

# Optimalizacja struktury branżowej portfela inwestycyjnego na przykładzie gałęzi polskiego przemysłu przetwórczego

Arkadiusz Kijek\*

Nadesłany: 13 września 2011 r. Zaakceptowany: 1 lutego 2012 r.

---

## Streszczenie

Dywersyfikacja sektorowa portfela stanowi ważne narzędzie ograniczania ryzyka inwestycyjnego. W artykule zaproponowano metodę optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego opartą na wielowymiarowym rozkładzie indeksów kondycji branż. Do oszacowania aktywów portfela wykorzystano metody wielowymiarowej analizy statystycznej oraz model wektorowej autoregresji (VAR). Przedstawioną metodę wykorzystano do optymalizacji struktury gałęziowej portfela inwestycyjnego dla lat 2011–2012. Przeprowadzone analizy pozwoliły na wskazanie kierunków dywersyfikacji portfeli inwestycyjnych.

---

**Słowa kluczowe:** portfel inwestycyjny, struktura branżowa portfela, optymalizacja, indeks kondycji, model VAR

**JEL:** C49, C58, G11

---

\* Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Ekonomiczny, Instytut Ekonomii i Finansów; e-mail: [akijek@poczta.umcs.lublin.pl](mailto:akijek@poczta.umcs.lublin.pl).

## 1. Wstęp

W ostatnich latach, w okresie światowego kryzysu finansowego, szczególną wagę przywiązuje się do bezpiecznego inwestowania. Z tego względu inwestorzy podejmują działania ograniczające różne rodzaje ryzyka. Oprócz kontroli ryzyka związanego z pojedynczymi instrumentami finansowymi jednocześnie powinno odbywać się zarządzanie ryzykiem obejmujące cały portfel. Umożliwia to m.in. analiza zaangażowania inwestycyjnego w poszczególne branże gospodarki, wykorzystywana przez banki jako podstawowe narzędzie ograniczania ryzyka kredytowego (Düllmann, Masschelein 2006). Doświadczenia zdobyte po 1989 r. pokazują, w jakim stopniu sytuacja gospodarcza w kraju zależy od sytuacji w sektorach gospodarczych oraz jak duże zagrożenie stwarzają załamania w całej gospodarce lub w jej poszczególnych branżach. W związku z tym potwierdza się duże znaczenie zarządzania strukturą branżową portfeli inwestycyjnych, co dodatkowo wzmacniają badania prowadzone przez instytucje naukowe, finansowe i firmy konsultingowe (Strahl 1996; Kijek, Kijek 2008; Kijek 2008).

Metody zarządzania ryzykiem portfela inwestycyjnego opierają się na klasycznej teorii opracowanej przez Markowitza (1952; 1959) i rozwiniętej w późniejszym okresie przez Sharpe'a (1970). Zastosowane w pracy podejście do zarządzania ryzykiem sektorowym i w konsekwencji optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego jest zbliżone do rozwiązania zaproponowanego przez Markowitza. W klasycznym ujęciu do optymalizacji struktury portfela inwestycyjnego wykorzystuje się parametry rozkładu stóp zwrotu – wartość oczekiwaną i wariancję (odchylenie standardowe). Ze względu na sposób szacowania tych parametrów dla portfela inwestycyjnego proponowana metoda może być również wykorzystana do optymalizacji struktury portfeli przy wykorzystaniu innych zmiennych ryzyka. Wtedy konieczne jest ustalenie zmiennej ryzyka, czyli zmiennej, której wahania odzwierciedlają poziom badanego ryzyka (Jajuga 2007, s. 33).

Ze względu na wagę problemu w niniejszym artykule przedstawiono propozycję metody optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego oraz zastosowano ją do ustalenia optymalnej struktury portfela dla gałęzi przemysłu przetwórczego w latach 2011–2012. Artykuł podzielono na dwie części: metodologiczną i empiryczną. W rozdziale drugim znajduje się wprowadzenie do tematu identyfikacji i pomiaru ryzyka sektorowego. W rozdziale trzecim zaprezentowane zostały metody badawcze służące do optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego, które w kolejnym rozdziale zastosowano w badaniu empirycznym.

## 2. Ryzyko sektorowe i problem jego pomiaru

Działalność gospodarcza wiąże się z różnymi rodzajami ryzyka. W literaturze można się spotkać z różnymi klasyfikacjami ryzyka ze względu na odmienne kryteria (Głuchowski 2001). Zgodnie z jedną z klasyfikacji – według czynników kształtujących ryzyko – wyróżnia się ryzyko systematyczne i niesystematyczne. Ryzyko systematyczne, zwane również rynkowym, wynika z oddziaływania czynników, które nie podlegają kontroli pojedynczych podmiotów gospodarczych i są od nich niezależne. Z kolei ryzyko niesystematyczne, określane również jako specyficzne, jest charakterystyczne dla poszczególnych podmiotów i wiąże się z prowadzoną

przez nie działalnością. W ramach ryzyka rynkowego wskazuje się wiele szczegółowych rodzajów ryzyka, w tym ryzyko polityczne, branżowe, walutowe, siły nabywczej, stopy procentowej.

Ryzyko branżowe, określane również jako sektorowe, jest ryzykiem systematycznym i wynika z bieżącej lub prognozowanej sytuacji w branży, w której działa przedsiębiorstwo. Sytuacja ekonomiczna oraz ryzyko w poszczególnych sektorach stanowią bardzo istotne informacje dla większości uczestników życia społeczno-gospodarczego kraju. Właściwe rozpoznanie ryzyka sektorowego oraz jego wielkość są ważnymi czynnikami branżowymi pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o współpracy przez podmioty gospodarcze, banki, towarzystwa ubezpieczeniowe.

Analiza sytuacji w sektorach gospodarki powinna uwzględniać następujące czynniki (Wiatr 1995):

- bieżącą koniunkturę gospodarczą w sektorze,
- perspektywy rozwoju branży na tle ogólnych tendencji w gospodarce,
- konkurencję w sektorze,
- podatność branży na cykle koniunkturalne, np. wahania cykliczne w rolnictwie i budownictwie wpływające na poziom ryzyka inwestycyjnego,
- wrażliwość sektora na innowacyjność techniczną i technologiczną,
- stopień energochłonności, płynność majątku oraz bariery wejścia do sektora i wyjścia z niego,
- stabilność kosztów wytwarzania w branży,
- uzależnienie od odbiorców (branż, regionów, krajów, grup nabywców),
- siłę związków zawodowych,
- uregulowania systemowe w sektorze (plany prywatyzacyjne bądź nacjonalizacyjne sektora, przepisy podatkowe, instrumenty polityki przemysłowej wobec sektora).

Odzwierciedleniem sytuacji w branżach gospodarki są wyniki ekonomiczno-finansowe funkcjonujących w nich podmiotów gospodarczych. Analiza kondycji ekonomiczno-finansowej sektorów, podobnie jak w przypadku pojedynczych podmiotów gospodarczych, najczęściej prowadzona jest dwutorowo: z jednej strony badane są podstawowe sprawozdania finansowe, a z drugiej strony wykorzystuje się powszechnie znaną analizę wskaźnikową.

Ocena kondycji ekonomiczno-finansowej branży jest złożona i wielowątkowa, w związku z czym istnieje poważny problem z pomiarem tego zjawiska. Badanie powinno uwzględniać wiele kryteriów oraz wykorzystywać różnorodne mierniki efektywności gospodarowania, obejmujące główne obszary działalności ekonomicznej. Kryteria doboru mierników do badania kondycji poszczególnych sektorów gospodarki zależą od podmiotu dokonującego analizy. Ze względu na duże znaczenie przyjętych cech diagnostycznych dla poprawności otrzymanych klasyfikacji oraz dla ich walorów poznawczych ważne jest, by badacz dobrze poznał analizowany sektor gospodarki.

Charakter badania sprawia, że do jego przeprowadzenia należy wykorzystać metody wielowymiarowej analizy statystycznej. Dzięki porównaniu wyników poszczególnych działów gospodarczych możliwe będzie określenie kondycji badanych obiektów za pomocą syntetycznego miernika. Następnie posłuży on do pomiaru i modelowania ryzyka sektorowego oraz do określenia struktury branżowej optymalnego portfela inwestycyjnego.

### 3. Metodyka badań

#### 3.1. Budowa optymalnego portfela inwestycyjnego

Do zarządzania ryzykiem sektorowym i optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego może być wykorzystane, jak stwierdzono we wstępie, rozwiązanie analogiczne do koncepcji Markowitza. Uniwersalność szacowania wartości oczekiwanej oraz wariancji (odchylenia standardowego) zmiennej ryzyka, którą w przypadku teorii Markowitza stanowi stopa zwrotu z inwestycji, sprawia, że taki sposób pomiaru ryzyka portfelowego może być stosowany także wobec innych zmiennych. Ze względu na cel badania, czyli pomiar ryzyka sektorowego portfela i optymalizację jego struktury sektorowej, podstawowym problemem jest odpowiedni dobór zmiennej. Należy również zastosować model pozwalający na opis i prognozę wielowymiarowego rozkładu zmiennej ryzyka.

Procedura optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego zaproponowana przez autora przebiega następująco:

- 1) wyznaczenie indeksu kondycji branż,
- 2) budowa modelu wektorowej autoregresji (VAR) dla indeksów kondycji sektorów,
- 3) prognoza wielowymiarowego rozkładu indeksów kondycji branż,
- 4) oszacowanie struktury branżowej optymalnego portfela inwestycyjnego.

Na pierwszym etapie za pomocą indeksu kondycji, który pełni funkcję zmiennej ryzyka, ocenia się sytuację ekonomiczno-finansową branż. Następnie dla obiektów tworzących sektory gospodarcze szacuje się parametry modelu VAR, w którym rolę zmiennych endogenicznych odgrywają indeksy kondycji branż. Na kolejnym etapie na podstawie modelu VAR wyznacza się prognozy indeksu kondycji oraz wariancje i kowariancje pomiędzy indeksami kondycji sektorów. Na zakończenie szacuje się branżową strukturę optymalnego portfela inwestycyjnego.

#### 3.2. Metody oceny kondycji ekonomiczno-finansowej sektorów

Pomiar ryzyka jest jednym z etapów zarządzania ryzykiem. Na tym etapie dokonuje się oceny poziomu ryzyka (Jajuga 2007, s. 15). Podstawowe znaczenie w szacowaniu poziomu ryzyka ma przyjęcie zmiennej ryzyka. Zmienna ta powinna zostać określona tak, by jej wahania odzwierciedlały poziom badanego ryzyka. W przypadku pomiaru ryzyka sektorowego rolę zmiennej ryzyka może pełnić indeks kondycji ekonomiczno-finansowej branży.

Do budowy indeksu kondycji ekonomiczno-finansowej wykorzystuje się metodę wielowymiarowej analizy statystycznej<sup>1</sup>. W początkowym etapie należy wybrać mierniki cząstkowe, czyli wszystkie dostępne czynniki odzwierciedlające sytuację ekonomiczno-finansową panującą w podmiotach gospodarczych. Następnie klasyfikuje się mierniki ze względu na sposób ich oddziaływania na kondycję branż. W związku z tym określone zostają zmienne o charakterze stymulant, destymulant i nominant. Spośród zaproponowanych zmiennych wybiera się wskaźniki diagnostyczne. W niniejszej pracy do tego celu zastosowano metodę Warda (1963). Jest ona jednym

---

<sup>1</sup> Obszerny przegląd metod wielowymiarowej analizy statystycznej, wykorzystywanych do klasyfikacji podmiotów gospodarczych pod względem kondycji ekonomiczno-finansowej, zawiera praca Kijka (2008).

z wariantów hierarchicznej metody aglomeracyjnej i jedną z najczęściej wykorzystywanych metod przy doborze cech diagnostycznych. Polega na budowie diagramu w kształcie drzewa (dendrogramu) obrazującego powiązania pomiędzy zmiennymi, a następnie jego podziale na skupienia zmiennych, spośród których wybierane są ich reprezentantki.

Na kolejnym etapie dokonuje się normalizacji cech w celu umożliwienia ich agregacji, przy czym w przeprowadzonym badaniu posłużono się unitaryzacją zerowaną. Zaletą tej metody jest unormowanie wartości zmiennej w przedziale [0, 1]. Dzięki temu oraz ze względu na dostosowanie do różnego rodzaju zmiennych jest ona szeroko wykorzystywana w badaniach porównawczych obiektów wielocechowych. Formuły normalizacyjne mają następującą postać (Grabiński 1992, s. 35–36):

– dla stymulant:

$$z_{jk} = \frac{x_{jk} - \min_j \{x_{jk}\}}{\max_j \{x_{jk}\} - \min_j \{x_{jk}\}} \quad (1)$$

– dla destymulant:

$$z_{jk} = \frac{\max_j \{x_{jk}\} - x_{jk}}{\max_j \{x_{jk}\} - \min_j \{x_{jk}\}} \quad (2)$$

– dla nominant z wartością nominalną  $N_k$ :

$$z_{jk} = \begin{cases} \frac{x_{jk} - \min_j \{x_{jk}\}}{N_k - \min_j \{x_{jk}\}}, & \text{gdy } x_{jk} \leq N_k \\ \frac{\max_j \{x_{jk}\} - x_{jk}}{\max_j \{x_{jk}\} - N_k}, & \text{gdy } x_{jk} > N_k \end{cases} \quad (3)$$

– dla nominant z przedziałem nominalnym  $[N_{1k}, N_{2k}]$ :

$$z_{jk} = \begin{cases} \frac{x_{jk} - \min_j \{x_{jk}\}}{N_{1k} - \min_j \{x_{jk}\}}, & \text{gdy } x_{jk} < N_{1k} \\ 1, & \text{gdy } N_{1k} \leq x_{jk} \leq N_{2k} \\ \frac{\max_j \{x_{jk}\} - x_{jk}}{\max_j \{x_{jk}\} - N_{2k}}, & \text{gdy } x_{jk} > N_{2k} \end{cases} \quad (4)$$

gdzie:

- $z_{jk}$  – znormalizowana wartość  $k$ -tej zmiennej w  $j$ -tym obiekcie,
- $x_{jk}$  – pierwotna wartość  $k$ -tej zmiennej w  $j$ -tym obiekcie.

Z powodu występowania obserwacji nietypowych w rozkładach niektórych zmiennych i związanego z tym zagrożenia zniekształceniem wyników pojawił się problem z właściwym dostosowaniem

formuł unitaryzacyjnych. Rozwiązaniem było zastąpienie we wzorach wartości minimalnej i maksymalnej zmiennej odpowiadającymi im wielkościami z rozkładów, powstałymi po wyeliminowaniu obserwacji skrajnych oraz przy uwzględnieniu specyfiki wskaźników. Obserwacje skrajne zidentyfikowano na podstawie graficznej analizy rozkładów wskaźników. W przypadku występowania wartości mniejszych od nowej wartości minimalnej oraz większych od nowej wartości maksymalnej zastępowano je wyznaczonymi wielkościami ekstremalnymi.

Następnie dla wybranego zestawu zmiennych buduje się syntetyczny miernik kondycji branż, określany jako indeks kondycji. Agregację przeprowadzono za pomocą formuł bezwzorcowych, które uśredniają znormalizowane wartości zmiennych przy wykorzystaniu systemu wag. W badaniu wagi obliczono według następującego wzoru (Grabiński 1992, s. 141):

$$z_j = \sum_{k=1}^K \alpha_k z_{jk} \quad (5)$$

gdzie:

$z_j$  – wartość zmiennej syntetycznej dla  $j$ -tego obiektu,

$\alpha_k$  – waga nadana  $k$ -tej zmiennej zgodnie z poniższą formułą (Grabiński 1992, s. 34):

$$\alpha_k = \frac{V_k}{\sum_{k=1}^K V_k} \quad (6)$$

gdzie  $V_k$  oznacza współczynnik zmienności  $k$ -tej zmiennej.

Tak skonstruowany miernik syntetyczny przyjmuje wartości z przedziału  $\langle 0, 1 \rangle$ . Jeżeli jego wartość zbliżona jest do jedności, oznacza to wysoki poziom kondycji, a jeśli wartość jest bliska zera, świadczy to o słabej kondycji. W związku z tym wartość miernika może odzwierciedlać stopień natężenia badanego zjawiska, a w prowadzonym badaniu – poziom kondycji sektorów. Otrzymany indeks kondycji branż w dalszym postępowaniu został zastosowany jako zmienna ryzyka.

### 3.3. Modelowanie i prognozowanie indeksów kondycji branż

Zastosowanie indeksu kondycji branż jako zmiennej ryzyka pozwala na pomiar, modelowanie oraz prognozowanie poziomu ryzyka sektorowego. Sektory gospodarcze tworzą system obiektów, między którymi zachodzą różnokierunkowe powiązania. W związku z tym do badania zależności sytuacji ekonomiczno-finansowej branż można wykorzystać model wektorowej autoregresji VAR. Model VAR został sformułowany przez Simsa (1980) jako model wielorównaniowy, w którym każda ze zmiennych endogenicznych jest wyjaśniana przez swoje własne opóźnienia oraz opóźnienia pozostałych zmiennych endogenicznych. Ma on zastosowanie w modelowaniu zmiennych stacjonarnych. W przypadku gdy model VAR wykorzystuje się do prognozowania, tak jak w proponowanej przez autora procedurze, jest on również odpowiedni dla zmiennych niestacjonarnych (Lütkepohl 2005, s. 258).

Model VAR( $p$ ) uzupełniony zmiennymi deterministycznymi przedstawia się następująco:

$$z_t = A_0 D_t + A_1 z_{t-1} + A_2 z_{t-2} + \dots + A_p z_{t-p} + e_t \quad (7)$$

gdzie:

- $z_t$  – wektor obserwacji bieżących wartości  $m$  zmiennych endogenicznych  $z_t = [z_{1t} \ z_{2t} \ \dots \ z_{mt}]'$ ,
- $D_t$  – wektor zmiennych deterministycznych (wyraz wolny, zmienna czasowa, zmienne 0-1, zmienne sezonowe),
- $A_0$  – macierz parametrów przy zmiennych deterministycznych,
- $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ) – macierz parametrów przy  $i$ -tych opóźnieniach zmiennych endogenicznych,
- $e_t$  – wektor składników losowych  $e_t = [e_{1t} \ e_{2t} \ \dots \ e_{mt}]'$  (proces białoszumowy).

Rząd opóźnienia dla modelu VAR wybrano na podstawie statystyki sekwencyjnie stosowanego testu ilorazu wiarygodności (LR) oraz kryteriów informacyjnych Akaike'a (AIC), Schwarz'a (SIC) i Hannana-Quinna (HQC). Przeprowadzono także test na występowanie autokorelacji składnika losowego (Ljunga-Boxa) oraz test normalności rozkładu składnika losowego (Doornika-Hansena).

Model VAR został wykorzystany w dalszej kolejności do wyznaczenia prognoz indeksów kondycji analizowanych sektorów. Prognozę sporządza się według poniższej formuły:

$$\hat{z}_t(h) = \hat{A}_0 D_t + \hat{A}_1 \hat{z}_t(h-1) + \hat{A}_2 \hat{z}_t(h-2) + \dots + \hat{A}_p \hat{z}_t(h-p) \quad (8)$$

przy czym:

$$\hat{z}_t(j) = z_{t+j} \text{ dla } j \leq 0$$

gdzie:

- $\hat{z}_t(h)$  – wektor prognoz zmiennych endogenicznych,
- $h$  – horyzont prognozy,
- $\hat{A}_i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, p$ ) – macierze parametrów.

Macierz średniokwadratowych błędów prognozy (MSE) szacowana jest następująco:

$$\hat{\Sigma}_z(h) = \sum_{i=0}^{h-1} \hat{\phi}_i \hat{\Sigma}_e \hat{\phi}_i' \quad (9)$$

gdzie:

- $\hat{\Sigma}_z(h)$  – macierz średniokwadratowych błędów prognozy,
- $\hat{\phi}_i$  – macierze parametrów w reprezentacji średniej ruchomej (MA) modelu,
- $\hat{\Sigma}_e$  – macierz kowariancji wektora składników losowych.

Macierz MSE zawiera oczekiwane wariancje i kowariancje pomiędzy zmiennymi endogenicznymi w okresie objętym prognozą.

### 3.4. Struktura sektorowa portfela optymalnego

Zarządzanie ryzykiem sektorowym portfela jest jednym z najważniejszych aspektów działalności inwestorów. Dążąc do minimalizacji ryzyka w tym zakresie, powinni brać pod uwagę sytuację ekonomiczno-finansową w poszczególnych sektorach oraz powiązania pomiędzy nimi. Dlatego odpowiednią zmienną do pomiaru ryzyka jest indeks kondycji branż. Parametry w rozkładach jednowymiarowych tak przyjętej zmiennej ryzyka odzwierciedlają oczekiwaną sytuację branż (wartość

oczekiwana) oraz ryzyko branżowe (wariancja lub odchylenie standardowe), a kowariancje wyznaczone z rozkładu wielowymiarowego mierzą stopień powiązań między branżami. Na podstawie parametrów wielowymiarowego rozkładu indeksów kondycji branż tworzących portfel wyznacza się oczekiwany poziom indeksu kondycji oraz wariancję indeksu kondycji całego portfela zgodnie z poniższymi wzorami:

$$Z_p = \sum_{j=1}^m u_j z_j \quad (10)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^m u_j u_l \sigma_{jl} = \sum_{j=1}^m u_j^2 \sigma_j^2 + \sum_{j=1}^m \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^m u_j u_l \sigma_{jl} \quad (11)$$

lub

$$\sigma_p^2 = \sum_{j=1}^m u_j^2 \sigma_j^2 + \sum_{j=1}^m \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq j}}^m u_j u_l \sigma_j \sigma_l \rho_{jl} \quad (12)$$

przy czym:

$$\rho_{jl} = \frac{\sigma_{jl}}{\sigma_j \sigma_l} \quad (13)$$

gdzie:

- $Z_p$  – oczekiwany poziom indeksu kondycji portfela inwestycyjnego,
- $z_j$  – wartość indeksu kondycji dla  $j$ -tego sektora,
- $u_j$  – udział aktywów  $j$ -tego sektora w portfelu,
- $\sigma_p^2$  – wariancja indeksu kondycji portfela inwestycyjnego,
- $\sigma_{jl}$  – kowariancja indeksów kondycji dla  $j$ -tego i  $l$ -tego sektora,
- $\rho_{jl}$  – współczynnik korelacji indeksów kondycji dla  $j$ -tego i  $l$ -tego sektora.

Wzór (10) pozwala na obliczenie wartości indeksu kondycji portfela jako średniej ważonej z indeksów kondycji dla poszczególnych sektorów wchodzących w jego skład, przy czym wagami są udziały aktywów badanych sektorów w portfelu. Ze wzoru na wariancję portfela (11 i 12) wynika natomiast, że jest ona sumą dwóch składowych: średniej ważonej wariancji indeksów kondycji wszystkich sektorów oraz średniej ważonej kowariancji między indeksami kondycji. Widać więc, że ujemne zależności korelacyjne pomiędzy parami indeksów kondycji branż wpływają na zmniejszenie ryzyka portfela.

Indeksy kondycji dla analizowanych sektorów można ująć w wektorze  $Z$ , z kolei odpowiadające im udziały aktywów w portfelu w wektorze  $u$ . Wartość oczekiwaną wektora  $Z$  oznaczmy jako  $E(Z) = \mu$ , a jego macierz kowariancji jako  $V(Z) = \Sigma$ . Wartość oczekiwaną oraz wariancję indeksu kondycji portfela zapisuje się wtedy następująco:

$$Z_p = u' \mu \quad (14)$$

$$\sigma_p^2 = u' \Sigma u \quad (15)$$

Przy takim podejściu do optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego nie można wskazać jednego portfela optymalnego, ale można określić zbiór portfeli efektywnych pod względem indeksu kondycji branż i ryzyka branżowego. Należą do nich portfele, które maksymalizują



wartość indeksu kondycji przy danym ryzyku albo minimalizują ryzyko przy danej wartości indeksu kondycji. Zbiór portfeli efektywnych obrazuje wykres 1 w Aneksie.

Portfele znajdujące się na granicy efektywności charakteryzują się najlepszymi parametrami. Oznacza to, że dla danej wartości indeksu kondycji portfela mają one najmniejszy możliwy do uzyskania poziom ryzyka sektorowego. Pozostałe portfele (np. w punkcie C) cechują się tym, że istnieją od nich portfele efektywniejsze – albo z powodu niższego ryzyka (np. w punkcie A), albo z powodu wyższego poziomu indeksu kondycji (np. w punkcie B). Przemieszczając się wzdłuż linii wyznaczającej granicę efektywności z punktu A do B, przechodzimy od portfeli zachowawczych, o mniejszym minimalnym poziomie ryzyka sektorowego, do portfeli agresywnych, wybieranych przez inwestorów o wyższej skłonności do ryzyka.

Określenie struktury sektorowej portfeli leżących na granicy efektywności sprowadza się do wyznaczenia portfeli o minimalnej wariancji indeksu kondycji przy ustalonym średnim poziomie indeksu kondycji. Wymaga to rozważenia poniższego problemu (Cochrane 2001, s. 84):

$$\min_u u' \Sigma u \quad (16)$$

przy następujących warunkach:

$$l' u = 1 \quad (17)$$

$$u' \mu = Z_p \quad (18)$$

gdzie:

$u$  – wektor udziałów aktywów badanych sektorów w portfelu,

$l$  – wektor jedynekowy.

Przy wykorzystaniu funkcji Lagrange'a rozwiązanie można zapisać jako (Campbell, Lo, MacKinlay 1997, s. 185):

$$u^{\text{opt}}(Z_p) = Z_p u_1 + u_2 \quad (19)$$

gdzie:

$$u_1 = \frac{1}{ac - b^2} \Sigma^{-1} (a\mu - bl) \quad (20)$$

$$u_2 = \frac{1}{ac - b^2} \Sigma^{-1} (-b\mu + cl) \quad (21)$$

przy czym:

$$a = l' \Sigma^{-1} l, \quad b = l' \Sigma^{-1} \mu \quad \text{oraz} \quad c = \mu' \Sigma^{-1} \mu \quad (22)$$

Wariancja portfela znajdującego się na granicy efektywności z oczekiwaną wartością indeksu kondycji  $Z_p$  jest równa:

$$\sigma_p^2(Z_p) = (Z_p u_1 + u_2)' \Sigma (Z_p u_1 + u_2) \quad (23)$$

Przy obliczaniu struktury sektorowej portfeli optymalnych za pomocą przedstawionej metody przyjęto dodatkowo założenie o udziałach aktywów poszczególnych gałęzi spełniających następujące warunki:

$$0 \leq u_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (24)$$

Jeżeli do pomiaru ryzyka wykorzystuje się wariancję  $\sigma_p^2$ , to funkcja wyznaczająca granicę efektywności jest parabolą (por. wykres 1). W sytuacji, gdy miarę ryzyka stanowi odchylenie standardowe  $\sigma_p$ , funkcja ta jest hiperbolą.

## 4. Optymalizacja struktury gałęziowej portfela inwestycyjnego

### 4.1. Źródła informacji i charakterystyka danych

Badanie kondycji ekonomiczno-finansowej gałęzi polskiego przemysłu przetwórczego przeprowadzono na podstawie danych pochodzących z informatorów *Wyniki finansowe podmiotów gospodarczych* opublikowanych przez Główny Urząd Statystyczny w latach 1998–2010. Źródłem informacji są w nich sprawozdania sporządzane na formularzu F-01/I-01 przez podmioty prowadzące księgi rachunkowe i zatrudniające powyżej 9 osób. Zakres czasowy analizy obejmował 26 półroczy w okresie od początku 1998 r. do końca 2010 r.

Objektami badania były gałęzie polskiego przemysłu przetwórczego. Działy zgrupowane w sekcji D – Przetwórstwo przemysłowe podzielono na pięć gałęzi. Ze względu na zmianę klasyfikacji PKD w 2007 r. należało zmienić klasyfikację działów w taki sposób, aby zapewnić ciągłość i porównywalność otrzymanych wyników. Analiza dotyczyła działów grupujących przedsiębiorstwa zatrudniające powyżej 49 osób. Wykaz obiektów badawczych prezentuje tabela 1 w Aneksie.

Informatory *Wyniki finansowe podmiotów gospodarczych* zawierają dane o przychodach, kosztach i wynikach finansowych oraz aktywach, pasywach i nakładach na środki trwałe podmiotów prowadzących działalność gospodarczą. Dane te posłużyły autorowi do obliczenia wskaźników, które wykorzystał do oceny kondycji ekonomiczno finansowej gałęzi przemysłu przetwórczego.

### 4.2. Ocena kondycji ekonomiczno-finansowej gałęzi przemysłu przetwórczego

Na początkowym etapie badania wskazano mierniki opisujące poziom kondycji ekonomiczno-finansowej branż. Przy doborze mierników do badania uwzględniono zarówno przesłanki merytoryczne, jak i statystyczne. W rezultacie wybrane zostały wskaźniki opisujące różne aspekty działalności przedsiębiorstw. Ze względu na kompleksowość i skuteczność metod analizy wskaźnikowej w ocenie sytuacji ekonomiczno-finansowej obiektów wzięto pod uwagę przede wszystkim wskaźniki finansowe. Ważnym czynnikiem przy doborze wskaźników była dostępność danych statystycznych stosowanych do ich obliczania.

Zastosowane zostały mierniki należące do pięciu grup wskaźników: płynności, zdolności do obsługi długu, obrotowości, rentowności (Karpus, Węclawski 1995; Sierpińska, Jachna 1997) oraz uzupełniających. Cztery pierwsze grupy zawierają klasyczne wskaźniki prezentowane w literatu-

rze i wykorzystywane w analizie finansowej. Wskaźniki płynności finansowej obrazują stopień wypłacalności przedsiębiorstw, czyli zdolność do wywiązywania się ze zobowiązań za pomocą płynnych zasobów firmy. Spośród wskaźników zdolności do obsługi długu wykorzystano wskaźniki charakteryzujące strukturę finansowania majątku kapitałami własnymi i zobowiązaniami oraz wskaźniki opisujące zdolność przedsiębiorstwa do spłaty kredytów wraz z odsetkami. Wskaźniki obrotowości umożliwiają badanie gospodarowania posiadanymi zasobami majątkowymi. Wskaźniki rentowności służą do oceny finansowej efektywności działalności gospodarczej przez odniesienie poziomu wypracowanego zysku do przychodów ze sprzedaży, wartości majątku lub zaangażowanego kapitału właścicieli. Ostatnia grupa, wskaźniki uzupełniające, obejmuje stopę inwestycji, indeks dynamiki sprzedaży oraz udział liczby przedsiębiorstw z zyskiem netto w całkowitej liczbie przedsiębiorstw w branży. Uwzględnienie stopy inwestycji zostało podyktowane tym, że miernik ten odzwierciedla potencjał produkcyjno-usługowy oraz decyduje o możliwościach rozwoju branży. Z kolei wyznaczenie indeksów dynamiki sprzedaży pozwala na stwierdzenie, w jakiej fazie rozwojowej znajdują się poszczególne sektory. Dlatego policzone zostały indeksy dynamiki przychodów ze sprzedaży, które skorygowano o wskaźnik inflacji w celu wyeliminowania jej wpływu na badane zjawisko. Wskaźnik udziału przedsiębiorstw rentownych został potraktowany jako uzupełnienie wskaźników z grupy rentowności. Przy wyborze wskaźników wzięto pod uwagę również ich porównywalność pomiędzy branżami oraz dostępność danych do ich wyznaczenia w całym okresie badania.

Klasyfikację mierników poprzedziła wnikliwa analiza sposobu ich oddziaływania na kondycję branż. W związku z tym zmienne podzielono na stymulanty, destymulanty i nominanty. Zestawienie wskaźników, ich formuł obliczeniowych i charakteru oddziaływania<sup>2</sup> przedstawia tabela 2.

Spośród zaproponowanych 14 wskaźników wybrano, za pomocą metody Warda, cztery wskaźniki diagnostyczne: rotacji majątku obrotowego, rentowności sprzedaży brutto, dynamiki sprzedaży oraz wskaźnika WPS. Poddano je normalizacji za pomocą unitaryzacji zerowanej przy uwzględnieniu ich sposobu oddziaływania na sytuację ekonomiczno-finansową. Na tej podstawie dla każdego obiektu wyznaczono metodą bezwzorcową syntetyczny miernik kondycji określany jako indeks kondycji. Poziomy indeksu kondycji dla badanych gałęzi przetwórstwa przemysłowego zostały przedstawione na wykresie 2.

Najlepszą kondycją w latach 1998–2010 wyróżniał się przemysł chemiczny. Z kolei w najgorszej sytuacji ekonomiczno-finansowej były: przemysł lekki oraz przemysł elektromaszynowy. Pozostałe gałęzie przemysłu przetwórczego: przemysł spożywczy oraz przemysł drzewno-papierniczy, odznaczały się średnimi poziomami indeksu kondycji.

### 4.3. Model VAR dla indeksów kondycji gałęzi przemysłu przetwórczego

W celu wyznaczenia prognoz indeksów kondycji dla pięciu gałęzi przemysłu przetwórczego posłużono się modelem VAR. Biorąc pod uwagę długość próby, maksymalną wartość opóźnienia dla modelu ustalono na poziomie równym trzy. Wartości kryteriów wyboru rzędu opóźnienia w modelu VAR przedstawiono w tabeli 3.

<sup>2</sup> W przypadku nominant, przyjmując przedziały wartości nominalnych, oparto się na pracy Sierpińskiej i Wędzkiego (1999).

Na podstawie wartości statystyki testu LR i kryteriów informacyjnych ustalono rząd opóźnienia w modelu VAR na poziomie trzech. W kolejnym kroku zostały oszacowane parametry modelu VAR z wyrazem wolnym oraz zmienną sezonową  $s_2$ . Następnie sekwencyjnie usunięto nieistotne zmienne poszczególnych równań (poziom istotności 0,10), w wyniku czego otrzymano model VAR, którego parametry wraz ze statystykami testowymi rozkładu składnika losowego przedstawia tabela 4.

Model VAR oraz jego pojedyncze równania charakteryzują się pożądanymi własnościami składnika losowego, a skorygowany współczynnik determinacji poszczególnych równań modelu osiąga stosunkowo wysokie wartości. Otrzymanie modelu VAR o satysfakcjonujących własnościach pozwoliło na wykorzystanie go do wyznaczenia prognoz. Prognozy indeksu kondycji oszacowane dla lat 2011–2012 zilustrowano na wykresie 3.

Prognozy indeksu kondycji wskazują, że najlepszą sytuacją ekonomiczno-finansową będą się odznaczać: przemysł chemiczny oraz przemysł spożywczy. Można więc oczekiwać, że aktywa tych gałęzi przemysłu będą miały największy udział w optymalnym portfelu inwestycyjnym. Z powodu najniższego oczekiwanego poziomu kondycji przemysłu lekkiego i przemysłu elektromaszynowego należy się z kolei spodziewać niskiego lub zerowego udziału aktywów tych gałęzi w portfelu optymalnym.

#### 4.4. Prognoza struktury gałęziowej portfeli optymalnych w latach 2011–2012

Obliczone na podstawie modelu VAR prognozy indeksów kondycji gałęzi przemysłu przetwórczego oraz parametrów ich wielowymiarowego rozkładu posłużyły do oszacowania struktury branżowej optymalnych portfeli inwestycyjnych w latach 2011–2012. Strukturę tę wyznaczono przy ustalonych wartościach indeksu kondycji portfela  $Z_p$  z zakresu  $\langle z_{\min}, z_{\max} \rangle$ . Ustalając strukturę portfeli, dokonano optymalizacji w obszarze  $0 \leq u_j \leq 1, j = 1, 2, \dots, m$ . Wykresy 4–11 prezentują portfele optymalne ze względu na relacje między poziomem indeksu kondycji i wariancją indeksu kondycji oraz strukturę branżową portfeli optymalnych przy ustalonych poziomach indeksu kondycji w latach 2011–2012. Na wykresach obrazujących optymalną strukturę pionowa pogrubiona linia oznacza granicę pomiędzy portfelami nieefektywnymi (na lewo od linii) a portfelami efektywnymi (na prawo od linii), czyli portfelami o maksymalnej wartości indeksu kondycji przy ustalonej wariancji indeksu kondycji.

Struktura portfeli efektywnych dla I półrocza 2011 r. pokazuje, że najmniej ryzykowne portfele zawierają przede wszystkim aktywa przemysłu drzewno-papierniczego (około 50–60%) oraz przemysłu spożywczego (około 25–35%). Zwiększenie poziomu ryzyka i tym samym przemieszczenie się w kierunku portfeli o wyższym poziomie indeksu kondycji powoduje wzrost udziału aktywów przemysłu chemicznego, kosztem wymienionych wcześniej gałęzi. Portfele efektywne dla II półrocza 2011 r. zawierają aktywa przemysłu spożywczego oraz przemysłu drzewno-papierniczego. W przypadku portfeli najmniej ryzykownych udziały obydwu gałęzi wynoszą po około 50%, a w portfelach najbardziej ryzykownych dominują aktywa pierwszej gałęzi. W 2012 r. struktura portfeli efektywnych kształtuje się tak samo jak dla 2011 r. Jediną różnicą jest obecność w strukturze portfeli dla II półrocza dodatkowo aktywów przemysłu chemicznego, którego udziały są podobne

jak udziały aktywów przemysłu drzewno-papierniczego. Charakterystyczny jest brak w strukturze portfeli efektywnych dla lat 2011–2012 aktywów przemysłu lekkiego i przemysłu elektromaszynowego. Wynika to z niskich wartości prognoz indeksu kondycji dla tych gałęzi przy stosunkowo wysokim ryzyku mierzonym wariancją indeksów kondycji.

## 5. Podsumowanie

Zaprezentowana w pracy metoda pozwala na ocenę ryzyka sektorowego portfela inwestycyjnego oraz na optymalizację jego struktury branżowej. Należy pamiętać, że metoda ta może jedynie wspomagać decyzje inwestorów w kształtowaniu struktury branżowej ich portfeli. Największe kontrowersje może budzić wybór zmiennej zastosowanej do pomiaru poziomu ryzyka sektorowego. Ze względu na brak możliwości bezpośredniego pomiaru ryzyka branżowego autor podjął się zbudowania zmiennej, która w największym stopniu odzwierciedliłaby poziom badanego ryzyka. Rozwiązaniem sytuacji było zastosowanie metod wielowymiarowej analizy statystycznej, które zostały wykorzystane do oceny sytuacji ekonomiczno-finansowej sektorów gospodarczych i w dalszej kolejności do pomiaru ryzyka.

Otrzymane wyniki w odniesieniu do kondycji ekonomiczno-finansowej gałęzi przemysłu oraz ich wpływ na strukturę branżową portfeli inwestycyjnych wskazują, że trzy gałęzie: przemysł chemiczny, przemysł spożywczy i przemysł drzewno-papierniczy, odznaczały się lepszą sytuacją ekonomiczno-finansową w latach 1998–2010 oraz wyższymi poziomami prognoz indeksu kondycji dla lat 2011–2012 niż dwie pozostałe. Znajduje to również odzwierciedlenie w strukturze portfeli efektywnych, w których wspomniane trzy gałęzie mają największy udział. Dwie pozostałe gałęzie: przemysł elektromaszynowy i przemysł lekki, charakteryzują się słabszą sytuacją ekonomiczno-finansową w badanym okresie oraz gorszymi prognozami kondycji. Słaba kondycja w połączeniu ze stosunkowo wysokim ryzykiem sprawia, że brakuje aktywów tych gałęzi w portfelach efektywnych. Oszacowana struktura branżowa portfeli inwestycyjnych może stanowić dla inwestorów ważną informację o pożądanym kierunku dywersyfikacji portfela.

Zastosowanie zaproponowanej metody do bardziej szczegółowych analiz napotyka pewne ograniczenia. Ze względu na zastosowanie modelu VAR do modelowania i prognozowania indeksu kondycji sektorów w przypadku zwiększenia liczby branż pojawi się konieczność wydłużenia szeregu czasowego. Można tego dokonać przez dodanie historycznych danych albo poprzez zwiększenie ich częstotliwości. Niestety, specyfika indeksu kondycji i danych wykorzystanych do jego obliczenia nie pozwala na zastosowanie żadnej z dwóch możliwości, ponieważ nie ma porównywalnych danych finansowych.

Przedstawiona procedura oceny ryzyka sektorowego oraz dywersyfikacji branżowej ryzyka portfelowego może być z powodzeniem wykorzystana do zarządzania innymi rodzajami ryzyka. Należy wtedy dokonać właściwej identyfikacji czynników ryzyka oraz określić sposób jego pomiaru.

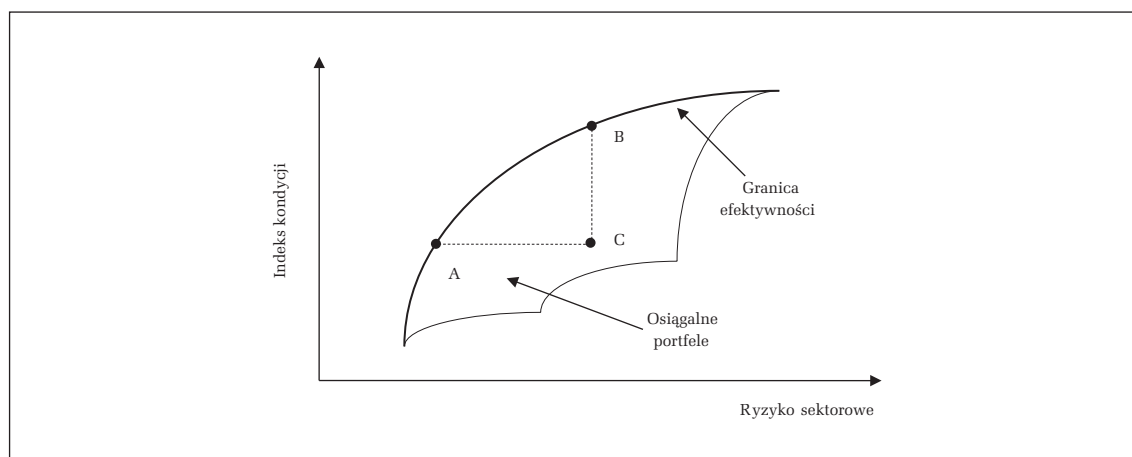
## Bibliografia

- Campbell J.Y., Lo A.W., MacKinlay A.C. (1997), *The econometrics of financial markets*, Princeton University Press, Princeton.
- Cochrane J.H. (2001), *Asset pricing*, Princeton University Press, Princeton.
- Dębski W. (2001), *Rynek finansowy i jego mechanizmy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Düllmann K., Masschelein N. (2006), *Sector concentration in loan portfolios and economic capital*, National Bank of Belgium, Working Paper Research, 105, November.
- Głuchowski J., red. (2001), *Leksykon finansów*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Grabiński T. (1992), *Metody taksonometrii*, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków.
- Jajuga K., red. (2007), *Zarządzanie ryzykiem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Karpuś P., Węclawski J., red. (1995), *Wybrane problemy zarządzania bankami i przedsiębiorstwami*, Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- Kijek A., Kijek T. (2008), Koncentracja branżowa jako element zarządzania ryzykiem portfela kredytowego w praktyce polskich banków – propozycja metodyki analizy, *Bank i Kredyt*, 7, 28–36.
- Kijek A. (2008), *Modelowanie ryzyka portfela kredytowego banków w ujęciu branżowym*, Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- Lütkepohl H. (2005), *New introduction to multiple time series analysis*, Springer, Berlin.
- Markowitz H. (1952), Portfolio selection, *Journal of Finance*, 7(1), March, 77–91.
- Markowitz H. (1959), *Portfolio selection: efficient diversification of investment*, Yale University Press, New Haven.
- Sharpe W.F. (1970), *Portfolio theory and capital markets*, McGraw-Hill, New York.
- Sierpińska M., Jachna T. (1997), *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Sierpińska M., Wędzki D. (1999), *Zarządzanie płynnością finansową w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Sims C.A. (1980), Macroeconomics and reality, *Econometrica*, 48(1), 1–48.
- Strahl D. (1996), *Modele zarządzania bankiem (model Triada)*, Wydawnictwo AE we Wrocławiu, Wrocław.
- Tarczyński W. (2002), *Fundamentalny portfel papierów wartościowych*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Ward J. (1963), Hierarchical grouping to optimize an objective function, *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.
- Wiatr M.S. (1995), Ograniczanie koncentracji kredytowej banku, *Bank i Kredyt*, 12, 33–37.

## Aneks

Wykres 1

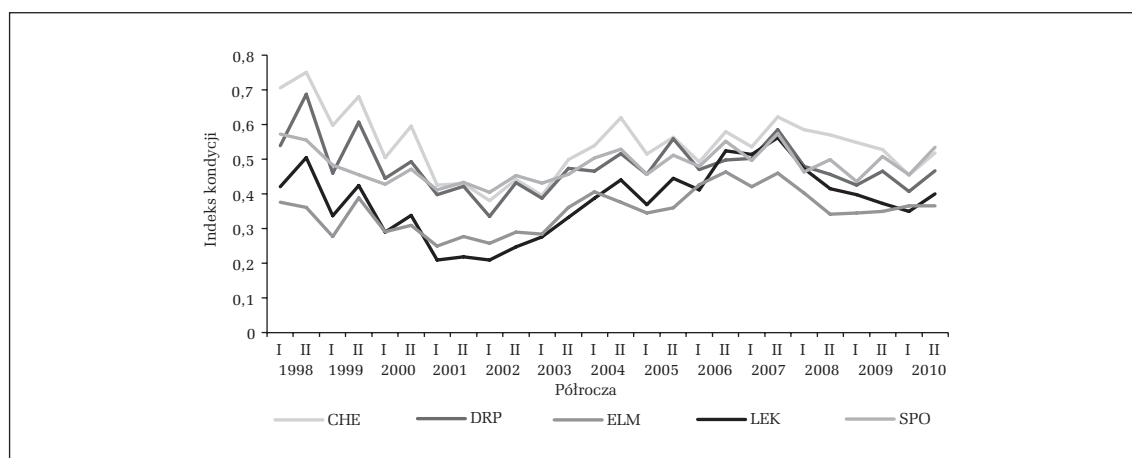
Zbiór portfeli inwestycyjnych ze względu na indeks kondycji i poziom ryzyka sektorowego



Źródło: opracowano na podstawie: Tarczyński (2002), Dębski (2001).

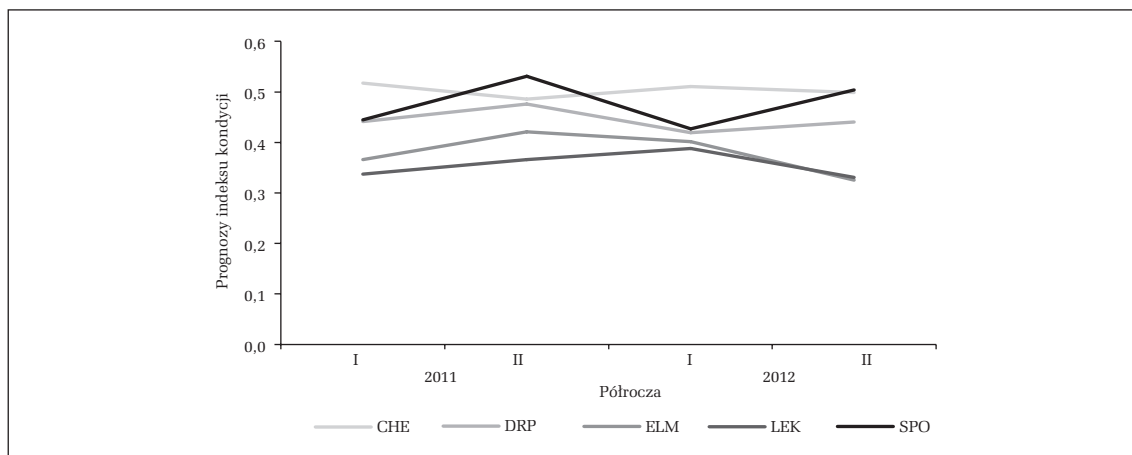
Wykres 2

Wartości indeksu kondycji dla gałęzi przemysłu przetwórczego w latach 1998–2010



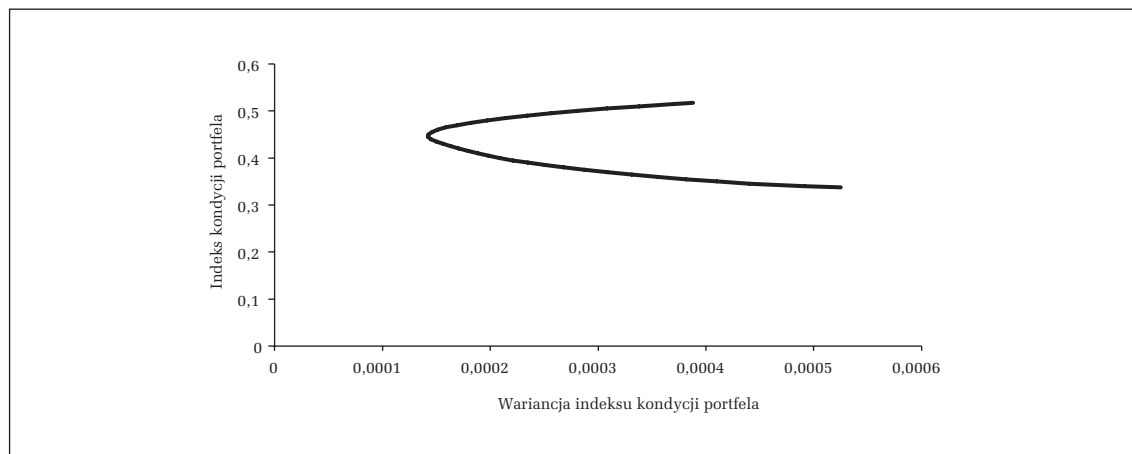
Wykres 3

Prognozy indeksu kondycji dla gałęzi przemysłu przetwórczego w latach 2011–2012



Wykres 4

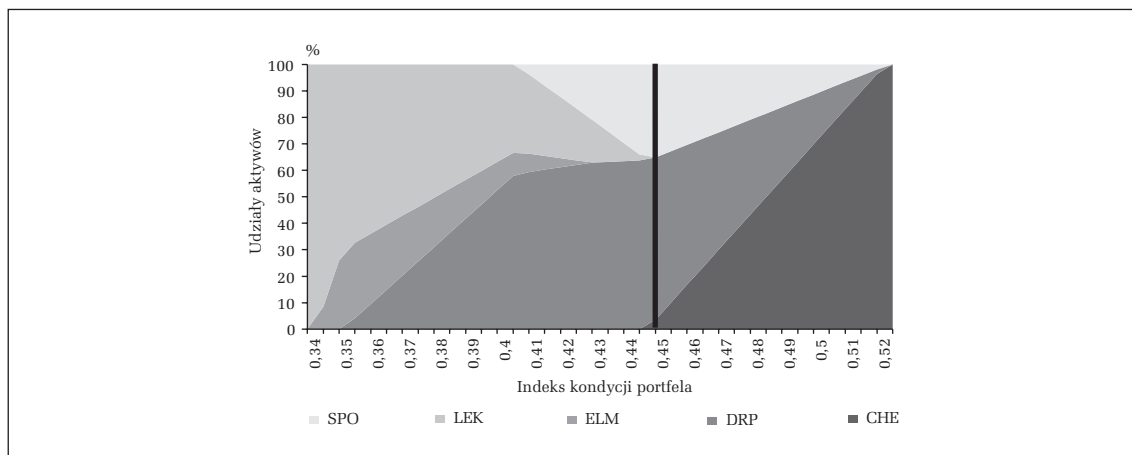
Zbiór portfeli inwestycyjnych optymalnych ze względu na poziom indeksu kondycji i ryzyko dla I półrocza 2011 r.





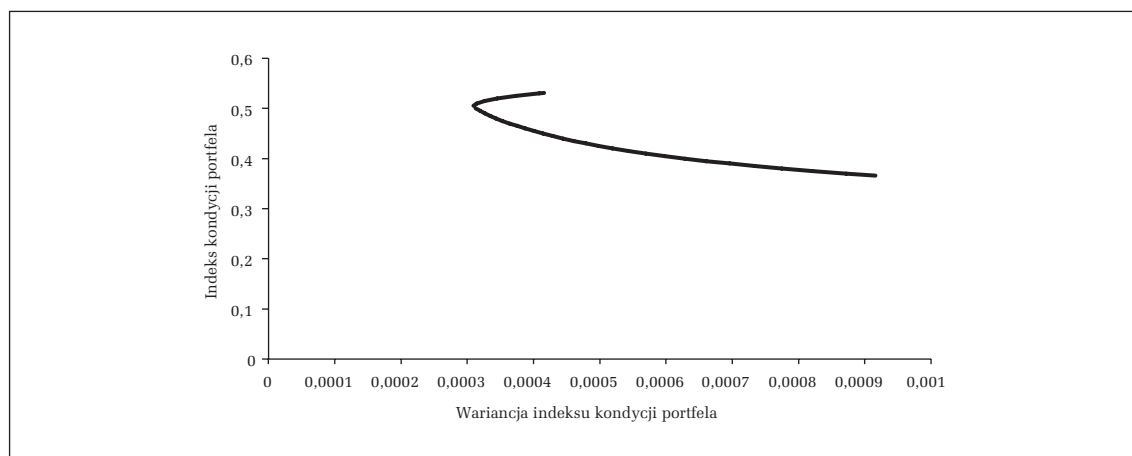
Wykres 5

Struktura branżowa portfeli optymalnych dla I półrocza 2011 r.



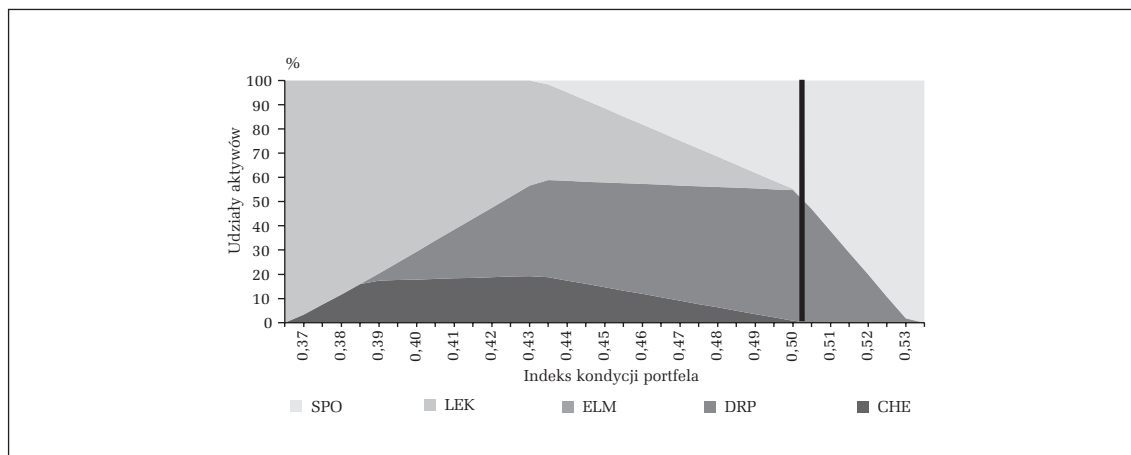
Wykres 6

Zbiór portfeli inwestycyjnych optymalnych ze względu na poziom indeksu kondycji i ryzyko dla II półrocza 2011 r.



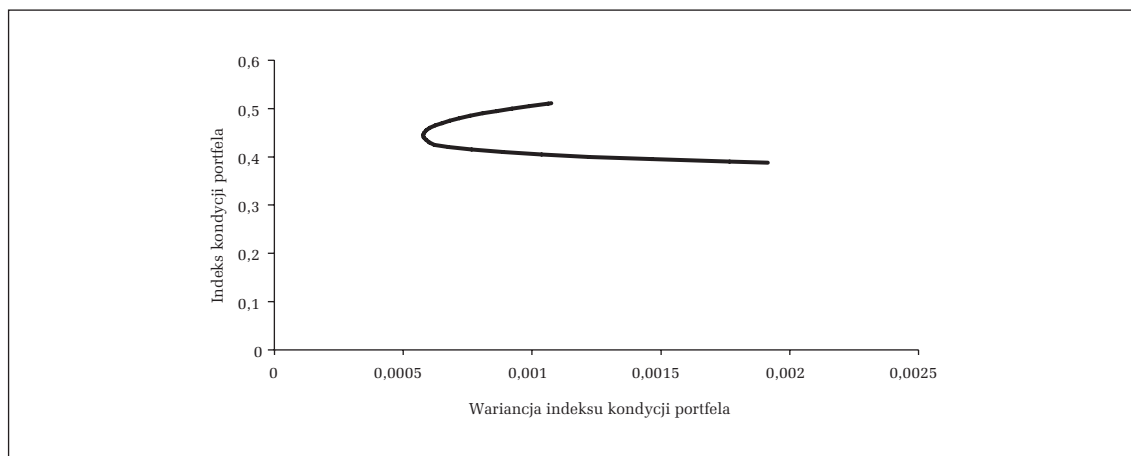
Wykres 7

Struktura branżowa portfeli optymalnych dla II półrocza 2011 r.



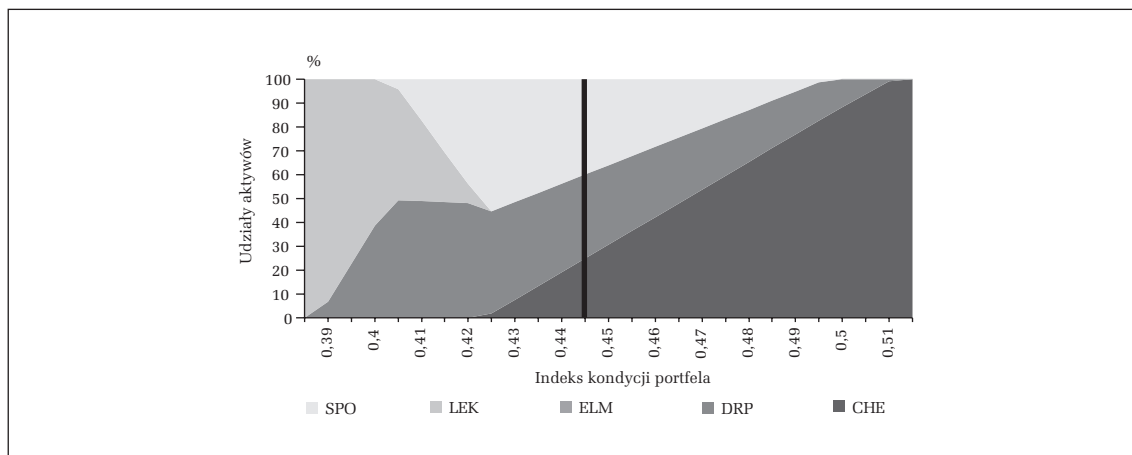
Wykres 8

Zbiór portfeli inwestycyjnych optymalnych ze względu na poziom indeksu kondycji i ryzyko dla I półrocza 2012 r.



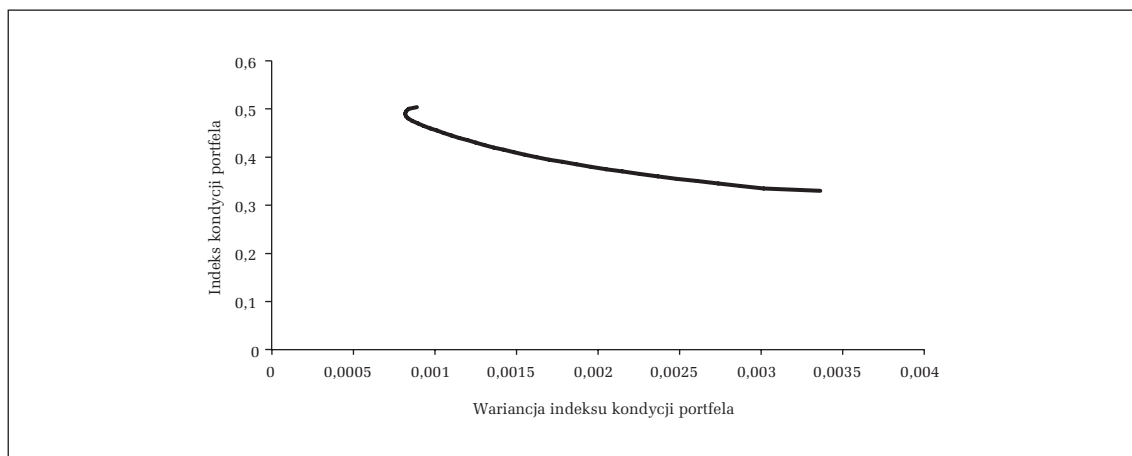
Wykres 9

Struktura branżowa portfeli optymalnych dla I półrocza 2012 r.



Wykres 10

Zbiór portfeli inwestycyjnych optymalnych ze względu na poziom indeksu kondycji i ryzyko dla II półrocza 2012 r.



Wykres 11

Struktura branżowa portfeli optymalnych dla II półrocza 2012 r.

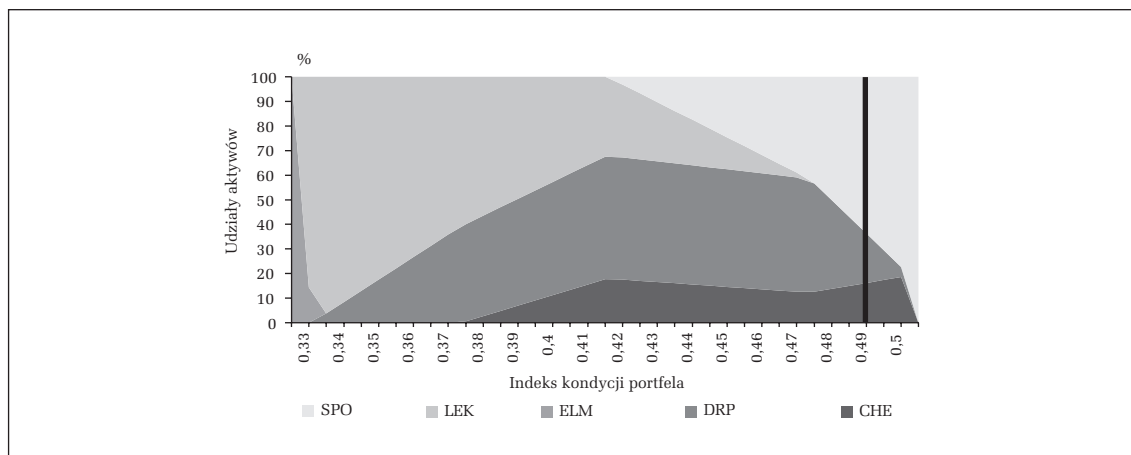


Tabela 1

Lista obiektów badawczych

| Nr obiektu | Symbol obiektu | Nazwa obiektu                |
|------------|----------------|------------------------------|
| 1          | CHE            | Przemysł chemiczny           |
| 2          | DRP            | Przemysł drzewno-papierniczy |
| 3          | ELM            | Przemysł elektromaszynowy    |
| 4          | LEK            | Przemysł lekki               |
| 5          | SPO            | Przemysł spożywczy           |

Źródło: opracowano na podstawie schematu klasyfikacji PKD GUS.

Tabela 2

Lista zmiennych wykorzystanych do badania kondycji branż

| Nr zm. | Grupa mierników                | Symbol zmiennej | Nazwa zmiennej  | Formuła obliczeniowa   | Charakter zmiennej |
|--------|--------------------------------|-----------------|---|--|--------------------|
| 1      | Płynność                       | WPB             | Wskaźnik płynności bieżącej   | aktywa bieżące/<br>zobowiązania bieżące  | N(1,5 – 2,0)       |
| 2      |                                | WPS             | Wskaźnik szybki   | (aktywa bieżące –<br>zapasy)/ zobowiązania<br>bieżące  | N(1,0 – 1,5)       |
| 3      | Zdolność do obsługi zadłużenia | WZU             | Wskaźnik udziału długu w przychodach ze sprzedaży                   | (długo- i krótkoterminowe kredyty, pożyczki i emisje dłużnych papierów wartościowych)/ przychody ze sprzedaży    | D                  |
| 4      |                                | WZP             | Wskaźnik pokrycia długu nadwyżką finansową                          | (zysk netto + amortyzacja)/(długo- i krótkoterminowe kredyty, pożyczki i emisje dłużnych papierów wartościowych) | S                  |
| 5      | Obrotowość                     | WOM             | Wskaźnik rotacji majątku obrotowego                                 | przychody ze sprzedaży/<br>aktywa obrotowe   | S                  |
| 6      |                                | WOZ             | Wskaźnik rotacji zapasów  | przychody ze sprzedaży/<br>zapasy  | S                  |
| 7      |                                | WON             | Wskaźnik rotacji należności   | przychody ze sprzedaży/<br>należności krótkoterminowe  | S                  |
| 8      |                                | WOB             | Wskaźnik rotacji zobowiązań krótkoterminowych                       | przychody ze sprzedaży/<br>zobowiązania krótkoterminowe  | S                  |
| 9      | Rentowność                     | WRB             | Wskaźnik rentowności sprzedaży brutto                               | zysk brutto/przychody ze sprzedaży   | S                  |
| 10     |                                | WRN             | Wskaźnik rentowności sprzedaży netto                                | zysk netto/przychody ze sprzedaży  | S                  |
| 11     |                                | WRK             | Wskaźnik poziomu kosztów  | koszty ogółem/przychody ogółem   | D                  |
| 12     | Uzupełniająca                  | WUI             | Stopa inwestycji  | nakłady inwestycyjne ogółem/ amortyzacja   | S                  |
| 13     |                                | WUS             | Indeks dynamiki sprzedaży   | przychody ze sprzedaży (t)/ przychody ze sprzedaży (t – 1)   | S                  |
| 14     |                                | WUU             | Udział przedsiębiorstw rentownych w ogólnej liczbie przedsiębiorstw | liczba jednostek z zyskiem netto/ ogólna liczba jednostek  | S                  |

S – stymulanta, D – destymulanta, N(a – b) – nominanta z przedziałem nominalnym (a – b).

Tabela 3

Kryteria wyboru rzędu opóźnienia w modelu VAR

| Opóźnienia | LR     | p(LR) | AIC      | SIC      | HQC      |
|------------|--------|-------|----------|----------|----------|
| 1          | 280,45 | –     | -21,344  | -19,616  | -20,909  |
| 2          | 307,86 | 0,001 | -21,553  | -18,591  | -20,808  |
| 3          | 377,39 | 0,000 | -25,425* | -21,229* | -24,370* |

\* oznacza najmniejszą wartość dla kryteriów informacyjnych.

Tabela 4

Oszacowania parametrów i wartości statystyk testowych rozkładu składnika losowego modelu VAR

|  | CHE          | DRP         | ELM          | LEK         | SPO         |
|--|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| CHE(-1)                                    | 0,731        | *           | -0,449       | -0,574      | *           |
| CHE(-2)                                    | *            | *           | *            | *           | *           |
| CHE(-3)                                    | *            | 0,455       | 0,323        | *           | 0,267       |
| DRP(-1)                                    | -0,435       | -0,297      | -0,780       | *           | *           |
| DRP(-2)                                    | 0,446        | *           | *            | *           | -0,464      |
| DRP(-3)                                    | -0,394       | *           | *            | *           | *           |
| ELM(-1)                                    | *            | 0,785       | 1,103        | 0,954       | *           |
| ELM(-2)                                    | *            | *           | 0,679        | 0,595       | 0,403       |
| ELM(-3)                                    | -0,651       | -1,143      | -0,978       | -0,537      | -0,414      |
| LEK(-1)                                    | 0,889        | *           | 0,780        | *           | 0,557       |
| LEK(-2)                                    | *            | *           | -0,506       | -0,797      | *           |
| LEK(-3)                                    | 0,580        | 0,423       | *            | *           | *           |
| SPO(-1)                                    | -0,531       | *           | *            | *           | *           |
| SPO(-2)                                    | -0,632       | *           | *            | *           | *           |
| SPO(-3)                                    | 1,183        | 0,916       | 0,849        | 0,440       | *           |
| stała                                      | *            | -0,136      | *            | 0,347       | 0,325       |
| s2   | 0,068        | 0,092       | *            | *           | 0,071       |
| Własności składnika losowego równań modelu |              |             |              |             |             |
| skorygowany R <sup>2</sup>                 | 0,87         | 0,93        | 0,91         | 0,80        | 0,82        |
| DW   | 2,02         | 1,69        | 2,12         | 1,42        | 2,01        |
| JB ( <i>p-value</i> )                      | 0,94 (0,62)  | 0,93 (0,63) | 0,58 (0,748) | 3,22 (0,20) | 0,32 (0,85) |
| Własności składnika losowego modelu        |              |             |              |             |             |
| LB(1) ( <i>p-value</i> )                   | 29,69 (0,24) |             |              |             |             |
| LB(2) ( <i>p-value</i> )                   | 51,90 (0,40) |             |              |             |             |
| LB(3) ( <i>p-value</i> )                   | 80,40 (0,31) |             |              |             |             |
| JB ( <i>p-value</i> )                      | 5,99 (1,00)  |             |              |             |             |

\* oznacza że dany parametr nie występuje w modelu, DW – statystyka Durбина-Watsona, JB – statystyka Jarque'a-Bery'ego w teście normalności składnika losowego, LB(p) – statystyka Q Ljunga-Boxa w teście na autokorelację składnika losowego rzędu p.

## **Sectoral structure of portfolio optimization – the case of the Polish manufacturing sectors**

---

### **Abstract**

Sectoral diversification of portfolio is one of the most important mechanisms for investment risk limiting. This article presents methodology employed in sectoral structure of portfolio optimization based on multivariate distribution of sectoral condition indexes. Using the methods of multivariate statistics and vector autoregressive (VAR) model the characteristics of portfolio's components are evaluated. Then, the methodology is applied to optimize the sectoral structure of portfolios for the period 2011–2012. The results allowed to indicate the directions of investment portfolios diversification.

---

**Keywords:** investment portfolio, sectoral structure of portfolio, optimization, condition index, VAR model

