analizy finansowych szeregów czasowych,
- opracowanie modeli procesów finansowych, które to procesy odzwierciedlone są za pomocą szeregów czasowych, przy czym modele mają za zadanie dobre przybliżenie tych szeregów, w celach prognostycznych, symulacyjnych lub decyzyjnych.

Spośród modeli ekonometrii finansowej wyróżnić można:

- ogólne modele ekonometrii dynamicznej, zastosowane w odniesieniu do finansowych szeregów czasowych;
- specjalne modele dynamiczne, stworzone na potrzeby analizy finansowych szeregów czasowych.

Powyższe przedstawione określenie ekonometrii finansowej jest zgodne z dwoma innymi określeniami. Pierwsze z nich zawarte jest w czasopiśmie „Journal of Financial Econometrics”, którego redakcja podaje taką charakterystykę ekonometrii finansowej:

„Designed to address substantive statistical issues raised by the tremendous growth of the financial industry. Papers providing or applying new econometric techniques which are particularly well suited to deal with financial data and models fall within the scope of this journal”.

Drugie określenie podane jest w jednej z najbardziej znanych monografii z dziedziny ekonometrii finansowej (por. Campbell, Lo, MacKinlay (1997)):

“Raison d’etre of financial econometrics is the empirical implementation and evaluation of financial models”.

Można wyróżnić dwa podstawowe rodzaje szeregów czasowych:

- szeregi wysokiej częstotliwości, w których mamy do czynienia z danymi tygodniowymi, dziennymi i krótszymi niż dzienne (na przykład minutowe); dane te dotyczą cen (*spot* i *forward*), stóp zwrotu i zmienności w odniesieniu do stóp procentowych, cen akcji, kursów walutowych oraz cen towarów na giełdach;
- szeregi niskiej częstotliwości (dane miesięczne, kwartalne, roczne), przede wszystkim informacje z raportów finansowych i sprawozdań finansowych.

Ekonometria finansowa zajmuje się częściej szeregami finansowymi wysokiej częstotliwości. W szczególności proponowane modele ekonometrii finansowej próbują odzwierciedlić obserwowane w praktyce prawidłowości, takie jak: dryf (trend), zjawisko „powrotu do średniej” w długim okresie, częste niewielkie wahania (zdarzenia „normalne”), rzadkie znaczne wahania (zdarzenia „rzadkie”), zmienność zmienności (wariancji), grube ogony rozkładów (składowych procesu), skośność rozkładów (składowych procesu).

Wymienione prawidłowości wskazują, iż oprócz analizy dynamiki procesu finansowego dużą rolę odgrywa również analiza rozkładu statystycznego zjawiska finansowego. Oba zagadnienia są dobrze rozwiązywane na gruncie koncepcji procesu stochastycznego. Przy tym w przypadku analizy rozkładu niezbędne jest założenie silnej stacjonarności procesu stochastycznego.

Analiza rozkładu statystycznego jest szczególnie użyteczna w pomiarze ryzyka. Przy tym najbardziej rozwinięte są metody pomiaru ryzyka rynkowego. Generalnie rzecz traktując, analizowana jest tutaj zmienna, którą jest stopa zwrotu, wartość (cena) lub zmiana wartości. Jeśli chodzi o modelowanie tej zmiennej, to podstawowym narzędziem teoretycznym jest rozkład statystyczny analizowanej zmiennej losowej.

Rozkład statystyczny powstaje zazwyczaj jako rozkład warunkowy, pod warunkiem zaobserwowanych do tej pory wartości (lub stóp zwrotu), będących realizacjami procesu stochastycznego. Miary ryzyka określone są zaś jako następujące charakterystyki rozkładu:

- miary zmienności rozkładu;
- kwantyle rozkładu;
- wartości dystrybuanty rozkładu.

W ostatnim okresie coraz większą rolę odgrywają te modele ekonometrii finansowej, które wywodzą się z koncepcji wielowymiarowego procesu stochastycznego. Są to w szczególności:

- modele jednowymiarowych szeregów czasowych – klasyczny nurt teorii procesów stochastycznych (ARIMA, ARFIMA, GARCH);
- modele wielowymiarowych szeregów czasowych – połączenie nurtu teorii procesów stochastycznych z nurtem strukturalnego modelowania ekonome-

trycznego (dynamiczny model regresji wielowymiarowej, modele VAR, modele DSEM, analiza kointegracji, analiza ECM);

– modele jednowymiarowych szeregów czasowych – bardziej skomplikowane modele nieliniowe wynikające z teorii procesów stochastycznych (modele SV, modele przełącznikowe).

Analiza wymienionych powyżej głównych grup modeli analizy finansowych szeregów czasowych wypracowanych na gruncie ekonometrii finansowej pozwala na wyróżnienie niektórych szczególnych cech tych modeli, wyróżniających je od innych modeli. Są to następujące cechy:

1. Liniowe modele strukturalne (zwłaszcza modele klasy DSEM) charakteryzują się coraz większą ogólnością.

2. Zaczyna się przywiązywać coraz większą wagę do specyfikacji modeli.

3. Proponowane w teorii modele analizy finansowych szeregów czasowych odnoszą się głównie do problematyki słabej stacjonarności, a więc rozważają prawie wyłącznie średnie i strukturę kowariancyjną procesu, a związku z tym związki typu liniowego. Jak na razie rzadziej sięga się po modele nieliniowe oraz po rozkłady procesów niebędące rozkładami normalnymi.

Sądzymy, iż w ekonometrii finansowej istnieje potrzeba zintegrowania dwóch podejść: modeli szeregów czasowych (jednowymiarowych i wielowymiarowych), kładących nacisk na dynamikę oraz modeli statystycznej analizy wielowymiarowej (analiza rozkładów), kładących nacisk na rozkład.

Wśród podstawowych modeli teoretycznych stosowanych w analizie finansowych szeregów czasowych warto wyróżnić jeszcze jedną grupę – są to modele stochastycznych równań różniczkowych. Do szczególnych cech, odróżniających je od innych modeli, należy zaliczyć następujące:

– są to modele procesów stochastycznych w czasie ciągłym;

– modele te proponowane są na gruncie teorii finansów i mają przejrzystą interpretację finansową;

– odnoszą się do prawidłowości zaobserwowanych w danych finansowych;

– stanowią podstawę określonego modelu teorii finansów, np. modelu stopy procentowej, modelu wyceny opcji;

– modelują proces „w całości”, tzn. nie wprowadzają oddzielnych modeli dla elementów składowych procesu, jak czynią to np. w odniesieniu do wariancji procesy klasy GARCH.

Najbardziej popularny proces stochastyczny w czasie ciągłym to proces Ito, stanowiący podstawę modeli wyceny opcji (por. Black, Scholes (1973), Merton (1973)).

Można powiedzieć, że modele procesów stochastycznych w czasie ciągłym stanowią najbardziej wyraźne połączenie ekonometrii i finansów. Jest tak, gdyż wywodzą się one z teorii finansów, ale podlegają oszacowaniu za pomocą metod ekonometrycznych, z natury rzeczy na podstawie danych w czasie dyskretnym.

LITERATURA

- Bachelier L. (1900), *Theory of speculation*, Gauthier-Villars, Paris.
- Black F., Scholes M. (1973), *The pricing of options and corporate liabilities*, Journal of Political Economy, 81, s. 637–654.
- Campbell J.Y., Lo A.W., MacKinlay A.C (1997), *The econometrics of financial markets*, Princeton University Press, Princeton.
- Fama E. (1965), *The behavior of stock prices*, Journal of Business, 37, s. 34–105.
- Kendall M.G. (1953), *The analysis of time series*, part 1: prices, Journal of the Royal Statistical Society, 96, s. 11–25.
- Markowitz H.M. (1952), *Portfolio selection*, Journal of Finance, 7, s. 77–91.
- Markowitz H.M. (1959), *Portfolio selection – efficient diversification of investments*, Yale University Press, New Haven.
- Merton R.C. (1973), *Theory of rational option pricing*, Bell Journal of Economics and Management Science, 4, s. 141–183.
- Roberts H.V. (1959), *Stock market „patterns” and financial analysis: methodological suggestions*, Journal of Finance, 14, s. 1–10.
- Roy A.D. (1952), *Safety first and holding of assets*, Econometrica, 20, s. 431–439.
- Sharpe W.F. (1963), *A simplified model for portfolio analysis*, Management Science, 19, s. 277–293.
- Tobin J. (1958), *Liquidity preference as behavior towards risk*, Review of Economic Studies, 25, s. 65–86.
- Working H. (1934), *A random difference series for the use in the analysis of time series*, Journal of the American Statistical Association, 29, s. 11–24.

Krzysztof Jajuga

ECONOMETRICS AND FINANCE – HISTORY AND PRESENT TIMES

The paper describes some relations between econometric models and financial research. First of all, historical facts about emerging of econometrics and modern finance are presented. Then the description of financial econometrics, as well as systematization of the most important models, are given.