

Dorota Górecka

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

**WYKORZYSTANIE METOD WIELOKRYTERIALNYCH
W PROCESIE OCENY I WYBORU WNIOSKÓW
O DOFINANSOWANIE REALIZACJI PROJEKTU
Z FUNDUSZY UNII EUROPEJSKIEJ***

Streszczenie: Wychodząc naprzeciw potrzebie udoskonalenia systemu ewaluacji i selekcji projektów ubiegających się o unijne dotacje, w referacie przedstawiono możliwość wykorzystania do tego celu metod wielokryterialnych: BIPOLAR, ELECTRE III i PROMETHEE II. Porównanie tych metod oraz uzyskanych za ich pomocą wyników prowadzi do zaproponowania procedury wyboru wniosków opartej na metodzie PPOMETHEE II oraz regułach dominacji stochastycznych. Ilustrację empiryczną poruszanego problemu stanowi symulacja procesu oceny 16 wniosków o dofinansowanie realizacji projektu z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego złożonych w okresie 2004-2006 w jednym z województw w ramach Działania 1.2: Infrastruktura ochrony środowiska.

Słowa kluczowe: analiza wielokryterialna, fundusze europejskie, dominacje stochastyczne, ranking

1. Wstęp

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej 1 maja 2004 r. projekty współfinansowane ze środków unijnych, zwane projektami europejskimi, stały się jednymi z kluczowych narzędzi wspierających restrukturyzację i modernizację polskiej gospodarki. Całkowita suma środków przeznaczonych przez UE dla Polski na lata 2004-2006 wynosiła 12,81 mld euro. W obecnym okresie programowania Polska będzie miała do dyspozycji ponad 67,2 mld euro z budżetu UE. Warunkiem efektywnego wykorzystania tych środków jest m.in. trafny dobór projektów mających podlegać dofinansowaniu.

* Praca współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, budżetu państwa i budżetu województwa kujawsko-pomorskiego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki Priorytetu VIII, działanie 8.2, poddziałanie 8.2.2. „Regionalne Strategie Innowacji” projektu systemowego Samorządu Województwa Kujawsko-Pomorskiego „Krok w przyszłość – stypendia dla doktorantów II edycja” oraz grantu Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu nr 406-E.

Wychodząc naprzeciw potrzebie udoskonalenia i zobiektywizowania systemu ewaluacji i selekcji projektów ubiegających się o unijne dotacje, którą zasygnalizowały instytucje zaangażowane w realizację europejskiej polityki regionalnej na podstawie doświadczeń z poprzedniego okresu programowania, w referacie przedstawiono możliwość wykorzystania do tego celu metod wielokryterialnych, m.in. BIPOLAR, ELECTRE III i PROMETHEE II. Porównanie tych metod oraz wyników uzyskanych przy ich wykorzystaniu prowadzi do zaproponowania procedury wyboru wniosków opartej na metodzie PROMETHEE II bądź zmodyfikowanej przez autorkę niniejszego referatu metodzie BIPOLAR (w zależności od oczekiwań i preferencji uczestników procesu decyzyjnego) oraz regułach dominacji stochastycznych. Działanie proponowanej procedury zilustrowano przykładem empirycznym, w którym przeprowadzono symulację procesu oceny¹ 16 wniosków o dofinansowanie realizacji projektu z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego złożonych w okresie 2004-2006 w jednym z polskich województw w ramach Działania 1.2: *Infrastruktura ochrony środowiska* realizowanego w ramach Priorytetu 1: *Rozbudowa i modernizacja infrastruktury służącej wzmocnieniu konkurencyjności regionów* Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego².

2. Działanie 1.2: Infrastruktura ochrony środowiska

Celem Działania 1.2: *Infrastruktura ochrony środowiska* było ograniczenie ilości zanieczyszczeń przedostających się do powietrza, wód i gleb, poprawa stanu bezpieczeństwa przeciwpowodziowego, zwiększenie zakresu wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych oraz poprawa zarządzania środowiskiem. Realizacja projektów miała przyczynić się do osiągnięcia standardów ochrony środo-

¹ Badanie współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego oraz budżetu państwa w ramach projektu Samorządu Województwa Kujawsko-Pomorskiego „Krok w przyszłość – stypendia dla doktorantów”.

² Zarządzany na poziomie krajowym, ale wdrażany na poziomie poszczególnych województw Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego (ZPORR), był jednym z 7 programów operacyjnych wdrażanych w Polsce w okresie 2004-2006. Miał się przyczynić do tworzenia warunków wzrostu konkurencyjności regionów, wspierać rozwój i dostosowania strukturalne obszarów słabo rozwiniętych i przeciwdziałać ich marginalizacji. Współfinansowany był z dwóch funduszy strukturalnych: Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) i Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS). W ramach ZPORR były realizowane następujące priorytety:

- Priorytet 1: Rozbudowa i modernizacja infrastruktury służącej wzmocnieniu konkurencyjności regionów (współfinansowany z EFRR);
- Priorytet 2: Wzmocnienie rozwoju zasobów ludzkich w regionach (współfinansowany z EFS);
- Priorytet 3: *Rozwój lokalny* (współfinansowany z EFRR);
- Priorytet 4 : *Pomoc techniczna* (współfinansowany z EFRR).

Na realizację ZPORR w latach 2004-2006 przeznaczono 4,085 mld euro, w tym 2,968 mld euro z funduszy strukturalnych (zob. [Zintegrowany Program Operacyjny 2004-2006... 2004, s. 446 oraz *Uzupełnienie ZPORR 2004-2006...* 2004, s. 21, 208-209]).

wiska zawartych w unijnych dyrektywach zaimplementowanych na grunt polskiego prawa [Uzupełnienie ZPORR 2004-2006 ... 2004, s. 45].

W ramach działania 1.2 realizowane były projekty z zakresu zaopatrzenia w wodę, poboru wody i oczyszczania ścieków, gospodarki odpadami, poprawy jakości powietrza, zapobiegania powodziom i wykorzystania odnawialnych źródeł energii o wartości całkowitej od 1 do 10 mln euro oraz projekty z zakresu zarządzania ochroną środowiska o wartości minimalnej 0,5 mln euro. Dofinansowanie z EFRR stanowiło maksymalnie 75% kosztów kwalifikowanych. W ramach projektów generujących znaczący zysk netto nie mogło jednak przekroczyć 50%, a w projektach, w odniesieniu do których stosowane były zasady udzielania pomocy publicznej – 35% [Uzupełnienie ZPORR 2004-2006 ... 2004, s. 46-48].

Każdy wniosek o dofinansowanie realizacji projektu był oceniany pod względem merytoryczno-technicznym przez trzech ekspertów (tworzących tzw. panel ekspertów), którzy brali pod uwagę kryteria zestawione w tab. 1 i 2.

Tabela 1. Ocena wstępna

Nr	Kryterium	Ocena	
		tak	nie
1	Właściwie przygotowana analiza ekonomiczna projektu	tak	nie
2	Właściwie przygotowana analiza finansowa projektu	tak	nie
3	Zasadność zaproponowanych w projekcie rozwiązań technologicznych	tak	nie
4	Zasadność i odpowiednia wysokość przedstawionych w projekcie kosztów kwalifikowanych	tak	nie
5	Spójność informacji zawartych we wniosku o dofinansowanie projektu z informacjami zawartymi w załącznikach do wniosku	tak	nie

Źródło: [Uzupełnienie ZPORR 2004-2006... 2004, s. 286].

Tabela 2. Ocena merytoryczna

Nr	Kryterium	Waga	Ocena
1	Wpływ na realizację zobowiązań akcesyjnych w obszarze ochrony środowiska	4	1-2-3-4
2	Komplementarność z innymi projektami (preferowane są zwłaszcza projekty komplementarne z projektami finansowanymi w ramach ZPORR i z Funduszu Spójności)	1	1-2-3-4
3	Trwałość projektu i wykonalność instytucjonalna (gwarancja stabilności finansowej projektu i trwałości struktury instytucjonalnej)	2	1-2-3-4
4	Efektywność kosztowa projektu	4	1-2-3-4
5	Poprawność wskaźników	1	1-2-3-4
6	Wykonalność techniczna	1	1-2-3-4
7	Kompleksowe projekty, w tym realizowane wspólnie przez więcej niż jedną jednostkę samorządu terytorialnego	2	1-2-3-4
Suma punktów			15-60

Źródło: [Uzupełnienie ZPORR 2004-2006... 2004, s. 287].

Ocena końcowa każdego wniosku była średnią arytmetyczną z ważonych sum punktów przyznanych przez poszczególnych ekspertów. Jeśli różnica między ocenami ekspertów w ramach dowolnego kryterium wynosiła 3 punkty (przed uwzględnieniem jego wagi), projekt poddawany był ocenie innego panelu ekspertów, przy czym ocena ta była wiążąca. Zwieńczeniem pracy panelu była lista rankingowa projektów, na której były one umieszczane zgodnie z odsetkiem uzyskanych punktów. Ranking projektów ocenionych pozytywnie, czyli tych, które otrzymały co najmniej 60% możliwych do zdobycia punktów, przedkładany był pod obrady regionalnego komitetu sterującego, a następnie zarządu województwa, do którego należała ostateczna decyzja w sprawie wyboru projektów³ (zob. [Podręcznik procedur... 2004, s. 39-62]).

3. Proponowana procedura wyboru projektów

Konstruowanie rankingu projektów za pomocą metody opisanej w poprzednim punkcie niniejszego artykułu nie wydaje się dobrym rozwiązaniem. Wątpliwości budzi przede wszystkim podejście do problemu rozbieżności w ocenach asesorów, a także możliwość wystąpienia pełnej kompensacji, czyli sytuacji, w której projekt oceniony bardzo słabo ze względu na jedno lub nawet kilka kryteriów może mimo to zostać uznany za dobry bądź nawet optymalny, gdyż otrzyma bardzo wysokie oceny w ramach pozostałych kryteriów. Obiekcje można mieć także do dość wąskiej i mało intuicyjnej skali ocen, w której najniższą oceną jest 1, oraz nieuwzględnienia w stosowanej metodzie, iż realnym problemom decyzyjnym towarzyszy zawsze niepewność, nieprecyzyjność, nieokreśloność i zmienność dotycząca zarówno danych, jak i ocen i preferencji uczestników procesu decyzyjnego, którzy w swoich działaniach nie muszą być do końca konsekwentni.

W związku z wymienionymi wyżej zastrzeżeniami proponuje się zastosowanie innej procedury wspomagania wyboru projektów europejskich. W jej skład wchodzi następujące elementy:

- identyfikacja uczestników procesu decyzyjnego (decydentów, interwenientów);
- wybór kryteriów i określenie ich wag za pomocą metody AHP⁴ (zob. [Saaty 2006; Saaty, Vargas 1991]);

³ Opisana procedura obowiązywała w odniesieniu do wniosków o dofinansowanie realizacji projektu z EFRR, składanych w ramach pierwszego i trzeciego priorytetu ZPORR.

⁴ W pierwszym jej etapie każda z osób uczestniczących w procesie ustalania wag dla kryteriów wyznacza swoją macierz porównań kryteriów parami. Na jej podstawie – za pomocą metody Saaty'ego (zob. [Metody wielokryterialne... 2006, s. 67-68]) – znajdowany jest wektor współczynników wagowych dla kryteriów. Z uzyskanych w ten sposób wektorów tworzona jest macierz C , której kolumny są wektorami wag dla kryteriów poszczególnych osób. W drugim kroku procedury budowana jest – również za pomocą metody Saaty'ego – macierz porównań parami osób uczestniczących w procesie ustalania wag dla kryteriów. Na jej podstawie znajdujemy wektor skali \mathbf{b} przedstawiający ważność przypisywaną poszczególnym uczestnikom procesu decyzyjnego. Ostateczny wektor wag

- określenie progów: obojętności, preferencji oraz weta dla każdego z kryteriów;
- skonstruowanie tablicy ocen projektów biorących udział w konkursie;
- zastosowanie
 - metody ELECTRE III z dominacjami stochastycznymi (zob. [Nowak 2004, s. 339-350]),
 - metody PROMETHEE II z dominacjami stochastycznymi (zob. [Nowak 2005, s. 193-202])⁵,
 - zmodyfikowanej metody BIPOLAR z dominacjami stochastycznymi (zob. aneks; w zależności od oczekiwań i preferencji uczestników procesu decyzyjnego);
- podjęcie ostatecznej decyzji.

4. Przykład empiryczny

Pod uwagę wzięto 16 zgłoszonych do konkursu w ramach działania 1.2 projektów z zakresu gospodarki wodno-kanalizacyjnej, gospodarki odpadami oraz zapobiegania powodziom. Obejmowały one m.in. budowę i modernizację sieci kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków, wdrażanie systemowej gospodarki odpadami komunalnymi, rekultywację składowisk, a także modernizację wałów przeciwpowodziowych. Eksperti – specjaliści w dziedzinie infrastruktury ochrony środowiska i funduszy europejskich – oceniali je⁶ w skali od zera (ocena najniższa) do 10 (ocena najwyższa)⁷, biorąc pod uwagę kryteria zamieszczone w tab. 3.

dla kryteriów w wyznaczamy, mnożąc macierz C i wektor b : $w = Cb$. Macierz porównań kryteriów parami może być także wyznaczona na zasadzie konsensusu – nie jest wtedy konieczne tworzenie macierzy porównań parami uczestników procesu decyzyjnego.

⁵ Zarówno w metodzie ELECTRE III, jak i PROMETHEE II do analizy wprowadzony został próg równoważności.

⁶ Opisy projektów zostały skrócone i poddane standaryzacji umożliwiającej ich obiektywną ocenę przy jednoczesnym zachowaniu ich anonimowości i poufności zawartych w nich danych.

⁷ Do oceny wszystkich kryteriów zastosowano skalę porządkową, nawet jeśli pomiar mógłby się odbywać na skali kardynalnej (tak jak np. w przypadku nakładów na realizację projektu i efektywności inwestycji). Wynikało to z tego, że obowiązujące w okresie 2004-2006 wytyczne dotyczące przygotowania dokumentów przez wnioskodawców nie były zbyt precyzyjne i pozwalały na dość swobodną, a czasem wręcz „kreatywną” analizę finansową i CBA. W wielu przypadkach stosowano niewłaściwą metodologię analizy finansowej, a w analizach ekonomicznych nie uwzględniano wszystkich transferów, korekt i korzyści. Dlatego ocena projektów była dość często intuicyjna i bazowała na wiedzy i doświadczeniu ekspertów. W przypadku nakładów na realizację projektu zastosowanie skali porządkowej było spowodowane tym, że oceniana miała być przede wszystkim ich rzetelność i zasadność. Niemniej jednak trzeba podkreślić, że proponowana procedura umożliwia równoczesne wykorzystanie kryteriów jakościowych i ilościowych – warunkiem jest skonstruowanie odpowiednich, odzwierciedlających cele decydenta wskaźników dla tych ostatnich.

Tabela 3. Punkty przyznane projektom przez ekspertów biorących udział w symulacji

Nr	Kryteria	Projekty															
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Nakłady na realizację projektu	1	7	6	1	8	4	1	6	8	7	2	3	7	7	6	6
		8	6	5	7	6	8	6	6	7	9	7	8	8	7	8	10
		2	9	5	7	5	7	5	8	8	9	7	6	10	5	5	10
2	Efektywność inwestycji	5	7	5	7	7	3	5	7	7	6	2	4	6	7	6	5
		7	5	5	6	5	6	2	6	6	7	7	7	5	5	8	10
		6	7	8	6	4	5	4	5	4	4	4	6	10	5	5	10
3	Wpływ na środowisko naturalne	8	8	7	8	8	2	7	7	6	7	7	7	9	8	8	3
		7	9	8	8	8	8	6	7	7	7	8	8	9	8	6	4
		7	9	8	8	8	5	7	8	6	6	6	5	9	7	6	10
4	Wpływ na zatrudnienie	3	5	4	7	6	7	6	5	3	3	2	4	4	7	7	1
		5	7	0	6	4	6	3	3	3	3	3	7	6	5	6	2
		3	8	2	5	8	9	5	4	2	4	2	10	10	10	10	0
5	Wpływ na zdrowie mieszkańców jednostki samorządu terytorialnego (jst)	5	5	3	5	4	3	5	5	5	5	5	4	6	4	6	2
		6	7	6	6	8	8	5	5	6	6	5	5	6	4	6	8
		3	3	3	3	3	4	5	6	5	3	4	5	10	10	10	0
6	Wpływ na atrakcyjność inwestycyjną jst	6	6	5	5	6	4	6	4	6	6	5	6	3	5	4	5
		4	8	3	6	7	8	3	5	3	6	3	4	5	4	4	3
		3	9	3	9	5	8	6	5	5	6	6	5	10	0	10	10
7	Wpływ na atrakcyjność rekreacyjno-turystyczną jst	3	7	2	7	4	3	6	5	6	5	4	2	4	3	6	4
		5	8	6	7	3	6	3	3	4	5	4	3	3	3	5	7
		4	10	5	9	5	7	7	4	5	8	8	5	10	0	10	5
8	Zasadność rozwiązań technicznych	8	8	9	8	8	5	8	7	7	7	6	7	8	8	6	7
		8	9	7	7	7	9	8	8	7	8	8	7	7	7	8	10
		7	7	7	8	7	7	8	8	6	8	8	5	10	6	8	10
9	Trwałość projektu i jego wykonalność instytucjonalna	6	6	6	9	9	7	7	8	8	7	6	4	7	5	6	5
		7	8	6	9	9	10	8	8	8	8	7	9	5	6	6	10
		6	9	5	5	6	9	5	5	5	6	6	5	5	6	8	10
10	Komplementarność z innymi projektami	6	7	3	3	7	2	3	6	9	7	8	6	7	4	1	8
		6	8	2	2	6	4	5	4	7	7	6	8	5	0	0	7
		5	8	4	4	9	9	9	7	9	9	8	10	0	8	10	10
11	Kompleksowość projektu	5	7	4	2	6	2	2	5	7	7	8	4	3	5	4	6
		2	10	2	2	2	2	4	2	3	2	4	7	5	8	7	5
		5	9	5	6	5	5	9	7	7	9	7	10	10	10	9	0

Źródło: opracowanie własne na podstawie formularzy oceny projektów dostarczonych przez ekspertów.

Zestaw kryteriów zastosowany w symulacji oceny projektów powstał w następujący sposób: lista kryteriów stworzona na podstawie informacji dostępnych w analizowanych wnioskach o dofinansowanie realizacji projektu, kryteriów stosowanych w okresie 2004-2006, oficjalnych dokumentów dotyczących funduszy unijnych, jak również celów zawartych w wojewódzkiej strategii rozwoju, została przedstawiona trzem specjalistom z zakresu infrastruktury ochrony środowiska i funduszy europejskich, którzy mogli zaakceptować lub odrzucić każde z podanych

na liście kryteriów. Mieli oni także możliwość dodania własnych propozycji do zestawu kryteriów. W ten oto sposób powstała lista kryteriów złożona z 11 pozycji.

Wagi dla kryteriów uzyskano za pomocą metody AHP. Ponieważ uznano, że biorący udział w procesie ustalania wag eksperci są jednakowo ważni, końcowe współczynniki wagowe dla kryteriów przyjęły formę średniej arytmetycznej ze współrzędnych wektorów wyznaczonych dla poszczególnych ekspertów. Eksperti ci zostali poproszeni również o określenie progów równoważności, preferencji oraz weta w rozumieniu metody ELECTRE dla każdego z kryteriów, natomiast progi weta w rozumieniu metody BIPOLAR zostały ustalone przez autorkę pracy. Uzyskany w ten sposób model preferencji przedstawiono w tab. 4.

Tabela 4. Model preferencji

Nr	Kryteria	Max/ /min	Wagi	Próg		Próg weta	
				równoważności	preferencji	ELECTRE	BIPOLAR
1	Nakłady na realizację projektu	max	0,13	1	3	6	3
2	Efektywność inwestycji	max	0,18	1	3	5	3
3	Wpływ na środowisko naturalne	max	0,16	2	4	7	3
4	Wpływ na zatrudnienie	max	0,08	2	4	7	1
5	Wpływ na zdrowie mieszkańców jednostki samorządu terytorialnego (jst)	max	0,09	2	4	8	1
6	Wpływ na atrakcyjność inwestycyjną jst	max	0,07	2	4	7	1
7	Wpływ na atrakcyjność rekreacyjno-turystyczną jst	max	0,07	2	4	7	1
8	Zasadność rozwiązań technicznych	max	0,07	1	3	6	2
9	Trwałość projektu i jego wykonalność instytucjonalna	max	0,06	1	3	6	2
10	Komplementarność z innymi projektami	max	0,04	1	3	7	2
11	Kompleksowość	max	0,05	1	3	7	2

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki uzyskane za pomocą metody ELECTRE III z dominacjami stochastycznymi

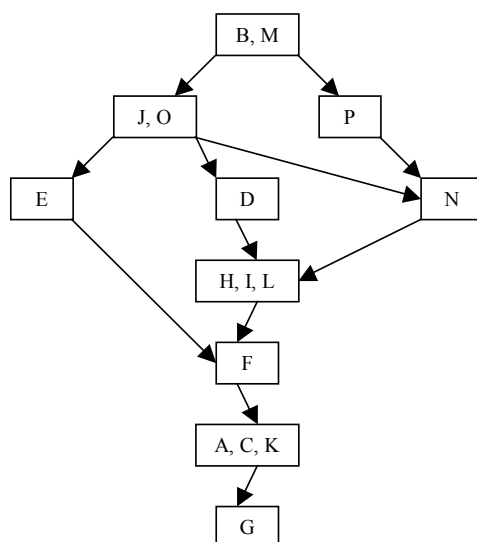
W tabeli 5 zaprezentowano – skonstruowany na podstawie współczynników wiarygodności oraz dwóch porządków uzyskanych w wyniku zastosowania procedury destylacji zstępującej i wstępującej – finałowy ranking projektów.

Tabela 5. Preporządki i ranking finałowy

Destylacja zstępująca		Destylacja wstępująca		Ranking finałowy	
klasa	projekty	klasa	projekty	klasa	projekty
1	B, M	7	B, E, J, M, O	1	B, M
2	P	6	D	2	J, O, P
3	J, O	5	P	3	D, E, N
4	N	4	H, I, L, N	4	H, I, L
5	D, H, I, L	3	F	5	F
6	A, C, E, F, G, K	2	A, C, K	6	A, C, K
		1	G	7	G

Źródło: obliczenia własne.

Zgodnie z przeprowadzoną analizą projekty B i M okazały się najlepsze i zdecydowanie powinny zostać zarekomendowane do dofinansowania. Projekty J, O i P, przewyższane tylko przez projekty B i M i sklasyfikowane na następnym poziomie, również są godne uwagi. Z kolei uznany za najgorszy wariant projekt G, jak również projekty A, C oraz K przewyższające jedynie projekt G, powinny zostać wykluczone z dalszej analizy. Poza tym warto dodać, że projekty D, E oraz N, mimo iż sklasyfikowane na tym samym poziomie, pozostają ze sobą w relacji nieporównywalności. Z kolei za nieporównywalne z projektem E zostały uznane projekty H, I oraz L, a z projektem P – projekty D, E, J oraz O.

**Rys. 1.** Ranking końcowy uzyskany metodą ELECTRE III z dominacjami stochastycznymi

Źródło: opracowanie własne.

Warto zauważyć, że na poziomach drugim, trzecim, czwartym i szóstym sklasyfikowano po 3 projekty. Stanowi to pewien mankament z punktu widzenia wspomaganie decyzji dotyczących projektów europejskich, jako że gdyby posiadała ilość środków finansowych pozwalająca na dofinansowanie np. 6 projektów, trudno byłoby określić, który z projektów – D, E czy N – miałby dołączyć do grona 5 znajdujących się na wyższych poziomach.

Zaletą metod z rodziny ELECTRE jest bardzo realistyczne odzwierciedlenie rzeczywistości. Stosowane w nich podejście pozwala na określenie wariantów preferowanych i zidentyfikowanie wariantów najsłabszych, pozostawiając przy tym miejsce sytuacjom nieporównywalności. Niestety z punktu widzenia decyzji dotyczących wyboru projektów do dofinansowania z funduszy UE cecha ta przestaje być pożyteczna, żaden bowiem projektodawca nie zaakceptuje decyzji stwierdzającej, że złożony przez niego wniosek o współfinansowanie realizacji projektu nie otrzyma dofinansowania, ponieważ jest nieporównywalny z innymi. Innym słabym punktem tej grupy metod jest postać rozwiązania końcowego, w której brakuje ocen punktowych – przedstawienie jedynie finałowego rankingu uzyskanego za pomocą prawdopodobnie nie do końca zrozumiałej dla wnioskodawców procedury destylacji może nie być dla nich wystarczająco przekonujące.

Wyniki uzyskane metodą PROMETHEE II z dominacjami stochastycznymi

Do zbudowania końcowego rankingu projektów europejskich można też wykorzystać reguły dominacji stochastycznych oraz procedurę PROMETHEE II. Zastosowana w niej kalkulacja przepływów netto dla każdego projektu wydaje się zdecydowanie bardziej przyjazna dla użytkowników od procedury destylacji wykorzystywanej w metodzie ELECTRE III. Uczestnicy procesu decyzyjnego uważają ten sposób agregacji za łatwiejszy do zrozumienia, w związku z czym jest on też łatwiejszy do zaimplementowania.

Tabela 6 zawiera kompletny ranking projektów uzyskany na podstawie przeprowadzonej symulacji.

Tabela 6. Ranking końcowy

Projekt	Przepływ netto	Projekt	Przepływ netto
B	3,491	N	-0,245
M	2,679	H	-0,348
P	1,679	D	-0,357
O	1,402	F	-0,628
J	1,084	K	-1,757
E	0,342	A	-2,345
L	0,317	C	-2,515
I	0,296	G	-3,095

Źródło: obliczenia własne.

Rezultat uzyskany za pomocą reguł dominacji stochastycznych i procedury PROMETHEE II potwierdził wyniki otrzymane dzięki zastosowaniu metody ELECTRE III. Projekty B i M ponownie okazały się najlepsze, za nimi zaś uplasowały się projekty P, O, J oraz E. Za najgorszy wariant uznany został znowu projekt G, a tuż przed nim sklasyfikowane zostały projekty C, A oraz K, tak jak to miało miejsce w poprzednim rankingu.

Wyniki uzyskane za pomocą zmodyfikowanej metody BIPOLAR z dominacjami stochastycznymi

Mankamentem metod ELECTRE III i PROMETHEE II jest to, że uzyskane za ich pomocą rankingi nie pozwalają stwierdzić, czy sklasyfikowane na najwyższych pozycjach projekty są projektami „dobrymi”, czy jedynie najlepszymi ze „słabych”. Problem ten może zostać rozwiązany dzięki zastosowaniu w procesie wspomaganiania decyzji dotyczących projektów europejskich metody BIPOLAR umożliwiającej sortowanie i porządkowanie wariantów z wprowadzonymi przez autorkę niniejszego artykułu modyfikacjami, pozwalającymi na równoczesne wyeliminowanie problemu nieporównywalności projektów.

Skonstruowany na potrzeby rozpatrywanego przykładu empirycznego bipolarny system referencyjny obejmował dwa obiekty „dobre” i dwa obiekty „złe”. Przy jego tworzeniu przyjęto, że pożądanymi ocenami są oceny wysokie (równe bądź większe niż 60% możliwych do zdobycia punktów), których rozkład nie jest zbyt zróżnicowany, natomiast niekorzystne są oceny niskie i/lub zróżnicowane.

Otrzymane w wyniku zastosowania opisanej w aneksie procedury rankingi projektów przedstawiono w tab. 7.

Tabela 7. Rankingi uzyskane za pomocą zmodyfikowanej metody BIPOLAR

Nr	Monorankingi				Bipolar – ranking	
	projekt	stopień osiągnięcia sukcesu	projekt	stopień uniknięcia niepowodzenia	projekt	łączna ocena
1	B		B	0,617	B	0,263
2	M	-0,103	M	0,516	M	0,206
3	O	-0,188	E	0,299	O	0,052
4	J	-0,208	D	0,296	J	0,044
5	P	-0,238	J	0,295	E	0,021
6	E	-0,257	O	0,291	D	0,005
7	I	-0,263	H	0,256	I	-0,009
8	H	-0,283	I	0,246	H	-0,014
9	D	-0,285	N	0,232	N	-0,066
10	L	-0,319	L	0,159	L	-0,080
11	N	-0,364	F	0,155	F	-0,105
12	F	-0,365	A	0,149	P	-0,119
13	K	-0,388	C	0,143	A	-0,145
14	G	-0,410	K	0,084	K	-0,152
15	A	-0,440	G	0,080	G	-0,165
16	C	-0,500	P	0,000	C	-0,179

Źródło: obliczenia własne.

Z punktu widzenia łącznej oceny osiągnięcia sukcesu i uniknięcia niepowodzenia do kategorii B1, a więc projektów typu *good*, zaklasyfikowane zostały projekty B, M, O, J, E oraz D. Projekt P – ze względu na wyjątkowo słabe oceny uzyskane w ramach kryterium nr 4 (wpływ projektu na zatrudnienie w jednostce samorządu terytorialnego) – znalazł się tym razem w dolnej części zestawienia.

Wyniki rzeczywistego procesu oceny i wyboru projektów

W rzeczywistym procesie ewaluacji projektów do dofinansowania wybrane zostały projekty M, O, P, A, I oraz D. Można założyć, że różnice w rankingach wynikały przede wszystkim z zastosowania różnego rodzaju procedur, jak również z wykorzystania odmiennych zestawów kryteriów i innych skal ocen. Kolejną przyczyną mogło być to, że w przeprowadzonym badaniu oceniano skrócone i poddane standaryzacji wersje wniosków o dofinansowanie realizacji projektów. Pewien wpływ na różnice w rankingach mogło mieć także to, że projekty w przypadku symulacji były dla oceniających anonimowe, ponieważ usunięto z nich wszelkie informacje, które mogłyby umożliwić identyfikację wnioskodawcy.

5. Podsumowanie

Symulacja ewaluacji projektów inwestycyjnych z zakresu infrastruktury ochrony środowiska pokazała, że zarówno metody wielokryterialne z rodziny ELECTRE i PROMETHEE, jak i metoda BIPOLAR w połączeniu z regułami dominacji stochastycznych mogą zostać wykorzystane do rozwiązania problemu porządkowania i wyboru najlepszych wariantów ze zbioru zupełnie różnych projektów w sytuacji, gdy decydent dysponuje sporym budżetem i może dofinansować kilka z nich. Ich założenia znacznie bardziej przystają do rzeczywistości niż założenia metody dotychczas funkcjonującej. Co więcej, ich zastosowanie może udoskonalić proces oceny i wyboru projektów, umożliwiając uwzględnienie w nim czynnika niepewności oraz wykluczając, przynajmniej częściowo, możliwość kompensacji złej oceny jednego z kryteriów dobrą oceną drugiego.

ANEKS

Zmodyfikowana metoda BIPOLAR z dominacjami stochastycznymi

Zmiany w stosunku do wersji oryginalnej (zob. [Konarzewska-Gubała 1991]) polegają na:

- uwzględnieniu w pierwszej fazie procedury rozkładów ocen wariantów decyzyjnych względem każdego z rozpatrywanych kryteriów i wprowadzeniu reguł dominacji stochastycznych w celu ich porównania;
- wykorzystaniu koncepcji pseudokryterium (zamiast *quasi*-kryterium);
- przekształceniu systemu określania pozycji badanych wariantów decyzyjnych w stosunku do bipolarnego systemu referencyjnego w sposób, w którym można rozpoznać ideę metody PROMETHEE II.

Wprowadzone modyfikacje pozwalają stworzyć całkowity ranking badanych wariantów decyzyjnych⁸, umożliwiając jednocześnie określenie ich bezwzględnej jakości na tle tego, co decydent przyjął uważać za korzystne i niekorzystne w rozpatrywanym problemie decyzyjnym⁹.

Przyjmujemy, że A oznacza skończony zbiór wariantów decyzyjnych: $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, natomiast F – skończony zbiór kryteriów ich oceny¹⁰: $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$. Każdemu kryterium zostaje przyporządkowana dodatnia waga

w_k określająca jego względną ważność, przy czym $\sum_{k=1}^n w_k = 1$. Z kolei

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_r\}$ to bipolarny system referencyjny złożony z dwóch zbiorów wariantów decyzyjnych: „dobrych” $D = \{d_1, d_2, \dots, d_d\}$ i „złych” $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_z\}$, takich, że $D \cup Z = R$, $D \cap Z = \emptyset$, oraz żaden ze złych wariantów decyzyjnych nie dominuje w sensie klasycznej relacji dominacji któregokolwiek z wariantów dobrych.

Faza 1:

Dla każdej pary (a_i, r_j) , gdzie $a_i \in A$, $r_j \in R$, wyznaczamy:

$$c^+(a_i, r_j) = \sum_{k=1}^n w_k \varphi_k^+(a_i, r_j) \quad \text{oraz} \quad c^-(a_i, r_j) = \sum_{k=1}^n w_k \varphi_k^-(a_i, r_j),$$

⁸ W problemie wyboru projektów ubiegających się o dofinansowanie z funduszy Unii Europejskiej niezbędne jest przyznanie wszystkim projektom punktów i zbudowanie na tej podstawie ich pełnego rankingu – żaden wnioskodawca nie zaakceptowałby decyzji stwierdzającej, że jego projekt nie uzyska dofinansowania, ponieważ jest „nieporównywalny”.

⁹ Odróżnia to tę procedurę od metod porządkowania wariantów należących do rodziny ELECTRE czy PROMETHEE, których istota polega na porównywaniu badanych wariantów między sobą, w związku z czym na podstawie uzyskanych wyników nie jesteśmy w stanie stwierdzić, z jakimi wnioskami mamy do czynienia – „dobrymi” czy „złymi”.

¹⁰ Zakłada się, że wszystkie rozpatrywane kryteria mają być maksymalizowane.

gdzie:

$$\varphi_k^+(a_i, r_j) = \begin{cases} 1, & \text{gd}y \ F_{ik}SD_T F_{jk} \wedge \mu_k(a_i) - \mu_k(r_j) > p_k \\ \frac{\mu_k(a_i) - q_k - \mu_k(r_j)}{p_k - q_k} & \text{gd}y \ F_{ik}SD_T F_{jk} \wedge q_k < \mu_k(a_i) - \mu_k(r_j) \leq p_k, \\ 0 & \text{w innym przypadku} \end{cases}$$

$$\varphi_k^-(a_i, r_j) = \begin{cases} 1, & \text{gd}y \ F_{jk}SD_T F_{ik} \wedge \mu_k(r_j) - \mu_k(a_i) > p_k \\ \frac{\mu_k(r_j) - q_k - \mu_k(a_i)}{p_k - q_k} & \text{gd}y \ F_{jk}SD_T F_{ik} \wedge q_k < \mu_k(r_j) - \mu_k(a_i) \leq p_k, \\ 0 & \text{w innym przypadku} \end{cases}$$

gdzie: F_{ik} – dystrybuanta opisująca rozkład ocen wariantu decyzyjnego a_i dla kryterium f_k ,

F_{jk} – dystrybuanta opisująca rozkład ocen wariantu referencyjnego r_j dla kryterium f_k ,

$\mu_k(a_i)$, $\mu_k(r_j)$ – wartości oczekiwane rozkładu ocen odpowiednio wariantu a_i oraz wariantu referencyjnego r_j względem kryterium f_k ,

q_k – próg równoważności dla kryterium f_k ,

p_k – próg preferencji dla kryterium f_k ,

SD_T oznacza, że zachodzi dominacja stochastyczna i jest ona zgodna z funkcją użyteczności decydenta (OFSD, OSSD).

Definicja 1: porządkowa dominacja stochastyczna stopnia pierwszego – OFSD [Spector, Leshno, Ben Horin 1996, s. 624]:

$$X_k^i \text{ OFSD } X_k^j \Leftrightarrow \sum_{l=1}^s p_{kl}^i \leq \sum_{l=1}^s p_{kl}^j \text{ dla wszystkich } s = 1, \dots, z,$$

gdzie X_k^i – rozkład ocen projektu a_i dla kryterium f_k , natomiast p_{kl}^i – prawdopodobieństwo otrzymania przez projekt a_i danej oceny w przypadku kryterium f_k (przyjmując jednakowe prawdopodobieństwo równe $1/3$ dla oceny przydzielonej przez każdego z 3 biorących udział w badaniu ekspertów).

Definicja 2: porządkowa dominacja stochastyczna stopnia drugiego – OSSD [Spector, Leshno, Ben Horin 1996, s. 624-625]:

$$X_k^i \text{ OSSD } X_k^j \Leftrightarrow \sum_{r=1}^s \sum_{l=1}^r p_{kl}^i \leq \sum_{r=1}^s \sum_{l=1}^r p_{kl}^j \text{ dla wszystkich } s = 1, \dots, z.$$

W następnej kolejności definiujemy dwa zbiory:

$$I^+(a_i, r_j) = \{k : \varphi_k^+(a_i, r_j) \neq 0\} \text{ oraz } I^-(a_i, r_j) = \{k : \varphi_k^-(a_i, r_j) \neq 0\}.$$

Hipoteza „ a_i jest preferowany nad r_j ” zostaje przyjęta, jeśli para (a_i, r_j) spełnia dwa testy: zgodności i niekonfliktowości. Test zgodności dla pary (a_i, r_j) jest spełniony, jeśli $c^+(a_i, r_j) > c^-(a_i, r_j)$, natomiast test niekonfliktowości dla tej pary jest spełniony, jeśli $\forall k \in I^- \mu_k(a_i) \geq v_k$, gdzie v_k to próg weta rozumiany jako najmniejsza dopuszczalna wartość oczekiwana rozkładu ocen dla kryterium f_k . Jeśli para (a_i, r_j) spełnia oba testy, to wskaźnik wiarygodności $d^+(a_i, r_j)$ wyznaczamy w następujący sposób: $d^+(a_i, r_j) = c^+(a_i, r_j) - c^-(a_i, r_j)$; wówczas $d^-(a_i, r_j) = 0$.

Hipoteza „ r_j jest preferowany nad a_i ” zostaje przyjęta dla pary (a_i, r_j) , jeżeli $c^-(a_i, r_j) > c^+(a_i, r_j)$ oraz $\forall k \in I^+ \mu_k(r_j) \geq v_k$. Wskaźnik wiarygodności $d^-(a_i, r_j)$ wyznaczany jest wtedy następująco: $d^-(a_i, r_j) = c^-(a_i, r_j) - c^+(a_i, r_j)$; w takim przypadku $d^+(a_i, r_j) = 0$.

Jeżeli test niekonfliktowości nie jest spełniony, to każda z wymienionych wyżej hipotez jest odrzucana, a $d^+(a_i, r_j) = d^-(a_i, r_j) = 0$; również gdy $c^+(a_i, r_j) = c^-(a_i, r_j)$, mamy $d^+(a_i, r_j) = d^-(a_i, r_j) = 0$.

Faza 2:

A. Porównanie rozpatrywanych wariantów decyzyjnych z elementami zbioru D – „dobrymi” wariantami decyzyjnymi

Wykorzystując wyliczone wcześniej wskaźniki $d^+(a_i, d_g)$ oraz $d^-(a_i, d_g)$, określamy dla każdego wariantu decyzyjnego a_i stopień osiągnięcia sukcesu d_{iS} :

$$d_{iS} = \frac{1}{d} \cdot \sum_{g=1}^d [d^+(a_i, d_g) - d^-(a_i, d_g)].$$

B. Porównanie badanych wariantów decyzyjnych z elementami zbioru Z – „złymi” wariantami decyzyjnymi

Na podstawie wyznaczonych wcześniej $d^+(a_i, z_h)$ oraz $d^-(a_i, z_h)$ ustalamy dla każdego wariantu decyzyjnego a_i stopień uniknięcia niepowodzenia d_{iN} :

$$d_{iN} = \frac{1}{z} \cdot \sum_{h=1}^z [d^+(a_i, z_h) - d^-(a_i, z_h)].$$

Zarówno wartości d_{iS} , jak i d_{iN} należą do przedziału $[-1, 1]$. Wartość dodatnia oznacza, że wariant decyzyjny przeważa nad zbiorem wariantów „dobrych” bądź „złych”, natomiast ujemna – że to zbiór referencyjny przeważa nad rozpatrywanym

wariantem. Wartość bezwzględna mierzy siłę tej przewagi – im jest ona bliższa jedności, tym przewaga jest wyraźniejsza.

Faza 3:

W wyniku operacji przeprowadzonych w dwóch pierwszych fazach analizy każdy wariant decyzyjny a_i opisany jest przez wektor $[d_{iS}, d_{iN}]$, którego składowe umożliwiają sortowanie i porządkowanie wariantów decyzyjnych.

A. Mono-sorting i mono-ranking

W problemie oceny stopnia osiągnięcia sukcesu przez badany wariant decyzyjny wartości d_{iS} pozwalają na rozsortowanie rozpatrywanych wariantów do trzech następujących kategorii (klas):

- Kategoria S1: warianty a_i takie, że $d_{iS} > 0$ (typu *overgood*).
- Kategoria S2: warianty a_i takie, że $d_{iS} = 0$.
- Kategoria S3: warianty a_i takie, że $d_{iS} < 0$ (typu *undergood*).

Monoranking tworzymy, porządkując liniowo warianty według malejącej wartości wskaźnika d_{iS} .

Z kolei w problemie oceny stopnia uniknięcia niepowodzenia przez badany wariant decyzyjny wartości d_{iN} pozwalają na rozsortowanie rozpatrywanych wariantów do trzech następujących kategorii (klas):

- Kategoria N1: warianty a_i takie, że $d_{iN} > 0$ (typu *overbad*).
- Kategoria N2: warianty a_i takie, że $d_{iN} = 0$.
- Kategoria N3: warianty a_i takie, że $d_{iN} < 0$ (typu *underbad*).

Monoranking tworzymy, porządkując liniowo warianty według malejącej wartości wskaźnika d_{iN} .

B. Bipolar-sorting i bipolar-ranking

Rozpatrując problem łącznej oceny stopnia osiągnięcia sukcesu i uniknięcia niepowodzenia przez badany wariant decyzyjny, możemy wyróżnić trzy kategorie (klasy) obiektów:

- Kategoria B1: warianty a_i takie, że $d_{iS} + d_{iN} > 0$ (typu *good*).
- Kategoria B2: warianty a_i takie, że $d_{iS} + d_{iN} = 0$.
- Kategoria B3: warianty a_i takie, że $d_{iS} + d_{iN} < 0$ (typu *bad*).

Bipolar-ranking tworzymy, porządkując liniowo warianty według malejącej wartości wskaźnika $d_{iSN} = \frac{d_{iS} + d_{iN}}{2}$. Wartości d_{iSN} należą do przedziału $[-1, 1]$.

Wartość dodatnia oznacza, że wariant decyzyjny przeważa nad systemem referencyjnym, natomiast ujemna – że system referencyjny przeważa nad rozpatrywanym wariantem. Wartość bezwzględna mierzy siłę tej przewagi – im jest ona bliższa jedności, tym przewaga jest wyraźniejsza.

Literatura

- Konarzewska-Gubała E., *Wspomaganie decyzji wielokryterialnych: system BIPOLAR*, Wydawnictwo AE, Wrocław 1991.
- Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym*, red. T. Trzaskalik, PWE, Warszawa 2006.
- Nowak M., *Investments projects evaluation by simulation and multiple criteria decision aiding procedure*, „Journal of Civil Engineering and Management” 2005 vol. 11 no 3.
- Nowak M., *Preference and veto thresholds in multicriteria analysis based on stochastic dominance*, „European Journal of Operational Research” 2004 vol. 158 no 2.
- Podręcznik procedur wdrażania Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego*, Ministerstwo Gospodarki i Pracy, Warszawa 2004.
- Saaty T.L., *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, vol. VI of the AHP Series, RWS Publications, Pittsburgh 2006.
- Saaty T.L., Vargas L.G., *The Logic of Priorities. Applications of the Analytic Hierarchy Process in Business, Energy, Health & Transportation*, vol. III of the AHP Series, RWS Publications, Pittsburgh 1991.
- Spector Y., Leshno M., Ben Horin M., *Stochastic dominance in an ordinal world*, „European Journal of Operational Research” 1996 vol. 93.
- Uzupełnienie Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego 2004-2006* (załącznik do rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z 25 sierpnia 2004 roku w sprawie przyjęcia Uzupełnienia ZPORR), DzU nr 200, poz. 2051 z późniejszymi zmianami.
- Zintegrowany Program Operacyjny Rozwoju Regionalnego 2004-2006* (załącznik do rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z 1 lipca 2004 roku), DzU nr 166, poz. 1745.

THE UTILIZATION OF MULTI-CRITERIA METHODS IN THE PROCESS OF EVALUATION AND SELECTION OF APPLICATIONS FOR A PROJECT CO-FINANCED FROM THE EUROPEAN UNION FUNDS

Summary: This paper is devoted to the idea of improving the evaluation and selection procedure of applications for co-financing the realization of a project from the European Union funds by using multi-criteria approach based on outranking relations and stochastic dominance rules. The modified BIPOLAR procedure is also presented. As an practical example the application of stochastic dominance rules together with ELECTRE III, PROMETHEE II and modified BIPOLAR methods to ordering and selecting projects applying for co-financing from the European Regional Development Fund and submitted to Measure 1.2 *Environmental protection infrastructure* is presented.