



## **Łukasz Wachstiel**

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach  
Wydział Zarządzania  
Katedra Matematyki  
lukasz.wachstiel@ue.katowice.pl

# **DOMINACJE STOCHASTYCZNE W ANALIZIE PORTFELA USŁUG INFORMATYCZNYCH**

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje zastosowanie dominacji stochastycznych w analizie portfela usług informatycznych. Przybliżona została ogólna charakterystyka portfela usług informatycznych oraz jego podstawowe źródła ryzyka. W części praktycznej pracy wykorzystano kryterium warunkowych dominacji stochastycznych w celu stworzenia rankingu usług oraz zbudowania granicy efektywnej portfela.

**Słowa kluczowe:** usługi informatyczne, dominacje stochastyczne, analiza portfela.

## **Wprowadzenie**

W artykule przedstawiono wykorzystanie kryterium warunkowych dominacji stochastycznych w analizie portfela usług informatycznych. Kryterium to ma dwie podstawowe zalety: pozwala na konstrukcję efektywnych pod względem stochastycznej dominacji portfeli oraz nie wymaga bezpośredniej wiedzy o funkcji użyteczności decydenta. Dodatkowo jest odpowiednie dla wszystkich menedżerów z awersją do ryzyka [Shalit, Yitzaki, 1984].

W pierwszej części pracy scharakteryzowano portfel usług informatycznych, przybliżono jego budowę oraz podstawowe źródła ryzyka. W drugiej części przeprowadzono analizę przykładowego portfela przy użyciu warunkowych dominacji stochastycznych.

Podstawowym źródłem zastosowań użytych metod i technik są portfele instrumentów finansowych, jednak zauważona (m.in. przez Kauffmana i Sougstad [2008]) analogia pomiędzy portfelami finansowymi a portfelami usług IT (*In-*

formation Technology) daje podstawę do wykorzystania sprawdzonych metod na słabo zbadanym gruncie.

## 1. Charakterystyka portfela usług informatycznych

Na rynkach finansowych portfel inwestycyjny jest najczęściej utożsamiany ze środkami pieniężnymi i instrumentami finansowymi posiadanymi przez inwestora<sup>1</sup>. Ta definicja wskazuje jednoznacznie na właściciela portfela jako na podmiot zarządzający dokonaną inwestycją. Rozróżnienie pomiędzy właścicielami portfeli usług i inwestycji wyznacza punkt ciężkości w postaci strony odpowiedzialnej za zarządzanie ryzykiem danego portfela. W przypadku portfela inwestycyjnego jest nią w przeważającej części inwestor, natomiast dla usług – podmiot je świadczący, czyli w skrócie usługodawca.

Portfel usług reprezentuje zobowiązania oraz inwestycje poczynione przez dostawcę dla wszystkich obecnych oraz potencjalnych klientów [Office of Government Commerce, 2007, s. 73]. Znajdują się w nim zatem nie tylko zakontraktowane usługi, lecz także oferta przeznaczona dla konkretnej przestrzeni rynkowej (*market space*), której elementami są przyszli klienci. Portfel można przez to utożsamiać ze wszystkimi zasobami odzwierciedlającymi przeszły, teraźniejszy (rzeczywisty) i przyszły (wirtualny) potencjał usługodawcy.

Każdą usługę znajdującą się w portfelu można zaklasyfikować do jednego z następujących zbiorów [Office of Government Commerce, 2007, s. 74]:

- usług planowanych (*Service Pipeline*),
- katalogu usług (*Service Catalogue*),
- usług wycofanych (*Service Retired*).

Wszystkie usługi przed oficjalnym wdrożeniem powinny być rozpatrywane jako usługi planowane. Na tym etapie jest przygotowywany tzw. *business case*, którego podstawowym celem jest uzasadnienie podjęcia decyzji o wprowadzeniu usługi do katalogu. Informacje na temat usług, które przestały być częścią katalogu lub są w trakcie wycofywania powinny być również zachowywane. Jest to jeden z kluczowych elementów zarządzania wiedzą w organizacji, która może zostać wykorzystana w przyszłości, w trakcie tworzenia usług o podobnej charakterystyce.

Najważniejszą część portfela usług stanowi – wspomniany już kilkakrotnie – katalog. Zawiera on wszystkie informacje dotyczące usług świadczonych klientom, łącznie z danymi na temat zewnętrznych dostawców (*third-party*) mogą-

---

<sup>1</sup> Komisja Nadzoru Finansowego. Słownik rynku finansowego [www 2].

cych wspierać usługę w różnym stopniu<sup>2</sup>. Z jednej strony jest on wizytówką firmy, z drugiej zaś dostarcza bardzo cennych informacji strategicznych odnośnie do jej rzeczywistego potencjału zasobowego. Oprócz standardowego – biznesowego i funkcjonalnego opisu usługi – w katalogu są przechowywane dane o wszystkich komponentach usługi, powiązaniach między nimi oraz procesach i funkcjach umożliwiających pełną realizację łańcucha wartości usługi.

Istotną rolę, jaką odgrywa katalog wśród klientów (i niektórych użytkowników) usługi, jest przechowywanie i udostępnianie zobowiązań zawartych w kontrakcie na świadczenie usługi, takich jak: ceny wraz ze sposobami i metodami rozliczania usługi, poziomy świadczenia usługi, czas trwania oraz warunki dostarczania usługi. Wymienione parametry kontraktu przekładają się w sposób bezpośredni na czynniki ryzyka wszystkich faz cyklu życia usługi, dlatego często identyfikuje się portfel kontraktu z głównym źródłem ryzyka<sup>3</sup>. W ogólności jako źródło ryzyka może zostać potraktowane całe portfolio usługi<sup>4</sup>, reprezentujące wszystkie zasoby zaangażowane w poszczególne fazy cyklu życia usługi.

Portfel usług informatycznych jest specyficznym rodzajem portfela, przechowującym informacje o usługach wykorzystujących technologie informatyczne w celu dostarczenia wartości klientowi poprzez umożliwienie osiągnięcia założonych przez niego rezultatów bez ponoszenia określonych kosztów i ryzyka [Office of Government Commerce, 2007, s. 71-73.]. Technologie informatyczne stanowią połączenie systemów komputerowych i telekomunikacyjnych, które współdziałając ze sobą, tworzą usługi sieciowe [Bilski, Kosmulska-Bochenek, 2009, s. 68]. Usługi sieciowe zastosowane do aplikacji informatycznych tworzą usługi IT<sup>5</sup>. Często spotykanym przykładem usługi informatycznej są usługi programowe (*software service*), których zadania skupiają się wokół wytworzenia, dostarczenia, wdrożenia i utrzymania produktu programowego (aplikacji informatycznej)<sup>6</sup>. Widać tutaj różnicę pomiędzy usługą a projektem informatycznym, która przejawia się w cyklicznym podejściu do realizowanych zadań i czynności. Projekty informatyczne są z reguły realizowane z pewnym założonym harmonogramem, który w idealnym przypadku jest ciągiem następujących po sobie zda-

<sup>2</sup> Katalog usług może również zawierać informacje o usługach outsourcowanych przez dostawcę.

<sup>3</sup> Nie jest to jednak prawidłowe – w dosłownym sensie – stwierdzenie. Portfel sam w sobie nie jest źródłem ryzyka. Jako źródła ryzyka można jedynie potraktować wymagania dotyczące świadczenia usług, które są w nim zawarte.

<sup>4</sup> Nazwa ta będzie używana w tekście zamiennie do portfela usług.

<sup>5</sup> Przykładem usługi IT w myśl podanej definicji może być usługa Internetu. Usługa ta wymaga zarówno środowiska sieciowego, jaki i aplikacji informatycznej (przeglądarki internetowej) w celu dostarczenia wartości klientowi.

<sup>6</sup> Definicja zaczerpnięta z normy ISO/EIC 90003: 2007: *Software engineering – Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software*.

rzeń prowadzących liniowo od startu – początku projektu – do mety – wyznaczonej przez osiągnięcie założonego celu (wytworzenia oprogramowania, wdrożenia rozwiązania u klienta docelowego, przeprowadzenia testów aplikacji itp.). W przypadku usług informatycznych mamy do czynienia z ciągłym, cyklicznym i najczęściej nieliniowym powiązaniem pomiędzy procesami, których wynikiem jest wytworzenie wartości końcowej.

Metodyka zarządzania usługami informatycznymi ITIL®<sup>7</sup> wyróżnia cztery podstawowe fazy cyklu życia usługi. Są to:

- strategia (*Service Strategy*),
- projektowanie (*Service Design*),
- przekazanie (*Service Transition*),
- eksploatacja (*Service Operation*).

W szablonie zarządzania usługami IT wyróżnia się także piąty element – ustawiczne doskonalenie usługi (CSI – *Continual Service Improvement*), w rzeczywistości jednak procesy wchodzące w jego skład stanowią integralną część wymienionych czterech faz.

Strategicznym elementem portfela usług informatycznym są bieżące kontrakty zawierające informacje o gwarantowanych poziomach świadczonych usług (*service level targets*). Kontrakty są najczęściej formułowane w postaci umów SLA (*Service Level Agreements*), określających, oprócz wspomnianych poziomów gwarancji, opis podstawowych atrybutów usługi, czas trwania kontraktu, obowiązki klienta i dostawcy, punkty eskalacji, rodzaje i wysokość kar umownych, procedury i inne regulacje. Zobowiązania umieszczone w kontrakcie tworzą potencjalne źródła ryzyka we wszystkich fazach cyklu życia usługi. W pierwszej kolejności wpływają na fazę projektowania, gdzie tworzony jest model dostarczenia usługi klientowi (*design model*). Model ten musi uwzględniać zarówno wymagania klienta sformułowane w odniesieniu do jakości usługi, jak również dostępne aktywa wykonawcy i inne ograniczenia (regulacje prawne, standardy, istniejące zobowiązania itp.). Zagwarantowanie odpowiednich poziomów: dostępności, pojemności, ciągłości i bezpieczeństwa stanowi źródło ryzyka dla fazy eksploatacji usługi. Jeżeli jakikolwiek z wymienionych czynników gwarancji nie zostanie spełniony w stopniu oczekiwanym przez klienta, istnieje poważne zagrożenie wytworzenia wartości końcowej usługi. Istotną rolę w zarządzaniu ryzykiem odgrywa więc faza przekazania usług, w której przeprowadzane w końcowym etapie testy, a następnie wdrożenie, poprzedzone są szczegółową analizą zabezpieczonych w fazie projektowania zasobów oraz przygotowaniem planu obejmującego różne scenariusze działania.

---

<sup>7</sup> Więcej informacji o samej metodyce ITIL® można znaleźć na stronie [www 1].

## 2. Analiza portfela usług informatycznych

Założmy, że portfel składa się z pięciu usług informatycznych. Wszystkie usługi są zawarte w katalogu usług, czyli należą do grupy usług aktywnych – świadczonych obecnie klientom. Celem analizy jest sprawdzenie, czy zarządzanie obecnym portfelem jest efektywne, biorąc pod uwagę zysk i ryzyko. Za pomocą opracowanego modelu właściciel portfela może podjąć decyzję o pozostawieniu lub usunięciu usługi z katalogu<sup>8</sup> oraz wyznaczyć optymalny poziom świadczenia usług.

Przyjmujemy, że dla każdej z pięciu usług w portfelu oferujemy dwa warianty ich dostarczania. Z każdym z wariantów jest związany określony koszt świadczenia usługi. Przykładowo, pierwszy wariant może oznaczać, że usługa będzie korzystała z dedykowanych zasobów. W drugim przypadku zasoby dla usługi będą współdzielone<sup>9</sup>. Oczywiście jest, że koszt świadczenia usługi w wariantcie I będzie wyższy niż w przypadku wariantu II. Klient arbitralnie decyduje o wyborze wariantu I lub II dla każdej z oferowanych usług. Do każdego wariantu jest przypisana cena ustalona przez usługodawcę, którą klient jest zobowiązany zapłacić w przypadku podpisania umowy na świadczenie usługi. Zysk z tak zdefiniowanego portfela można zatem opisać następującą zależnością:

$$R_p = \sum_{i=1}^{n=5} S_i(P_i - C_i), \quad (1)$$

gdzie  $S_i$  oznacza poziom świadczenia usługi ( $0 < S_i \leq 1$ ),  $P_i$  oznacza cenę, a  $C_i$  koszt usługi  $i$ . Tak jak w przypadku analizy klasycznego portfela akcji, przyjmujemy  $S_1 + S_2 + \dots + S_n = 1$ .<sup>10</sup>

W tab. 1 zestawiono wszystkie możliwe wartości kosztów, cen i końcowych zysków dla każdej z pięciu usług: A, B, C, D, E.

**Tab. 1.** Wartości kosztu, cen i zysku dla portfela usług

| *        | Koszt I<br>$C_I$ | Koszt II<br>$C_{II}$ | Cena I<br>$P_I$ | Cena II<br>$P_{II}$ | Zysk I<br>$R_I$<br>$(P_I - C_I)$ | Zysk II<br>$R_{II}$<br>$(P_{II} - C_{II})$ |
|----------|------------------|----------------------|-----------------|---------------------|----------------------------------|--|
| Usługa A | 55               | 20                   | 70              | 55                  | 15                               | 35   |
| Usługa B | 60               | 35                   | 85              | 55                  | 25                               | 20   |
| Usługa C | 50               | 10                   | 100             | 65                  | 50                               | 55   |
| Usługa D | 45               | 5                    | 75              | 50                  | 30                               | 45   |
| Usługa E | 20               | 10                   | 85              | 70                  | 65                               | 60   |

\* – koszt, cena i zysk dla usługi świadczonej w wariantcie I i II.

Źródło: Dane umowne.

<sup>8</sup> Formalnie oznacza to przesunięcie usługi do grupy usług wycofanych (*Retired Services*).

<sup>9</sup> Jest to często stosowana strategia w przypadku świadczenia usług informatycznych.

<sup>10</sup> Poziomy usług zostały zestandaryzowane, co nie odbiega od sytuacji spotykanej w praktyce, gdzie zwykło się podawać poziom świadczenia usługi w procentach (wtedy prosto można to przelożyć na podaną skalę). Ponadto przyjęto założenie, że opisywane poziomy dla poszczególnych parametrów są idealnie substytucyjne, co oznacza, że założony przez usługodawcę poziom świadczenia usługi może być zagwarantowany poprzez liniową kombinację poszczególnych poziomów sumujących się do wartości 1.

Usługodawca nie ma żadnej wiedzy dotyczącej preferencji klienta odnośnie do wyboru wariantu, dlatego zakładamy, że prawdopodobieństwa otrzymania zysku dla wariantu I i II poszczególnych usług są sobie równe, czyli wynoszą  $\frac{1}{2}$ . Jak łatwo policzyć, liczba możliwych kombinacji sposobów świadczenia usług w portfelu równa jest  $2^5$ , czyli prawdopodobieństwo dla każdej kombinacji wynosi  $\frac{1}{2^5} = 0,03125$ . Otrzymane wartości pozwalają wyznaczyć skumulowane prawdopodobieństwa (skokowe dystrybuanty rozkładu zysków portfela).

Celem przeprowadzenia analizy przedstawionego portfela wykorzystamy kryterium warunkowych dominacji stochastycznych CSD (*Conditional Stochastic Dominance*) [Shalit, Yitzaki, 1994]. Kryterium to pozwala na wyznaczenie zdominowanych i niezdominowanych usług względem bieżącego portfela. Analiza CSD polega na porównaniu absolutnych krzywych koncentracji ACC (*Absolute Concentration Curve*) dla każdej pary usług w portfelu. Warunkiem potrzebnym i wystarczającym do tego, aby usługa A dominowała stochastycznie usługę B jest spełnienie dwóch nierówności:

$$ACC_A \geq ACC_B \text{ dla wszystkich wartości krzywej ACC, oraz} \quad (2)$$

$$ACC_A > ACC_B \text{ dla przynajmniej jednej wartości krzywej ACC}^{11}. \quad (3)$$

Wyznaczenie pierwszej wartości krzywej ACC polega na wymnożeniu wartości prawdopodobieństwa i zysku dla konfiguracji portfela o najmniejszym zwrocie. Kolejne wartości krzywej powstają poprzez dodanie poprzednio otrzymanej wartości ACC i iloczynu prawdopodobieństwa i zysku dla następnego co do wielkości łącznego zwrotu z portfela (tab. 2).

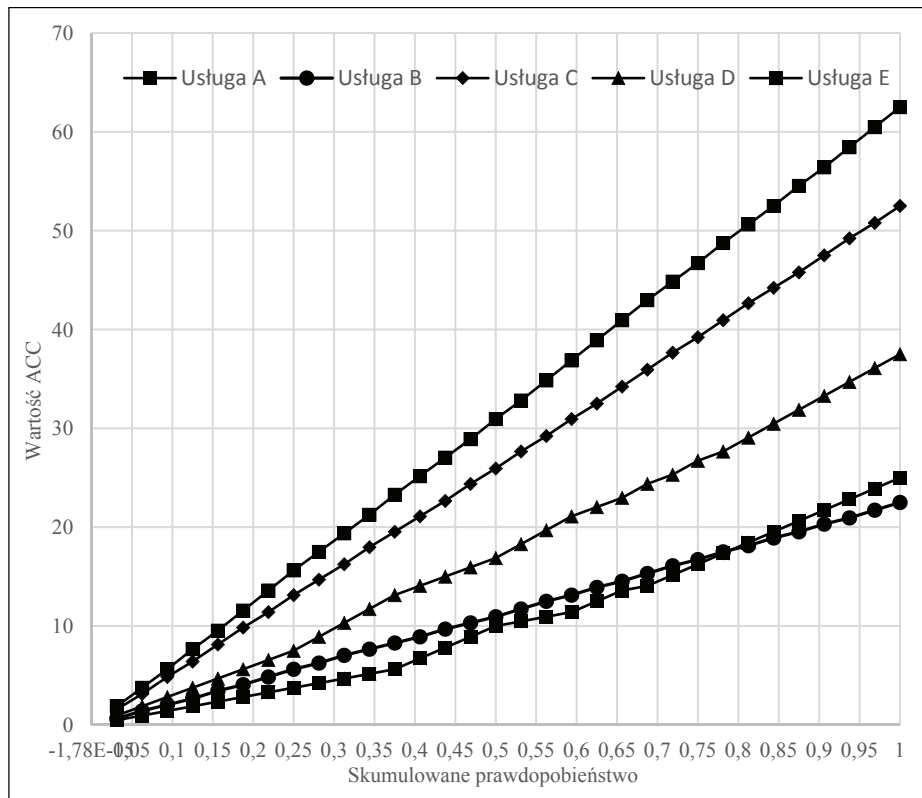
**Tab. 2.** Analiza ACC portfela usług IT

|   | Zwrot | Prawdopodobieństwo | Dystrybuanta | Usługa A | Usługa B | Usługa C | Usługa D | Usługa E | ACC      |          |          |          |          |
|---|-------|--------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|   |       |                    |              |          |          |          |          |          | Usługa A | Usługa B | Usługa C | Usługa D | Usługa E |
| 1 | 2     | 3                  | 4            | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       | 14       |
| 1 | 175   | 0,03125            | 0,03125      | 15       | 20       | 50       | 30       | 60       | 0,469    | 0,625    | 1,563    | 0,938    | 1,875    |
| 2 | 180   | 0,03125            | 0,0625       | 15       | 25       | 50       | 30       | 60       | 0,469    | 0,625    | 1,563    | 0,938    | 1,875    |
| 3 | 180   | 0,03125            | 0,09375      | 15       | 20       | 55       | 30       | 60       | 0,938    | 1,406    | 3,125    | 1,875    | 3,750    |
| 4 | 180   | 0,03125            | 0,125        | 15       | 20       | 50       | 30       | 65       | 1,406    | 2,031    | 4,844    | 2,813    | 5,625    |
| 5 | 185   | 0,03125            | 0,15625      | 15       | 25       | 55       | 30       | 60       | 1,875    | 2,656    | 6,406    | 3,750    | 7,656    |

<sup>11</sup> Por. [Graves, Ringuest, 2003, s. 79; Trzpiot, 2008, s. 76].

cd. tab. 2

| 1  | 2   | 3       | 4       | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     |
|----|-----|---------|---------|----|----|----|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6  | 185 | 0,03125 | 0,1875  | 15 | 20 | 55 | 30 | 65 | 2,344  | 3,438  | 8,125  | 4,688  | 9,531  |
| 7  | 185 | 0,03125 | 0,21875 | 15 | 25 | 50 | 30 | 65 | 2,813  | 4,063  | 9,844  | 5,625  | 11,563 |
| 8  | 190 | 0,03125 | 0,25    | 15 | 25 | 55 | 30 | 65 | 3,281  | 4,844  | 11,406 | 6,563  | 13,594 |
| 9  | 190 | 0,03125 | 0,28125 | 15 | 20 | 50 | 45 | 60 | 3,750  | 5,625  | 13,125 | 7,500  | 15,625 |
| 10 | 195 | 0,03125 | 0,3125  | 15 | 25 | 50 | 45 | 60 | 4,219  | 6,250  | 14,688 | 8,906  | 17,500 |
| 11 | 195 | 0,03125 | 0,34375 | 15 | 20 | 55 | 45 | 60 | 4,688  | 7,031  | 16,250 | 10,313 | 19,375 |
| 12 | 195 | 0,03125 | 0,375   | 15 | 20 | 50 | 45 | 65 | 5,156  | 7,656  | 17,969 | 11,719 | 21,250 |
| 13 | 195 | 0,03125 | 0,40625 | 35 | 20 | 50 | 30 | 60 | 5,625  | 8,281  | 19,531 | 13,125 | 23,281 |
| 14 | 200 | 0,03125 | 0,4375  | 35 | 25 | 50 | 30 | 60 | 6,719  | 8,906  | 21,094 | 14,063 | 25,156 |
| 15 | 200 | 0,03125 | 0,46875 | 35 | 20 | 55 | 30 | 60 | 7,813  | 9,688  | 22,656 | 15,000 | 27,031 |
| 16 | 200 | 0,03125 | 0,5     | 35 | 20 | 50 | 30 | 65 | 8,906  | 10,313 | 24,375 | 15,938 | 28,906 |
| 17 | 200 | 0,03125 | 0,53125 | 15 | 25 | 55 | 45 | 60 | 10,000 | 10,938 | 25,938 | 16,875 | 30,938 |
| 18 | 200 | 0,03125 | 0,5625  | 15 | 25 | 50 | 45 | 65 | 10,469 | 11,719 | 27,656 | 18,281 | 32,813 |
| 19 | 200 | 0,03125 | 0,59375 | 15 | 20 | 55 | 45 | 65 | 10,938 | 12,500 | 29,219 | 19,688 | 34,844 |
| 20 | 205 | 0,03125 | 0,625   | 35 | 25 | 50 | 30 | 65 | 11,406 | 13,125 | 30,938 | 21,094 | 36,875 |
| 21 | 205 | 0,03125 | 0,65625 | 35 | 20 | 55 | 30 | 65 | 12,500 | 13,906 | 32,500 | 22,031 | 38,906 |
| 22 | 205 | 0,03125 | 0,6875  | 15 | 25 | 55 | 45 | 65 | 13,594 | 14,531 | 34,219 | 22,969 | 40,938 |
| 23 | 205 | 0,03125 | 0,71875 | 35 | 25 | 55 | 30 | 60 | 14,063 | 15,313 | 35,938 | 24,375 | 42,969 |
| 24 | 210 | 0,03125 | 0,75    | 35 | 20 | 50 | 45 | 60 | 15,156 | 16,094 | 37,656 | 25,313 | 44,844 |
| 25 | 210 | 0,03125 | 0,78125 | 35 | 25 | 55 | 30 | 65 | 16,250 | 16,719 | 39,219 | 26,719 | 46,719 |
| 26 | 215 | 0,03125 | 0,8125  | 35 | 20 | 55 | 45 | 60 | 17,344 | 17,500 | 40,938 | 27,656 | 48,750 |
| 27 | 215 | 0,03125 | 0,84375 | 35 | 25 | 50 | 45 | 60 | 18,438 | 18,125 | 42,656 | 29,063 | 50,625 |
| 28 | 215 | 0,03125 | 0,875   | 35 | 20 | 50 | 45 | 65 | 19,531 | 18,906 | 44,219 | 30,469 | 52,500 |
| 29 | 220 | 0,03125 | 0,90625 | 35 | 25 | 55 | 45 | 60 | 20,625 | 19,531 | 45,781 | 31,875 | 54,531 |
| 30 | 220 | 0,03125 | 0,9375  | 35 | 20 | 55 | 45 | 65 | 21,719 | 20,313 | 47,500 | 33,281 | 56,406 |
| 31 | 220 | 0,03125 | 0,96875 | 35 | 25 | 50 | 45 | 65 | 22,813 | 20,938 | 49,219 | 34,688 | 58,438 |
| 32 | 225 | 0,03125 | 1       | 35 | 25 | 55 | 45 | 65 | 23,906 | 21,719 | 50,781 | 36,094 | 60,469 |



Rys. 1. Krzywa ACC

Posługując się kryterium warunkowych dominacji stochastycznych (2) i (3), możemy bezpośrednio z wykresu krzywej ACC odczytać (rys. 1), że usługa E dominuje wszystkie inne usługi. Ponadto, usługa C dominuje usługi D, A i B, a usługa D dominuje usługi A i B. Otrzymujemy zatem:

$$A <_{CSD} D <_{CSD} C <_{CSD} E \text{ oraz } B <_{CSD} D <_{CSD} C <_{CSD} E. \quad (4)$$

Dominacja stochastyczna nie zachodzi natomiast pomiędzy usługami A i B, co widać w punkcie wykresu, gdzie krzywe ACC tych usług przecinają się.

Pomimo faktu, że kryterium ACC daje nam warunek konieczny i wystarczający istnienia dominacji CSD, jego stosowanie bywa niekiedy mało praktyczne. Przykładem może być portfel składający się kilkunastu lub kilkudziesięciu usług. Poddanie takiego  $n$ -elementowego portfela analizie za pomocą kryterium ACC wymaga dokładnie  $2^n$  porównań składników, co już dla  $n \geq 10$  daje nam liczbę przekraczającą tysiąc porównań. W celu usunięcia tej obliczeniowej niegodności w praktyce stosuje się nieco słabsze kryterium oparte na



średniej Giniego skorygowanego średniego ryzyka<sup>12</sup> (*mean-Gini-risk-adjusted mean*) [Shalit, Yitzhaki, 1994].

Powyższe kryterium zapewnia warunek konieczny dominacji typu CSD projektu A nad projektem B, gdy są spełnione następujące nierówności:

$$\mu_A \geq \mu_B \quad (5)$$

$$\mu'_A \geq \mu'_B, \quad (6)$$

gdzie  $\mu_A, \mu_B$  oznaczają średnie zwrotów (zysków) portfeli A i B, a  $\mu'_A, \mu'_B$  średnie Giniego skorygowanego średniego ryzyka portfeli A i B.

Średnia Giniego skorygowanego średniego ryzyka portfela A dana jest następującymi zależnościami:

$$\mu'_A = \mu_A - \Gamma_P \beta_A, \quad (7)$$

$$\Gamma_P = 2cov(R_P, F(R_P)), \quad (8)$$

$$\beta_A = \frac{cov(R_A, F_P(R_P))}{cov(R_P, F_P(R_P))}, \quad (9)$$

gdzie  $\Gamma_P$  – wskaźnik Giniego portfela,  $R_P$  – stopa zwrotu portfela,  $R_A$  – stopa zwrotu z usługi A,  $F_P(R_P)$  – dystrybuanta zwrotu portfela i  $\beta_A$  – współczynnik korygujący  $\beta$  usługi A.

Dla rozpatrywanego portfela usług średnie wartości zysku oraz średnie Giniego skorygowanego średniego ryzyka zostały zamieszczone w tab. 3.

**Tab. 3.** Średnie oraz skorygowane średnie ryzyka dla portfela usług

|                            | Usługa A | Usługa B | Usługa C | Usługa D | Usługa E |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Średnia                    | 25       | 22,5     | 52,5     | 37,5     | 62,5     |
| Skorygowana średnia ryzyka | 20,56    | 22,24    | 52,22    | 35,05    | 62,15    |

Tworząc ranking usług względem średniego zysku, a następnie średniej Giniego skorygowanego średniego ryzyka, otrzymujemy następujące warunkowe dominacje stochastyczne:

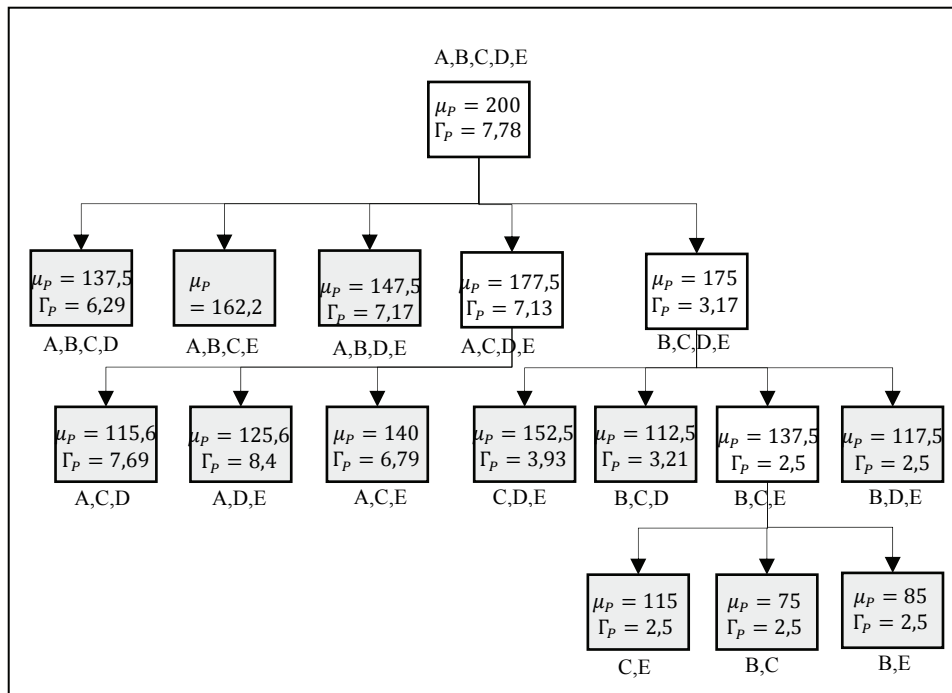
$$B <_{CSD} A <_{CSD} D <_{CSD} C <_{CSD} E. \quad (10)$$

Z wcześniej przeprowadzonej analizy wiemy, że dominacja stochastyczna pomiędzy usługami A i B nie zachodzi, jednak wychodząc od powyższej zależności możemy ograniczyć liczbę porównań ACC tylko do usług, dla których jest spełniony warunek konieczny dominacji CSD.

<sup>12</sup> Tłumaczenie za [Trzpiot, 2008, s. 77].

Porównywanie usług IT za pomocą ostatniego kryterium ma dodatkowe zastosowanie. Wykorzystując analizę heurystyczną typu „gałąź i liść”, możemy budować grupy usług, tworzące zbiór niezdominowanych w sensie CSD rozwiązań [por. Graves , Ringuest, 2003; Trzpiot, 2008, s. 81-21].

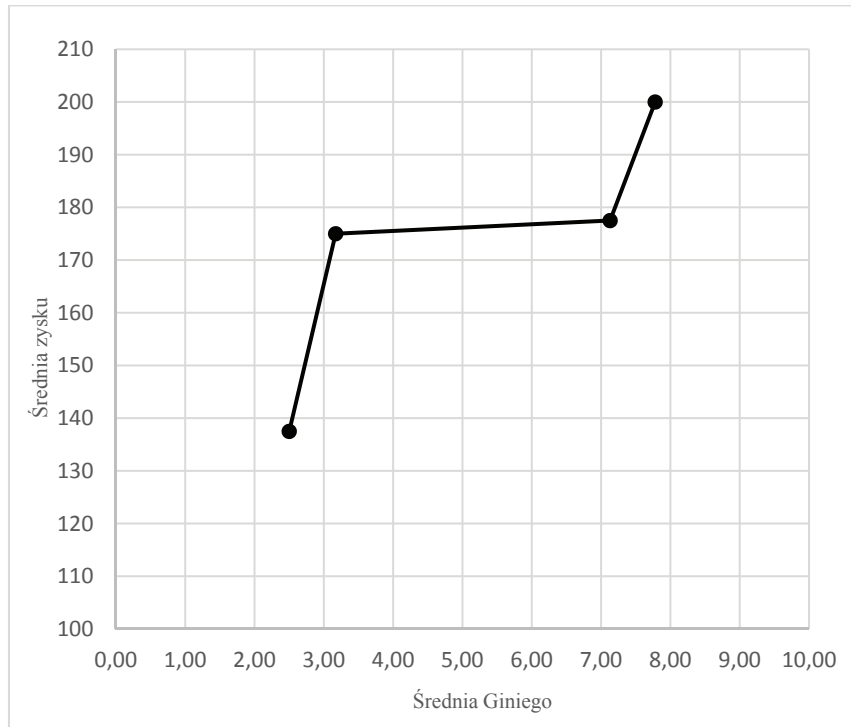
Zaczynając od portfela składającego się z  $n$  usług zaczynamy tworzyć drzewo, którego pierwsza gałąź składa się z  $\binom{n}{n-1}$  liści usług. Dla tak wyznaczonych podzbiorów portfela usług obliczamy średnią zysku oraz średnią Giniego (zgodnie ze wzorem (8)). Jeżeli średnia zysku dla utworzonego podzbioru portfela jest nie mniejsza od średniej zysku portfela  $n$ -elementowego i jednocześnie średnia Giniego portfela  $n$ -elementowego jest większa od średniej Giniego rozpatrywanej grupy usług, to usuwamy gałąź z drzewa. Jeśli średnia zysku jest większa dla gałęzi drzewa i średnia Giniego jest mniejsza lub równa liściowi, to usuwamy ten liść z gałęzi. Liście znajdujące się na tym samym poziomie w drzewie porównujemy najpierw względem średniej zysku, a następnie względem średniej Giniego. Liście o mniejszym średnim zysku i większej lub równej średniej Giniego są obcinane. Proces dalszego budowania gałęzi drzewa kontynuujemy tylko dla pozostałych (nieobciętych) liści. Na rys. 2 kolorem szarym zaznaczono liście obcięte w procesie budowy drzewa.



Rys. 2. Drzewo CSD

Dzięki przeprowadzonej analizie dostajemy na każdym poziomie zbiór niezdominowanych usług względem kryterium CSD. Są to:  $\{A, B, C, D, E\}$ ,  $\{A, C, D, E\}$ ,  $\{B, C, D, E\}$  i  $\{B, C, E\}$ .

Analiza heurystyczna pozwala, podobnie jak w przypadku klasycznej analizy średnia-wariancja, wyznaczyć granicę efektywną względem średniej Giniego. Tworzą ją grupy usług niezdominowane w sensie CSD (rys. 3).



Rys. 3. Granica efektywna względem średniej Giniego

Wykorzystując wskaźnik Giniego, jako miarę ryzyka portfela usług informatycznych, menedżerowie mogą wyznaczyć optymalne poziomy świadczenia usług dla zadanego zysku z portfela. W tym celu należy wziąć pod uwagę następujące zadanie programowania matematycznego:

$$2 \sum_{i=1}^{n=5} S_i \text{cov}(R_i, F_P(R_P)) \rightarrow \min, \quad (11)$$

$$R_P = \sum_{i=1}^{n=5} S_i R_i, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{n=5} S_i = 1, \quad 0 < S_i \leq 1. \quad (13)$$

Podstawiając coraz to większe wartości zysku do równania (12), możemy wyznaczyć granicę efektywną portfela usług oraz poziomy świadczenia usług w portfelu.

## Podsumowanie

Przedstawiona w artykule metoda analizy portfela daje menedżerom proste i intuicyjne narzędzie, dzięki któremu mogą w sposób efektywny zarządzać znajdującymi się w nim usługami. W odróżnieniu od innych podejść nie wymaga restrykcyjnych założeń odnośnie do postaci rozkładu zysków portfela, przyjmując jedynie jako założenie awersyjną postawę do oceny ryzyka.

Analiza CSD pozwala na zidentyfikowanie zdominowanych i niezdominowanych usług w odniesieniu do bieżącego katalogu. Na jej podstawie decyzje mogą podjąć decyzję o usunięciu lub pozostawianiu usługi w portfelu. Narzędzie to pozwala na bieżąco kontrolować stan portfela i oceniać jego efektywność na podstawie generowanego zysku i związanego z nim ryzyka.

## Literatura

- Bilski E., Kosmulska-Bochenek E. (2009), *Systemy i usługi informatyczne. Cykl życia, procesy i zarządzanie w normach ISO*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Graves S.B., Ringuest J.L. (2003), *Models and Methods For Project Selection. Concepts from Management Science, Finance and Information Technology*, Springer Science+Business Media, New York.
- Kauffman R.J., Sougstad R. (2008), *Risk Management of Contract Portfolios in IT Services: The Profit-at-Risk Approach*. „Journal of Management Information Systems”, Vol. 25, No. 1, s. 17-48.
- Office of Government Commerce (2007), *ITIL® Service Strategy*, Wydawnictwo TSO (The Stationary Office), Wielka Brytania.
- Shalit H., Yitzhaki, S. (1984), *Mean-Gini, Portfolio Theory, and the Pricing of Risky Assets*, „Journal of Finance”, 39(5), s. 1449-1468.
- Shalit H., Yitzhaki, S. (1994), *Marginal Conditional Stochastic Dominance*, „Management Science”, 40(5), s. 670-684.
- Trzpiot G. (2008), *Wybrane modele oceny ryzyka. Podejście nieklasyczne*, Wydawnictwo AE, Katowice.
- [www 1] <http://www.ital-officialsite.com> [dostęp: 30.11.2014].
- [www 2] <http://www.knf.gov.pl/sloownik.html> [dostęp: 30.11.2014].

**STOCHASTIC DOMINANCE  
IN IT SERVICES PORTFOLIO ANALYSIS**

**Summary:** The article presents the stochastic dominance appliance in IT services portfolio analysis. In the first part we describe the general characteristic of IT services portfolio and its risk sources. Next, we utilize stochastic dominance to rank the services in the portfolio and build the efficient frontier.

**Keywords:** IT services, portfolio analysis, stochastic dominance.