

Paweł CABAŁA*

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI PORTFELA PROJEKTÓW

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2018.077.02

Celem artykułu jest przedstawienie metodyki badania efektywności portfela projektów. Na początku omówiono znaczenie portfela projektów w kształtowaniu strategii organizacji. Następnie scharakteryzowano proces budowy portfela projektów. Z uwagi na fakt, że liczba potencjalnych portfeli projektów w organizacji może być bardzo duża, konieczna jest algorytmizacja tego procesu. W artykule przyjęto założenie, że podstawą oceny wygenerowanych portfeli są odpowiednie procedury agregacji zysków i ryzyka. Uznano, że w ocenie ryzyka można bezpośrednio wykorzystać parametry rozkładu czasów zakończenia potencjalnych projektów, zgodne z wytycznymi metody PERT i własnościami rozkładu beta. Rozwiązania teoretyczne zilustrowano opisem przypadku, którego celem jest prezentacja możliwości proponowanych rozwiązań metodologicznych.

Słowa kluczowe: portfel projektów, metoda PERT, rozkład beta, współczynnik zmienności, ryzyko projektu, ryzyko portfela

1. WPROWADZENIE

W praktyce zarządzania stosowane są dwa odmienne podejścia do planowania, które wyrażają się w realizacji strategii wzrostu lub rozwoju¹. Strategia wzrostu zakłada zwiększanie potencjału organizacji przez dążenie do koncentracji i specjalizacji. Strategia rozwoju oznacza z kolei poszerzanie zakresu działania organizacji przez dywersyfikację, czyli różnicowanie jej aktywności. Portfele projektów mają szczególne znaczenie w realizacji strategii rozwoju.

Portfel projektów jest zbiorem przedsięwzięć, które umożliwiają realizację strategii organizacji. Komponentami portfela mogą być nie tylko projekty, ale także

* Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Katedra Procesu Zarządzania.

¹ Publikację sfinansowano ze środków przyznanych Wydziałowi Zarządzania Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w ramach dotacji na utrzymanie potencjału badawczego.

programy, inne portfele lub bardziej lub mniej powiązane z nimi działania. Najogólniej zarządzanie portfelem jest procesem podejmowania decyzji dotyczących alokacji zasobów niezbędnych do realizacji celów strategicznych. W odróżnieniu od programów i projektów, składowe portfela nie muszą być zależne. Celem zarządzania portfelem jest zapewnienie, aby projekty i programy należące do portfela łącznie przyczyniały się do osiągnięcia celów strategicznych i wypełnienia misji organizacji.

Portfel projektów nie jest statycznym obrazem systemu działań organizacji. W praktyce implementacja strategii odbywa się przez projekty będące w różnych fazach cyklu życia. Z czasem pojawiają się nowe inicjatywy, a dotychczasowe projekty są zamykane lub eliminowane z portfela. Do zapewnienia ciągłości działania organizacji konieczny jest bieżący nadzór nad wszystkimi jego komponentami. W ten sposób portfel projektów staje się ważnym instrumentem utrzymywania dynamicznej równowagi między organizacją a zmieniającym się otoczeniem.

W artykule przedstawiono propozycję generowania i oceny efektywności portfeli projektów. Propozycja ta opiera się na ogólnych wytycznych klasycznej analizy portfelowej oraz elementach analizy sieciowej projektów (metoda PERT). Klasyczną analizę portfelową zapoczątkowały prace H. Markowitza (1952). W teorii Markowitza zakłada się, że istnieje duża liczba portfeli o założonej stopie dochodu, lecz tylko jeden z nich daje minimalne ryzyko oraz że istnieje duża liczba portfeli o założonym poziomie ryzyka, lecz tylko jeden ma maksymalną oczekiwaną stopę zwrotu. Inwestycje w papiery wartościowe różnią się jednak od inwestycji rzeczowych (projektów) realizowanych w organizacjach. Ogólna zasada pozostaje jednak ta sama – podstawą oceny efektywności portfela jest identyfikacja relacji zysków do ryzyka.

Projekty znajdujące się w portfelu organizacji powinny (Levine, 2005, s. 23): być dostosowane do strategii firmy, być spójne z kulturą i wartościami firmy, bezpośrednio lub pośrednio wpływać na dodatnie przepływy pieniężne, wykorzystywać w sposób efektywny zasoby firmy, a także przyczyniać się do dobrej kondycji firmy w przyszłości. Spełnienie tych wymogów jest możliwe przez odpowiedniej organizacji procesu budowy portfela.

2. PROCES BUDOWY PORFELA PROJEKTÓW

Portfel jest zestawem komponentów, które łącznie mają przyczyniać się do spełnienia misji i oczekiwań interesariuszy organizacji. Komponenty portfela nazywane są projektami, przez które rozumiemy aktualnie realizowane lub potencjalne przedsięwzięcia (zadania). Liczba projektów potencjalnych ma podstawowe znaczenie w procesie budowy strategii portfela, ponieważ poszerza ona dostępne możliwości tworzenia nowych, bardziej efektywnych portfeli. Zakładamy dalej, że wszystkie

komponenty portfela mogą być wdrażane niezależnie, lecz są powiązane z uprzednio zdefiniowanymi celami strategicznymi (zgodnie z definicją portfela projektów).

W procesie budowy portfela projektów wyróżniamy trzy etapy, w ramach których są realizowane zadania szczegółowe.

Etap 1. Identyfikacja potencjalnych komponentów portfela:

- charakterystyka projektów realizowanych i potencjalnych,
- ustalenie wpływu projektów na cele strategiczne,
- oszacowanie korzyści i ryzyka wyróżnionych projektów,
- przypisanie zasobów do projektów, ustalenie limitów.

Etap 2. Generowanie portfeli projektów:

- przyjęcie procedury agregacji projektów w portfelu,
- ustalenie kryteriów selekcji portfeli,
- wyszczególnienie portfeli spełniających kryteria selekcji,
- ranking portfeli pod kątem relacji zysków do ryzyka.

Etap 3. Planowanie struktury portfela:

- ocena efektywności obecnego portfela,
- analiza struktury efektywnych portfeli,
- badanie ograniczeń i dodatkowych założeń,
- wyznaczenie składu docelowego portfela.

W pierwszym etapie identyfikowane są propozycje projektów w kontekście przyjętych celów strategicznych organizacji. Projekty te ocenia się niezależnie pod kątem korzyści, ryzyka oraz poziomu wykorzystania zasobów. W drugim etapie generowane są wszystkie możliwe portfele. Portfel jest rozumiany jako dowolny podzbiór zbioru n -elementowego. Liczba wszystkich możliwych portfeli jest zatem równa $2^n - 1$, gdzie n jest liczbą potencjalnych projektów. Opis portfela jako podzbioru listy projektów wymaga przyjęcia określonych procedur agregacji zysków i ryzyka. Trzeci etap sprowadza się do badania tych portfeli, które wyznaczają granice efektywności (w sensie maksymalizacji relacji zysków do ryzyka). Na podstawie analizy porównawczej określa się kierunki zmian w składzie aktualnego portfela z uwzględnieniem założeń strategicznych oraz istniejących ograniczeń.

Podstawowym zagadnieniem w badaniu efektywności portfeli jest analiza ryzyka projektów. W dalszej kolejności przyjęto, że punktem wyjścia pomiaru ryzyka jest określenie przewidywanego czasu trwania projektów.

3. ANALIZA CZASU ZAKOŃCZENIA PROJEKTÓW

Precyzyjne wyznaczenie czasu zakończenia projektu jest w wielu przypadkach trudne lub wręcz niemożliwe. Dlatego uznaje się, że czas jest zmienną losową o określonym rozkładzie prawdopodobieństwa. W metodzie PERT przyjmuje się, że czasy trwania zadań wchodzących w skład projektu mają rozkład beta. Sumowane są tu średnie i wariancje czasów zadań znajdujących się na ścieżce krytycz-

nej, a następnie odczytywane jest prawdopodobieństwo zakończenia całego projektu w określonym czasie z rozkładu normalnego (Taylor III, 2004, s. 318-320). W analizie portfela projektów wykorzystujemy rozkład beta bez odwoływania się do rozkładu normalnego. W przeciwnym razie należałoby przyjąć, że w portfelu powinno się znaleźć co najmniej kilka projektów, co nie zawsze jest prawdą.

Funkcja gęstości prawdopodobieństwa standardowego rozkładu beta ma postać:

$$f(x) = c \cdot x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, \quad 0 \leq x \leq 1, \quad \alpha, \beta > 0, \quad (1)$$

gdzie c jest stałą normalizacyjną równą:

$$c = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}. \quad (2)$$

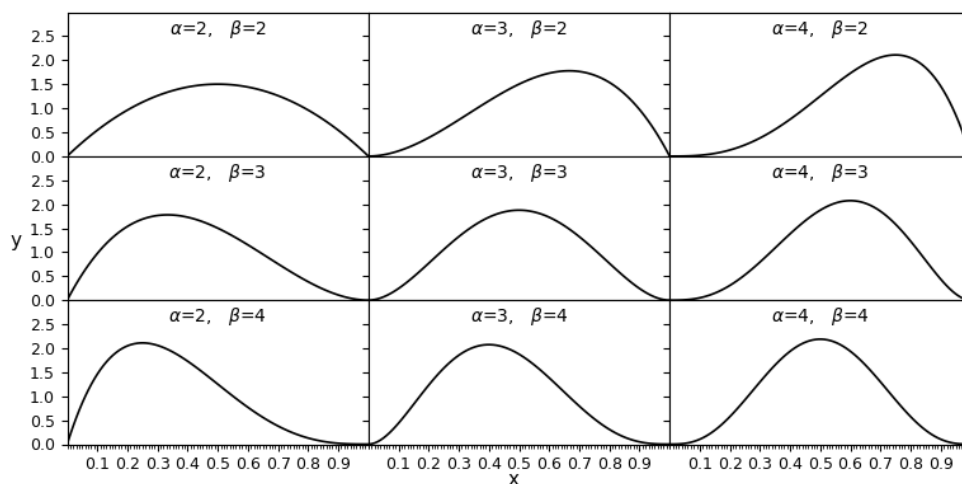
Wyrażenie $B(\alpha, \beta)$ to funkcja beta, którą definiuje się za pomocą funkcji gamma. Parametry α i β określają kształt rozkładu beta. Jeżeli parametry te są liczbami naturalnymi, to stała normalizacyjna jest równa:

$$c = \frac{(\alpha + \beta - 1)!}{(\alpha - 1)!(\beta - 1)!}. \quad (3)$$

Przykładowo dla parametrów $\alpha = 2$ i $\beta = 3$ kształt krzywej beta ma w przedziale $[0, 1]$ postać:

$$f(x) = \frac{(2 + 3 - 1)!}{(2 - 1)!(3 - 1)!} \cdot x^{2-1} (1-x)^{3-1} = 12x(1-x)^2.$$

Na rysunku 1 pokazano wszystkie rozkłady beta dla parametrów będących liczbami naturalnymi i spełniających warunek $4 \leq \alpha + \beta \leq 8$.



Rys. 1. Rozkłady beta dla wybranych parametrów

Analiza prawdopodobieństwa czasu trwania projektu wymaga przekształcenia standardowego rozkładu beta w przedziale $[0, 1]$ na rozkład określony w przedziale $[a, b]$, którego parametry oznaczają odpowiednio czas pesymistyczny i optymistyczny. Zmienna losowa X ma rozkład beta $\alpha, \beta > 0$ w dowolnym przedziale $a < x < b$, gdy rozkład gęstości prawdopodobieństwa X jest równy (Devore, Berk, 2012, s. 207):

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \cdot \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot \left(\frac{x-a}{b-a}\right)^{\alpha-1} \left(\frac{b-x}{b-a}\right)^{\beta-1}, \quad \alpha, \beta > 0. \quad (4)$$

Jak widać dla $a = 0$ i $b = 1$ funkcja ta daje standardowy rozkład beta. Średnia i wariancja rozkładu w przedziale $[a, b]$ wynoszą odpowiednio:

$$\mu = a + (b-a) \cdot \left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right), \quad \sigma^2 = \frac{(b-a)^2 \alpha \beta}{(\alpha+\beta)^2 (\alpha+\beta+1)}. \quad (5)$$

W metodzie PERT przyjmuje się trzypunktowe szacowanie czasu wykonania projektu, tj. czas optymistyczny (a), czas najbardziej prawdopodobny (m) oraz czas pesymistyczny (b), gdzie $a \leq m \leq b$. Szacunki te pozwalają wyznaczyć średnią i wariancję według formuł:

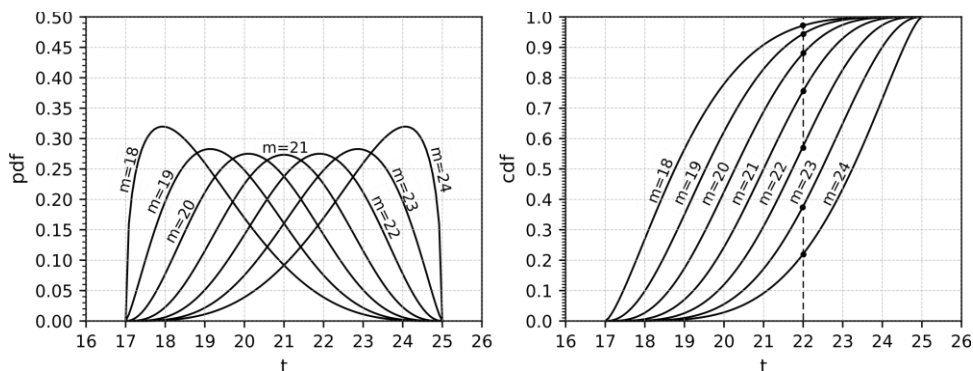
$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}, \quad \sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2. \quad (6)$$

Z równań (5) i (6) wyznacza się parametry rozkładu beta (Davis, 2008):

$$\alpha = \frac{2(b+4m-5a)}{3(b-a)} \left[1 + 4 \left(\frac{(m-a)(b-m)}{(b-a)^2} \right) \right], \quad (7)$$

$$\beta = \left(\frac{2(5b-4m-a)}{3(b-a)} \right) \left[1 + 4 \left(\frac{(m-a)(b-m)}{(b-a)^2} \right) \right]. \quad (8)$$

Kształt rozkładu czasu zakończenia projektu zależy bezpośrednio od przyjętych parametrów a, b oraz m . Przykładowo projekt, dla którego ustalono pesymistyczny czas zakończenia na 17 tygodni (a) oraz optymistyczny czas zakończenia na 25 tygodni (b) będzie miał różne rozkłady prawdopodobieństwa w zależności od parametru m . Na rysunku 2 pokazano różne funkcje gęstości (pdf) oraz dystrybuan-ty (cdf) czasu zakończenia tego projektu odpowiadające różnym szacunkom czasu oczekiwanego (m). Na prawym wykresie (cdf) zaznaczono przykładowy czas zakończenia tego projektu na 22 tygodnie.



Rys. 2. Funkcje gęstości (pdf) i dystrybuanty (cdf) przykładowego projektu

Parametr m (czyli określenie czasu najbardziej prawdopodobnego przez eksperta) ma istotny wpływ na prawdopodobieństwo zakończenia projektu w ustalonym czasie. W rozpatrywanym przypadku prawdopodobieństwo zakończenia projektu w ciągu 22 tygodni będzie równe:

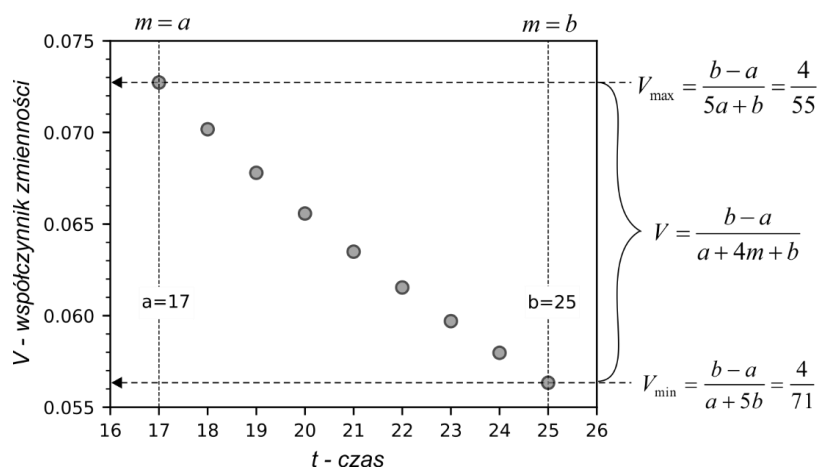
- dla $m = 18$: $P(X \leq 22) \approx 0,97$,
- dla $m = 19$: $P(X \leq 22) \approx 0,94$,
- dla $m = 20$: $P(X \leq 22) \approx 0,88$,
- dla $m = 21$: $P(X \leq 22) \approx 0,75$,
- dla $m = 22$: $P(X \leq 22) \approx 0,57$,
- dla $m = 23$: $P(X \leq 22) \approx 0,37$,
- dla $m = 24$: $P(X \leq 22) \approx 0,22$.

4. RYZYKO PROJEKTU I PORTFELA

Ryzyko projektu można wyznaczyć, dysponując danymi na temat czasu trwania projektu w wersji optymistycznej (a), umiarkowanej (m) oraz pesymistycznej (b). Jeżeli czas zakończenia projektu jest zmienną losową o rozkładzie beta, to wartość współczynnika zmienności – przyjmując założenia metody PERT – jest równa:

$$V = \frac{\sigma}{\mu} = \frac{b-a}{a+4m+b}. \quad (9)$$

Współczynnik zmienności jest stosunkiem odchylenia standardowego do wartości oczekiwanej. Ogólnie przyjmuje się, że im większa wartość V , tym większe ryzyko. Z podanej formuły wynika, że wartość tego współczynnika maleje w miarę wzrostu m . Na rysunku 3 pokazano wartości współczynnika zmienności dla różnych szacunków najbardziej prawdopodobnego czasu zakończenia projektu (m).

Rys. 3. Wartości współczynnika zmienności dla różnych m

Zależność między wartością współczynnika zmienności V a wartością parametru m jest zgodna z intuicją. Jeżeli ekspert przykładowo uzna, że czas zakończenia projektu w wersji optymistycznej (a) wynosi 17 tygodni, a w wersji pesymistycznej (b) 25 tygodni, to wielkość ryzyka projektu będzie zależała także od przyjęcia najbardziej prawdopodobnego czasu zakończenia projektu, czyli parametru m . Im wartość m będzie bliższa wartości b , tym ryzyko projektu będzie mniejsze. W skrajnym przypadku ($m = b$) ryzyko będzie najniższe, co odpowiada minimalnej wartości współczynnika zmienności w przyjętym przedziale $[a, b]$.

Ryzyko portfela jest sumą współczynników zmienności projektów wchodzących w skład tego portfela.

5. PRZYKŁAD PRAKTYCZNY

Analiza efektywności portfeli projektów wymaga wykorzystania wydajnych obliczeniowo algorytmów. Do tego celu opracowano autorski program napisany w języku Python z wykorzystaniem pakietów pandas, numpy, itertools oraz matplotlib. Poniżej opisano przykład praktyczny ilustrujący możliwości wykorzystania proponowanej metodyki analizy efektywności portfela projektów w organizacji.

5.1. Identyfikacja potencjalnych komponentów portfela

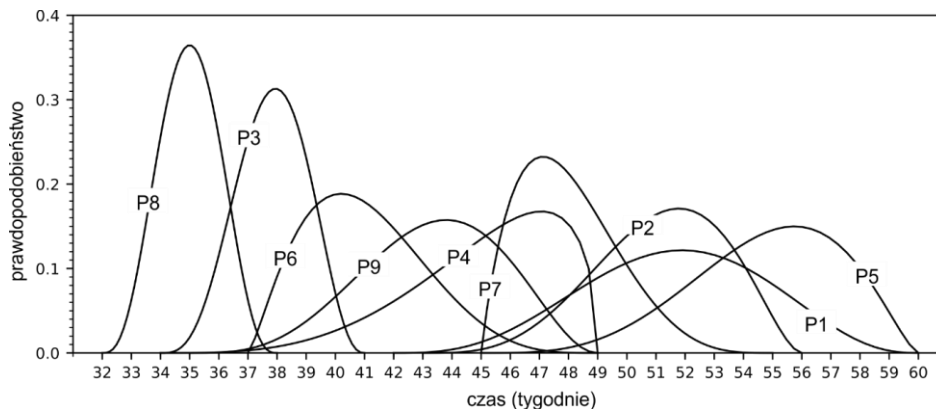
Przedsiębiorstwo rozważa uruchomienie kilku projektów, które łącznie mają przyczynić się do realizacji celów strategicznych. W sumie zgłoszono 9 potencjal-

nych projektów, dla których oszacowano czasy ukończenia (w tygodniach) – optymistyczny (a), umiarkowany (m) oraz pesymistyczny (b). W tabeli 1 podano te szacunki oraz wartości średniej, wariancji, parametrów alfa i beta oraz współczynnika ryzyka dla rozpatrywanych projektów (od P1 do P9).

Tabela 1. Czasy zakończenia badanych projektów i parametry ich rozkładów

Projekt	a	m	b	μ	σ^2	α	β	V
P1	42	52	60	51,67	9,00	4,270	3,681	0,0581
P2	43	52	56	51,17	4,69	4,654	2,754	0,0423
P3	34	38	41	37,83	1,36	4,336	3,582	0,0308
P4	34	47	49	45,17	6,25	4,354	1,495	0,0554
P5	45	56	60	54,83	6,25	4,673	2,456	0,0456
P6	37	40	49	41,00	4,00	2,333	4,667	0,0488
P7	45	47	55	48,00	2,78	1,968	4,592	0,0347
P8	32	35	38	35,00	1,00	4,000	4,000	0,0286
P9	35	44	49	43,33	5,44	4,568	3,106	0,0538

Na podstawie danych z tabeli 1 zidentyfikowano rozkłady funkcji gęstości badanych projektów, które pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Funkcje gęstości prawdopodobieństwa czasów zakończenia badanych projektów

W badanym przedsiębiorstwie sformułowano cztery cele strategiczne (C1 do C4), każdy projekt jest powiązany z co najmniej jednym z nich. Wyrazem tych powiązań jest udział (wyrażony w przedziale liczb rzeczywistych od 0 do 1) każdego projektu w realizacji przynajmniej jednego celu. Suma udziałów danego projektu w realizacji wszystkich celów jest równa 1.

W tabeli 2 pokazano udziały poszczególnych projektów w realizacji zakładanych celów strategicznych przedsiębiorstwa. Ponadto podano informacje na temat

prognozowanych zysków (w tys. zł) oraz zasobów. Zasoby oznaczają liczbę pracowników niezbędną do realizacji danego projektu.

Tabela 2. Charakterystyka badanych projektów (wymienionych w tabeli 1)

Projekt	Cele strategiczne				Zysk	Zasoby
	C1	C2	C3	C4		
P1	0,3	0,1	0,0	0,6	215	13
P2	0,0	0,0	1,0	0,0	389	18
P3	0,0	0,3	0,7	0,0	197	9
P4	0,5	0,1	0,3	0,1	187	7
P5	1,0	0,0	0,0	0,0	490	20
P6	0,0	0,5	0,5	0,0	378	15
P7	0,7	0,0	0,0	0,3	345	14
P8	0,5	0,0	0,5	0,0	210	10
P9	0,0	0,6	0,0	0,4	230	12

Przedstawione w tabeli 1 i tabeli 2 dane są wystarczające do rozpoczęcia procesu identyfikacji wszystkich potencjalnych portfeli projektów.

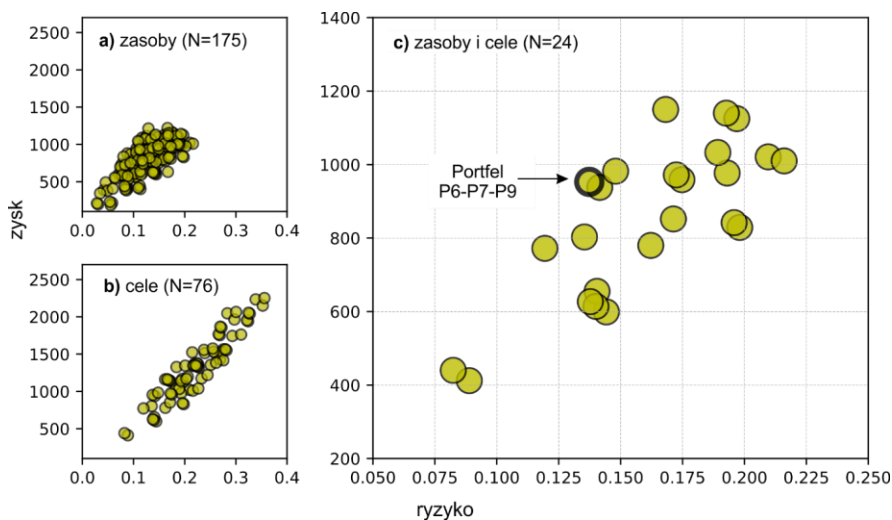
5.2. Generowanie portfeli projektów

W prezentowanym przykładzie liczba wszystkich możliwych portfeli projektów jest równa $2^9 - 1 = 511$. Podczas łączenia projektów w zbiory (portfele) wartości zysków i ryzyka są agregowane. W agregacji zysku przyjęto założenie, że zysk portfela jest sumą zysków (tabeli 2) projektów wchodzących w jego skład. Z kolei ryzyko portfela jest sumą wartości współczynników zmienności V (tabeli 1) odpowiednich projektów.

Wygenerowane portfele projektów są następnie badane pod kątem spełnienia wcześniej zdefiniowanych kryteriów. W badanym przypadku przyjęto dwa kryteria selekcji, tj. kryterium zasobów oraz kryterium finansowania celów strategicznych.

Kryterium zasobów zdefiniowano jako warunek, według którego łączna liczba pracowników zaangażowanych w realizację projektów należących do danego portfela nie powinna przekraczać 50 osób. W rezultacie zastosowania tego kryterium otrzymano 175 portfeli. Wszystkie portfele niespełniające tego wymogu zostały wykluczone z dalszej analizy.

Kryterium finansowania celów strategicznych zdefiniowano jako warunek polegający na tym, że w portfelu powinny znajdować się tylko te projekty, których udział łącznych zysków w finansowaniu każdego celu strategicznego wniesie co najmniej 15%. Zastosowanie tego kryterium niezależnie od kryterium zasobów redukuje liczbę 511 wszystkich portfeli do 76.



Rys. 5. Wyniki procesu selekcji portfeli projektów

Na rysunku 5 pokazano efekty zastosowania powyższych kryteriów. Wykres po prawej stronie rys. 5 (zasoby i cele) pokazuje efekt zastosowanie tych dwóch kryteriów łącznie. Jak widać, spośród wszystkich możliwych 511 portfeli wygenerowanych z 9 projektów tylko 24 portfele spełniają postawione warunki ograniczające.

5.3. Planowanie struktury portfela

Podstawą planowania struktury portfela są portfele spełniające ustalone kryteria selekcji. Wówczas portfelem teoretycznie efektywnym (optymalnym) jest taki zbiór projektów, który daje najwyższy zysk w relacji do ryzyka. W rozpatrywanym przypadku jest to portfel składający się z trzech projektów – P6, P7 i P9. Wszystkie projekty w tym portfelu spełniają postawione warunki ograniczające. Komponenty tego portfela przyniosą łączny zysk 953 tys. zł, a suma ich współczynników zmienności (ryzyko) jest równa 0,137.

Proces planowania struktury portfela jest jednak bardziej złożony. Z rysunku 5c wynika, że istnieją portfele przynoszące wyższy zysk. Istotnym zagadnieniem jest tutaj ustalenie poziomu akceptowalnego ryzyka. Jeżeli organizacja jest gotowa zaakceptować wyższe ryzyko, to powinna wybrać inny portfel. W rzeczywistości mamy zatem do czynienia z granicą efektywności portfeli (*portfolio frontier*), na której znajdują się portfele wymagające bliższego zbadania. W podejmowaniu ostatecznych decyzji należy uwzględnić także szeroko rozumiany kontekst organizacyjny, czynniki polityczne oraz potencjalne konflikty.

W tabeli 3 zestawiono wszystkie 24 portfele spełniające warunki ograniczające. Uszeregowano je ze względu na relację zysku do ryzyka.

Tabela 3. Lista portfeli projektów spełniających warunki ograniczające

Portfel	Zysk	Ryzyko	Zysk /ryzyko	Zasoby	Cele strategiczne			
					C1	C2	C3	C4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
P6-P7-P9	953	0,137	6939	41	0,25	0,34	0,20	0,21
P3-P6-P7-P9	1150	0,168	6838	50	0,21	0,34	0,28	0,17
P3-P7-P8-P9	982	0,148	6636	45	0,35	0,20	0,25	0,20
P1-P6-P7	938	0,142	6626	42	0,33	0,22	0,20	0,25
P3-P7-P9	772	0,119	6465	35	0,31	0,26	0,18	0,25
P1-P6-P8	803	0,135	5930	38	0,21	0,26	0,37	0,16
P4-P6-P7-P9	1140	0,193	5916	48	0,29	0,30	0,22	0,19
P1-P4-P6-P7	1125	0,197	5713	49	0,36	0,20	0,22	0,22
P4-P7-P8-P9	972	0,172	5635	43	0,45	0,16	0,17	0,22
P3-P4-P7-P9	959	0,175	5488	42	0,35	0,23	0,20	0,22
P1-P6-P8-P9	1033	0,189	5458	50	0,16	0,34	0,28	0,21
P8-P9	440	0,082	5339	22	0,24	0,31	0,24	0,21
P1-P3-P4-P6	977	0,193	5061	44	0,16	0,30	0,39	0,15
P1-P3-P8-P9	852	0,171	4973	44	0,20	0,26	0,29	0,26
P1-P2-P4-P9	1021	0,210	4871	50	0,15	0,17	0,44	0,23
P1-P4-P6	780	0,162	4809	35	0,20	0,29	0,31	0,19
P1-P4-P6-P9	1010	0,216	4675	47	0,16	0,36	0,24	0,24
P1-P8-P9	655	0,140	4663	35	0,26	0,24	0,16	0,34
P1-P3	412	0,089	4634	22	0,16	0,20	0,33	0,31
P4-P8-P9	627	0,138	4551	29	0,32	0,25	0,26	0,18
P3-P4-P9	614	0,140	4385	28	0,15	0,35	0,32	0,18
P1-P4-P8-P9	842	0,196	4300	42	0,31	0,21	0,19	0,28
P1-P3-P4-P9	829	0,198	4185	41	0,19	0,29	0,23	0,29
P1-P3-P4	599	0,144	4152	29	0,26	0,17	0,32	0,25

Z przedstawionych w tabeli 3 danych wynika, że portfel znajdujący się na drugiej pozycji (P3, P6, P7, P9) przynosi większy zysk (1150 tys. zł). Jego realizacja wymagałaby jednak akceptacji wyższego ryzyka niż w przypadku portfela P6-P7-P9, który okazuje się portfelem najbardziej efektywnym (w sensie relacji zysku do ryzyka).

6. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono zarys metodyki oceny efektywności portfela projektów. Propozycja bazuje na podejściu klasycznym, w którym podstawą wyboru portfela jest ocena zysków i ryzyka. W organizacjach gospodarczych dostęp do danych historycznych umożliwiających wyznaczenie prognoz zysków i ryzyka jest jednak znacząco ograniczony. Dotyczy to zwłaszcza projektów innowacyjnych. Dlatego w większości przypadków konieczne jest wykorzystanie metod pomiaru bazujących na subiektywnych opiniach.

Mimo tych barier wykorzystanie proponowanego podejścia w praktyce gospodarczej może przynieść wymierne korzyści. Zakres danych wyjściowych koniecznych do przeprowadzenia analizy jest stosunkowo niewielki w porównaniu z bogactwem danych wyjściowych, które ujawniają szeroki wachlarz możliwości kształtowania przyszłości organizacji.

LITERATURA

- Allen M.S. (2001). *Zarządzanie firmą portfelową*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna.
- Bible M.J., Bivins S.S. (2011). *Mastering Project Portfolio Management*. Delhi: J. Ross Publishing.
- Cabała P. (2018). *Portfel projektów w zarządzaniu rozwojem organizacji*. In: P. Cabała (red.), *Zarządzanie portfelem projektów w organizacji. Koncepcje i kierunki badań*. (ss. 13-34). Kraków: Wydawnictwo Mfiles.
- Davis R. (2008). Teaching Project Simulation in Excel Using PERT-Beta Distributions, *Inform*, 8 (3), 139-148.
- Devore J.L., Berk K.N. (2012). *Modern Mathematical Statistics with Applications*. New York: Springer.
- Herrerias-Velasco J.M., Herrerias-Pleguezuelo R.J., van Dorp J.R. (2011). Revisiting the PERT mean and variance, *European Journal of Operational Research*, 210.
- Levine H.A. (2005). *Project Portfolio Management*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Markowitz H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7 (1), 77-91.
- Pendharkar C.P. (2014). A decision-making framework for justifying a portfolio of IT projects, *International Journal of Project Management*, 32.
- Spałek S., Bodych M. (2012). *PMO. Praktyka zarządzania projektami i portfelem projektów w organizacji*. Gliwice: Wydawnictwo Helion.
- Stabryła A. (2011). *Zarządzanie projektami ekonomicznymi i organizacyjnymi*. Warszawa: WN PWN.
- Taylor III B.W. (2004). *Introduction to Management Science*. Upper Saddle River: Pearson.

ANALYSIS OF PROJECT PORTFOLIO EFFECTIVENESS**Summary**

The aim of the article is to present a method of evaluation of project portfolio effectiveness. At the beginning, the importance of the project portfolio in shaping an organization's strategy is discussed. Then, the process of building the project portfolio is presented. Due to the fact that the number of potential project portfolios in the organization can be very large, it is necessary to algorithmize this process. The article assumes that the assessment of generated portfolios is adequately based on profit and risk aggregation procedures. The article also assumes that in the risk measurement it is possible to use the PERT method guidelines and beta distribution properties. The theoretical solutions are illustrated with a description of a case, which presents the potential of the proposed methodological solutions.

Keywords: project portfolio, PERT method, beta distribution, coefficient of variation, project risk, portfolio risk

