

KRZYSZTOF JAJUGA

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

RÓWNOWAGA RYNKU KAPITAŁOWEGO – PÓŁ WIEKU HISTORII RODZINY CAPM

Streszczenie

W artykule przedstawiono przegląd rozwoju modeli wywodzących się z klasycznego modelu równowagi rynku – CAPM (Capital Asset Pricing Model). W kolejnych punktach są omówione następujące zagadnienia: historia powstania modelu, rozszerzenia i modyfikacje modelu, adekwatność modelu w warunkach współczesnych przemian na rynkach finansowych

Słowa kluczowe: równowaga rynku kapitałowego, CAPM

1. CAPM – wczesne lata

Mija już pół wieku od pojawienia się pierwszego tekstu dotyczącego modelu równowagi rynku kapitałowego, znanego jako Capital Asset Pricing Model (CAPM). Jest to niewątpliwie jeden z fundamentów klasycznej teorii rynku kapitałowego. Przedstawiany artykuł dotyczy właśnie rodziny modeli, które wywodzą się od CAPM.

Jest to kolejny artykuł w pewnym cyklu, w którym przedstawiam najważniejsze osiągnięcia teorii finansów. Poprzednie artykuły zawierały przedstawienie osiągnięć Louisa Bacheliera, ojca matematyki finansowej [zob. Jajuga 2000], przedstawienie teorii portfela [zob. Jajuga 2002], teorii wyceny opcji [zob. Jajuga 2004], ekonometrii finansowej [zob. Jajuga 2007], finansów behawioralnych [zob. Jajuga 2008] oraz teorii efektywnego rynku kapitałowego [zob. Jajuga 2010].

Należy na początku zaznaczyć, że CAPM jest z jednej strony najbardziej kontrowersyjnym modelem klasycznego nurtu teorii finansów (od wielu lat spotyka się z krytyką wielu teoretyków finansów), z drugiej strony jest to jeden z najbardziej popularnych modeli stosowanych w praktyce.

Powstanie klasycznej wersji modelu CAPM jest związane z czterema osobami. Są nimi:



Jack L. Treynor (ur. 1930)

Treynor rozwijał CAPM w następujących tekstach:

1961 – *Market Value, Time, and Risk*, tekst niepublikowany, 8.08.1961, No. 95–209.

1962 – *Toward a Theory of Market Value of Risky Assets*, tekst niepublikowany (później opublikowany w rozdziale 2. książki pod red. Korajczyka: *Asset Pricing and Portfolio Performance* (1999)).

1963 – *Implications for the Theory of Finance*, tekst niepublikowany.



William F. Sharpe (ur. 1934)

Sharpe przedstawił model CAPM w artykule z 1964 roku, *Capital Asset Prices – A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk*, „Journal of Finance”, 19: 425–442.



John V. Lintner (ur. 1916, zm. 1983)

Lintner rozważał model CAPM w artykule z 1965 roku, *The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets*, „Review of Economics and Statistics”, 47: 13–37.



Jan Mossin (ur. 1936, zm. 1987)

Jan Mossin rozważał model CAPM w artykule z 1966 roku, *Equilibrium in a Capital Asset Market*, „Econometrica”, 34: 768–783.

Można powiedzieć, że w pewnym sensie wszystkie wymienione osoby tworzyły CAPM niezależnie. Chronologia wydarzeń związanych z powstaniem modelu była następująca:

- 1960 – Treynor przedstawia draft tekstu z 1961 Lintnerowi w Harvardzie;
- 1961 – pojawia się praca doktorska Sharpe’a pt. *Portfolio Analysis Based on Simplified Model of the Relationship Among Securities* (University of California Los Angeles), która zawiera pewne elementy modelu;
- sierpień 1961 – tekst Treynora zostaje ukończony;
- styczeń 1962 – Sharpe na seminarium przedstawia częściowe wyniki;
- 1962 – kolejny tekst Treynora zostaje ukończony;
- 1963 – trzeci tekst Treynora zostaje ukończony;
- 1964 – ukazuje się artykuł Sharpe’a, w którym model jest przedstawiony z punktu widzenia współczynnika beta;
- 1965 – ukazuje się artykuł Lintnera, w którym model jest mocno uargumentowany z punktu widzenia teorii Tobina (twierdzenie o separacji);
- 1966 – ukazuje się artykuł Mossina, zawierający cytowanie artykułu Sharpe’a z 1964 roku, artykuł przedstawia model z zastosowaniem ścisłego rygoru matematycznego.

Założenia klasycznej wersji CAPM są dość mocne i często stanowią podstawę do krytyki modelu. Najważniejsze założenia to:

- przy podejmowaniu decyzji inwestorzy kierują się dochodem (mierzonym oczekiwaną stopą zwrotu) i ryzykiem (mierzonym wariancją stopy zwrotu);
- rynek kapitałowy jest efektywny (co najmniej w średniej formie);
- jest możliwość zajmowania długiej i krótkiej pozycji w instrumencie wolnym od ryzyka;
- inwestorzy mają jednorodne oczekiwania;
- rozpatrywany jest jednorodny okres dla wszystkich inwestorów (innymi słowy, model jest statyczny).

W klasycznej wersji CAPM jest to model deskryptywny, jednak wywodzący się z modelu normatywnego (teoria portfela). Teoretyczne rozważania uzasadniają ten model na gruncie maksymalizacji użyteczności inwestora. Jest to model równowagi rynku kapitałowego, według którego wszyscy inwestorzy, niezależnie

od różnic w preferencjach i bogactwie, dzieli bogactwo między portfel wolny od ryzyka i portfel rynkowy.

Warto dodać, że w pracach czterech autorów model nie występował w wersji, w której przekazywany jest dziś na potrzeby dydaktyki. W tej wersji model zaproponował Eugene Fama w 1968 roku [zob. Fama 1968], tu pojawia się SML (Security Market Line):

$$E(R) = R_f + \beta(R_M - R_f)$$

gdzie:

- $E(R)$ – oczekiwana stopa zwrotu instrumentu finansowego (portfela),
- R_f – stopa zwrotu wolna od ryzyka,
- R_M – stopa zwrotu portfela rynkowego,
- β – współczynnik beta.

Wersja ta stała się dominująca w dydaktyce z uwagi na przejrzystą i naturalną interpretację, w myśl której oczekiwana stopa zwrotu jest sumą stopy zwrotu wolnej od ryzyka i premii za ryzyko systematyczne mierzone współczynnikiem beta.

Dla porównania, artykuł Sharpe'a koncentruje się na współczynniku beta, podając przekształcony wzór:

$$\beta = \frac{E(R) - R_f}{R_M - R_f}$$

Z powyższego wzoru wynika prosta interpretacja współczynnika beta (w warunkach równowagi) jako relacji premii za ryzyko dla danego instrumentu finansowego do rynkowej premii za ryzyko.

CAPM od momentu powstania znalazł zastosowanie w zagadnieniach finansowych, najważniejsze to:

- opis równowagi rynku kapitałowego,
- wycena instrumentów finansowych,
- formułowanie oczekiwań na rynku finansowym,
- wyznaczanie kosztu kapitału własnego przedsiębiorstwa,
- ocena jakości zarządzania portfelem inwestycyjnym.

Model CAPM po wielu latach został uznany przez środowisko ekonomistów jako ważne osiągnięcie, gdyż jeden z jego twórców, William Sharpe, został laureatem Nagrody pamięci Alfreda Nobla w dziedzinie nauk ekonomicznych

(potocznie zwanej Nagrodą Nobla z ekonomii). Nagrodę tę otrzymał wraz z Harrym Markowiczem oraz Mertonem Millerem w 1990 roku. Oficjalne uzasadnienie nagrody brzmi: For their pioneering work in the theory of financial economics (za ich pionierskie prace w teorii ekonomii finansowej), zaś w odniesieniu do Williama Sharpe'a w szczegółowym uzasadnieniu stwierdza się, że Sharpe „developed a general theory for the pricing of financial assets” (rozwinął ogólną teorię wyceny aktywów finansowych).

2. Rozszerzenia i modyfikacje CAPM

Mocne założenia, leżące u podstaw klasycznej wersji CAPM, spowodowały, że powstały modyfikacje i rozszerzenia tego modelu. Duża ich część powstała w stosunkowo niedługim okresie po klasycznej wersji.

Analiza różnych wersji modelu pozwala na zaproponowanie klasyfikacji tych modeli, obejmującej cztery podstawowe grupy:

- drobne modyfikacje klasycznego modelu (np. zero beta CAPM, International CAPM);
- modele uwzględniające konsumpcję (Consumption CAPM);
- modele międzyokresowe, uwzględniające dynamikę (Intertemporal CAPM);
- modele wieloczynnikowe, uwzględniające większą liczbę czynników ryzyka.

Oto krótka charakterystyka niektórych modeli.

Drobne modyfikacje klasycznego modelu

Model zerowej bety – zero-beta CAPM [zob. Black 1972].

W modelu tym uchyla się założenie o możliwości inwestowania w instrument wolny od ryzyka, w jego miejsce pojawia się instrument finansowy, którego współczynnik beta wynosi 0. Model ten ma następującą postać:

$$E(R) = R_z + \beta(R_M - R_z)$$

gdzie: R_z – stopa zwrotu instrumentu o zerowej wartości współczynnika beta.

Model rynku międzynarodowego (inwestycje w walucie zagranicznej) – International CAPM [zob. Solnik 1974].

$$E(R) = R_{f,DC} + \beta_W (R_W - R_{fW}) + \beta_{DC} RP_{FC}$$

gdzie:

$R_{f,DC}$ – krajowa stopa wolna od ryzyk,

β_W – współczynnik beta odnoszący się do ryzyka związanego z globalnym portfelem rynkowym,

R_W – stopa zwrotu globalnego portfela rynkowego,

R_{fW} – stopa wolna od ryzyka dla rynku globalnego,

β_{DC} – wrażliwość stopy zwrotu instrumentu na zmiany kursu walutowego,

RP_{FC} – premia za ryzyko kursu walutowego.

Spośród innych modyfikacji klasycznego modelu warto wymienić następujące modele:

CAPM w wartościach realnych – Lintner [1969];

CAPM z uwzględnieniem podatków – Brennan [1970];

CAPM wychodzący od szerszej klasy funkcji użyteczności – Rubinstein [1974];

CAPM z uwzględnieniem kosztów transakcji – Levy [1978];

CAPM z uwzględnieniem ograniczeń dotyczących krótkiej pozycji – Markowitz [1990].

Modele uwzględniające konsumpcję

Podstawowy model tej grupy został zaproponowany przede wszystkim w pracy Breeden [1979]. W modelu tym pojawia się współczynnik beta konsumpcji. Mierzy wrażliwość stopy konsumpcji dóbr i usług uzyskanych z tytułu inwestycji na zmiany stopy zwrotu rynku. Model CCAPM (Consumption CAPM) dany jest wzorem:

$$E(R) = R_f + \beta_C (R_M - R_f)$$

gdzie: β_C – współczynnik beta konsumpcji.

Model wielookresowy

Klasyczny model CAPM ma u podstaw optymalizację użyteczności inwestycji. W modelu wielookresowym, wprowadzonym przez Mertona [zob. Merton 1973] występuje optymalizacja międzyokresowego problemu konsumpcji

i inwestycji, a dodatkowo rozważania są prowadzone w czasie ciągłym, a zatem pojawia się aparat stochastycznych równań różniczkowych. Postać równania równowagi jest taka sama, jak w klasycznym modelu, jednak wielkości tam występujące są rozpatrywane w nieskończenie krótkim okresie.

Modele wieloczynnikowe

W modelach tej grupy jest wprowadzona większa liczba czynników ryzyka. Jest to zatem ogólniejsza klasa modeli w porównaniu z klasycznym modelem CAPM, w którym jest tylko rynkowa premia za ryzyko, czyli różnica między stopą zwrotu z portfela wolnego od ryzyka i stopą wolną od ryzyka.

Najbardziej znany jest tu model Famy–Frencha [zob. Fama, French 1993], skonstruowany w odniesieniu do akcji, w którym to modelu uwzględniony jest efekt wielkości spółki oraz efekt relacji C/WK (cena – wartość księgowa), tutaj danej w odwrotnej postaci, czyli Book to Market. Model ten dany jest wzorem:

$$E(R) = R_f + \beta(R_M - R_f) + \beta_S SMB + \beta_V HML$$

gdzie:

- β – współczynnik beta odnoszący się do ryzyka związanego z rynkiem,
- SMB – różnica między stopą zwrotu małych spółek i stopą zwrotu dużych spółek,
- β_S – współczynnik beta odnoszący się do ryzyka związanego z małymi spółkami,
- HML – różnica między stopą zwrotu spółek o wysokiej wartości Book To Market a stopą zwrotu spółek o niskiej wartości Book To Market,
- β_V – współczynnik beta odnoszący się do ryzyka związanego z różnicą w relacji C/WK.

Zarówno klasyczna wersja modelu, jak i jego modyfikacje i rozszerzenia doczekały się gorącej dyskusji w środowisku teoretyków i praktyków. Niewątpliwie najbardziej znane rozważania krytykujące CAPM są autorstwa Rolla [zob. Roll 1977], który stwierdził, że model nie może być zweryfikowany za pomocą testów, gdyż w praktyce na potrzeby testowania nie można określić portfela rynkowego.

Należy jednak stwierdzić, że CAPM pozostaje najczęściej stosowanym modelem wyceny aktywów finansowych. W roku 1976 został opublikowany artykuł Stephena Rossa [zob. Ross 1976], w którym został przedstawiony model

wyceny arbitrażowej APT (Arbitrage Pricing Theory). U podstaw tego modelu leży założenie braku arbitrażu, a samo wyprowadzenie jest za pomocą narzędzi algebry liniowej. Istota modelu sprowadza się do liniowej zależności oczekiwanej stopy zwrotu od zbioru czynników, przy czym sam model nie identyfikuje tych czynników. Model APT przedstawiony jest za pomocą następującego wzoru:

$$E(R) = R_f + \sum_{j=1}^k \beta_j \lambda_j$$

gdzie:

- β_j – współczynnik beta związany z j-tym czynnikiem ryzyka,
- λ_j – premia za ryzyko (nadwyżka ponad stopę wolną od ryzyka) związane z j-tym czynnikiem ryzyka.

Jak wiadomo jednak, model APT jest trudniejszy do zastosowania niż modele rodziny CAPM z uwagi na konieczność identyfikacji czynników ryzyka, które ponadto powinny być niezależne od siebie.

3. Uwagi końcowe – CAPM a przemiany na rynkach finansowych

Dyskusja na temat CAPM, w szczególności na temat adekwatności i weryfikowalności tego modelu, trwa od kilkudziesięciu lat. Główne tematy poruszane przy tej okazji to:

- zasadność modelu w odniesieniu do innych niż instrumenty rynku kapitałowego rodzajów aktywów finansowych, takich jak różnego rodzaju instrumenty pochodne czy inne inwestycje alternatywne;
- zasadność dość restrykcyjnych założeń modelu (również zmodyfikowanych wersji), takich jak np. założenie efektywności rynku;
- zasadność idei modelu, w którym działania inwestorów kierujących się zasadami teorii portfela prowadzą do osiągnięcia równowagi w krótkim i długim okresie.

Model CAPM powstał dla rynku kapitałowego. W związku z tym pojawia się pytanie: Czy mamy dziś do czynienia z rynkiem kapitałowym w jego standardowym rozumieniu? Jest to raczej zintegrowany rynek finansowy, obejmujący

bardzo różnorodne rodzaje instrumentów finansowych. Pojawia się wątpliwość, czy CAPM jest właściwy dla takiego rynku.

Moim zdaniem, jest możliwy scenariusz, w którym CAPM nie obroni się przed krytyką w relatywnie niedługiej przyszłości. Są co najmniej dwie przyczyny tego poglądu. Po pierwsze, rozwój rodziny modeli CAPM nie nadąży za rozwojem rynku finansowego. Po drugie, siły napędowe modeli CAPM (efektywność, premia za ryzyko) odgrywają obecnie nieco mniejsze znaczenie. Na razie jednak rodzina modeli CAPM jest ważnym elementem dociekań teoretycznych, standardów dydaktycznych oraz zastosowań rynkowych.

Lata kryzysu finansowego po raz kolejny podały w wątpliwość stosowanie niektórych modeli. Należy pamiętać, że model jest zawsze uproszczeniem rzeczywistości. Zachowanie rynków finansowych zmienia się w czasie, przy tym rośnie częstotliwość oraz skala tych zmian w czasie. Oznacza to, że stosowanie modelu na rynku finansowym wiąże się z ryzykiem. Termin stosowany do tego zjawiska to ryzyko modelu. W uproszczony sposób można je określić jako ryzyko wynikające z zastosowania błędnego modelu w świecie rzeczywistym.

Jak się jednak okazuje, wnioski w zakresie ryzyka modelu, które są formułowane po kryzysach finansowych, nie są wykorzystywane. Kryzys finansowy, który zaczął się w 2007 roku, ma u podstaw wiele przyczyn. Jedną z nich jest brak profesjonalizmu w stosowaniu wyrafinowanych modeli wyceny zaawansowanych instrumentów finansowych, przede wszystkim poleganie na danych historycznych, nieuwzględnianie możliwości występowania ekstremalnych zdarzeń. Ten brak profesjonalizmu wykazali w 2007 roku zarządzający portfelami banków inwestycyjnych, którzy bezkrytycznie stosowali wyrafinowane modele, jak się później okazało, nie rozumiejąc ograniczeń w ich stosowalności.

Przenoszenie danego modelu w czasie (zmiana funkcjonowania rynku) lub w przestrzeni (inny rynek) może prowadzić do jego niewłaściwego zastosowania. Jednym z podstawowych błędów twórców i użytkowników modeli jest dążenie do tego, aby model był precyzyjny i dobrze dopasowany do danych historycznych. Przykładem jest swoista inflacja badań w zakresie stosowania modeli klasy GARCH, mających za cel poprawę błędu dopasowania lub błędu prognozy *ex ante*.

Moim zdaniem, modele stosowane na rynkach finansowych powinny spełniać dwa warunki brzegowe. Modele te powinny być, po pierwsze: odporne na zmiany warunków rynkowych, po drugie: przejrzyste dla użytkownika. Spełnienie pierwszego warunku może zmniejszyć ryzyko w zakresie obszaru zastosowań

modelu. Z kolei spełnienie drugiego warunku oznacza zmniejszenie zagrożenia związanego z zastosowaniem dobrego modelu w niewłaściwy sposób z powodu niezrozumienia modelu przez użytkownika.

Przedstawione uwagi dotyczące ryzyka modelu dotyczą również modeli rodziny CAPM.

Literatura

- Black F. [1972], *Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing*, „Journal of Business”, 45, 444–454.
- Breeden D. [1979], *An Intertemporal Asset Pricing Model with Stochastic Consumption and Investment Opportunities*, „Journal of Financial Economics”, 7, 265–296.
- Brennan M. [1970], *Taxes, Market Valuation and Corporate Financial Policy*, „National Tax Journal”, 23, 417–427.
- Fama E. [1968], *Risk, Return and Equilibrium: Some Clarifying Comments*, „Journal of Finance”, 23, 29–40.
- Fama E., French K. [1993], *Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds*, „Journal of Financial Economics”, 33, 3–56.
- Jajuga K. [2000], *Od Bacheliera do opcji egzotycznych, czyli sto lat teorii rynków finansowych*, w: *Rynek kapitałowy. Skuteczne inwestowanie*, t. 1, Materiały, Konferencje nr 53, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Jajuga K. [2002], *50 lat teorii portfela*, w: *Rynek kapitałowy. Skuteczne inwestowanie*, cz. 2, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Jajuga K. [2004], *Trzydzieści lat nowoczesnej teorii wyceny instrumentów pochodnych*, w: *Rynek kapitałowy. Skuteczne inwestowanie*, t. 1, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 389, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia nr 2, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Jajuga K. [2007], *25 lat ekonometrii finansowej*, w: *Rynek kapitałowy. Skuteczne inwestowanie*, t. 1, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, nr 462, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia nr 6, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Jajuga K. [2008], *Trzydzieści lat współczesnych finansów behawioralnych*, w: *Rynek kapitałowy. Skuteczne inwestowanie*, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania nr 9, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Jajuga K. [2010], *45 lat teorii efektywnego rynku kapitałowego*, w: *Rynek kapitałowy*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 615, Finanse, Rynki Finan-

- sowe, Ubezpieczenia nr 28, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Levy H. [1978], *Equilibrium in an Imperfect Market: A Constraint on the Number of Securities in a Portfolio*, „American Economic Review”, 68, 643–658.
- Lintner J. [1965], *The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets*, „Review of Economics and Statistics”, 47, 13–37.
- Lintner J. [1969], *The Aggregation of Investors' Diverse Judgements and Preferences in Purely Competitive Markets*, „Journal of Financial and Quantitative Analysis”, 4, 346–382.
- Markowitz H.M. [1990], *Risk Adjustment*, „Journal of Accounting Auditing and Finance”, 5, 213–225.
- Merton R. [1973], *An Intertemporal Capital Asset Pricing Model*, „Econometrica”, 41, 867–887.
- Mossin J. [1966], *Equilibrium in a Capital Asset Market*, „Econometrica”, 34, 768–783.
- Roll R. [1977], *A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests' Part I: On Past and Potential Testability of the Theory*, „Journal of Financial Economics”, 4, 129–176.
- Ross, S. [1976], *The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing*, „Journal of Economic Theory”, 13, 341–360.
- Rubinstein M. [1974], *An Aggregation Theorem for Securities Markets*, „Journal of Financial Economics”, 1, 225–244.
- Sharpe W. [1964], *Capital Asset Prices – A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk*, „Journal of Finance”, 19, 425–442.
- Solnik B. [1974], *An Equilibrium Model of the International Capital Market*, „Journal of Economic Theory”, 8, 500–524.
- Treynor J. [1961], *Market Value, Time, and Risk*, tekst niepublikowany.
- Treynor J. [1962], *Toward a Theory of Market Value of Risky Assets*, tekst niepublikowany.
- Treynor J. [1963], *Implications for the Theory of Finance*, tekst niepublikowany.

EQUILIBRIUM ON CAPITAL MARKET – FIFTY YEARS OF CAPM FAMILY

Summary

The paper presents review of models derived from seminal CAPM (Capital Asset Pricing Model). In the consecutive sections of the paper the following problems are

discussed: history of the emergence of the model, extensions and modifications of the model, adequacy of the model under current changes on the financial markets.

Keywords: equilibrium on capital market, CAPM

Translated by Krzysztof Jajuga