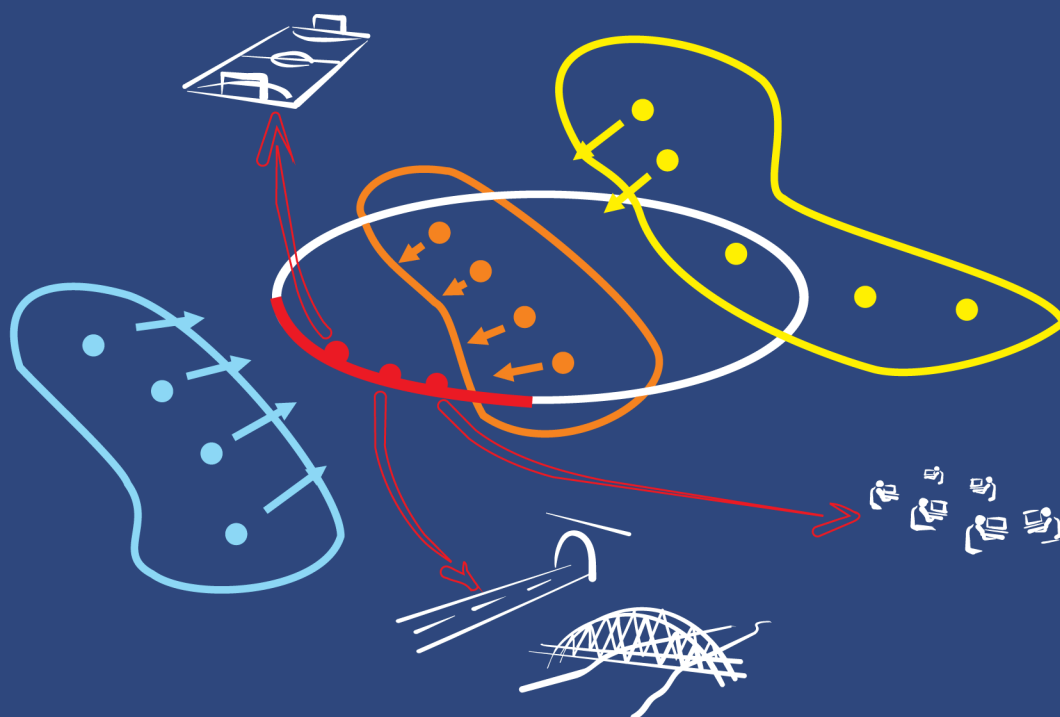




Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów uwzględniających cele regionalne związane z realizacją Narodowej Strategii Spójności

Umowa nr DKS/DEF-VIII/POPT/04/273/09



**Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania
Fundacji "Progress and Business"**



Raport Techniczny nr RT-07/2009
Kraków, listopad 2009

Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów uwzględniających cele regionalne związane z realizacją Narodowej Strategii Spójności

Materiały opracowane w ramach
umowy nr DKS/DEF-VIII/POPT/04/273/09

**Projekt realizowany w ramach konkursu dotacji
„Fundusze Europejskie na Poziomie NSS” – II Edycja,
organizowanego przez Ministerstwo Rozwoju Regionalnego,
współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej
w ramach
Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna.**

Autorzy:

Marek Chmielewski

Ignacy Kaliszewski

Ewa Okoń-Horodyńska

Dmitry Podkopaev

Andrzej M.J. Skulimowski (Red.)

Tadeusz Trzaskalik



**NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI**
dla rozwoju Polski



**UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO**



Redaktor:
Prof. dr hab. inż. Andrzej M.J. Skulimowski

Recenzja naukowa:
Wszystkie rozdziały zostały zrecenzowane w systemie peer-review

Projekt okładki:
P&B Incubator Sp. z o.o.

Opracowanie edytorskie i graficzne:
Alicja Madura

Wydawnictwo Naukowe Fundacji
„Progress and Business” w Krakowie
ul. Miechowska 5B
30-041 Kraków 16
tel.: 0126360100, faks: 0126368787
e-mail: wydawnictwo@pbf.pl
<http://www.pbf.pl>

Druk i oprawa:
P&B Incubator Sp. z o.o.
30-055 Kraków,
e-mail: office@pbincubator.eu
<http://www.pbincubator.eu>

Spis treści

ROZDZIAŁ 1. METODY WIELOKRYTERIALNEGO WYBORU I KONSTRUKCJI RANKINGÓW UWZGLĘDNIAJĄCYCH CELE REGIONALNE ZWIĄZANE Z REALIZACJĄ NARODOWEJ STRATEGII SPÓJNOŚCI – OPIS PROJEKTU <i>Andrzej M. J. Skulimowski</i>	5
1. Geneza i cele projektu	7
2. Analiza potrzeb w zakresie zastosowań wielokryterialnych metod szeregowania.....	9
3. Związek z Narodową Strategią Spójności	11
4. Zarys zastosowanej metodyki konstrukcji rankingów priorytetów	12
5. Rezultaty projektu oraz możliwości ich wdrożeń	16
ROZDZIAŁ 2. METODY RANKINGOWE W WIELOKRYTERIALNYM PODEJMOWANIU DECYZJI <i>Tadeusz Trzaskalik</i>	22
1. Wprowadzenie	24
2. Metody ELECTRE	26
3. Metoda Promethee	31
4. Procedura analitycznej hierarchizacji	33
5. Przykłady wykorzystania wielokryterialnych metod rankingowych do wyboru projektów	39
ROZDZIAŁ 3. ZASTOSOWANIE METODY ZBIORÓW ODNIESIENIA DO WSPOMAGANIA DECYZJI I KONSTRUKCJI WIELOKRYTERIALNYCH RANKINGÓW W PROJEKTACH ZWIĄZANYCH Z REALIZACJĄ NARODOWEJ STRATEGII SPÓJNOŚCI <i>Andrzej M. J. Skulimowski</i>	43
1. Wstęp.....	45
2. Sformułowanie wielokryterialnego problemu decyzyjnego.....	47
3. Interpretacja punktów odniesienia poprzez ich estymowaną użyteczność	49
4. Niesprzeczność punktów odniesienia	53
5. Zasada użyteczności metrycznej w skalaryzacji przez odległość	55
6. Interakcyjny algorytm podejmowania decyzji	57
7. Zastosowanie metody zbiorów odniesienia w problemach rankingowych	61
8. Dyskusja	61
ROZDZIAŁ 4. METODY SZEREGOWANIA I WYBORU PORTFELI PROJEKTÓW W PROBLEMACH DECYZYJNYCH Z PREFERENCJAMI REGIONALNYMI <i>Andrzej M. J. Skulimowski</i>	64
1. Wprowadzenie	66

2. Podstawy wielokryterialnej procedury modelowania preferencji regionalnych	68
3. Studium przypadku: przydział dofinansowania dla regionalnych ośrodków naukowo-badawczych (ROB) w ramach Regionalnych Strategii Innowacji.....	72
4. Organizacja Regionalnych Systemów RTDI: ewaluacja ex-post	81
ROZDZIAŁ 5. WYKORZYSTANIE REZULTATÓW BADAWCZYCH FORESIGHTU PRZY WYZNACZANIU PRIORYTETÓW ROZWOJU GOSPODARKI REGIONALNEJ <i>Ewa Okoń-Horodyńska, Andrzej M. J. Skulimowski</i>	
1. Wprowadzenie	86
2. Ewolucja metodyki foresight	88
3. Foresight w zarządzaniu strategicznym	91
4. Poziomy badań foresightowych	94
5. Metody badań foresightowych	99
6. Foresight a priorytetyzacja	107
7. Foresight a wdrożenie priorytetów – analiza przypadków	109
8. Wnioski	124
ROZDZIAŁ 6. JAK STWORZYĆ ALGORYTM USZERELOWANIA OBIEKTÓW ZACHOWUJĄCY APRIORYCZNE PREFERENCJE? <i>Marek Chmielewski, Ignacy Kaliszewski, Dmitry Podkopaev</i>	
1. Sformułowanie problemu	128
2. Analiza rankingu projektów Działania 3.1 POIG	130
3. Oznaczenia i definicje	135
4. Interaktywny schemat konstruowania modelu i algorytmu szeregowania obiektów	137
5. Inne funkcje skalaryzujące w algorytmach szeregowania	140
WYKAZ SKRÓTÓW	143



*METODY
WIELOKRYTERIALNEGO
WYBORU I KONSTRUKCJI
RANKINGÓW
UWZGLĘDNIAJĄCYCH CELE
REGIONALNE ZWIĄZANE Z
REALIZACJĄ NARODOWEJ
STRATEGII SPÓJNOŚCI – OPIS
PROJEKTU*

1

Andrzej M.J. Skulimowski^{1,2}

¹ Laboratorium Analizy i Wspomagania Decyzji, Katedra Automatyki, Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, ams@agh.edu.pl

² Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja „Progress and Business”, Kraków ul. Miechowska 5B, www.pbf.pl, www.foresight.pl, cn dip@pbf.pl

Streszczenie: W niniejszym rozdziale przedstawiamy najważniejsze wyniki projektu pt. „Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów uwzględniających cele regionalne związane z realizacją Narodowej Strategii Spójności” zrealizowanego przez Fundację Progress & Business w ramach Konkursu Dotacji „Fundusze Strukturalne na poziomie NSS” – II edycja organizowanego przez Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna. Głównym rezultatem projektu jest opracowanie nowatorskiej metodologii analizy wielokryterialnej, która może przyczynić się do obiektywizacji i ulepszenia strategii rozwoju regionalnego

Słowa kluczowe: priorytetyzacja, rankingi, analiza wielokryterialna, Narodowa Strategia Spójności, polityka regionalna



**NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI**
dla rozwoju Polski



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



1. Geneza i cele projektu

Projekt „Metody wielokryterialnego wyboru i konstrukcji rankingów uwzględniających cele regionalne związane z realizacją Narodowej Strategii Spójności” zrealizowany został w ramach konkursu dotacji „Fundusze Strukturalne na poziomie NSS” – II edycja organizowanego przez Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna na podstawie Umowy z Ministerstwem Rozwoju Regionalnego, Departament Koordynacji Polityki Strukturalnej z dnia 17 lipca 2009.

Motywacją do sformułowania niniejszego programu badawczego były rezultaty projektu pt. „*Priorytetyzacja celów polityki regionalnej w kontekście efektywnego wykorzystania Funduszy Strukturalnych*”, zrealizowanego w roku 2008 na podstawie umowy nr POPT.03.01.00-00-002/07 zawartej z Ministerstwem Rozwoju Regionalnego w ramach I edycji Konkursu Dotacji Fundusze Europejskie na poziomie NSS. Analiza rezultatów tego projektu wskazała, że celowym – ze względu na możliwość zastosowań w polityce polskich regionów – jego dopełnieniem jest zbadanie i opracowanie takich wielokryterialnych metod wyboru, które w możliwie najlepszy sposób odzwierciedlałyby cele i procedury Narodowej Strategii Spójności. W szczególności, przeprowadzone badania, wywiady i dyskusje podczas Seminarium Naukowego projektu zrealizowanego w roku 2008 wskazują, że metody stosowane obecnie w regionach, oparte z reguły na prostych procedurach scoringowych, nie zapewniają odpowiedniej spójności celów, metod i rezultatów.

Narodowa Strategii Spójności na lata 2007-2013 narzuca polskim regionom wysokie wymagania dotyczące zarówno efektywności wykorzystania środków pochodzących, jak i zwielokrotnienia rezultatów projektów finansowanych z tych funduszy. Przedstawiony tu projekt miał za zadanie zapalenie tej luki poprzez dostarczenie zobiektywizowanych metod tworzenia takich polityk, w szczególności algorytmów ewaluacji projektów i alokacji środków finansowych.

Cel ogólny projektu może być w związku z tym sformułowany jako opracowanie innowacyjnych metod wielokryterialnej analizy, oceny i wyboru kierunków działania programów i projektów polityki regionalnej, które mogą być zastosowane do priorytetyzacji obszarów interwencji władz regionalnych, jak również do oceny i wyboru projektów finansowanych z Funduszy Strukturalnych. Opracowane metody winny zapewnić:

- zwiększenie obiektywności procesów ewaluacyjnych,
- adekwatną reprezentację w procedurach oceny i wyboru celów polityki regionalnej, na różnych jej poziomach,
- możliwość uwzględnienia w obiektywny sposób kryteriów terytorialnych, sektorowych i społecznych w celu realizacji polityki wyrównywania poziomu gospodarczego, niedyskryminacji i równych szans,
- właściwe wykorzystanie w procesach wyboru dodatkowych informacji o preferencjach wynikających z dokumentów polityki regionalnej,

- skrócenie czasu oceny projektów składanych w konkursach ogłaszanych przez Władze Regionów i organy państwowe, m.in. Regionalnych Programów Operacyjnych, PROW, POIG i POKL.

Dalszym rezultatem będzie poprawa efektywności wykorzystania Funduszy Strukturalnych.

Natomiast celami szczegółowymi projektu były:

- Opracowanie wielokryterialnej metody oceny i wyboru zapewniającej reprezentację celów polityki regionalnej w postaci punktów odniesienia o współrzędnych odpowiadającym wartościom wskaźników stosowanych do oceny realizacji strategii regionalnych (także RSI i RSSI). Dodatkowo, metoda taka powinna umożliwiać jednoczesne wykorzystanie tradycyjnych informacji scoringowych w postaci ograniczeń na współczynniki substytucji celów częściowych.
- Opracowanie wielokryterialnej metody oceny i wyboru pozwalającej na uwzględnienie w obiektywny sposób kryteriów terytorialnych, sektorowych i społecznych w celu realizacji polityki wyrównywania poziomu gospodarczego, niedyskryminacji i równych szans (dotychczas cele te realizowane były poprzez definiowanie ograniczeń, co budzi często kontrowersje).
- Określenie sposobu łącznego stosowania obu opracowanych metod oraz ich zastosowanie do dynamicznej priorytetyzacji celów polityki regionalnej w oparciu o metody opracowane w projekcie badawczym wykonanym na zamówienie MRR w roku 2008,
- Wykazanie użyteczności opracowanych metod na podstawie studium przypadku – polityki regionalnej jednego z województw deklarujących współpracę oraz wykorzystanie rezultatów projektu.

Cele te zostały zrealizowane dzięki stworzeniu i przystosowaniu do wykorzystania w praktyce oryginalnej i nowoczesnej metodologii opracowanej przez Wnioskodawcę w nawiązaniu do wcześniejszego dorobku w tym zakresie, zwłaszcza do badań naukowych prowadzonych przez Fundację Progress & Business w ramach European Science and Technology Observatory (ESTO, esto.jrc.es.ec.eu) i ETEPS (European Techno-Economical Policy Support Network, www.eteps.net) dla Komisji Europejskiej. Przy pomocy opracowanych metod analizy wielokryterialnej cele polityki regionalnej będą realizowane w sposób obiektywny i weryfikowalny. Realizacja projektu oparta była o partnerską współpracę z jednostkami organizacyjnymi AGH i UJ zgodnie z § 1 ust. 6 Statutu Fundacji, a także o współpracę naukową z dalszymi partnerami krajowymi i zagranicznymi oraz o konsultacje z urzędami administracji samorządowej i rządowej. Sposób wykorzystania opracowanych metod przedstawiony został na przykładzie jednego z regionów zaangażowanych we współpracę z Fundacją, przy jednoczesnym wykorzystaniu rezultatów projektu zrealizowanego w ramach edycji I Konkursu Dotacji (2008).

Długofalowym efektem realizacji projektu jest wzrost zaufania społecznego do władz regionalnych, a poprzez lepszą alokację środków Funduszy Strukturalnych – także wzrost poziomu życia społeczeństwa. Oczekujemy także szybszego osiągnięcia w

regionach takich celów polityki unijnej i krajowej, jak skuteczniejsza i sprawniejsza budowa infrastruktury komunikacyjnej, zwiększenie wykorzystania energii odnawialnej, polepszenie sytuacji ekologicznej regionów zwłaszcza na terenach poprzemysłowych, zwiększenie efektywności gospodarki poprzez transfer i wdrożenie nowych technologii, zwiększenie konkurencyjności gospodarki regionów oraz lepsze dopasowanie rozwoju infrastruktury do potrzeb gospodarczych, społecznych oraz ochrony środowiska.

2. Analiza potrzeb w zakresie zastosowań wielokryterialnych metod szeregowania

Akcesja do Unii Europejskiej i wdrażanie *acquis* narzuciły władzom polskich regionów wiele obowiązków związanych z tworzeniem i wdrażaniem polityk regionalnych, które w krajach UE-15 oparte są na wieloletniej tradycji współpracy z ośrodkami naukowymi zajmującymi się tworzeniem zobiektywizowanych podstaw działań samorządowych organów legislacyjnych i wykonawczych. W warunkach polskich wymagania te często okazują się zbyt wysokie, co prowadzi do fasadowego i formalnego wypełniania warunków *acquis* poprzez kopiowanie schematów, pozbawionego dogłębnych studiów nad konsekwencjami ich stosowania bez uwzględniania krajowej i regionalnej specyfiki. Przykładem jest tu tworzenie oraz stosowanie metod analizy wielokryterialnej przy opracowywaniu dokumentów polityki regionalnej, takich jak regionalne strategie rozwoju, regionalne strategie innowacji i regionalne strategie rozwoju społeczeństwa informacyjnego oraz przy definiowaniu algorytmów rozdziału środków z funduszy europejskich. Stosowane metody korzystają przeważnie z informacji *ad hoc*, wymaganej przez przypadkowo dobraną metodę, lecz niedostępnej lub nie mającej powiązania z rozwiązywanym problemem decyzyjnym. Najczęściej spotykanymi przykładami są tu metoda AHP (*Analytic Hierarchy Process*) oraz jej nowszy wariant ANP (*Analytic Network Process*), (por. Saaty, 2006), które do określenia wag kryteriów wykorzystują współczynniki porównania ważności kryteriów lub alternatyw nie mające często bezpośredniego powiązania z rozwiązywanym problemem.

Nie w pełni adekwatne metody rozwiązywania problemów decyzyjnych, chociaż pozwalają na spełnienie formalnego warunku utworzenia listy finansowanych projektów, czy wyboru wariantu ich realizacji, nie przyczyniają się jednak do skuteczności realizacji polityki regionalnej w naszym kraju. Prowadzi to także do opóźnień i nieefektywnej organizacji pracy urzędów, zwłaszcza przy programowaniu pomocy strukturalnej. Opracowywane dokumenty polityki regionalnej zawierają listy priorytetów, lecz są one z reguły tworzone *ad hoc*, poprzez zestawienie celów powszechnie znanych i akceptowanych, a przez to oczywistych i w dodatku formułowanych w sposób bardzo ogólny, takich jak budowa szlaków komunikacyjnych czy zwalczanie bezrobocia. Ogólne formułowanie diagnoz i celów polityki regionalnej pozwala na spełnienie formalnego warunku utworzenia strategii rozwoju regionu, czy regionalnej strategii innowacji (RSI), lecz nie przyczynia się do skuteczności realizacji polityki opartej na takich dokumentach. Widać to wyraźnie na przykładzie innego dokumentu polityki regionalnej - regionalnej strategii rozwoju społeczeństwa informacyjnego, gdzie zbyt

ogólne sformułowania są – ze względu na bardziej specjalistyczny kontekst - bardziej rażące, co przyczyniło się do tego, że tylko nieliczne regiony taki dokument stworzyły. Co więcej, regionalne dokumenty strategiczne nie umożliwiają adopcji celów i priorytetów w przypadku zmieniającej się sytuacji społeczno-politycznej, ekonomicznej czy ekologicznej. Prowadzi to do opóźnień i nieefektywnej organizacji pracy urzędów w okresach przejściowych pomiędzy kolejnymi okresami programowania pomocy strukturalnej.

Warto zauważyć, że informacje na temat przyszłych technologicznych, ekonomicznych i społecznych perspektyw rozwojowych są dostępne dla Władz Regionów, m.in. dzięki realizacji projektów foresightowych w ramach Poddziałów 1.4.5. SPO-WKP i 1.1.1. POIG, lecz ich wykorzystanie w polityce regionalnej jest niewystarczające ze względu m.in. na brak dostępnych metod uwzględnienia rezultatów projektów foresightowych w regionalnych dokumentach strategicznych oraz wdrożenia ich w praktyce. Obszerny Rozdział 5 niniejszego Raportu, autorstwa znanego eksperta problematyki foresightu, Prof. Ewy Okoń-Horodyńskiej, zawiera wprowadzenie do metod foresightu oraz wskazówki, w jaki sposób wyniki projektów foresightowych mogą być zastosowane przy konstrukcji rankingów priorytetów polityki regionalnej oraz przy przydziale środków z Funduszy Strukturalnych UE w konkursach grantowych.

W oparciu o doświadczenia zdobyte w projektach wykonywanych w latach 1995-2009 dla Komisji Europejskiej, zespół Fundacji Progress & Business zaproponował nowatorską metodologię, dostosowaną do polskich realiów i umożliwiającą bezpośrednie zastosowanie w praktyce. Zaproponowane w ramach projektu metody nawiązują do tzw. podejścia niekompensacyjnego (por. Bouyssou, Marchant; 2007), które nie wymaga stosowania wag poszczególnych kryteriów. Zastosowanie wielokriterialnych metod rankingu celów priorytetowych dedykowanych dla potrzeb polityki rozwoju regionalnego może dodatkowo przyczynić się do obiektywności i weryfikowalności wyników wykonanych lub dopiero planowanych badań foresightowych. Przeprowadzoną w ramach projektu analizę potrzeb oparto o konsultacje z urzędami administracji samorządowej i rządowej. Wyniki tej analizy wskazują, że zarówno adaptacyjne programowanie strategii rozwoju regionów, jak i ilościowe metody wykorzystania wyników foresightu regionalnego informacji statystycznej i innych badań nie były dotąd stosowane w Polsce na szerszą skalę.

Dzięki współpracy z jednostkami naukowymi AGH i UJ – Fundatorami-Założycielami Fundacji Progress & Business, a także współpracy naukowej z dalszymi partnerami krajowymi i zagranicznymi stworzona została grupa ekspercka, która może być pomocna przy tworzeniu i obiektywizacji strategii regionalnych, a także dokumentów strategicznych na innych poziomach planowania. Sposób wykorzystania opracowanych metod przedstawiony został na przykładzie Małopolski. Ponadto opracowany zostanie szczegółowy plan ich wykorzystania dla kilku innych województw.

3. Związek z Narodową Strategią Spójności

Cel główny Konkursu Dotacji, tj. „wyłonienie projektów wspierających proces realizacji Narodowej Strategii Spójności na lata 2007-2013 oraz wdrażanie funduszy UE, tak aby umożliwić *budowanie naukowego wsparcia w procesie realizacji wdrażania funduszy europejskich, pozwalające na doprowadzenie do jak najlepszego i najefektywniejszego wykorzystania środków przyznanych Polsce przez UE na lata 2007-2013*” został osiągnięty bezpośrednio poprzez zrealizowane badania naukowe. Został on osiągnięty zarówno w sferze instytucjonalnej – gdyż projekt został zrealizowany przez organizację pozarządową założoną przez instytucje akademickie oraz Skarb Państwa w celu praktycznej realizacji procesów transferu wiedzy pomiędzy ośrodkami naukowymi, a praktyką, jak też w wymiarze rzeczowym, gdyż osiągnięte rezultaty badawcze pozwolą na tworzenie bardziej stabilnej polityki regionalnej w zakresie alokacji środków pochodzących z Funduszy Strukturalnych. Modelowa realizacja projektu przyczyniła się także do wypracowania wzoru dobrych praktyk sprawnej i owocnej współpracy pomiędzy MRR a partnerami społeczno-gospodarczymi w zakresie aplikowania, programowania i zarządzania środkami strukturalnymi w Polsce.

Zrealizowane badania przyczyniły się również do osiągnięcia celów szczegółowych Konkursu wymienionych w Regulaminie Konkursu Dotacji. W szczególności, cel „*Wsparcie systemu zarządzania, wdrażania, monitorowania, oceny i kontroli NSS dla osiągnięcia możliwie najwyższej efektywności interwencji instrumentów strukturalnych, w tym: proces ewaluacji, pozwalający wykorzystać zdobytą w ten sposób wiedzę w procesie decyzyjnym*” osiągnięty został bezpośrednio poprzez odpowiednie zasady tworzenia algorytmów alokacji środków pochodzących z Funduszy Strukturalnych, co przekłada się na procedury konkursowe i ewaluacyjno-kontrolne na wszystkich poziomach zarządzania funduszami unijnymi.

Z kolei cel szczegółowy „*Wzmocnienie koordynacji polityki spójności z innymi politykami unijnymi, krajowymi, sektorowymi i regionalnymi w tym:*

- *wsparcie prac dotyczących tworzenia Krajowej Strategii Rozwoju Regionalnego,*
- *wsparcie prac w obszarze przyszłości polityki spójności w Polsce po roku 2013,*
- *wsparcie prac nad Koncepcją Przestrzennego Zagospodarowania Kraju na lata 2008–2033”*

zrealizowany został dzięki zaadaptowanym do nowych metod priorytetyzacji mechanizmom adaptacyjnej oceny i wyboru opracowanych w ramach projektu (Skulimowski, 2009). Mechanizmy te umożliwią płynną zmianę priorytetów i procedur wraz ze zmieniającymi się warunkami zewnętrznymi. Dotyczy to także zewnętrznych zmian warunków realizacji NSS, zwłaszcza w sytuacji kryzysu ekonomicznego, w tym re-alokacji środków w przypadku zmiany celów polityki regionalnej.

Opracowane obiektywne metody oceny i wyboru umożliwią ponadto uwzględnienie w strategicznych dokumentach regionalnych wszystkich istotnych uwarunkowań zewnętrznych, które mogą być identyfikowane w procesie foresightu regionalnego, a

następnie uwzględnione w realizacji polityki spójności. Regiony, które nie prowadziły badań foresightowych mogą przy tym skorzystać z rezultatów innych projektów odnoszących się do uwarunkowań wynikających z polityk unijnych, krajowych i sektorych, natomiast koordynacja z innymi politykami regionalnymi, zwłaszcza Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju wymagać będzie dodatkowej oceny i uporządkowania hierarchii celów polityki regionalnej.

4. Zarys zastosowanej metodyki konstrukcji rankingów priorytetów

Metodyka zastosowań analizy wielokryterialnej w polityce regionalnej należy do klasycznych działów nauk o decyzji (por. np. Seo, Sakawa, 1988). Jej zastosowanie wymaga zdefiniowania wskaźników ilościowych (kryteriów) oraz funkcji estymujących korzyści społeczne oraz ekologiczne charakteryzujące oceniane obiekty (strategie, przedsięwzięcia, projekty inwestycyjne itp.). Oprócz kryteriów konieczne jest także uwzględnienie ograniczeń dla parametrów finansowych i ekonomicznych.

Wielokryterialne zagadnienia decyzyjne są formułowane w sposób formalny jako problemy optymalizacji wektorowej ze zbiorem kryteriów opisujących społeczne, ekonomiczne i ekologiczne preferencje interesariuszy optymalizowanych przedsięwzięć:

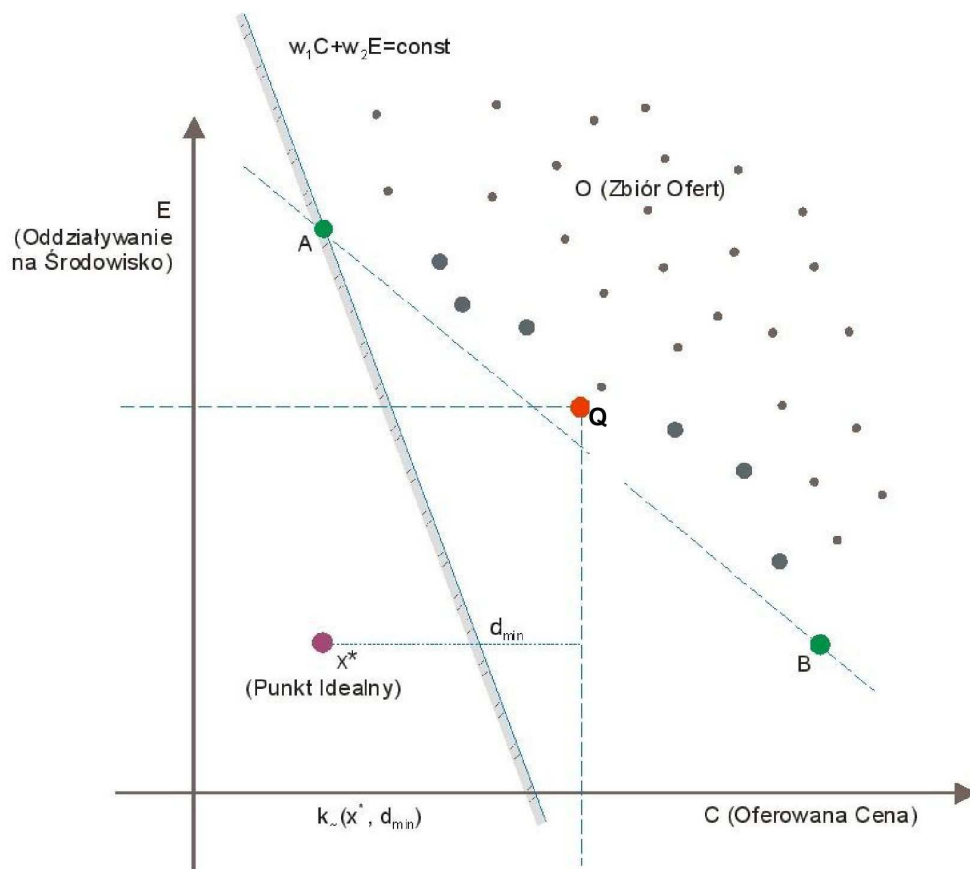
$$(F : U \rightarrow E) \rightarrow \min \quad (OW)$$

gdzie F oznacza wektor kryteriów oceny $F = (F_1, F_2, \dots, F_n)$, natomiast U i E oznaczają odpowiednio zbiór dopuszczalnych decyzji i zbiór wszystkich możliwych wartości kryteriów. Dla przykładu, gdy U jest zbiorem ofert przedsięwzięć zgłoszonych do realizacji w ramach konkursu ogłoszonego w ramach jednego z priorytetów Funduszy Strukturalnych, wtedy rozwiązaniem powyższego problemu jest zbiór projektów wybranych do realizacji, z reguły uszeregowanych przy pomocy pewnej metody rankingowej. Należy przy tym precyzyjnie zdefiniować zależność pomiędzy metodyką wyboru, a realizowaną polityką regionalną. Taka metoda może być też zastosowana do przydziału środków budżetowych dla całych obszarów działania, gdzie w drugim etapie odbędzie się alokacja dla poszczególnych projektów.

Najczęstszym podejściem stosowanym w polskich regionach jest utworzenie kombinacji liniowej kryteriów F_1, F_2, \dots, F_n z pewnymi dodatnimi wagami, interpretowanymi jako ważność poszczególnych kryteriów. Popularność tej metody zwiększają dodatkowo zapisy Ustawy o Zamówieniach Publicznych, narzucające bezwarunkowo stosowanie metody wag przy konstrukcji funkcji skalaryzującej problem (OW). Wadą tego podejścia jest wstępne i merytorycznie nieuzasadnione wyeliminowanie większości potencjalnie najlepszych (*best-compromise*) ofert, co wynika z immanentnych cech metody skalaryzacji przez funkcje będące ważoną sumą indywidualnych kryteriów (por. Rys. 1.1). Drugą wadą jest arbitralność wag, które z reguły są definiowane *ad hoc*. Z przeprowadzonych badań potrzeb wynika, że do tej pory jedynie Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego stosuje metody klasy Pro-

methée (por. np. Brans, Vincke; 1985), natomiast niektóre z pozostałych Urzędów Marszałkowskich do wyznaczania wag stosują metody typu AHP/ANP, które jednak oparte są również na arbitralnych założeniach.

Z elementarnych rozdziałów analizy wielokryterialnej wiadomo, że poprzez odpowiedni dobór wag można narzucić wybór konkretnej oferty. W efekcie, procedury oparte na metodzie funkcji ważonej mogą łatwo utracić obiektywność.



Rys. 1.1. Przykład sytuacji, gdy przy pomocy funkcji wagowej nie można wybrać stosownego rozwiązania dwukryterialnego problemu wyboru
(Cena Oferty, Oddziaływanie na Środowisko) $\rightarrow \min$.

W pokazanym na rysunku i spotykanym w sytuacjach praktycznych rozkładzie ocen ofert, dowolna dodatnia kombinacja liniowa kryteriów $C := \text{„Cena”}$ i $E := \text{„Oddziaływanie na Środowisko”}$, $f(C, E) = w_1 \cdot C + w_2 \cdot E$, pozwala na wybór wyłącznie ofert A lub B, gdy tymczasem ocena Q, najbliższa punktu idealnego x^* w sensie najczęściej stosowanych metryk, Euklidesa L_2 i Czebyszewa L_∞ jest wykluczona z konkursu, podobnie jak i wszystkie pozostałe oferty niezdominowane, oznaczone na rysunku większymi punktami. Kulę $k(x^*, d_{\min})$ w metryce Czebyszewa, stosowanej w tzw. programowaniu celowym (*goal programming*) naszkicowano na rysunku linią przerywaną.

Jak wynika z analizy rezultatów projektu „Priorytetyzacja celów polityki regionalnej w kontekście efektywnego wykorzystania Funduszy Strukturalnych” (Skulimowski, 2009), celowe jest zbadanie i opracowanie takich wielokryterialnych metod wyboru, które w możliwie najlepszy sposób odzwierciedlałyby cele i procedury Narodowej

Strategii Spójności, zachowując jednocześnie poprawność metodologiczną. Przykład przedstawiony na Rys. 1.1. wskazuje, że metody oparte na wykorzystaniu współczynników wagowych w prostych procedurach scoringowych nie zapewniają odpowiedniej spójności celów, metod i rezultatów.

W ramach niniejszego projektu opracowaliśmy dwie metody wielokryterialnego uszeregowania i wyboru pozbawione wymienionych wyżej wad.

W pierwszej metodzie proponujemy zastosowanie teorii zbiorów odniesienia (por. Skulimowski, 1996) do opracowania wielokryterialnej metody oceny i wyboru zapewniającej reprezentację celów polityki regionalnej w postaci punktów odniesienia, których współrzędne odpowiadają wartościom wskaźników stosowanych do oceny realizacji strategii regionalnych (także RSI i RSSI). Dodatkowo, metoda ta umożliwia jednocześnie wykorzystanie tradycyjnych informacji scoringowych w postaci ograniczeń na współczynniki substytucji celów cząstkowych. Idea metody polega na zastąpieniu pojedynczego tzw. punktu idealnego (por. Rys. 1.1.), od którego obliczana jest odległość w metodzie programowania celowego (*goal programming*), przez dowolną ilość punktów w przestrzeni wartości kryteriów oznaczających:

- alternatywne cele (Klasa A),
- punkty *Status Quo*, reprezentujące minimalne dopuszczalne wartości parametrów lub wartości wskaźników projektów zrealizowanych w przeszłości (Klasa B),

a także

- dalsze ograniczenia na wartości kryteriów (Klasa C)

oraz

- wartości zidentyfikowane jako niedopuszczalne (Klasa D).

Następnie ocena i wybór oferty (projektu, kandydata) uwzględnia jej relacje względem całych klas lub pojedynczych elementów zbiorów odniesienia, w taki sposób, by optymalizowana była pewna estymacja funkcji użyteczności, zgodna z preferencjami regionalnymi wyrażonymi w postaci zbiorów odniesienia. Metoda ta łączy jednocześnie benchmarking (postawione cele mogą być modelami najlepszych praktyk z różnych regionów), metodę indywidualnie dobieranej (niekoniecznie wypukłej) funkcji użyteczności, programowanie celowe oraz metodę współczynników substytucji. Te ostatnie mogą być określane zarówno bezpośrednio (np. odpowiednio dostosowaną metodą AHP/ANP) – o ile dostępna jest odpowiednia informacja, jak i w postaci ograniczeń, ale zaproponowana wyżej metoda może być stosowana także wtedy, gdy informacje takie nie są dostępne.

Inny problem pojawia się wtedy, gdy spośród ofert wybierany jest pewien podzbiór, którego każdy element powinien spełniać zadane ograniczenia (warunki konkursu) i optymalizować zbiór kryteriów merytorycznych, a jednocześnie zbiór wybranych rozwiązań powinien charakteryzować się określonymi własnościami, np. zapewniać możliwie równy rozkład na oferty pochodzące z różnych jednostek administracyjnych (gmin, powiatów) lub sektorów (np. turystyka, przemysł meblarski, sektor IT). W przypadku projektów związanych z rozwojem zasobów ludzkich mogą to być też

grupy społeczne w gorszym położeniu (50+, młodzi absolwenci, kobiety powracające na rynek pracy itp.). Stosowane obecnie podejście polega na ustalaniu kwot i ograniczeń, np. poprzez wskazanie, że z każdego powiatu wybrana powinna być co najmniej jedna oferta – chyba, że żadna z nich nie spełnia minimalnych ograniczeń – na ocenę indywidualnego projektu. Pozwala to zakwalifikować z tych podregionów, skąd wpłynęło mniej ofert, oferty słabsze niż najgorsze oferty zakwalifikowane z podregionów charakteryzujących się większą konkurencją oferentów. Jednocześnie zapewniony jest jednak bardziej równomierny rozkład ofert, niż w przypadku zastosowania jedynie merytorycznych kryteriów oceny indywidualnej.

Podejście takie budzi wiele kontrowersji, gdyż długofalowe korzyści wynikające z realizowanej w ten sposób polityki spójności nie są od razu widoczne, natomiast eliminacja kandydatów ocenionych wyżej w rankingu indywidualnym przez oferty pochodzące od grup (regionów) preferowanych jest powodem częstych protestów.

Problemy tego typu są często spotykane. Również ewaluacja propozycji badawczych zgłaszanych w konkursach dotacji na badania naukowe z różnymi liniami tematycznymi może być potencjalnym polem zastosowania metod opracowanych w niniejszym projekcie. Opracowane metody wyboru mogą być stosowane w problemach opisanego wyżej typu w ten sposób, że równomierność rozkładu wybieranych ofert (strategii, kandydatów itp.) jest zapewniana poprzez dodatkowe jawne kryteria, odnoszące się do całego zbioru wybieranych ofert. Tym samym uzyskuje się większą obiektywność i transparentność procedury wyboru.

Aby zilustrować zaproponowane idee, poniżej podajemy przykład prostej procedury powyższego typu, opracowanej i zastosowanej (program *PAUCI* finansowany przez *Freedom House*) dla potrzeb rekrutacji z różnych regionów Ukrainy pracowników samorządowych - uczestników podróży studyjnej do Polski, w celu zapewnienia ich równomiernego rozkładu na regiony oraz niedyskryminację ze względu na płeć lub wiek. Jako dodatkowe kryterium „regionalne” i „niedyskryminacyjne” wprowadzono tu kryterium k_4 :

Przykład 1.1.

Krok A. Zgłoszenia indywidualne punktowane są od 0 do 10 dla kryteriów merytorycznych 1, 2 i 3 przez trzech niezależnych ekspertów, powołanych przez Zarząd Fundacji „Progress and Business”, przy czym co najmniej jeden z ekspertów jest rekomendowany przez koordynatora ukraińskiego.

Krok B. Następnie średnie ilości punktów dla każdego z kryteriów dodaje się, tworząc ranking indywidualny. Jeśli w tak otrzymanym rankingu jedna z następujących grup :

- kobiety lub mężczyźni,
- osoby do 30 lat.

stanowi mniej niż 40%, wówczas ilość punktów w kryterium 4 oblicza się dla każdego z uczestników U według wzoru :

$$k_4(U) = s_1(U) \cdot 10 / (p+1) + s_2(U) \cdot 10 / (p+1) + s_3(U),$$

gdzie:

- $s_1(U)=1$, jeśli uczestnik U należy do płci reprezentowanej w mniej niż 40% w grupie uczestników, którzy otrzymali największą ilość punktów w rankingu indywidualnym,
- w przeciwnym wypadku $s_1(U)=0$.



- $s(2,U)=1$, jeśli uczestnik U ma poniżej 30 lat, pod warunkiem, że udział uczestników w tej grupie wiekowej jest mniejszy niż 40% wśród uczestników, którzy otrzymali największą ilość punktów w rankingu indywidualnym,
- w przeciwnym wypadku $s(2,U)=0$,

p jest ilością grup preferowanych (zawsze $p=0$, $p=1$ lub $p=2$),

$s(3,U)=10/(p+1)$, jeśli U uzyskał największą ilość punktów w rankingu indywidualnym spośród wszystkich kandydatów z danej oblasti, w przeciwnym wypadku $s(3,U)=0$.

Jeśli ponadto $p=0$, to $k_4(U)=s(3,U)$.

Krok C. Wybierani są najlepsi kandydaci względem kryteriów k_1 , k_2 , k_3 , k_4 , stosując metodę *goal programming* z jednakowymi współczynnikami skali dla metryki Czebyszewa.

W opracowanej metodzie Krok C zastąpiony został przez optymalizację niezależnego kryterium odnoszące się do wybieranego podzbioru ofert, a równe wagi dla wszystkich kryteriów - przez interakcyjną procedurę wspomagania decyzji.

Obie metody mogą być zintegrowane z dynamicznymi metodami priorytetyzacji opracowanymi w ramach projektu zrealizowanego w roku 2008 (Skulimowski, 2009).

Do wyznaczenia wartości stosowanych wskaźników jakości (stosowanych np. do oceny wniosków projektowych) wykorzystywane mogą być metody reprezentacji wiedzy np. sieci bayesowskie. Natomiast do uzgadniania konsensusu pomiędzy ekspertami zastosować można metodę opublikowaną w pracy (Górecki i Skulimowski, 1986), opartą na zgodnej z opracowanym podejściem reprezentacji opinii ekspertów i poszukiwaniu kompromisowego rozwiązania wielokryterialnego problemu decyzyjnego.

Ważną cechą przedstawionych metod jest możliwość ich implementacji bez znajomości metod matematycznych przez decydenta. Wszystkie niezbędne dla decydentów informacje i wyniki badań przekazywane są w formie rekomendacji – jako listy priorytetów - bez stosowania specjalistycznej terminologii.

5. Rezultaty projektu oraz możliwości ich wdrożeń

5.1. Rezultaty projektu

Wynikiem realizacji projektu jest gotowa do zastosowania w polskich regionach metodyka wielokryterialnej oceny i wyboru zgodna z celami Narodowej Strategii Spójności. Głównymi rezultatami są :

- Wielokryterialna metoda oceny i wyboru zapewniająca reprezentację celów polityki regionalnej w postaci punktów odniesienia o współrzędnych odpowiadającym wartościom wskaźników stosowanych do oceny realizacji strategii regionalnych (także RSI i RSSI). Metoda ta umożliwia jednocześnie wykorzystanie tradycyjnych informacji scoringowych w postaci ograniczeń na współczynniki substytucji celów cząstkowych.
- Wielokryterialna metoda oceny i wyboru pozwalająca na uwzględnienie w obiektywny sposób kryteriów terytorialnych, sektorowych i społecznych w celu

realizacji polityki wyrównywania poziomu gospodarczego, niedyskryminacji i równych szans.

Określono sposoby łącznego stosowania obu opracowanych metod oraz ich zastosowanie do dynamicznej priorytetyzacji celów polityki regionalnej w oparciu o metody opracowane w projekcie (Skulimowski, 2009). Wykazano praktyczną użyteczność opracowanych metod na podstawie studium przypadku dotyczącego polityki regionalnej jednego z województw.

Na tej podstawie sporządzone zostaną oferty dla Urzędów Marszałkowskich wybranych polskich regionów najbardziej zaawansowanych w zastosowaniach metod wielokryterialnych. Doświadczenia tych regionów, zwłaszcza realizujących projekty foresightowe (8 regionów) i RIS (15 regionów) służyć będą jako wzór najlepszych praktyk dla pozostałych. W ofertach wzięte pod uwagę zostaną indywidualne uwarunkowania związane z tradycjami gospodarczymi, zasobami naturalnymi i krajobrazowymi poszczególnych województw, a także istniejąca polityka regionalna.

Z punktu widzenia zastosowań przez Urzędy Marszałkowskie, istotnymi rezultatami projektu są m.in.:

1. Efektywny mechanizm adaptacyjnego formułowania polityki regionalnej zgodnie z NSS, zwłaszcza w zakresie zrównoważonego rozwoju, społeczeństwa informacyjnego, wspierania przedsięwzięć związanych z transferem i wdrażaniem technologii.
2. Zwiększenie efektywności i obiektywności algorytmów oceny i wyboru do finansowania projektów w ramach Funduszy Strukturalnych i innych programów unijnych.
3. Przygotowanie Władz Regionów do nowych wyzwań i ról regionu w integrującej się Europie dzięki udostępnieniu metod ułatwiających spełnianie unijnych standardów tworzenia polityk regionalnych.

Dla zainteresowanych Urzędów zostały lub zostaną przygotowane szczegółowe oferty wdrożenia rezultatów projektu przy tworzeniu dokumentów polityki regionalnej lub lokalnej. W przypadku przyjęcia tych ofert do realizacji przez Zarządy Województw, Miast i/lub Powiatów, metody oceny i wyboru kierunków działań, przedsięwzięć i projektów zgodnie z celami polityk regionalnych zostaną dostosowane do indywidualnych uwarunkowań związanych z tradycjami gospodarczymi, zasobami naturalnymi i krajobrazowymi poszczególnych województw, a także odniesione do istniejącej polityki regionalnej lub lokalnej.

Opracowane metody pozwalają na stworzenie następujących typów rekomendacji i prognoz dla zainteresowanych Urzędów, przede wszystkim regionalnych i urzędów miejskich większych miast:

1. Rekomendacje dotyczące wykorzystania wielokryterialnych metod oceny, wyboru oraz tworzenia rankingów w polityce regionalnej, zwłaszcza strategii regionalnych, RSI i RSSI.
2. Rekomendacje dotyczące budowy algorytmów alokacji środków pochodzących z Funduszy Strukturalnych.

3. Ocena możliwości osiągnięcia celów zdefiniowanych w strategii rozwoju regionu oraz innych dokumentach polityki regionalnej przy pomocy metody zbiorów odniesienia.
4. Konstrukcja adaptacyjnych modeli regionalnej strategii rozwoju wraz z opracowanymi w ramach niniejszego projektu metodami priorytetyzacji, uwzględniając te opracowane w ramach projektu (Skulimowski, 2009) metod dynamiki priorytetów oraz rezultatów badań wykorzystujących metody foresight.

Rekomendacje te mogą być przekazywane lub adaptowane na potrzeby innych jednostek samorządowych niższych szczebli (starostwa, urzędy miast i gmin). W przyszłości opracowane metody będą mogły być bezpośrednio zastosowane w tych jednostkach. W dalszej przyszłości w oparciu o opracowane metody może powstać Krajowy System Koordynacji Priorytetów Polityki Regionalnej i Lokalnej w ramach Narodowej Strategii Spójności na lata 2007-2013 i narodowych strategii na kolejne okresy budżetowe, w którym priorytety polityki krajowej, regionalnej i lokalnej zostaną hierarchicznie i bezpośrednio powiązane, a otrzymywane rekomendacje będą stanowić punkt odniesienia dla regionalnej polityki unijnej.

Rezultaty realizacji projektu mogą także stanowić punkt odniesienia dla wnioskodawców projektów finansowanych ze środków Funduszy Strukturalnych, jako podstawa tworzenia polityki regionalnej zapewniającej obiektywne, zrozumiałe i stabilne reguły rozdziału środków unijnych. Wyniki te przekazane będą także naukowym instytucjom partnerskim Fundacji – Wydziałowi EAliE AGH oraz Wydziałowi Zarządzania i Komunikacji Społecznej UJ, które wykorzystują je w swoich badaniach związanych z polityką regionalną, zwłaszcza RSI (AGH) i foresightem regionalnym (UJ).

Jako kolejny długofalowy rezultat projektu spodziewana jest zmiana wizerunku polskiej polityki regionalnej, z przedmiotowej - wdrażającej rezultaty regionalnego *acquis*, na podmiotową – tworzącą źródła tych polityk i przykłady najlepszych praktyk w tej dziedzinie.

5.2. Dalsze możliwości wdrożenia rezultatów projektu

Naczelną ideą projektu było zastosowanie wyników badań dotyczących priorytetów społecznych, ekonomicznych i technologicznych, na które przeznaczone są środki finansowe ERDF i EFS. do takiego kształtowania polityki regionalnej, by finansowanie projektów ze środków ERDF i EFS było z tymi priorytetami zgodne. Dlatego też głównymi beneficjentami bezpośrednimi projektu są podmioty odpowiedzialne za kształtowanie polityki regionalnej: Zarządy Województw, Sejmiki Wojewódzkie, instytucje prorozwojowe, takie jak regionalne agencje rozwoju, a także Ministerstwo Rozwoju Regionalnego RP. Beneficjentami pośrednimi mogą być także wnioskodawcy w konkursach ogłaszanych w ramach Funduszy Strukturalnych, w tym organy samorządowe szczebla powiatowego i lokalnego, szkoły i inne instytucje oświatowe, organizacje pozarządowe, firmy wdrażające nowe technologie, uczelnie i instytucje badawcze. Wdrożenie projektu przez te instytucje powinno przynieść wymierne korzyści ekonomiczne, ekologiczne i społeczne.

Poprzez opracowanie nowatorskich, efektywnych i nadających się do bezpośredniego zastosowania praktycznego metod wielokryterialnej oceny i wyboru, realizacja niniejszego projektu wniosła istotny wkład do polityki regionalnej w obszarze:

- mechanizmy efektywnego wykorzystania środków polityki spójności dla celów krajowej polityki regionalnej.

Jednocześnie rezultaty projektu mogą być zastosowane w innych obszarach polityki regionalnej NSS (linia tematyczna (a)), takich jak:

- zintegrowany rozwój obszarów wiejskich w systemie realizacji polityki regionalnej – Fundacja posiada w tej dziedzinie bogate doświadczenie i prowadzi stałą współpracę z szeregiem gmin wiejskich (m.in. Raba Wyżna) w Województwach Małopolskim i Podkarpackim,
- powiązania polityki regionalnej i polityki przestrzennej i zasady ich współdziałania – przy pomocy opracowanych metod kryteria specyficzne dla obu polityk będą mogły być oceniane jednocześnie w jednym modelu decyzyjnym,
- najlepsze praktyki zwiększania zaangażowania podmiotów niepublicznych w realizacji celów polityki regionalnej.

Wynikiem realizacji projektu w odniesieniu do potrzeb konkretnego regionu jest zbiór metod rankingowych umożliwiających priorytetyzację obszarów polityki regionalnej, obszarów inwestycji infrastrukturalnych, ekologicznych, społecznych oraz technologicznych regionu, a na kolejnym szczeblu hierarchii – o rankingu poszczególnych projektów, których finansowanie z ERDF i EFS rozważane jest przez władze regionalne i lokalne. Priorytety społeczne, ekologiczne i technologiczne mogą być przedstawione w formie list technologii kluczowych, kluczowych branż i ich charakterystyk technicznych, ekologicznych i społeczno-ekonomicznych. Informacje te mogą też służyć do ustalania pozycji konkurencyjnej Regionu oraz poszczególnych sektorów gospodarki w regionie, a następnie do opracowania praktycznych zaleceń i rekomendacji dotyczących polityki regionalnej.

Opierając się na opracowanych w ramach projektu metodach analizy wielokryterialnej i na metodologii analizy kosztowo-wynikowej (*cost-benefit analysis, CBA*), zespół ekspertów Fundacji Progress & Business zaproponował oryginalną metodologię oceny korzyści wynikających z wdrożenia nowych metod ewaluacji projektów i wspomagania decyzji budżetowych. Może być ona zastosowana do wykazania opłacalności zastosowania metod wielokryterialnej oceny i wyboru w polityce regionalnej oraz podejmowaniu decyzji o finansowaniu projektów z Funduszy Strukturalnych. Metoda ta polega na wykorzystaniu wieloletniego budżetu zadaniowego Regionu (lub jego części związanej z finansowaniem ze środków Funduszy Strukturalnych), zbadaniem mechanizmu generowania korzyści ekonomicznych, społecznych i ekologicznych dla każdego typu decyzji budżetowych i określeniem – kwotowo, procentowo i wskaźnikowo tych korzyści. Następnie dokonywana jest agregacja oraz dyskontowanie korzyści w rozpatrywanym okresie czasu. Propozycja wdrożenia wyników badań poprzez wykonanie tego typu analiz jest elementem oferty Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania Fundacji Progress & Business w Krakowie dla zainteresowanych Zarządów Województw.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Bouyssou D., Marchant T. (2007). An axiomatic approach to noncompensatory sorting methods in MCDM, I: The case of two categories, *EJOR*, Nr 178, s. 217-245.
- [2]. Brans, J.P., Vincke, Ph. (1985). A preference ranking organization method: The PROMETHEE method. *Management Sci.*, Nr 31, s. 647-656.
- [3]. Górecki H., Skulimowski A.M.J. (1988). Safety Principle in Multiobjective Decision Support in the Decision Space Defined by Availability of Resources. *Arch. Automatyki i Telemek.*, Nr 32, s. 339-353.
- [4]. Górecki H., Skulimowski A.M.J. (1986). A Joint Consideration of Multiple Reference Points in Multicriteria Decision Making. *Found. Control Engng.*, 11, Nr 2, s. 81-94.
- [5]. Saaty T. L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *EJOR*, Nr 168, s. 557-570.
- [6]. Seo F., Sakawa M. (1988): *Multiple Criteria Decision Analysis in Regional Planning*; D. Reidel-Kluwer, Dordrecht-Boston-Lancaster-Tokyo, s. 535.
- [7]. Skulimowski A.M.J. (2009, Red.). Priorytetyzacja celów polityki regionalnej w kontekście efektywnego wykorzystania Funduszy Strukturalnych, POPT.03.01.00-00-002/07, Raport Końcowy projektu zrealizowanego w roku 2008 w ramach I edycji Konkursu Dotacji Fundusze Europejskie na poziomie NSS, Kraków.
- [8]. Skulimowski A.M.J. (2008a). Modelling the evolution of Information Society and its technologies: the case of the EU New Member States W: The 3rd international Seville conference on Future-oriented Technology Analysis (FTA): Impacts and Implications for Policy and Decision Making: Seville, Spain, October 16-17 2008, Book of abstracts, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- [9]. Skulimowski A.M.J. (2008b). Needs and perspectives of European telecentres. W: Garofalakis J., Koskeris A. (Red.). Proceedings of the International Conference "Bridging the Digital Divide in Rural Communities Practical Solutions & Policies", Athens, May 15-16 2008, s. 230-256.
- [10]. Skulimowski A.M.J. (2008c) Application of dynamic rankings to portfolio selection. W: J.O. Soares, J.P. Pina, M. Catalão-Lopes (Red.). New developments in financial modelling, Newcastle, CSP Cambridge Scholars Publishing, 2008. Proceedings of the 41st Meeting of the Euro working group on Financial Modelling: Lisbon, Portugal, November 8-9 2007, s. 196-212.
- [11]. Skulimowski A.M.J. (2006a). Framing New Member States and Candidate Countries Information Society Insights. W : R. Compano, C. Pascu (Red.). Prospects For a Knowledge-Based Society In The New Members States And Candidate Countries, Publishing House of the Romanian Academy, January 2006, s. 9-51.
- [12]. Skulimowski A.M.J. (2006b). Future Prospects in Poland: Scenarios for the Development of the Knowledge Society in Poland. *Ibid.*, s. 114-159.
- [13]. Skulimowski A.M.J. (2006c, Red.). Transfer Technologii w Informatyce i Automatyce (Technology Transfer in Computer Science and Automation), Progress & Business Publishers, Kraków, s. 406.
- [14]. Skulimowski A.M.J. (2004a). The Challenges to the Medical Decision-Making Systems posed by mHealth, The IPTS Report, Nr 81, Feb. 2004, Institute for Prospective Technological Studies, DG JRC Seville, s. 4-11.
- [15]. Skulimowski A.M.J. (2002a). Hierarchical and multicriteria models of sustainable development. W: Sustainable Development – No. PTP 121TC00-010 held in Kraków, Poland, October 13-22, 2002. Progress & Business Publishers, Kraków, 2002, s. 12 (CD edition).
- [16]. Skulimowski A.M.J. (2002b). Application of Forecasting and Foresight Studies in Modelling the Regional Development. In: Sustainable Development – Proceedings of the AED Seminar No. PTP 121TC00-010 held in Kraków, Poland, October 13-22, 2002. Progress & Business Publishers, Kraków, s. 8 (CD edition).

- [17]. Skulimowski A.M.J., J. Szczygieł (2002a). Quantitative assessment and forecasts of bio-fuels production capability in Poland until 2020. Technical Report RT-PB-07/2002, Progress & Business Publishers, Kraków, Oct. 2002, s. 30. [Included as Country Report on Poland into the report from the ESTO Study on Techno-economic feasibility of large-scale production of bio-fuels in EU-candidate countries, DG-JRC, IPTS Seville, 2002.
- [18]. Skulimowski A.M.J. (2002b). Waste Streams and Flows in Candidate Countries – A Prospective Analysis. Technical Report RT-PB-11/2002, Progress & Business Publishers, Kraków, Dec. 2002, s. 40.
- [19]. Skulimowski A. M.J. (1999a, Red.). Financial Modelling – Proceedings of the 23rd Meeting of the EURO WG on Financial Modelling, Progress & Business Publishers, Kraków, Dec. 1999, s. 504.
- [20]. Skulimowski A.M.J. (1997). Methods of Multicriteria Decision Support Based on Reference Sets In: R. Caballero, F. Ruiz, R.E. Steuer (Red.) Advances in Multiple Objective and Goal Programming, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 455, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, s. 282-290.
- [21]. Skulimowski A.M.J. (1996). Decision Support Systems Based on Reference Sets. AGH University Publishers, Monografie, Nr 40, s.165.
- [22]. Skulimowski A.M.J., B.F. Schmid (1992). Redundance-free description of partitioned complex systems. Mathematical and Computer Modelling, 16, Nr 10, s. 71-92.
- [23]. Skulimowski A.M.J. (1992). Applicability of ideal points in multicriteria decision-making. W : A. Goicoechea, L. Duckstein, S. Zionts (Red.), Multiple Criteria Decision-Making, Proceedings of the Ninth International Conference: Theory and Applications in Business, Industry, and Government. Proceedings of the 9th International Conference on MCDM, Fairfax (VA), August 5-8 1990, Springer-Verlag, s. 387-400.
- [24]. Skulimowski A.M.J. (1991). Optimal Control of a Class of Asynchronous Discrete-Event Systems. W: Automatic Control in the Service of Mankind. Proceedings of the 11th IFAC World Congress, Tallinn (Estonia); Pergamon Press, London, 1990, Vol.3, s. 489-495.
- [25]. Skulimowski A.M.J. (1990). Classification and Properties of Dominating Points in Vector Optimization. Methods of Operations Research, Nr 58, s. 99-112.
- [26]. Skulimowski A.M.J. (1989). MCDM Problems in Control of Discrete-Event Systems. VIII- th International Conference on Multicriteria Decision Making, Manchester, August 22-26, 1988. W: A.G. Lockett (Red.), Proceedings, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 325, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.



METODY RANKINGOWE W WIELOKRYTERIALNYM PODEJMOWANIU DECYZJI

2

Tadeusz Trzaskalik¹

¹ Katedra Badań Operacyjnych, Akademia Ekonomiczna im. Karola Adamieckiego w Katowicach,
tadeusz.trzaskalik@ae.katowice.pl

Streszczenie: Możemy często napotkać następującą sytuację decyzyjną: dany jest skończony zbiór wariantów decyzyjnych i szukamy wariantu „najlepszego”, który odpowiada preferencjom decydenta. Możemy również szeregować te warianty. Istnieje wiele metod wielokryterialnego wspomaganie podejmowania decyzji, które pomagają decydentowi w końcowym wyborze. Celem tego opracowania jest krótka prezentacja najbardziej znanych metod, które mogą być zastosowane w priorytetyzacji: AHP, Promethee oraz metody Electre.

Słowa kluczowe: wielokryterialna analiza decyzji, priorytetyzacja, metoda AHP, metoda Promethee, metody Electre.



**NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI**
dla rozwoju Polski



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



1. Wprowadzenie

Dyskretne zadanie wielokryterialnego podejmowania decyzji formułowane jest najczęściej jako problem wyznaczenia takiego wariantu decyzyjnego ze skończonego zbioru rozpatrywanych wariantów, który zapewni jak najlepszą realizację wszystkich rozpatrywanych celów decydenta. Taki sposób sformułowania problemu wielokryterialnego nie jest jednak jedynym, z jakim możemy mieć do czynienia. W przypadku, gdy zainteresowania decydenta ograniczają się do wyznaczenia najlepszego wariantu decyzyjnego, problem formułowany jest jako **zagadnienie wyboru**. Zadaniem analityka wspierającego decydenta w rozwiązywaniu problemu decyzyjnego jest w tej sytuacji wyznaczenie możliwie najmniej licznego podzbioru wariantów decyzyjnych, które ze względu na rozpatrywane kryteria zostały uznane za najlepsze, następnie przedstawienie ich decydentowi pod rozważenie. W sytuacji, gdy decydent zainteresowany jest przydziałem wariantów do pewnych z góry określonych kategorii, mamy do czynienia z **zagadnieniem sortowania**, nazywanym dalej **zagadnieniem klasyfikacji wielokryterialnej**. Jeżeli decydent zainteresowany jest uporządkowaniem wariantów, czyli ich podziałem na klasy wariantów równie dobrych, to otrzymujemy **zagadnienie porządkowania**.

Rozpatrując dyskretne problemy wielokryterialnego podejmowania decyzji nie sposób nie odnieść się do klasycznej teorii podejmowania decyzji. Teoria ta zakłada, że decydent ma ustalone preferencje oraz że istnieje funkcja użyteczności *a priori* pozwalająca na wyznaczenie porządku zupełnego na zbiorze rozpatrywanych wariantów. Porównując dwa warianty decyzyjne rozpatrujemy jedną z trzech następujących sytuacji:

- dwa rozpatrywane warianty decyzyjne są równoważne,
- pierwszy z rozpatrywanych wariantów jest preferowany w stosunku do drugiego,
- drugi z rozpatrywanych wariantów jest preferowany w stosunku do pierwszego.

Rozwiązanie problemu decyzyjnego sprowadza się do wyznaczenia postaci analitycznej funkcji użyteczności, a następnie określenia wariantu, dla którego funkcja ta przyjmuje wartość maksymalną. Przykładem wykorzystania addytywnej użyteczności jest procedura analitycznej hierarchizacji (AHP). Porównuje się w niej parami warianty decyzyjne oraz kryteria z wykorzystaniem specjalnie skonstruowanej dziewięciostopniowej skali.

Opisane powyżej podejście oparte na teorii użyteczności wieloatrybutowej jest krytykowane przez wielu badaczy i uznane za nieuzasadnione. Zwracają oni uwagę na fakt, że w większości wypadków mamy do czynienia ze zmiennością i nieprecyzyjnością ocen i preferencji decydenta. Również dane, na których opiera się analiza niejednokrotnie cechuje niepewność, niedokładność, a czasami wręcz nieokreśloność.

Dlatego też Roy proponuje rozszerzenie zbioru podstawowych sytuacji preferencyjnych w taki sposób, by obejmował sytuacje równoważności, preferencji słabej, preferencji silnej oraz nieporównywalności. Ponadto definiuje on relacje zgrupowane, co w połączeniu z zastosowaniem progów preferencji pozwala na zdefiniowanie relacji rozmytej, zwanej relacją przewyższania. Relacja ta stanowi podstawę konstrukcji metod wspomaganie wyboru decyzji z rodziny Electre, w szczególności Electre I oraz Electre III, jak również metod z rodziny Promethee.

Powyższe koncepcje oraz sposób porównywania wariantów w metodzie Electre I wykorzystywane są w znacznym stopniu w metodzie Bipolar. Podejście to oparte jest na spostrzeżeniu, że na podejmowane decyzje wpływają często dwa rodzaje motywacji: dążenie do osiągnięcia sukcesu oraz dążenie do uniknięcia niepowodzenia. W związku z tym oba te punkty widzenia powinny być uwzględnione w procesie wspomaganie decyzji. Decydent wyraża tu swoje wyobrażenie sukcesu i porażki poprzez podanie przykładów decyzji uznanych za zdecydowanie korzystne oraz zdecydowanie niekorzystne. Tworzą one system referencyjny w postaci dwóch zbiorów referencyjnych: obiektów „dobrych” i „złych”. Wspomaganie decyzji odbywa się poprzez określenie pozycji każdego rozpatrywanego wariantu decyzji względem systemu referencyjnego, a następnie na tej podstawie przeprowadzone jest wnioskowanie o relacjach zachodzących w zbiorze analizowanych wariantów.

Niejednokrotnie podejmujemy decyzje, w których wynik jest niepewny i zależy od realizacji czynników niesterowalnych przez decydenta. Prowadzi to do porównywania ze sobą rezultatów działań, danych w postaci rozkładów prawdopodobieństwa. Możliwości tego rodzaju porównań stwarzają dominacje stochastyczne. Należy przy tym wziąć pod uwagę nastawienie decydenta do ryzyka.

W oparciu o koncepcję relacji przewyższania i agregację kryteriów, opisaną w metodach Electre i Promethee można otrzymać preferencje globalne, wykorzystując wyznaczone uprzednio preferencje względem poszczególnych kryteriów. Warto więc zwrócić uwagę na metody łączące te podejścia z ujęciem dominacji stochastycznych.

Jednym z zagadnień pojawiających się przy analizie skończonego zbioru wariantów jest ich wielokryterialna klasyfikacja. Problem ten można skrótowo opisać w następujący sposób: warianty należy przyporządkować do określonych z góry klas decyzyjnych z przypisanymi rangami. Zadanie tego rodzaju można rozwiązać poprzez konstrukcję reguł decyzyjnych na podstawie wiedzy uzyskanej z analizy zbioru uczącego i rozszerzenie jej na cały (zazwyczaj bardzo liczny) zbiór rozpatrywanych obiektów.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie podstaw metodologicznych najważniejszych metod rankingowych, wykorzystywanych w wielokryterialnym podejmowaniu decyzji i ich krótki opis w oparciu o prace [4] i [5]. Pokażemy również dwa przykłady procedur mających zastosowanie w ocenie projektów, zaczerpnięte z [2] i [3].

2. Metody ELECTRE

2.1. Pojęcia wstępne

Niech A oznacza skończony zbiór wariantów decyzyjnych:

$$A = \{ \mathbf{a}^1, \mathbf{a}^2, \dots, \mathbf{a}^m \}$$

Przyjmujemy, że porównując dwa warianty decyzyjne możemy mieć do czynienia z jedną z czterech podstawowych relacji: równoważności, preferencji słabej, preferencji silnej oraz nieporównywalności.

Powyższe relacje mogą być wykorzystywane w modelowaniu preferencji na dwa sposoby. W pierwszym wypadku dla każdej pary wariantów $\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j$ określamy jedną i tylko jedną z czterech sytuacji podstawowych. Drugi sposób postępowania polega na przyjęciu, że dla każdej pary wariantów określić można sytuację zgrupowaną, będącą jedną z sytuacji podstawowych lub łączącą dwie lub trzy takie sytuacje bez możliwości ich rozróżnienia. Do najważniejszych sytuacji zgrupowanych należą:

- *brak preferencji* – grupuje sytuacje równoważności oraz nieporównywalności bez możliwości ich rozróżnienia (N),
- *preferencja w szerokim sensie* – grupuje sytuacje silnej i słabej preferencji bez możliwości ich rozróżnienia (L),
- *przypuszczenie preferencji* – grupuje sytuacje słabej preferencji i równoważności bez możliwości ich rozróżnienia (J),
- *przewyższanie* – grupuje sytuacje silnej i słabej preferencji oraz równoważności bez możliwości ich rozróżnienia (S).

Analiza zbioru wariantów decyzyjnych związana jest z określeniem jednej lub wielu funkcji kryterialnych, które w sposób numeryczny pozwalają wyrazić preferencje decydenta. Niech F oznacza zbiór kryteriów, względem których oceniane są warianty decyzyjne:

$$F = \{ f_1, f_2, \dots, f_n \}$$

Ocenę wariantu \mathbf{a}^i względem kryterium f_k oznaczmy przez $f_k(\mathbf{a}^i)$. Funkcja $f_k(\mathbf{a}^i)$ może pełnić rolę kryterium, jeżeli odzwierciedla sytuację przewyższania, co oznacza, że spełniony jest warunek:

$$\forall \mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j \in A \quad f_k(\mathbf{a}^i) \leq f_k(\mathbf{a}^j) \Rightarrow \mathbf{a}^j S_k \mathbf{a}^i$$

gdzie S_k oznacza relację przewyższania związaną z kryterium f_k .

Rozróżnienie sytuacji równoważności, preferencji słabej i silnej możliwe jest dzięki wykorzystaniu funkcji progowych związanych z kryterium f_k . Przyjmijmy, że ze względu na rozpatrywane kryterium warianty decyzyjne zostały uporządkowane w taki sposób, że

$$i < j \Rightarrow f_k(\mathbf{a}^i) \leq f_k(\mathbf{a}^j)$$

Progiem równoważności związanym z kryterium f_k nazywamy funkcję $q_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$ taką, że:

$$\begin{aligned} \forall \mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j \in \mathcal{A}, \quad 0 \leq f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) \leq q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] &\Rightarrow \mathbf{a}^j I_k \mathbf{a}^i \\ \wedge \quad f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) > q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] &\Rightarrow \mathbf{a}^j L_k \mathbf{a}^i \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie I_k oraz L_k oznaczają odpowiednio relacje równoważności oraz preferencji w szerokim sensie związane z kryterium f_k . Zgodnie z powyższymi warunkami stwierdzamy, że w przypadku, gdy różnica między wartościami kryterium dla wariantów \mathbf{a}^j i \mathbf{a}^i jest nieujemna, a jednocześnie nie przekracza wartości progu równoważności, należy przyjąć, że wariant \mathbf{a}^j jest równoważny wariantowi \mathbf{a}^i ze względu na kryterium f_k . Natomiast w przypadku, gdy różnica ta jest większa od wartości $q_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$, przyjmujemy, że mamy do czynienia z preferencją w szerokim sensie.

Progiem preferencji związanym z kryterium f_k nazywamy funkcję $p_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$ taką że:

$$\begin{aligned} \forall \mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j \in \mathcal{A}, \quad f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) > p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] &\Rightarrow \mathbf{a}^j P_k \mathbf{a}^i \\ \wedge \quad 0 \leq f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) \leq p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] &\Rightarrow \mathbf{a}^j J_k \mathbf{a}^i \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie P_k i J_k oznaczają odpowiednio relacje silnej preferencji oraz przypuszczenia preferencji związane z kryterium f_k . W przypadku, gdy różnica między wartościami kryterium dla wariantów \mathbf{a}^j i \mathbf{a}^i jest wyższa, niż wartość progu preferencji, to przyjmujemy, że wariant \mathbf{a}^j jest silnie preferowany w stosunku do wariantu \mathbf{a}^i . Jeżeli natomiast różnica ta jest nieujemna, nie przekraczając jednocześnie wartości $p_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$, to należy przyjąć, że między wariantami \mathbf{a}^j i \mathbf{a}^i zachodzi relacja przypuszczenia preferencji.

Założmy, że funkcje progowe $q_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$ i $p_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$ spełniają warunek:

$$\forall \mathbf{a}^i \in \mathcal{A}, \quad 0 \leq q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \leq p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \quad (3)$$

oraz spełnione są warunki spójności:

$$\forall \mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j \in \mathcal{A}, \quad \frac{q_k[f_k(\mathbf{a}^j)] - q_k[f_k(\mathbf{a}^i)]}{f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i)} \geq -1 \quad (4)$$

$$\forall \mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j \in \mathcal{A}, \quad \frac{p_k[f_k(\mathbf{a}^j)] - p_k[f_k(\mathbf{a}^i)]}{f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i)} \geq -1 \quad (5)$$

Spełnienie warunków spójności oznacza, że funkcje $f_k(\mathbf{a}^i) + q_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$ i $f_k(\mathbf{a}^i) + p_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$ są niemalejącymi funkcjami $f_k(\mathbf{a}^i)$.

Funkcję kryterium $f_k(\mathbf{a}^i)$, dla której określono próg równoważności zgodnie z formułą (1) oraz próg preferencji zgodnie z formułą (2), spełniającą warunki (3), (4) i (5) nazywamy *pseudokryterium*. Dla tak zdefiniowanego pseudokryterium spełniona jest implikacja:

$$f_k(\mathbf{a}^j) \geq f_k(\mathbf{a}^i) \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{a}^j \mathbf{I}_k \mathbf{a}^i & \text{jeżeli } f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) \leq q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \\ \mathbf{a}^j \mathbf{Q}_k \mathbf{a}^i & \text{jeżeli } q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] < f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) \leq p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \\ \mathbf{a}^j \mathbf{P}_k \mathbf{a}^i & \text{jeżeli } p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] < f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) \end{cases} \quad (6)$$

Pseudokryterium nazywamy *kryterium prawdziwym*, jeżeli:

$$q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] = p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] = 0 \quad (7)$$

W przypadku problemu wielokryterialnego powstaje pytanie, w jaki sposób należy agregować oceny ze względu na poszczególne kryteria tak, by możliwym było modelowanie preferencji globalnych decydenta. Odpowiednikiem funkcji agregacji stosowanej w podejściu klasycznym jest zbiór warunków, przy których zachodzi globalna relacja przewyższania. Przyjmują one formę testów. Dzięki temu możliwym jest takie modelowanie preferencji, które akceptuje występowanie nieporównywalności. Przyjmuje się również założenie o *ograniczonej kompensacji* oznaczające, że możliwa jest taka sytuacja, w której duża przewaga wariantu \mathbf{a}^i nad wariantem \mathbf{a}^j ze względu na jedno z kryteriów powoduje, że hipotezę o przewyższaniu wariantu \mathbf{a}^i przez wariant \mathbf{a}^j należy odrzucić nawet wówczas, gdy jest on silnie preferowany ze względu na pozostałe kryteria. Do analizy tego typu sytuacji wykorzystywany jest próg weta, oznaczany jako $v_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$.

2.2. Metoda ELECTRE I

W metodzie tej nie są wykorzystywane ani progi równoważności, ani progi preferencji. Zakłada się zatem, że wszystkie kryteria zdefiniowane zostały jako kryteria prawdziwe. Przyjmijmy, że w rozpatrywanym problemie zbiór wariantów decyzyjnych oceniany jest względem n kryteriów. Każdemu kryterium przypisujemy liczbę dodatnią (wagę) w_k odzwierciedlającą ważność, jaką przypisuje mu decydent. Przyjmować będziemy, że wagi spełniają warunek:

$$\sum_{k=1}^n w_k = 1 \quad (8)$$

Dla każdej pary wariantów $(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)$ obliczamy wartość współczynnika zgodności $c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)$:

$$c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) = \sum_{k=1}^n w_k \varphi_k(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) \quad (9)$$

gdzie:

$$\varphi_k(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } f_k(\mathbf{a}^i) \geq f_k(\mathbf{a}^j) \\ 0 & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad (10)$$

W metodzie ELECTRE I warunki zgodności i braku niezgodności sformułowane są następująco:

1. Warunek zgodności:

$$c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) \geq s \wedge s \in [0,5; 1] \quad (11)$$

gdzie s oznacza próg zgodności, zadany przez decydenta;

2. Warunek braku niezgodności formułujemy następująco:

$$f_k(\mathbf{a}^i) + v_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \geq f_k(\mathbf{a}^j) \text{ dla każdego } k = 1, \dots, n \quad (12)$$

gdzie $v_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$ oznacza próg weta dla kryterium f_k , zadany przez decydenta.

Przyjmijmy, że warunek zgodności jest spełniony dla pary $(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)$. Jeżeli dla przynajmniej jednego z kryteriów różnica między wartościami funkcji kryterialnych dla wariantów \mathbf{a}^i i \mathbf{a}^j jest większa niż wartość progowa $v_k[f_k(\mathbf{a}^i)]$, to hipotezę o przewyższaniu wariantu \mathbf{a}^j przez wariant \mathbf{a}^i należy odrzucić.

Postępowanie w metodzie ELECTRE I opisać można następująco:

1. Wyznaczamy zbiór zgodności C_s :

$$C_s = \{(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) \in \mathcal{A} \times \mathcal{A} : c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) \geq s \wedge s \in [0,5;1]\} \quad (13)$$

2. Wyznaczamy zbiór niezgodności:

$$D_v = \{(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) \in \mathcal{A} \times \mathcal{A} : \exists k f_k(\mathbf{a}^j) > f_k(\mathbf{a}^i) + v_k[f_k(\mathbf{a}^i)]\} \quad (14)$$

3. Wyznaczamy relację przewyższania zdefiniowaną następująco:

$$S(s, v) = C_s \cap \overline{D_v} \quad (15)$$

gdzie: $\overline{D_v} = (\mathcal{A} \times \mathcal{A}) \setminus D_v$

4. Konstruujemy graf zależności między wariantami korzystając z relacji przewyższania wyznaczonej w punkcie 3. Rozpoczynamy od wariantów, które nie są przewyższane przez żadne inne warianty. Umieszczamy je na najwyższym poziomie. Z kolei warianty przewyższane tylko przez warianty z pierwszego poziomu umieszczamy na poziomie drugim. Na kolejnych poziomach umieszczamy warianty, które przewyższane są tylko przez warianty umieszczone na wyższych poziomach. Alternatywny sposób konstrukcji grafu polega na rozpoczęciu od wyznaczenia wariantów najłabszych, czyli takich, które nie przewyższają żadnego innego wariantu. Warianty te umieszczamy na poziomie najniższym. Na kolejnych, wyższych poziomach

umieszczamy warianty, które przewyższają tylko te warianty, które zostały umieszczone na poziomach niższych.

2.3. Metoda ELECTRE III

Jedną z najczęściej stosowanych technik porządkowania zbioru wariantów decyzyjnych jest metoda ELECTRE III, w której wykorzystywana jest koncepcja pseudo-kryterium, progi weta oraz współczynniki wagowe. Pierwszym etapem rozwiązania problemu jest obliczenie wartości współczynników zgodności i wiarygodności dla każdej pary wariantów decyzyjnych. Współczynnik zgodności obliczamy następująco:

$$c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) = \sum_{k=1}^n w_k \varphi_k(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) \quad (16)$$

gdzie:

$$\varphi_k(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } f_k(\mathbf{a}^i) + q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \geq f_k(\mathbf{a}^j) \\ \frac{f_k(\mathbf{a}^i) + p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] - f_k(\mathbf{a}^j)}{p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] - q_k[f_k(\mathbf{a}^i)]} & \text{gdy } f_k(\mathbf{a}^i) + q_k[f_k(\mathbf{a}^i)] < f_k(\mathbf{a}^j) \leq f_k(\mathbf{a}^i) + p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \\ 0 & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases} \quad (17)$$

Z kolei współczynnik wiarygodności $\sigma(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)$ wyznaczany jest według następującego wzoru:

$$\sigma(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) = c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) \cdot \prod_{k \in D_c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)} \frac{1 - d_k(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)}{1 - c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)} \quad (18)$$

gdzie:

$$d_k(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) = \begin{cases} 1 & \text{jeżeli } f_k(\mathbf{a}^j) > f_k(\mathbf{a}^i) + v_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \\ 0 & \text{jeżeli } f_k(\mathbf{a}^j) \leq f_k(\mathbf{a}^i) + p_k[f_k(\mathbf{a}^i)] \\ \frac{f_k(\mathbf{a}^j) - f_k(\mathbf{a}^i) - p_k[f_k(\mathbf{a}^i)]}{v_k[f_k(\mathbf{a}^i)] - p_k[f_k(\mathbf{a}^i)]} & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases} \quad (19)$$

$$D_c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) = \{k : d_k(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j) > c(\mathbf{a}^i, \mathbf{a}^j)\}$$

Macierz wskaźników wiarygodności może być wykorzystana do wyznaczenia dwóch porządków całkowitych Z_1 i Z_2 . Porządek całkowity Z_1 jest scharakteryzowany przez podział zbioru A na r klas \bar{C}_h uporządkowanych od $h = 1$ (klasa najwyższa) do $h = r$ (klasa najniższa), zaś porządek Z_2 scharakteryzowany jest przez podział zbioru A na p klas oznaczonych przez \underline{C}_h uporządkowanych od $h = p$ (klasa najwyższa) do $h = 1$



(klasa najniższa). Porządek Z_1 uzyskiwany jest za pomocą procedury *destylacji zstępującej*, zaś porządek Z_2 za pomocą procedury *destylacji wstępującej*.

3. Metoda Promethee

Wartość i -tego kryterium dla wariantu \mathbf{a} oznaczamy jako $f_i(\mathbf{a})$. Rozpatrywane kryteria są maksymalizowane. Decydent podaje dodatnie, sumujące się do jedności współczynniki ważności (wagi) dla kolejnych kryteriów. Porównując ze sobą dwa warianty decyzyjne: \mathbf{a} i \mathbf{b} ze względu na kryterium f_i , tworzymy różnicę:

$$\delta_i((\mathbf{a}, \mathbf{b})) = f_i(\mathbf{a}) - f_i(\mathbf{b}) \quad (20)$$

Przyjmujemy, że preferencje decydenta przy porównywaniu wariantów decyzyjnych można określić na podstawie tej różnicy. W tym celu, na podstawie informacji, uzyskanych od decydenta tworzymy funkcje preferencji $P_i(\mathbf{a}, \mathbf{b})$. Każdą taką funkcję nazywamy **uogólnionym kryterium**, związanym z kryterium i . Przyjmują one wartości z przedziału $[0, 1]$. Wartość zbliżona do 1 lub równa 1 świadczy o silnej preferencji wariantu \mathbf{a} w stosunku do wariantu \mathbf{b} ze względu na kryterium i . Wartość zbliżona do 0 lub równa 0 świadczy o znikomej preferencji wariantu \mathbf{a} w stosunku do wariantu \mathbf{b} ze względu na rozpatrywane kryterium lub całkowitym braku takiej preferencji. W zastosowaniach praktycznych wystarczające okazuje się posługiwanie sześcioma typami uogólnionych kryteriów, przedstawionymi w tablicy 2.1.

Przy rozwiązywaniu konkretnego problemu decyzyjnego zadaniem decydenta jest określenie dla każdego kryterium typu preferencji najbardziej mu odpowiadającego.

Procedurę obliczeniową metody Promethee II można opisać następująco. Dla każdej pary wariantów decyzyjnych \mathbf{x} i \mathbf{y} obliczamy **zagregowane indeksy preferencji**:

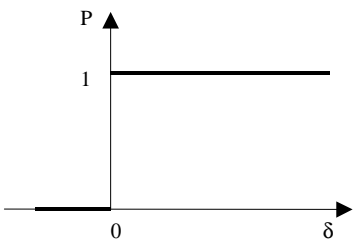
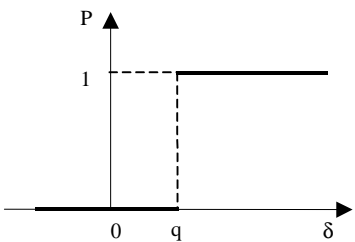
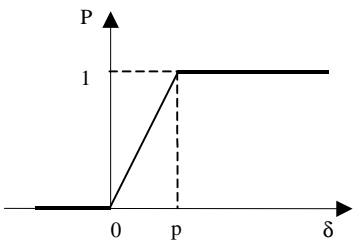
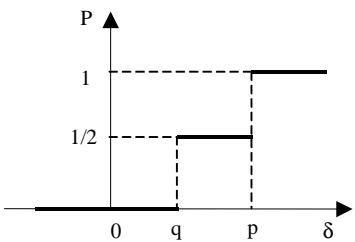
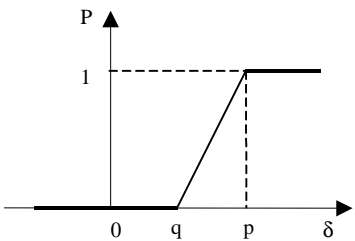
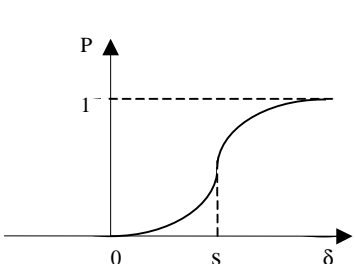
$$\Pi(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \quad (21)$$

$$\Pi(\mathbf{y}, \mathbf{x}) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(\mathbf{y}, \mathbf{x}) \quad (22)$$

Współczynnikami wagowymi są wagi kryteriów.

Liczba $\Pi(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ określa, w jakim stopniu wariant \mathbf{x} jest preferowany w stosunku do wariantu \mathbf{y} jednocześnie ze względu na wszystkie kryteria. Z kolei liczba $\Pi(\mathbf{y}, \mathbf{x})$ opisuje preferencje wariantu \mathbf{y} w stosunku do wariantu \mathbf{x} .

Tablica 2.1. Typy uogólnionych kryteriów.

Typ	Funkcja preferencji	Definicja
Typ 1		$P_1(\delta) = \begin{cases} 0 & \delta \leq 0 \\ 1 & \delta > 0 \end{cases}$
Typ 2		$P_2(\delta) = \begin{cases} 0 & \delta \leq q \\ 1 & \delta > q \end{cases}$
Typ 3		$P_3(\delta) = \begin{cases} 0 & \delta \leq 0 \\ \frac{\delta}{p} & 0 < \delta \leq p \\ 1 & \delta > p \end{cases}$
Typ 4		$P_4(\delta) = \begin{cases} 0 & \delta \leq q \\ 1/2 & q < \delta \leq p \\ 1 & \delta > p \end{cases}$
Typ 5		$P_5(\delta) = \begin{cases} 0 & \delta \leq q \\ \frac{\delta - q}{p - q} & q < \delta \leq p \\ 1 & \delta > p \end{cases}$
Typ 6		$P_6(\delta) = \begin{cases} 0 & \\ 1 - \exp(-\frac{\delta^2}{2s^2}) & \end{cases}$

Źródło: [1]

Z kolei dla każdego wariantu decyzyjnego \mathbf{x} obliczamy przepływy preferencji. Dodatni przepływ preferencji obliczamy ze wzoru:

$$\Phi^+(\mathbf{x}) = \frac{1}{n-1} \sum_{y \in A} \Pi(\mathbf{x}, y) \quad (23)$$

natomiast ujemny przepływ preferencji – ze wzoru :

$$\Phi^-(\mathbf{x}) = \frac{1}{n-1} \sum_{y \in A} \Pi(y, \mathbf{x}) \quad (24)$$

Chcąc uzyskać kompletny ranking przy pomocy metody Promethee II, obliczamy dla każdego wariantu decyzyjnego $\mathbf{x} \in A$ **przepływ netto**, korzystając z wzoru:

$$\Phi(\mathbf{x}) = \Phi^+(\mathbf{x}) - \Phi^-(\mathbf{x}) \quad (25)$$

Przepływy preferencji możemy również wykorzystać do tworzenia porządku częściowego wariantów. Metodą wykorzystującą tę możliwość jest Promethee V.

4. Procedura analitycznej hierarchizacji

4.1. Preferencje decydenta a funkcja użyteczności

Zajmiemy się najpierw opisaniem preferencji decydenta, wykorzystując klasyczną teorię użyteczności. Podstawowym pojęciem w tej teorii jest funkcja użyteczności, która określonej wartości pieniężnej przyporządkowuje pewną wartość użyteczności odpowiadającą poziomowi satysfakcji czy komfortu psychicznego. Poza użytecznością pieniądza można rozważać również użyteczność innych zjawisk.

Jako pojęcie pierwotne przyjmuje się preferencje decydenta, wyrażone poprzez relację preferencji, oznaczoną jako \succsim , zachodzącą w zbiorze X . Podstawą opisu zachowania decydenta jest przyjęcie aksjomatu racjonalności.

Relację preferencji \succsim nazywamy racjonalną, jeżeli ma następujące własności:

- zupełność: dla każdego $x, y \in X$, zachodzi $x \succsim y$ lub $y \succsim x$ lub zachodzą obydwie relacje,
- przechodniość: dla każdego $x, y, z \in X$, jeżeli zachodzi $x \succsim y$ oraz $y \succsim z$, to zachodzi $x \succsim z$.

Relacja preferencji jest ciągła, jeżeli zbiory $\{y \in X: y \succsim x\}$ oraz $\{y \in X: x \succsim y\}$ są zbiorami domkniętymi.

Dla opisu zachowań decydenta definiuje się funkcję użyteczności $u(x)$ przypisującą wartość liczbową każdemu elementowi $x \in X$, w sposób umożliwiający uporządkowanie zbioru dopuszczalnych wariantów X ze względu na preferencje decydenta.

Funkcję $u: X \rightarrow \mathbb{R}$ nazywamy funkcją użyteczności reprezentującą relację preferencji \succsim , jeżeli dla każdego $x, y \in X$

$$x \succsim y \Leftrightarrow u(x) \geq u(y) \quad (26)$$

Zależności pomiędzy funkcją użyteczności, a relacją preferencji możemy zapisać następująco:

1. Warunkiem koniecznym istnienia funkcji użyteczności reprezentującej relację preferencji \succsim jest spełnienie przez nią warunków racjonalności.
2. Jeżeli relacja preferencji \succsim określona na X spełnia warunki racjonalności oraz jest relacją ciągłą, to istnieje ciągła funkcja użyteczności reprezentująca relację \succsim .

Przyjmujemy, że preferencje decydenta mogą być opisane za pomocą globalnej, wieloatrybutowej funkcji użyteczności. Znajomość tej funkcji pozwala na uzyskanie pełnego uporządkowania zbioru wariantów decyzyjnych, a tym samym na wyznaczenie najbardziej preferowanego przez decydenta wariantu decyzyjnego. Podstawowym zadaniem jest więc wyznaczenie postaci wieloatrybutowej funkcji użyteczności.

Przyjmujemy, że zbiór kryteriów spełnia warunek dekompozycyjności, który oznacza, że ocena wariantu ze względu na cały zbiór kryteriów może być przeprowadzona za pomocą procedury, w której w pierwszym etapie wariant oceniany jest ze względu na każde z kryteriów oddzielnie, a następnie uzyskiwana jest ocena zagregowana. Procedura rozwiązania problemu wielokryterialnego składa się więc z dwóch podstawowych faz:

- Wyznaczenia użyteczności częściowej każdego wariantu decyzyjnego względem każdego z kryteriów.
- Określenia użyteczności globalnej za pomocą wieloatrybutowej funkcji użyteczności, agregującej użyteczności częściowe.

Zasadniczym problemem jest określenie postaci wieloatrybutowej funkcji użyteczności. Najprostszą formą jest postać addytywna. Założenia, jakie muszą być spełnione, by mogła ona być wykorzystana są jednak bardzo restrykcyjne. W przypadku deterministycznym warunkiem koniecznym i wystarczającym korzystania z addytywnej funkcji użyteczności jest wzajemna preferencyjna niezależność kryteriów, zdefiniowana następująco:

Dwa kryteria są niezależne w sensie preferencyjnym, jeżeli preferencja decydenta względem jednego z nich jest niezależna od oceny względem drugiego.

Wieloatrybutowa teoria użyteczności była punktem wyjścia dla wielu dalszych badań. Jej praktyczne stosowanie jest utrudnione. Teoria ta jest jednak podstawą, na której w sposób bardziej lub mniej jawny oparte są liczne metody wielokryterialnego wspo-

magania podejmowania decyzji. Jedną z takich metod jest procedura analitycznej hierarchizacji.

4.2. Wektory skali

Porównujemy warianty decyzyjne parami. Wynikiem porównania wariantu \mathbf{a}^i z wariantem \mathbf{a}^j jest liczba $\alpha_{ij} \in (0, \infty)$. Na podstawie uzyskanych w taki sposób liczb chcemy uzyskać wektor \mathbf{b} tak, aby prezentował określone wcześniej preferencje decydenta:

$$\alpha_{ij} = \frac{b_i}{b_j} \quad (27)$$

Ponadto przyjmijmy, że wektor skali jest dodatni i unormowanym tzn: $\forall_{i=1, \dots, m} b_i > 0$ oraz $\sum_{i=1}^m b_i = 1$.

Liczby α_{ij} tworzą macierz porównań:

$$\begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1m} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \dots & \alpha_{mm} \end{bmatrix}$$

Macierz porównań $\mathbf{A} = [\alpha_{ij}]_{i,j=1, \dots, m}$ nazywamy spójną, gdy:

$$\forall_{i,j=1, \dots, m} \alpha_{ij} > 0 \quad (28)$$

$$\forall_{i,j,k=1, \dots, m} \alpha_{ij} \alpha_{jk} = \alpha_{ik}.$$

Tw. Jeśli macierz porównań jest spójna, to :

$$\forall_{i=1, \dots, m} \alpha_{ii} = 1, \quad (29)$$

$$\forall_{i,j=1, \dots, m} \alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}.$$

Twierdzenie odwrotne nie zachodzi.

Tw. Niech $\mathbf{A}=[\alpha_{ij}]_{i,j=1, \dots, m}$ będzie spójną macierzą porównań, oraz niech wektor $\mathbf{b}=[b_1, \dots, b_m]$ spełnia warunek:

$$\forall_{i,j=1, \dots, m} \alpha_{ij} = \frac{b_i}{b_j}. \quad (30)$$

Wówczas:

1. Wektor **b** spełnia zależność:

$$\mathbf{A}\mathbf{b} = m\mathbf{b} \quad (31)$$

czyli wektor **b** jest wektorem własnym macierzy **A** z wartością własną równą m .

2. Wartości własne macierzy **A** mają postać:

$$\lambda_1 = m$$

$$\lambda_i = 0, \text{ dla } i=2, \dots, m.$$

W związku z tym, że wartość własna λ_1 jest największą wartością własną oznacza się ją jako λ_{\max} .

W realnych problemach decyzyjnych zazwyczaj macierz porównań nie jest spójna, jednakże często jest zbliżona do macierzy spójnej. Dlatego też rozpatruje się macierze proporcjonalne.

Macierz porównań $\mathbf{A} = [\alpha_{ij}]_{i,j=1,\dots,m}$ nazywamy proporcjonalną, gdy:

$$\forall_{i,j=1,\dots,m} \quad \alpha_{ij} > 0 \quad (32)$$

$$\forall_{i,j=1,\dots,m} \quad \alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}.$$

Z definicji macierzy proporcjonalnej wynika, że:

$$\forall_{i=1,\dots,m} \quad \alpha_{ii} = 1 \quad (33)$$

Ponadto dla macierzy proporcjonalnych wartości własne spełniają związki:

$$\lambda_{\max} \approx m$$

$$\lambda_i \approx 0, \text{ dla } i=2, \dots, m.$$

Zajmiemy się wyznaczeniem znormalizowanego wektora własnego dla macierzy proporcjonalnej $\mathbf{A} = [\alpha_{ij}]_{i,j=1,\dots,m}$, związanego z wartością własną λ_{\max} . W tym celu możemy wykorzystać metodę Saaty'ego lub metodę potęgową.

4.3. Metoda Saaty'ego

W przypadku macierzy spójnej metoda daje dokładne wartości wektora własnego, natomiast w przypadku proporcjonalnej macierzy porównań metoda daje pewne przybliżenie tego wektora.

Krok 1

W każdej kolumnie macierzy **A** sumujemy oceny α_{ij} obliczając:

$$\sigma_j = \sum_{i=1}^m \alpha_{ij} \quad (34)$$

Krok 2

Budujemy znormalizowaną macierz $\mathbf{B} = [\beta_{ij}]_{i,j=1,\dots,m}$, której elementy w kolumnie j powstały poprzez podzielenie α_{ij} przez σ_j :

$$\beta_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sigma_j} \quad (35)$$

Krok 3

Obliczamy przybliżony wektor \mathbf{b} jako średnie z wiersza macierzy znormalizowanej:

$$b_i = \frac{1}{m} \left(\sum_{j=1}^m \beta_{ij} \right) \quad (36)$$

Krok 4

Wyznaczamy przybliżoną wartość własną λ_{\max} :

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m \frac{(\mathbf{b}^T \mathbf{A})_i}{b_i} \right) \quad (37)$$

4.4. Wskaźnik zgodności

Wskaźnik zgodności ma na celu sprawdzenie, w jakim stopniu oceny decydenta zapisane w macierzy $\mathbf{A}=[a_{ij}]_{i,j=1,\dots,n}$ są spójne. Wskaźnik ten definiuje się następująco:

$$c = \frac{\lambda_{\max} - m}{r(m-1)}, \quad (38)$$

gdzie r jest liczbą z tab. 2.1. wartości wskaźników zgodności:

Tabela 2.1. Wskaźniki zgodności

M	3	4	5	6	7	8	9	10
R	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Jeśli $c \leq 0,1$ uznajemy, że występuje zgodność ocen, natomiast, jeśli $c > 0,1$ należy dokonać ponownych porównań parami.

4.5. Metoda AHP

Metoda AHP służy do uzyskania wektora skali na podstawie porównań parami wariantów decyzyjnych ze względu na kolejne kryteria oraz kryteriów między sobą. Do porównań parami wykorzystujemy skalę dziewięciostopniową, przyporządkowując poszczególnym stopniom liczby naturalne oraz opis werbalny.

Zakładamy, że jeżeli porównując dwa obiekty przyporządkowaliśmy ocenę, to porównując te same obiekty w odwrotnej kolejności przyporządkowujemy temu porównaniu ocenę, będącą odwrotnością poprzedniego porównania. Stąd też wykorzystywana macierz porównań jest macierzą proporcjonalną.

Postępowanie w metodzie AHP można opisać następująco:

Krok 1

Budujemy macierz porównań kryteriów

Stosujemy metodę Saaty'ego w celu znalezienia wektora skali dla kryteriów. Oznaczamy znaleziony wektor jako $\bar{\mathbf{b}}$:

$$\bar{\mathbf{b}} = [\bar{b}_1, \dots, \bar{b}_n]^T$$

Krok 2

Dla każdego kryterium $j = 1, \dots, n$. Budujemy macierz porównań wariantów decyzyjnych względem kryterium j -tego.

Stosujemy metodę Saaty'ego lub metodę potęgową w celu znalezienia wektora skali względem j -tego kryterium. Oznaczamy znaleziony wektor jako \mathbf{b}^j :

$$\mathbf{b}^j = [b_1^j, b_2^j, \dots, b_m^j]$$

Krok 3

Wyznaczamy macierz \mathbf{C} , której kolumny tworzą wektory skali dla odpowiednich kryteriów.

Krok 4

Wyznaczamy końcowy wektor skali rozwiązań dopuszczalnych postaci:

$$\mathbf{b} = \mathbf{C} \bar{\mathbf{b}} \quad (39)$$

Poniższa tabela prezentuje oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP.

Tabela 2.2. Oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP.

Ocena liczbową	Ocena werbalna
1	Porównywane obiekty (warianty decyzyjne lub kryteria) są równoważne.
2	Decydent waha się pomiędzy równoważnością i niewielką przewagą pierwszego z porównywanych obiektów nad drugim.
3	Niewielka przewaga obiektu pierwszego nad drugim.
4	Decydent waha się pomiędzy niewielką przewagą i dużą przewagą pierwszego z porównywanych obiektów nad drugim.
5	Duża przewaga obiektu pierwszego nad drugim.
6	Decydent waha się pomiędzy dużą przewagą i istotnie większą przewagą pierwszego z porównywanych obiektów nad drugim.
7	Istotna większa przewaga obiektu pierwszego nad drugim.
8	Decydent waha się pomiędzy istotnie większą przewagą i ogromną przewagą pierwszego z porównywanych obiektów nad drugim.
9	Ogromna przewaga obiektu pierwszego nad drugim

5. Przykłady wykorzystania wielokryterialnych metod rankingowych do wyboru projektów

5.1. Procedura I

1. Identyfikacja uczestników procesu decyzyjnego (decydentów, interwenientów).
2. Wybór kryteriów i określenie ich wag przy pomocy metody AHP.
3. Określenie progów: obojętności, preferencji oraz veta dla każdego z kryteriów.
4. Skonstruowanie tablicy ocen projektów biorących udział w konkursie.
5. Zastosowanie (w zależności od oczekiwań i preferencji uczestników procesu decyzyjnego):
 - Metody Electre III z dominacjami stochastycznymi,
 - Metody Promethee II z dominacjami stochastycznymi,
 - Zmodyfikowanej metody Bipolar z dominacjami stochastycznymi.

5.2. Procedura II

Rozpatrywane kryteria:

- K1. Stopień realizacji kierunków aktywności wyspecyfikowanych w przyjętej strategii rozwoju przestrzennego województwa.
- K2. Wpływ projektu na konkurencyjność województwa w kontekście krajowym i międzynarodowym.
- K3. Efekt synergii z innymi sferami socjo-ekonomicznymi.
- K4. Innowacyjność projektu.

Krok 1.

Ekspert o numerze k przyporządkowuje wartość a_{ij}^k dla projektu i oraz kryterium j . obliczane są wartości znormalizowane:

$$d_{ij}^k = a_{ij}^k / \sqrt{\sum_{i=1}^m (a_{ij}^k)^2}, \quad k = 1..n, i = 1..m, j = 1..p$$

Wartości te są zagregowane w macierzy:

$$C = [c_{ij}] = \sum_{k=1}^n d_{ij}^k / n$$

Dany jest wektor kryteriów wag $W = \{w_1, \dots, w_p\}$ taki, że $\sum_{j=1..p} w_j = 1$

Tworzymy macierz wartości kryteriów z uwzględnieniem wag

$$F = [f_{ij}] = [c_{ij} w_j], \quad i = 1..m, j = 1..p$$

Krok 2.

Hipotetyczny, najlepszy projekt referencyjny ustalony przez ekspertów, nazwany zostaje idealnym projektem kluczowym.

$$A^* = \{f_1^*, \dots, f_p^*\}$$

Krok 3.

Obliczamy ważność („wartość”) każdego projektu na podstawie jego odległości od projektu idealnego. Odległość można mierzyć w różnoraki sposób:

- zgodnie z normą l_1 ,

$$s_{i1} = \sum_{j=1}^p |f_j^* - f_{ij}|, \quad i = 1..m$$

- zgodnie z normą euklidesową l_2 ,

$$s_{i2} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (f_j^* - f_{ij})^2}, \quad i = 1..m$$

- zgodnie z normą Czebyszewa l_∞

$$s_{i\infty} = \max(|f_1^* - f_{i1}|, \dots, |f_p^* - f_{ip}|), \quad i = 1..m$$

Krok 4.

Odległość projektu od rozwiązania idealnego normalizowana jest zgodnie ze skalą 100 – punktową:

$$G_i = 100 \times (1 - s_i/s), \quad 0 \leq G_i \leq 100, \quad i = 1..m$$

gdzie s jest odległością od punktu A' (nadir) do punktu idealnego A^* . Im większa wartość G_i , tym projekt jest lepszy. Projekt idealny otrzymuje 100 punktów, projekt najgorszy z możliwych – 0 punktów.

5.3. Wykorzystanie metody Electre III do porządkowania wniosków konkursowych – studium przypadku

Zajmiemy się zagadnieniem porządkowania wniosków zgłoszonych w ramach priorytetu II: Kapitał dla innowacji” w Działaniu 3.1: Inicjowanie działalności innowacyjnej.

Rozpatrzonych zostało 20 projektów (por. Chmielewski, Kaliszewski, Podkopaev, Rozdział 6 niniejszego Raportu), oznaczonych jako A0001 – A020. Projekty te ocenione zostały ze względu na 17 kryteriów, oznaczonych jako Cr01 – Cr17. Kryteriom tym przypisano wagi. Listę rozpatrywanych kryteriów oraz przyjęte wagi przedstawia załącznik 1. Każdemu projektowi przypisane zostały oceny w skali od 0 do 100. Dane liczbowe przedstawia załącznik 2.

Obliczenia przeprowadzone zostały wariantowo. Wariant zerowy przedstawia wykorzystanie metody scoringowej ważonego zliczania punktów. Jest to procedura obecnie obowiązująca. Numeracja projektów odpowiada otrzymanemu uporządkowaniu (stąd projekt A0001 uznany był za najlepszy, natomiast projekt A020 – za najgorszy).

Pierwszy wariant obliczeń z wykorzystaniem metody Electre III przebiegał w ten sposób, że nie wykorzystano ani progów preferencji, ani progów weta. Otrzymane uporządkowanie przedstawia graf, znajdujący się w załączniku 3.

W drugim wariantcie obliczeń z wykorzystaniem metody Electre III wykorzystano dla wszystkich kryteriów progi preferencji, ustawiając je na poziomie 9. Oznacza to, że dla każdego z rozpatrywanych kryteriów przy różnicy ocen dla dwóch rozpatrywanych projektów większej od 9 zachodzi silna preferencja projektu o wyższej ocenie nad projektem o ocenie niższej ze względu na rozpatrywane kryterium. Graf otrzymanego uporządkowania przedstawiony został w załączniku 4.

W trzecim wariantcie obliczeń z wykorzystaniem metody Electre III zastosowano zarówno progi preferencji jak i progi weta. Progi preferencji ustawiono dla wszystkich

kryteriów, podobnie jak i w poprzednim wariancie, na poziomie 9 (stąd ich interpretacja jest analogiczna, jak poprzednio). Progi weta ustawione zostały na poziomie 19. Oznacza to, że porównując dwa projekty ze względu na wszystkie kryteria jednocześnie, pierwszy z rozpatrywanych projektów nie może być uznany za lepszy od drugiego, jeżeli różnica między ocenami ze względu na którekolwiek kryterium jest większa niż 19 na korzyść drugiego z nich. Graf otrzymanego uporządkowania przedstawiono w załączniku 5.

Przystępując do analizy otrzymanych wyników należy zauważyć, że zastosowanie metody Electre III pozwoliło na dogłębną analizę zależności pomiędzy wariantami decyzyjnymi, stąd otrzymane wyniki należy uznać za bardziej wiarygodne w stosunku do wyników otrzymanych scoringową metodą zliczania punktów. Zauważmy następnie, że projekt A001 jest najlepszy niezależnie od sposobu porządkowania. Projekty A002 – A005 są w każdym uporządkowaniu na wysokich pozycjach, przy czym ich kolejność jest odmienna w stosunku do metody scoringowej. Miałoby to istotne znaczenie wówczas, gdyby liczba projektów przyjętych do finansowania była krótka i nie wszystkie z tych projektów mogłyby się na niej znaleźć. Na szczególną uwagę zasługuje wysokie usytuowanie projektów A018 oraz A019, które w uporządkowaniu scoringowym zajmują końcowe pozycje. Uwagę zwraca również znaczna poprawa pozycji projektu A017 w stosunku do uporządkowania scoringowego. Z kolei projekty A014, A015 i A016 w uporządkowaniu z wykorzystaniem każdego z wariantów metody Electre III zajmują końcowe pozycje, znacznie gorsze niż w uporządkowaniu scoringowym.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (2005). Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Survey. Springer, 1045 s.
- [2]. Górecka D. (2008). Wykorzystanie metod wielokryterialnych w procesie oceny i wyboru wniosków o dofinansowanie realizacji projektu w funduszy Unii Europejskiej. Konferencja „Metody i zastosowania badań operacyjnych”.
- [3]. Kruś L. (2009). On a Group Multicriteria Method for Project Evaluation. Konferencja „Multiple Criteria Decision Making”.
- [4]. Trzaskalik T. (2008). Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem. PWE, Warszawa.
- [5]. Trzaskalik T. (2006 Red.) Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym. PWE, Warszawa.

*ZASTOSOWANIE METODY
ZBIORÓW ODNIESIENIA DO
WSPOMAGANIA DECYZJI
I KONSTRUKCJI
WIEŁOKRYTERIALNYCH
RANKINGÓW W PROJEKTACH
ZWIĄZANYCH Z REALIZACJĄ
NARODOWEJ STRATEGII
SPÓJNOŚCI*

3

Andrzej M.J. Skulimowski^{1,2}

¹ Laboratorium Analizy i Wspomagania Decyzji, Katedra Automatyki, Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, ams@agh.edu.pl

² Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja „Progress and Business”, Kraków ul. Miechowska 5B, www.pbf.pl, www.foresight.pl, cmdip@pbf.pl

Streszczenie. W niniejszym opracowaniu zaprezentowane zostały podstawy metod punktów odniesienia i zbiorów odniesienia do rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych i problemów wielokryterialnego uszeregowania, jak również omówione są własności tych metod. W opisywanym podejściu do znalezienia kompromisowego rozwiązania problemów optymalizacji wielokryterialnej decydent musi dostarczyć dodatkową informację dotyczącą klas punktów odniesienia, które odpowiadają wartościom kryteriów o szczególnym znaczeniu dla rozwiązania problemu. Równolegle mogą być wyznaczone ograniczenia na kompromisowe relacje pomiędzy poszczególnymi kryteriami. Metoda ta uwzględnia wyniki wcześniejszych badań autora nad warunkami optymalności procedur skalaryzacji przez odległość od zbiorów punktów odniesienia dla różnych klas takich zbiorów, co pozwala na weryfikację dobrego umiejscowienia punktów odniesienia spełniających rolę dodatkowych informacji dotyczących preferencji. Wyjściowy problem wielokryterialny zostaje następnie zredukowany do dwukryterialnego kompromisu pomiędzy miarami bliskości zbiorów wartości kryteriów osiągalnych bez optymalizacji oraz wartości pożądaných, lecz niekoniecznie osiągalnych. Proces poszukiwania rozwiązania kompromisowego jest interaktywny, decydent może definiować w każdym kroku nowe punkty odniesienia, współczynniki wagowe i kierunki poszukiwań. W części końcowej przedyskutowano praktyczne zastosowanie zaproponowanych tutaj modeli decyzyjnych do dynamicznej optymalizacji portfela projektów inwestycyjnych. Do oceny decyzji kompromisowych dotyczących składu portfela zastosowane zostały przy tym kryteria maksymalnego zysku, minimalnego ryzyka i maksymalnej elastyczności inwestycyjnej. Analogiczne metody mogą być stosowane także do rozwiązywania problemów optymalizacji trajektorii, systemów zdarzeń dyskretnych i problemów wielokryterialnego sterowania optymalnego.

Słowa kluczowe: optymalizacja wielokryterialna, wielokryterialna teoria decyzji, zbiory odniesienia, funkcje użyteczności, rankingi, agregacja.

1. Wstęp

Poszukiwane jest rozwiązanie problemów optymalizacji wielokryterialnej (inaczej: wektorowej) typu:

$$(F : U \rightarrow E) \rightarrow \min(\theta) \quad (1)$$

gdzie U i E oznaczają odpowiednio przestrzeń decyzji i przestrzeń kryteriów (tj. zbiór, w którym wartości przyjmuje funkcja F), $F = (F_1, F_2, \dots, F_n)$ jest wektorową funkcją celu, a θ jest domkniętym i wypukłym stożkiem, wprowadzającym częściowy porządek w E . Przypomnijmy, że w najbardziej powszechnym przypadku, gdy $\theta := \mathcal{R}_+^N$, odpowiednim porządkiem częściowym jest naturalny porządek częściowy w \mathcal{R}^N . Przestrzeń decyzyjna U może być listą dyskretnych alternatyw, podzbiorem przestrzeni euklidesowej \mathcal{R}^k , lub podzbiorem przestrzeni funkcji. Przestrzeń kryteriów E jest z założenia częściowo uporządkowaną liniową przestrzenią metryczną, natomiast minimum w (1) odnosi się do tego częściowego porządku. Zbiory niezdominowanych decyzji i niezdominowanych wartości kryteriów będą oznaczone odpowiednio jako $P(U, \theta)$ i $FP(U, \theta)$.

Wielokryterialne problemy decyzyjne rozważane w niniejszym opracowaniu mogą być sprowadzone do rozwiązania następujących dwóch podproblemów:

- znalezienie zbioru rozwiązań Pareto-optimalnych

oraz

- wybór spośród nich decyzji kompromisowej

lub

- uszeregowanie rozwiązań od najlepszego w sensie preferencji decydenta do najmniej preferowanego.

Zarówno metody wyboru rozwiązania kompromisowego spośród sterowań optymalnych w sensie Pareto w U jak i metody szeregowania rozwiązań wykorzystują dodatkową wiedzę na temat preferencji decydentów nieuwzględnioną w sformułowaniu problemu (1).

W opracowaniu przedstawiona jest klasa metod uzyskiwania struktur preferencyjnych na podstawie pewnego podzbioru punktów w przestrzeni kryteriów, zwanych dalej *punktami odniesienia*. Pokażemy także zastosowania tych metod do wyboru decyzji kompromisowej dla problemu (1). Punkt odniesienia definiujemy jako element przestrzeni kryteriów reprezentujący wartości kryteriów o szczególnym znaczeniu dla decydenta. Jeżeli element przestrzeni kryteriów zostanie uznany za potencjalne rozwiązanie dla problemu decyzyjnego (1), punkt taki może być wstępnie oszacowany jako „pożądany”, „akceptowalny”, lub „niepożądany” wynik optymalizacji. Przy zastosowaniu odpowiednich metod matematycznych można znaleźć element $u \in U$

tak, by wartości kryteriów $F(u)$ maksymalnie zbliżały się do punktów „pożądanych”, lub były możliwie najbardziej odległe od rozwiązań „niepożądanych”.

Metoda punktów odniesienia okazała się jedną z najważniejszych klas procedur rozwiązywania problemów optymalizacji wielokryterialnej. Pomysł punktów odniesienia reprezentujących pożądane (lub idealne) wartości kryteriów został wyczerpująco zbadany w przeszłości, np. przez Yu (1973), Yu i Leitmanna (1974b), Zelenego (1973, 1974), Wierzbickiego (1986), Skulimowskiego (1987) i wielu innych. Wadą klasycznego podejścia opartego na pojedynczym punkcie referencyjnym jest fakt, że decydent w określonym momencie może zdefiniować i rozpatrywać w procesie analizy decyzyjnej tylko jeden punkt. Prowadzi to do niespójności, jeżeli równie pożądane są dwa zestawy wartości kryteriów, ale odrębna minimalizacja odległości od każdego z nich prowadzi do różnych rozwiązań dopuszczalnych. Osąd decydenta co do rozwiązań kompromisowych generowanych w ten sposób dotyczy wyboru funkcji skalaryzującej, jednakże by przejść do następnego kroku w interaktywnej procedurze decyzyjnej, decydent musi zmienić punkt odniesienia (por. np. podejście prezentowane przez Olbrisha, 1986, Bogetoft, Hallefjord, Kok, 1988). Ponadto, klasyczna metoda pojedynczego punktu odniesienia zaniedbuje zwykle istnienie ograniczeń w przestrzeni kryteriów.

Powyższe uwagi mogą być uwzględniane jako motywacja wprowadzenia metodyki zbiorów odniesienia jako uogólnienia podejścia punktów odniesienia opartej na skalaryzacji przez odległość ze względu na celowy podzbiór przestrzeni kryteriów (Skulimowski, 1985a). Zgodnie z wcześniejszym artykułem (Górecki i Skulimowski, 1986), w tej pracy metody punktu odniesienia i zbioru docelowego są rozszerzone do sytuacji, gdzie informacja preferencyjna może być wyrażona jako kilka klas punktów odniesienia, które muszą być uwzględnione równocześnie. Tak więc, poza docelowymi punktami odniesienia rozważamy anty-idealne punkty odniesienia (lub poziomy porażki), których osiągnięcie może być uznane jako porażka, rozwiązania osiągalne na etapie pre-decyzyjnym (lub punkty *status-quo*) oraz granice optymalności. Dodatkowo, każda z tych klas punktów odniesienia może być podzielona na podklasy.

Zakłada się, że punkty odniesienia mogą być określane przez decydenta lub są wynikiem ocen ekspertów. Są one z zasady wzajemnie niezależne, jak również nie zależą od ograniczeń występujących przy formułowaniu problemu wielokryterialnego oraz w wielu metodach muszą być jednakowo wiarygodne dla decydenta. Oddzielne rozważanie każdego z punktów przy dowolnym wyborze metody rozwiązania zwykle będzie prowadzić do określenia zbioru nieporównywalnych rozwiązań, z których każde jest wybrane w oparciu tylko o część dostępnej informacji. W celu integracji informacji o preferencjach w jeden model decyzyjny, zaproponowano metodę uwzględniania wszystkich punktów odniesienia jednocześnie. Metoda ta bazuje na agregacji punktów odniesienia w zbiory pożądanych i dostępnych wartości i rozważaniu niektórych z nich jako ograniczeń w przestrzeni kryteriów. W ten sposób otrzymujemy model preferencji składający się z rodziny zbiorów odniesienia w przestrzeni kryteriów oraz funkcje odległości modelujące preferencje decydentów dotyczące osiągnięcia jednego ze zbiorów przy jednoczesnym unikaniu innego. Aby znaleźć rozwiązanie kompromisowe, znajduje się zbiór D , zawierający elementy E niezdominowane ze względu na obie funkcje odległości. Następnie zawęża się poszukiwania rozwiązania

kompromisowego do przecięcia zbiorów D i zbioru punktów niezdominowanych w problemie (1).

2. Sformułowanie wielokryterialnego problemu decyzyjnego

W tym podrozdziale przedstawiony będzie problem wyboru pojedynczego rozwiązania problemu (1) w oparciu o dodatkową informację dostarczoną przez ekspertów lub decydenta. Punkty odniesienia posłużą do zdefiniowania funkcji $v: E \rightarrow \mathcal{R}$, zwanej *funkcją użyteczności* lub *funkcją wartości* dla problemu (1). Wykażemy następnie, że v jest *silnie monotonicznie rosnąca*, tj.:

$$\forall x, y \in E (x \leq_{\theta} y, x \neq y \Rightarrow v(x) < v(y)),$$

W konsekwencji minimum funkcji v może być osiągnięte tylko na zbiorze niezdominowanych wartości F , $FP(U, \theta)$ i określa najlepsze kompromisowe rozwiązanie problemu (1). Biorąc pod uwagę, że dostępna dodatkowa informacja o preferencjach jest zwykle niewystarczająca dla całosciowej estymacji v oraz że estymacja taka nie jest konieczna dla wyboru pojedynczej alternatywy kompromisowej, zwykle wystarczające jest lokalne oszacowanie v w pobliżu globalnego minimum v na $FP(U, \theta)$, co pozwala na jednoczesne znalezienie minimum hipotetycznej globalnej estymacji v . Tak więc problem wielokryterialnego podejmowania decyzji dla (1) sprowadza się do znalezienia lub oszacowania v i rozwiązania problemu minimalizacji:

$$(v: F(U) \rightarrow \mathcal{R}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

podczas gdy z własności silnej monotoniczności wynika, że:

$$\arg \min \{v(x) : x \in F(U)\} \subset FP(U).$$

Zauważmy też, że poziomicie funkcji v w E są klasami równoważności w relacji nierozróżnialności w E .

Główna cecha prezentowanej tu metody punktu odniesienia dla rozwiązania problemu (1), (2) może być w skrócie przedstawiona następująco:

- Po sformułowaniu problemu (1) decydent ustanawia znaczenie wybranych elementów przestrzeni kryteriów w tym problemie decyzyjnym (punkty odniesienia). Tak więc w celu wyboru rozwiązania kompromisowego używana jest jedynie informacja faktycznie dostępna, w przeciwieństwie do większości klas metod MCDM (wielokryterialnego podejmowania decyzji), które wymagają oszacowania własności rozwiązań niezdominowanych generowanych przez interakcyjne procedury dialogowe. Punkty pośrednie generowane przez te procedury nie muszą posiadać żadnego szczególnego znaczenia dla decydenta, co utrudnia ich ocenę i wskazanie kierunku poprawy. Jednakże, jeżeli taka procedura interakcyjna jest zbieżna, wówczas możliwe jest jednoczesne rozważanie podczas procesu podejmowania decyzji - obok punktów odniesienia - dodatkowo także informacji o kierunkach poprawy lub współczynnikach substytucji. Wyjaśnione to będzie w kolejnych podrozdziałach.

- Zakładamy, że do każdego punktu odniesienia można przypisać pewną wartość funkcji użyteczności, która jednakże nie musi być podana *explicité*. Nie ma potrzeby przyjmowania założeń o liniowości lub addytywności funkcji v , które zostaną zastąpione zasadą użyteczności metrycznej (p. rozdział 4).
- Początkowy problem optymalizacji wektorowej (1) zostanie zastąpiony *ograniczonym problemem optymalizacji wielokryterialnej*, z przestrzenią ograniczeń Q ,

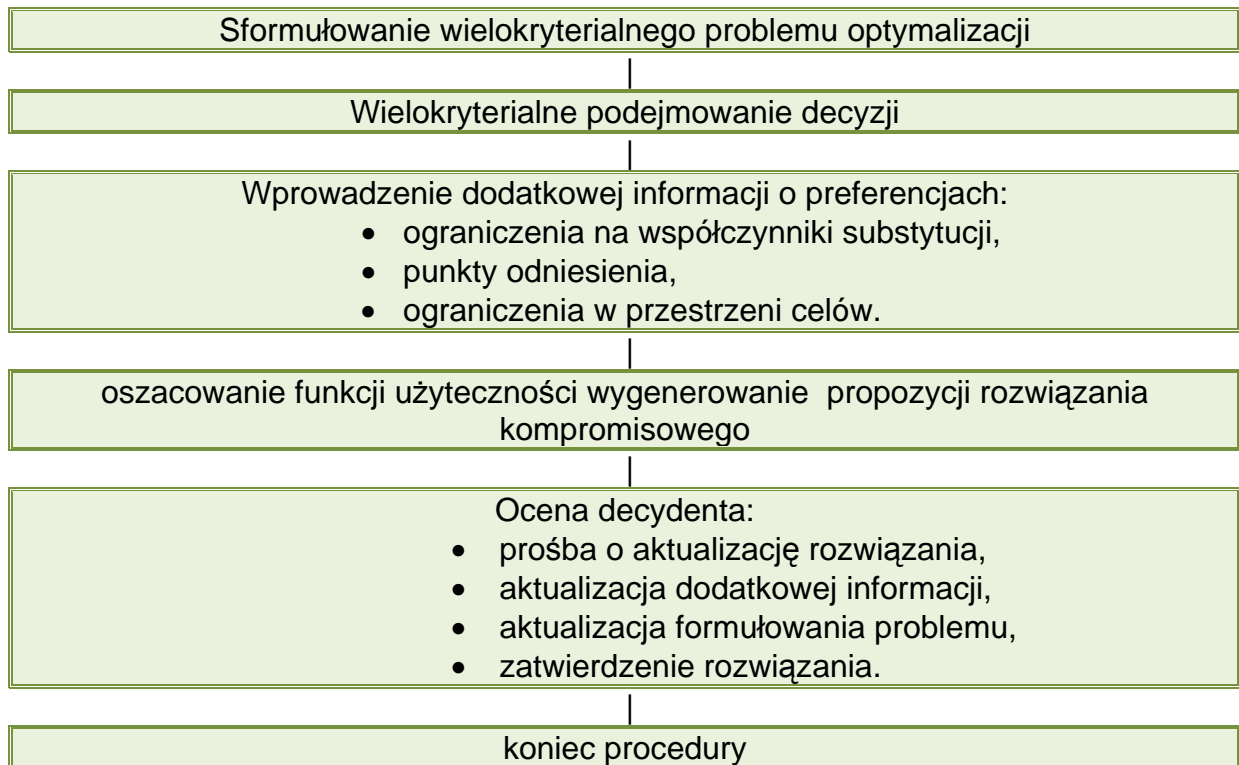
$$(F: U \cap F^1(Q)) \rightarrow \min, F_{opt} \in Q \quad (3)$$

gdzie $Q \subset E$ jest zbiorem wartości F , dla których minimalizacja F ma sens, a F_{opt} jest wartością kompromisową F . Dolna granica obszaru Q jest określona przez klasę punktów odniesienia zwanych *graniceami optymalności*. To założenie wyraża ograniczoną zdolność funkcji kryterialnych do modelowania rzeczywistych preferencji, tj. można sobie życzyć, by ten sam cel był optymalizowany w obrębie pewnych ograniczeń, a gdy granice te zostają osiągnięte, dalsza poprawa nie jest już konieczna.

- Każda iteracja procesu decyzyjnego obejmuje dwa kroki: na pierwszym etapie wszelka dostępna dodatkowa informacja jest używana do zacieśnienia zbioru punktów niezdominowanych spełniających dodatkowe wymagania związane z preferencjami decydenta. W drugim kroku generowane jest rozwiązanie kompromisowe prezentowane decydentowi, który może je przyjąć lub zaproponować próbę poprawę. Jeżeli taka poprawa jest możliwa, nowe rozwiązanie jest obliczane przy pomocy procedury skalaryzacyjnej, w przeciwnym przypadku decydent ma wybór: albo przyjąć takie rozwiązanie, lub też zmodyfikować punkty odniesienia, ograniczenia lub kryteria. Jest to przedstawione na Rysunku 3.1.

Widząc, że ograniczenie na współczynniki substytucji pomiędzy kryteriami F_i , $i=1, \dots, N$, może być wyrażone równoważnie jako częściowy porządek wprowadzony przez wypukły stożek, który może być różny od \mathcal{R}_+^N , konkludujemy, że sformułowanie problemu (1) pozwoli na rozważanie ograniczeń kompromisowych oraz punktów odniesienia w jednym modelu preferencyjnym wspólnie.

Poniższy rysunek 3.1. prezentuje schemat wielokryterialnego systemu wspomagania decyzji z zastosowaniem zbiorów odniesienia



Rys. 3.1. Schemat wielokryterialnego systemu wspomaganie decyzji z zastosowaniem zbiorów odniesienia.

3. Interpretacja punktów odniesienia poprzez ich estymowaną użyteczność

Zgodnie z poprzednimi uwagami, wyróżnione punkty lub zbiory punktów w przestrzeni kryteriów mogą być źródłem dodatkowej informacji w procesie podejmowania decyzji, służąc jako model preferencji decydenta. Punkty takie zwane są *punktami odniesienia*. Są one z natury heterogeniczne, nawet jeżeli występują w tym samym problemie optymalizacji.

Każdy punkt odniesienia można scharakteryzować dwoma typami informacji:

- znaczeniem dla decydenta, określanym na ogół *a priori* przez ekspertów zaangażowanych we wspomaganie decyzji, zwykle nie biorąc pod uwagę ograniczeń problemu optymalizacji wektorowej;

oraz

- relacją do zbioru osiągalnych wartości kryteriów w problemie optymalizacji wektorowej (1).

Druga charakterystyka może być stosowana po uzyskaniu choćby częściowej informacji o położeniu zbioru $F(U)$ w przestrzeni kryteriów, a jej uwzględnienie może prowadzić do zweryfikowania pierwszej klasyfikacji.

Oba rodzaje informacji generują odmienną klasyfikację punktów odniesienia. Jako pierwszą rozważymy dokładniej klasyfikację opartą o informację przekazaną decydentowi z zewnątrz przez ekspertów. Klasyfikacja ta oparta jest na doświadczeniu w rozwiązywaniu problemów praktycznych, przedstawionych w pracy (Górecki, Skulimowski, 1986). W oparciu o przyjęte tam nazewnictwo, klasy punktów odniesienia nazwiemy kolejno A_0 , A_1 , A_2 ...

A_0 - **granice optymalności** - punkty odniesienia, które określają dolną granicę obszaru Q , gdzie optymalizacja kryteriów ma sens (por. problem optymalizacji z ograniczeniami w przestrzeni kryteriów (3)).

Istnienie takich punktów odniesienia ilustruje ograniczony zakres założenia, że każdy z punktów dominujących punkt docelowy jest nadal pożądany przez decydenta.

Szacowana użyteczność: dla elementów A_0 przyporządkujemy tę samą deterministyczną wartość użyteczności jak dla punktów docelowych (patrz niżej), tj.: $v(A_0) = a_1 > 0$.

A_1 - **punkty docelowe** - elementy E , które modelują idealne rozwiązanie pożądane przez decydenta.

Współrzędne punktów docelowych interpretuje się jako pożądane wartości kryteriów, przed wzięciem pod uwagę ograniczeń problemu i własności funkcji celu. Jeżeli jest to możliwe, punkty docelowe powinny być osiągalne i przekroczone przez rozwiązania problemu (3). W przeciwnym wypadku rozwiązanie kompromisowe powinno być znalezione jak najbliższej zbioru A_1 .

Inne określenia: poziomy aspiracji, punkty idealne.

Szacowana użyteczność: Do każdego elementu A_1 przyporządkujemy tę samą użyteczność a_1 .

A_2 - **Rozwiązania status quo** - wartości kryteriów, które muszą być przekroczone podczas procesu decyzyjnego.

Jeżeli zdefiniowano kilka rozwiązań *status quo*, wystarczające jest znalezienie nie-zdominowanego rozwiązania dominującego co najmniej jedno z nich. Alternatywnie, rozwiązania *status quo* mogą być rozwiązaniami satysfakcjonującymi, odpowiadającymi dolnym poziomom aspiracji decydenta. Jeżeli oba przypadki występują jednocześnie, wtedy zalecane jest rozbicie klasy A_2 na dwie podklasy zgodnie ze schematem zaproponowanym dalej. Interpretacja rozwiązań *status quo* może być dwojaka, jako :

- wartości kryteriów wybrane w jednym z poprzednich problemów decyzyjnych, które są nadal osiągalne bez dokonywania żadnych poprawek w procesie optymalizacji,

lub jako

- oszacowanie na podstawie wcześniejszego doświadczenia minimalnego satysfakcjonującego poziomu kryteriów.

Inne określenia : poziomy zastrzeżone (Wierzbiński, 1986), wartości pożądane (Weistroffer, 1983, 1984), rozwiązania dostępne na etapie przedoptymalizacyjnym (Górecki, Skulimowski, 1986).

Szacowana użyteczność: Rozwiązaniom *status quo* przypiszemy wartość użyteczności a_2 , gdzie $a_2 < a_1$.

A₃ - Antyidealne punkty odniesienia - elementy przestrzeni kryteriów, które odpowiadają rozwiązaniom niekorzystnym.

Tych wartości kryteriów decydent musi unikać, wybierając rozwiązanie maksymalnie odległe od A₃.

Inne określenia: poziomy porażki, punkty, których należy unikać.

Szacowana użyteczność: Dla każdego elementu A₃ przyporządkujemy wartość użyteczności a_3 , gdzie $a_3 < a_2 < a_1$.

W niektórych sytuacjach, np. przy większej ilości informacji dostarczonej przez ekspertów, możliwa jest bardziej dokładna klasyfikacja. Na przykład można wyróżnić wartości wymagane i wystarczające, można też przeprowadzić rozróżnienie mniej lub bardziej pożądanych punktów docelowych. Jeżeli punkty odniesienia są zdefiniowane jako przedziały w E , wówczas można osobno rozważyć górne i dolne ograniczenia przedziałów. Ogólnie, dowolną klasę A_j można rozbić na podklasy $A_{j1}, \dots, A_{jk(i)}$, przyporządkowując każdej podklasie wartość użyteczności $a_{i,j}$ dla $0 \leq i \leq 3, 1 \leq j \leq k(i)$, gdzie

$$a_{i,j-1} \leq a_{i,j} \leq a_{i,j+1}$$

jeżeli $a_{i,j-1}$ lub $a_{i,j+1}$ istnieją. Dla uproszczenia warunków niesprzeczności (patrz podrozdz. 4) należy uporządkować klasy $A_{i,j}$ tak, aby $a_{ij} \leq a_{i,j+1}$ dla $1 \leq j \leq k(i) - 1$.

Przykład 3.1. Przedstawimy przykład praktyczny dynamicznego zarządzania portfelem projektów inwestycyjnych. Dla uproszczenia rozważymy tylko jeden krok decyzyjny w danym momencie t i trzy najistotniejsze kryteria:

- całkowity oczekiwany zysk osiągnięty w okresie $[t, t+1]$, $F_1(t,u)$,
- zagregowaną miarę ryzyka inwestycyjnego $F_2(t,u)$,

oraz

- ilość gotówki w okresie $t + 1$, dostępnej natychmiast dla decydenta w celu jej reinwestowania (np. realizacji projektów związanych z niespodziewanymi wydatkami) $F_3(t,u)$.

Punkty odniesienia dla powyższego problemu mogą być zdefiniowane zgodnie z następującymi zasadami:

- Idealne punkty odniesienia odpowiadają korzystnemu zakończeniu procesu inwestycyjnego. Charakteryzują się wysokimi wartościami F_1 i F_3 i niskim poziomem ryzyka F_2 .

- Rozwiązania *status quo* być są zazwyczaj definiowane jako wartości kryteriów F_1 i F_3 dla różnych poziomów ryzyka odpowiadających użyteczności początkowego (przedinwestycyjnego) stanu portfela.
- Oszacowanie finansowej wartości nietrafnej inwestycji (A_3) może odpowiadać poważnej stracie, utracie wiarygodności bankowej, bankructwu lub przejęciu udziałów (akcji) inwestora przez inną firmę. Rozkład prawdopodobieństwa tych zdarzeń musi być oceniony przez ekspertów finansowych w oparciu o odpowiednią analizę ekonomiczną.
- Górne granice optymalności mogą być zadane w postaci oczywistych ograniczeń w przestrzeni kryteriów $F_2 \geq 0$, $F_1 \geq F_3$. Inne ograniczenia optymalności mogą wynikać z różnych regulacji prawnych i podatkowych dotyczących działalności ekonomicznej.

Inny przykład odnosi się do problemu projektowania i wdrażania nowych technologii:

Przykład 3.2. Firma planuje budowę nowego modelu dźwigu. Każda możliwa alternatywa jest opisana przez zbiór niezależnych kryteriów, włączając w to współczynnik niezawodności, ilość kapitału niezbędnego dla rozpoczęcia produkcji, minimalny czas trwania projektu, parametry techniczne - udźwig, długość ramienia, jednostkowe koszty produkcji i inne.

Aby wybrać kompromisowy projekt dostępna jest następująca informacja:

- parametry dźwigów już produkowanych przez firmę (zbiór A_2)
- parametry produktów, dla których istnieje pewność, że będą się dobrze sprzedawać na rynku (A_1),
- parametry najlepszych dźwigów produkowanych przez inne firmy (A_1),
- ograniczenia optymalnych wartości parametrów, które są uzasadnione przez oczekiwany zakres użycia dźwigów (A_0),
- parametry dźwigów, które poniosły porażkę na rynku (A_3).

Całość powyższej informacji można rozważyć wspólnie stosując procedurę wyboru decyzji opartą o zasady opisane w następnym podrozdziale.

Po zdefiniowaniu punktów odniesienia jako wskaźników użyteczności bez brania pod uwagę osiągalnych wartości F w problemie (1), konieczne jest zbadanie wzajemnego położenia wyspecyfikowanych punktów oraz zbioru $F(U)$. Na tym etapie procesu decyzyjnego decydent może przeddefiniować użyteczność pewnych punktów, określić nowe punkty lub nowe podklasy punktów odniesienia. Wzajemna niesprzeczność tych informacji będzie automatycznie sprawdzana przez system wspomagania decyzji zgodnie z procedurą zaprezentowaną w następnym podrozdziale. Aktualizacja klasyfikacji może także następować automatycznie lub może być dokonywana przez decydenta w procesie interaktywnym. Relacje punktów odniesienia do zbioru osiągalnego zostały omówione szczegółowo w innej pracy autora (Skulimowski, 1990).

4. Niesprzeczność punktów odniesienia

W tym rozdziale przedstawimy definicje racjonalności i niesprzeczności w odniesieniu do algorytmów wielokryterialnego podejmowania decyzji.

Definicja 3.1. *Proces decyzyjny będzie nazwany racjonalnym wtedy i tylko wtedy, gdy prowadzi do niezdominowanego rozwiązania problemu optymalizacji wielokryterialnej (1).*

Jedynie procedura poszukiwania rozwiązania racjonalnego zapewnia zgodność struktury informacji dodatkowej stosowanej do znalezienia rozwiązania kompromisowego z początkowym problemem optymalizacji wielokryterialnej. Tak więc z nielicznymi wyjątkami (np. system podejmowania decyzji STEM, Benayoun i in., 1971, lub tzw. metoda entropijnego punktu idealnego Hallefjord i Jorsten, 1986), jedynie procedury racjonalne są przedmiotem rozważań jako narzędzie wspomagania decyzji.

Definicja 3.2. *Proces podejmowania decyzji w oparciu o oszacowane użyteczności jest niesprzeczny wtedy i tylko wtedy, gdy:*

$$\forall x, y \in E [v^{\wedge}(x) \leq v^{\wedge}(y) \Rightarrow x \leq_{\theta} y \text{ lub } x \sim y] \quad (4)$$

gdzie $v^{\wedge}(x)$ jest oszacowaniem użyteczności v dla x , a $x \sim y$ oznacza relację nieporównywalności x i y .

Dodatkowo przy sporządzaniu oszacowania użyteczności w oparciu o punkty odniesienia należy zapewnić, że wartości oszacowane są zgodne z zasadą użyteczności w skalaryzacji przez odległości z powszechnym rozumieniem pojęcia punktów odniesienia. Ta dodatkowa cecha będzie zwana tu zbieżnością z problemem (1) i zostanie omówiona w następnych podrozdziałach.

4.1. Wewnętrzna i wzajemna niesprzeczność zbiorów odniesienia

Należy przypomnieć sobie, że podstawowa idea metody wielu punktów odniesienia dotyczy faktu, że wszystkie elementy klasy punktów odniesienia A_j odpowiadają tej samej wartości szacowanej funkcji użyteczności v . Łatwo zauważyć, że aby spełnić założenie silnej monotoniczności konieczne jest, by żadne z elementów A_j nie były ze sobą wzajemnie porównywalne. Tę cechę będziemy nazywać wewnętrzną niesprzecznością klasy A_j . Zgodnie z definicją, zbiór punktów referencyjnych jest wewnętrze niesprzeczny wtedy i tylko wtedy, gdy:

$$\forall q_1, q_2 \in A_j, q_1 \text{ i } q_2 \text{ są nieporównywalne} \quad (5)$$

Jeżeli zbiór odniesienia A_j jest wynikiem agregacji opinii różnych ekspertów, może się wówczas zdarzyć, że nie jest on wewnętrze niesprzeczny. Jednakże stosując jakikolwiek algorytm wyboru podzbioru niezdominowanego łatwo jest znaleźć podzbiór A_j , składający się z nieporównywalnych punktów albo minimalnych w sensie Pareto, $P(A_j, \theta)$, albo maksymalnych w sensie Pareto $P(A_j, (-\theta))$ i stosowaniu ich za-

miast A_j . Co więcej, położenie każdego ze zbiorów A_j , $0 \leq j \leq K$, gdzie $K+1$ jest liczbą klas punktów odniesienia, powinno spełniać określone warunki w odniesieniu do wszystkich pozostałych punktów odniesienia. To wymaganie może być sformułowane jako założenie, że każdy element A_j powinien być zdominowany przez pewien element zbioru A_{j+1} dla $0 \leq j \leq K-1$, tj.:

$$\forall x \in A_j \exists y \in A_{j+1} : x \leq \theta y. \quad (6)$$

W celu uzyskania pożądaných własności zbioru poziomów v^\wedge należy nałożyć dodatkowy warunek (7) symetryczny do (6):

$$\forall x \in A_{j+1} \exists y \in A_j : x \leq \theta y. \quad (7)$$

co pozwala na sformułowanie następującej definicji:

Definicja 3.3. *Klasy odniesienia A_j i A_{j+1} spełniające powyższe warunki (6), (7) będą zwane wzajemnie niesprzecznymi.*

Sprawdzanie i poprawa wzajemnej niesprzeczności jest zasadniczą częścią algorytmu wielokryterialnego podejmowania decyzji metodą zbiorów odniesienia, co uzasadnia następujące twierdzenie:

Twierdzenie 1. Jeżeli wszystkie klasy punktów odniesienia A_i dla problemu (1) (2) są zarówno wewnątrznie, jak i wzajemnie niesprzeczne, wówczas proces rozwiązania opisany w podrozdziale 5 jest niesprzeczny.

4.2. Racjonalność i związek z problemem optymalizacji wektorowej

Jak zaznaczono we wstępnych uwagach do tej pracy, racjonalność jest zasadniczą cechą metod wielokryterialnego podejmowania decyzji i musi być zweryfikowana w pierwszym rzędzie.

Zastosowanie punktów odniesienia i miary odległości (bliskości) akceptowalnych rozwiązań spośród nich jako modelu preferencji decydenta jest procedurą racjonalną pod warunkiem, że zbiór założeń dotyczących własności funkcji odległości i umiejscowienia punktów w przestrzeni kryteriów jest spełniony. Warunki konieczne i wystarczające dla optymalności w sensie Pareto w skalaryzacji przez odległość były poprzednio badane szczegółowo (Wierzbicki 1986, Skulimowski 1988).

Jedną z najważniejszych cech metodyki rozwiązywania problemu opisanej w tym podrozdziale jest fakt, że oszacowanie użyteczności w punktach odniesienia jest (lub powinno być) niezależne od ograniczeń w problemie optymalizacji wektorowej (1). Tak więc ten sam model preferencyjny może być zastosowany dla różnych problemów decyzyjnych lub dla problemów ze zmiennym zbiorem alternatyw. Jednakże punkty odniesienia z klas A_i , $i=1, \dots, 3$ mają wstępnie określoną interpretację odnoszącą się do osiągalnego zbioru, który jest zawarty w ich werbalnym opisie. Charakterystyka sytuacji idealnej, gdzie początkowe oceny decydenta są zgodne z sytuacją rzeczywistą osiągalnych wartości jest przedstawiona poniżej jako Warunki 1-4. Za-

kładamy, że warunki wzajemnej niesprzeczności omówione w poprzednich podrozdziałach są już spełnione.

Warunek 1. Docelowe punkty odniesienia powinny mieć niepustą część wspólną ze zbiorem nieosiągalnych, ściśle dominujących punktów.

Warunek 2. Rozwiązania status quo powinny być osiągalne.

Warunek 3. Anty-idealne punkty odniesienia powinny być zdominowane przez co najmniej jeden punkt osiągalny lub powinny być nieporównywalne z $FP(U)$.

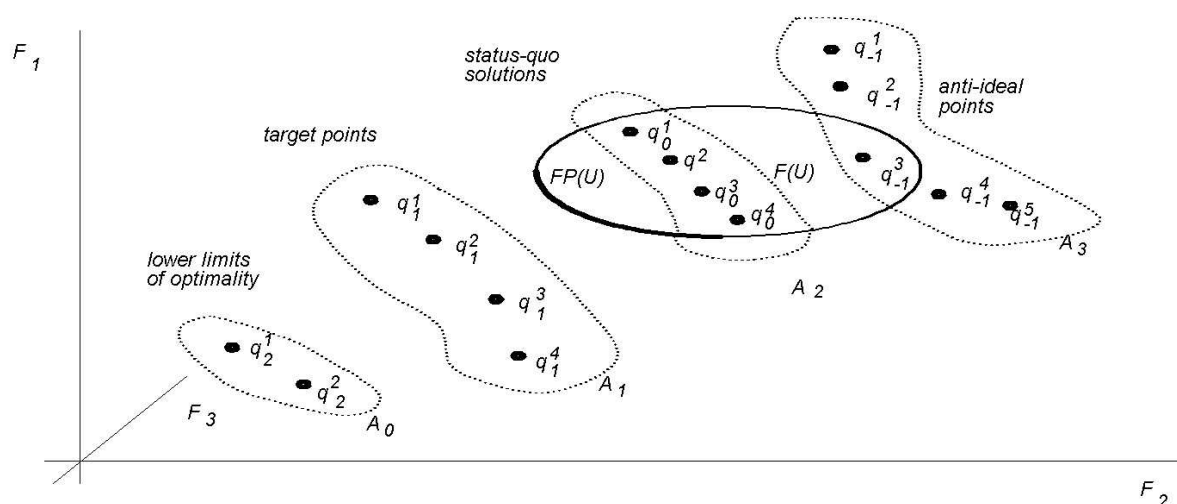
Warunek 4. Dolne granice optymalności powinny być częściowo dominujące lub nieporównywalne.

Przykład punktów odniesienia spełniających Warunki 1-4 dla pewnych problemów optymalizacji wielokryterialnej, spełniający warunki niesprzeczności wewnętrznej oraz wzajemnej jest ukazany na Rys. 3.2.

Po oszacowaniu kształtu zbioru osiągalnego $F(U)$, w problemie (1) może się zdarzyć, że aktualne usytuowanie punktów odniesienia różni się od tego zaprezentowanego powyżej. Wówczas konieczne jest przeformułowanie oceny ekspertów lub decydentów zgodnie z ogólną zasadą, że racjonalność rozwiązania kompromisowego jest nadrzędna w stosunku do intuicyjnej interpretacji zdefiniowanych punktów odniesienia. W ten sposób otrzymujemy zbiór punktów odniesienia zdefiniowany *a posteriori*. Proces redefinicji może być wykonywany automatycznie lub decydent może samodzielnie kontrolować wartości odniesienia.

5. Zasada użyteczności metrycznej w skalaryzacji przez odległość

Po zdefiniowaniu celów i/lub obszarów niepożądanych ocen (obszaru unikania) w przestrzeni kryteriów, konieczne jest sformalizowanie znaczenia “zbliżania się do celu” lub “unikania decyzji niebezpiecznych”.



Rys. 3.2. Przykład prawidłowo zdefiniowanych punktów odniesienia dla problemu optymalizacji wielokryterialnej (1).

Z definicji zbiorów A_0, \dots, A_3 można wyprowadzić następującą słowną definicję interpretacji decydenta klas punktów odniesienia:

- zbiór punktów celowych A_1 , do którego należy dążyć,
- zbiór punktów antyidealnych A_3 , którego należy unikać,
- zbiór rozwiązań *status quo* A_2 , który należy przekroczyć,
- rozwiązania lepsze niż granice optymalności A_0 , których należy unikać.

Proces szacowania użyteczności będzie obejmował trzy etapy:

- przybliżone obliczenie poziomu użyteczności v dla zbiorów odniesienia,
- określenie dziedziny E , gdzie zdefiniowane jest oszacowanie funkcji użyteczności v^\wedge ,
- interpolacja v^\wedge w obszarach ograniczonych przez zbiory poziomów.

Pierwszym krokiem do oszacowania funkcji użyteczności powinno być przybliżone obliczenie poziomu użyteczności v dla zbiorów punktów odniesienia A_i , które odpowiadają wartościom przyporządkowanym zbiorom. Tak znalezione poziomy użyteczności zbiorów odniesienia dzielą przestrzeń wartości kryteriów E na obszary:

$$R_j := \{x \in E: a_j \leq v^\wedge(x) < a_{j-1}\}, \text{ dla } j = 1, \dots, K \quad (8)$$

gdzie $a := -\infty$ $a_K := +\infty$. Z założonej ciągłości v wynika, że obszary R_j są rozłączne tj.:

$$R_i \cap R_j = \emptyset \text{ dla } i \neq j, i, j = 1, \dots, k \text{ tak więc istnieje jedyne:}$$

$$j := \min \{i: R_i \cap FP(U, \theta) \neq \emptyset\} \quad (9)$$

Wartości użyteczności w R_j są najwyższe z możliwych dla elementów $F(U)$, tak więc uzasadnione jest ograniczenie dalszych poszukiwań rozwiązań kompromisowych do zbioru

$$R_j \cap FP(U, \theta).$$

Można wywnioskować, że aby uzupełnić model preferencji decydenta, należy znaleźć dwie funkcje odległości, pierwszą modelującą miarę unikania A_j , drugą modelującą osiągnięcie A_{j+1} w obszarze R_j . Miara bliskości od zbiorów A_j przybiera postać seminorm g_{-j} (dla maksymalizacji odległości) i g_{j+1} (dla minimalizacji odległości) zdefiniowanych w następujący sposób:

$$g_{-j}(x) := d(x, Q_-) := \inf\{\|x - r\|: r \in Q_-\}, \quad (10)$$

$$g_{+j}(x) := d(x, Q_+) := \inf\{\|x - s\|: s \in Q_+\}, \quad (11)$$

gdzie $Q_- := A_j - \theta$ i $Q_+ := A_j + \theta$ dla j określonego przez (9) i norma w E silnie monotonicznie rosnąca na θ . Tak więc rozwiązanie kompromisowe powinno należeć

do części wspólnej dwóch zbiorów niezdominowanych punktów: pierwszego dla problemu początkowego (1), drugiego dla problemu dwukryterialnego

$$[(-g_{-j}, g_{+j}): R_j \rightarrow \mathfrak{R}^2] \rightarrow \min (\mathfrak{R}^2_{+}). \quad (12)$$

By konstruktywnie wyznaczyć tę część wspólną, należy znaleźć osiągalne elementy, które minimalizują g_{+j} lub maksymalizują g_{-j} . Jest to równoznaczne z zastosowaniem skalaryzacji przez odległość dla zbioru odniesienia, co zostało zdefiniowane w pracy (Skulimowski, 1985a).

Aby wybrać rozwiązanie kompromisowe ze zbioru $FP(U, \theta)$, użyta zostanie dwukryterialna metoda kompromisu oparta o następujące twierdzenie:

Twierdzenie 2. Dla każdego $\lambda > 0$ funkcja oszacowania użyteczności w obszarze R_j

$$G_j(x) := g_{j+1}(x) - \lambda g_{-j}(x)$$

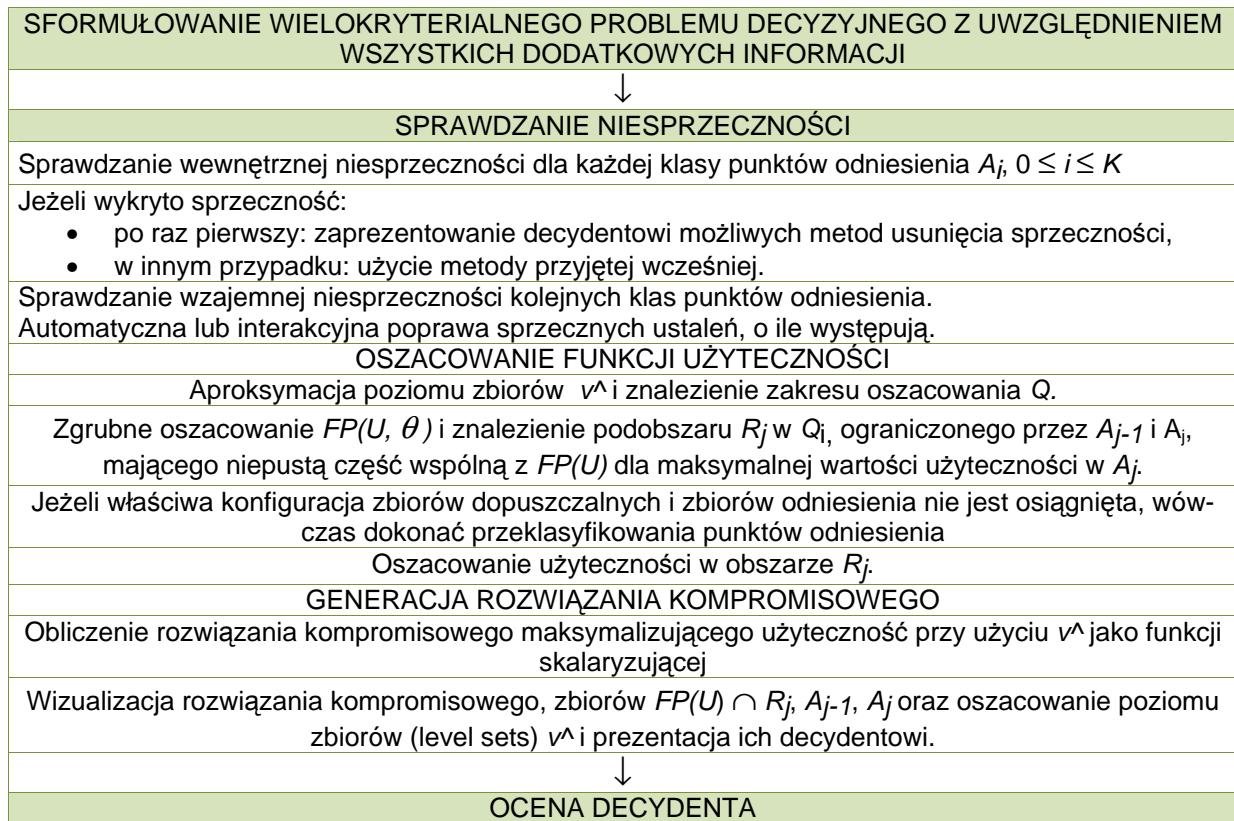
jest silnie monotonicznie rosnąca. W rezultacie, zbiór $P(G_j, F(U, \theta), \mathfrak{R}^2_{+})$ jest zawarty w $FP(U, \theta)$ i $\operatorname{argmin} \{G_j F(u) : u \in U\} \subset P(F, U, \theta)$, tj. $G_j \circ F$ może być użyta jako funkcja skalaryzująca dla problemu (1).

Dla podstawowych problemów decyzyjnych o czterech klasach punktów odniesienia A_0, \dots, A_3 , rozwiązanie uzyskane w ten sposób spełnia następującą zasadę kompromisu: jest tak odległe jak to jest możliwe od zbioru A_3 , przekracza jeden z elementów A_2 i jest tak bliskie jak to możliwe do wypukłej powłoki zbioru $A_1 + \theta$ i nie przekracza żadnego z elementów A_0 , pod warunkiem, że założenia zawarte w rozdziale 4 są spełnione. Zmiana dodatnich parametrów λ i czynników skalaryzujących $w \in \mathfrak{R}^N$ zawartych w definicji norm służących do definicji g_{+j} i g_{-j} (patrz (10)-(11)) pozwala na interaktywną modyfikację wynikającego rozwiązania kompromisowego $x_C \in U$ i $F_{opt} = F(x_C)$ w ramach spójnego procesu decyzyjnego.

6. Interakcyjny algorytm podejmowania decyzji

Aby przedstawić zastosowanie powyżej opisanych zagadnień do praktycznej procedury decyzyjnej należy skupić się na środkowym polu Rys. 3.1. - "Generacja propozycji rozwiązania kompromisowego". Wynik jest pokazany na Rys. 3.3.

Metody numeryczne zastosowane do generowania niezdominowanych rozwiązań w obrębie procedury decyzyjnej przedstawionej w podrozdziałach 4-5, używają testu optymalności Pareto oraz korekcji wyników *a posteriori*, także rozwiązanie proponowane decydentowi jest w rzeczywistości niezdominowane.



Rys. 3.3. Schemat ustanowienia modelu preferencji i generacji rozwiązania kompromisowego w algorytmie wspomagania decyzji w oparciu o metodę zbiorów odniesienia.

Jako informację wejściową dla procedury użytkownik proszony jest o zdefiniowanie ograniczeń, kryteriów i dodatkowych informacji preferencyjnych:

- dla problemów sterowania optymalnego z końcowymi czasowymi wartościami funkcji celu: wartości odniesienia kryteriów przedstawiających najbardziej pożądane wyniki optymalizacji (punkty idealne), te zadowalające, granice optymalności i wartości identyfikowane z porażką, których należy unikać;
- dla problemów optymalnego sterowania z funkcją celu w formie trajektorii: trajektorie odniesienia w przestrzeni kryteriów odpowiadające wyżej wymienionym klasom punktów odniesienia lub wielowartościowej funkcji odniesienia $Q(t) \subset \mathfrak{R}^N$.

Co więcej, we wszystkich powyższych przypadkach użytkownik może osobno zdefiniować *a priori* ograniczenia i związki optymalnej równowagi pomiędzy kryteriami, które mogą być równoważnie rozważone jako struktura preferencji zdefiniowana przez wypukły stożek, θ skonstruowane jak w pracy (Yu i Leitmann, 1974a). Dodatkowa informacja dotycząca preferencji decydenta jest zagregowana w taki sposób, aby podzbiór odniesienia zależny od czasu mógł być skonstruowany tak jak w podrozdziale 5. Tak więc otrzymujemy dwa wypukłe i zwarte podzbiory przestrzeni kryteriów (funkcje wielowartościowe dla systemów sterowania optymalnego), opisujące pożądane i osiągalne wartości kryteriów dla każdej chwili z pewnego przedziału czasowego.

6.1. Schemat logiczny procedury wspomaganie decyzji dla nieliniowych problemów statycznych

Po uruchomieniu programu użytkownik jest proszony o zdefiniowanie problemu do rozwiązania. Opis programu może być w danym momencie sporządzony lub może być wybrany z listy plików problemowych utworzonych uprzednio, ponieważ każda definicja problemu może zostać zachowana jako plik *.prm. W obu przypadkach okno opisu problemu pojawi się na ekranie, umożliwiając wprowadzanie nowych danych lub edycję informacji uprzednio wprowadzonych.

Przed przystąpieniem do sformułowania problemu, typ problemu musi zostać wybrany z poniższej listy:

- „DISCRETE” – dyskretne,
- „LINEAR” - liniowe (problem (1) z liniową funkcją celu),
- „NONLINEAR” - nieliniowe (problem (1) z arbitralnie ciągłą funkcją celu),
- „CONTINUOUS TIME CONTROL” - sterowanie ciągłe,
- „DISCRETE TIME CONTROL” - sterowanie dyskretne,
- „ASYNCHRONOUS CONTROL” - sterowane asynchronicznie systemy zdarzeń dyskretnych,
- „DYNAMIC PROGRAMMING” - programowanie dynamiczne - najkrótsze ścieżka,
- „RANKING” – wygenerowanie rankingu zbioru dyskretnych alternatyw w oparciu o zbiory odniesienia.

Wybór jednego z powyżej opisanych problemów wpływa na automatyczny wybór procedury kontroli niesprzeczności i na postać okna konstrukcji problemu. Poniżej opiszemy szczegółowo strukturę pliku modelowego dla problemów optymalizacji liniowej i nieliniowej. Menu okna projektowania modelu przedstawiono na Rys. 3.4.

PLIK	TYP	ZMIENNE	OGRANICZENIA	FUNKCJE CELU
<ul style="list-style-type: none"> • ZACHOWAJ • ZACHOWAJ JAKO • DRUKUJ • KASUJ • OBLICZ • ZAMKNIJ 	<ul style="list-style-type: none"> • „DISCRETE” - dyskretne • „LINEAR” - liniowe (problem (1) z liniową funkcją celu) • „NONLINEAR” - nieliniowe - problem (1) z dowolną ciągłą funkcją celu • sterowanie optymalne z czasem ciągłym • układy sterowania z czasem dyskretnym; • sterowanie systemami zdarzeń dyskretnych • programowanie dynamiczne - najkrótsza ścieżka 	<ul style="list-style-type: none"> • LISTA ZMIENNYCH I ICH OPIS • BRAK ZMIENNYCH (problem zdefiniowany poprzez listę alternatyw, np. dla rankingów) 	<ul style="list-style-type: none"> • LINIOWE • WIELOMIANOWE • NIELINIOWE • DYSKRETNE • STEROWANIE • ROZŁĄCZNE • RANKING 	<ul style="list-style-type: none"> • LINIOWA • WYPUKŁA • WIELOMIANOWA • NIELINIOWA • CAŁKOWITA • TRAJEKTORIA

Rys. 3.4. Schemat menu edycji modelu.

Definicja problemu dla ciągłej (liniowej i nieliniowej) optymalizacji statycznej zawiera następujące informacje:

A. Definicja zmiennych.

Każda definicja funkcji (ograniczeń i funkcji celu) musi być poprzedzona definicją zmiennych. Po wyborze opcji „VARIABLES” z menu w oknie pojawi się ekran typu bazy danych z następującymi polami:

- „variable symbol” - symbol zmiennej,
- „variable description” - opis zmiennej

oraz

- „interval” - przedział.

Domyślnie zmienne będą nazywane kolejno X_1, X_2, \dots, X_N , chociaż mogą być wybrane dowolne nazwy zawierające maksimum sześć znaków alfanumerycznych. Pole „opisu” może zawierać jedną linię słownej interpretacji zmiennej. Interpretacja pojawia się w polu informacyjnym na dole ekranu w momencie, gdy używana jest dana zmienna. W polu „przedział” można wstawić zwykłe ograniczenia postaci:

$$X_i \leq a_i, \text{ lub } X_i \geq b_i \ (a_i \geq b_i),$$

(także oba jednocześnie). Brak informacji w tym polu oznacza, że nie ma ograniczeń tego typu. Maksymalna ilość zmiennych wynosi 1000.

B. Lista ograniczeń.

Każda funkcja uprzednio zdefiniowanych zmiennych może być utworzona, używając standardowego języka C/C++ i następujących operatorów funkcyjnych: ABS, LOG(a.), EXP, SQRT, SIN, COS, TG, CTG, ASIN, ACOS, ATG, ACTG, ENT(x) (największa liczba całkowita mniejsza od x), INTG (a,b<wyrażenie>, zmienna) - całka z funkcji od a do b po „zmiennej” i inne. Po zdefiniowaniu funkcji, pojawiają się następujące operatory ' ≤ 0 ', ' ≥ 0 ', i inne ' $= 0$ '. Odpowiedni operator może być wybrany przy użyciu klawisza spacji, wybór jest potwierdzony klawiszem ENTER. Nie ma górnej granicy na ilość ograniczeń.

C. Definicja funkcji celu.

Przy edycji funkcji można zaznaczyć, kopiować i wklejać w nowe miejsca wszelkie wyrażenia zdefiniowane wcześniej.

D. Ograniczenia przestrzeni stanów dla problemów opisywanych równaniami różniczkowymi.

E. Ograniczenia na współczynniki kompromisu.

F. Początkowe punkty odniesienia.

Tutaj użytkownik może zdefiniować początkowe wartości odniesienia reprezentujące najbardziej pożądane wyniki optymalizacji (punkty idealne), punkty zadowalające, granice optymalności i wartości zidentyfikowane jako porażka, których należy unikać. Punkty odniesienia mogą być redefiniowane podczas interakcji z wpływem lub bez wpływu na ich wartości początkowe zgromadzone w pliku modelowym.

Proces rozwiązywania problemu jest interaktywny. Wyniki każdego kroku są zilustrowane graficznie, decydent może używać przyrządu wskazującego do wyboru poszczególnych wartości lub do definicji numerycznej nowych punktów odniesienia, kompromisów i kierunków poszukiwań. Dodatkowo w przypadku wielokrokowych rozwiązań, gdy horyzont czasowy nie jest ściśle zdefiniowany, proponujemy schemat uczenia, który pozwala na zbadanie definiowanych na bieżąco punktów odniesienia wobec ocen *a posteriori* związanych z wynikami otrzymanymi w przeszłości przy podobnych funkcjach celu. Metoda ta jest obecnie wdrażana w środowisku MATLAB™.

7. Zastosowanie metody zbiorów odniesienia w problemach rankingowych

Dla dyskretnych i ograniczonych od dołu zbiorów U metoda zbiorów odniesienia może być w oczywisty sposób zastosowana do wygenerowania rankingów sekwencyjnych, tj. w drodze M kolejnych procesów wyboru rozwiązania kompromisowego $u_{\text{opt},k}$ ze zbioru $U_k := U_{k-1} \setminus \{u_{\text{opt},k-1}\}$. Wymagać to może jednak przeprowadzania kolejnych procedur dialogowych, co przekraczać może zasoby czasowe decydenta. W związku z tym bardziej obiecujące są metody równoległego poszukiwania kilku lub wszystkich elementów zbioru $\{u_1, \dots, u_k\}$. W najprostszym sposobie można tego dokonać znając wartości funkcji v i traktując ją jako kryterium scoringowe. Wymaga to jednak znajomości globalnego oszacowania v . Inny sposób polega na równoczesnej dekompozycji zbioru alternatyw i zbioru punktów odniesienia (i być może także zbioru kryteriów), co skutkuje sformułowaniem m nowych połączonych problemów wielokryterialnych, które mogą być rozwiązywane równoległe. Jeśli w jednym z nowych problemów istnieje potrzeba wyboru więcej niż jednego elementu zbioru szeregowanych elementów, wówczas dla każdego takiego problemu zastosować można niezależnie podejście sekwencyjne.

Przykład zastosowania zbiorów odniesienia przy budowie rankingu kandydatów do dofinansowania ze środków regionalnych Programów Operacyjnych Regionalnych Ośrodków Badawczych podany jest w rozdziale następnym.

8. Dyskusja

Znajomość pojedynczego punktu odniesienia q z reguły nie niesie ze sobą dostatecznej informacji na temat preferencji, uniemożliwiając tym samym wybór rozwiązania kompromisowego. Struktura preferencji w problemach wielokryterialnych z punktem odniesienia musi być zatem uzupełniona o definicję odległości pomiędzy q i zbiorem osiągalnych wartości kryteriów. Często jednak zdarza się, że brakuje informacji *explicité* o bliskości lub mierze odległości, tak więc procedury wspomaganie decyzji stosujące pojedyncze punkty odniesienia - nawet interakcyjnie zmieniane - albo zawierają składnik *ad hoc* (np. magiczna rola przypisywana czasami zbiorowi punktów minimalnych w $F(U)$ względem norm L_p , $1 \leq p \leq \infty$, tak zwanego zbioru kompromisowego) lub korzystają w dużej mierze z innych informacji na temat preferencji. Z kolei metoda zaproponowana przez Jacquet-Lagrange'a i Siskosa

(1982) zwana przez autorów metodą addytywnej użyteczności (*additive utility approach*, UTA), polega na oszacowaniu addytywnej funkcji użyteczności przy użyciu stochastycznej ewaluacji różnych próbek użyteczności w przestrzeni kryteriów. Metoda tu zaprezentowana może być traktowana jako kompromis pomiędzy klasyczną metodą punktu odniesienia i modelami oszacowania użyteczności: dostępne są informacje na temat preferencji dla pewnych wyróżnionych punktów w przestrzeni kryteriów E (jak w przypadku punktów odniesienia, ale nie dla arbitralnie wybranych próbek w E), wystarczające do oszacowania rodziny wartości funkcji dla problemu procesu decyzyjnego (nie ma potrzeby określania *ad hoc* czy *a priori*). Metoda ta uogólnia wcześniejsze modele dla rozwiązań *status-quo* oraz punktów docelowych, przedstawionych wcześniej m.in. w (Górecki i Skulimowski, 1988, 1989).

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Bogetoft P., Hallefjord A., Kok M. (1988). On the convergence of reference point methods in multiobjective programming. *EJOR*, Nr 34, s. 56-68.
- [2]. Despotis D.K., Yannacopoulos D., Zopounidis C. (1990). A Review of the UTA Multicriteria Method and Some Improvements. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 15, Nr 2, s. 63-76.
- [3]. Górecki H., Skulimowski A.M.J. (1988). Safety Principle in Multiobjective Decision Support in the Decision Space Defined by Availability of Resources. *Arch. Automatyki i Telemek.*, Nr 32, s. 339-353.
- [4]. Górecki H., Skulimowski A.M.J. (1986). A Joint Consideration of Multiple Reference Points in Multicriteria Decision Making. *Found. Control Engrg.*, 11, Nr 2, s. 81-94.
- [5]. Jacquet-Lagrange E., Siskos J. (1982). Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. *EJOR*, Nr 10, s. 151-164.
- [6]. Jahn J., Merkel A. (1992). Reference point approximation method for the solution of bicriterial nonlinear optimization problems. *J. Optimization Theory and Appl.*, 74, Nr 1, s. 87-103.
- [7]. Roy, B. (1975). *Interactions et Compromis: La Procédure du Point de Mire*. Cahiers Belges de Recherche Operationnelle, 15.
- [8]. Seo F., Sakawa M. (1988). *Multiple Criteria Decision Analysis in Regional Planning*; D. Reidel-Kluwer, Dordrecht-Boston-Lancaster-Tokyo, 1988, s. 535.
- [9]. Skulimowski A.M.J. (2009, Red.). *Priorytetyzacja celów polityki regionalnej w kontekście efektywnego wykorzystania Funduszy Strukturalnych*, POPT.03.01.00-00-002/07, Raport Końcowy projektu zrealizowanego w roku 2008 w ramach I edycji Konkursu Dotacji Fundusze Europejskie na poziomie NSS, Kraków.
- [10]. Skulimowski A.M.J. (2008). Application of dynamic rankings to portfolio selection. W: João O. Soares, Joaquim P. Pina, Margarida Catalão-Lopes (Red.). *New developments in financial modelling*, Newcastle: CSP Cambridge Scholars Publishing. *Proceedings of the 41st Meeting of the Euro working group on Financial modelling: Lisbon, Portugal, November 8–9, 2007*, s. 196–212.
- [11]. Skulimowski A.M.J. (2006c, Red.). *Transfer Technologii w Informatyce i Automatyce (Technology Transfer in Computer Science and Automation)*, Progress & Business Publishers, Kraków, s. 406.
- [12]. Skulimowski A.M.J. (2002a). Hierarchical and multicriteria models of sustainable development. In : *Sustainable Development – Proceedings of the AED Seminar No. PTP 121TC00-010 held in Kraków, Poland, October 13-22, 2002*. Progress & Business Publishers, Kraków, s. 12 (CD edition).

- [13]. Skulimowski A. M.J. (1999a, Red.). Financial Modelling – Proceedings of the 23rd Meeting of the EURO WG on Financial Modelling, Progress & Business Publishers, Kraków, Dec. 1999, s. 504.
- [14]. Skulimowski A.M.J. (1997). Methods of Multicriteria Decision Support Based on Reference Sets. W: R. Caballero, F. Ruiz, R.E. Steuer (Red.). Advances in Multiple Objective and Goal Programming, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 455, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, s. 282-290.
- [15]. Skulimowski A.M.J. (1996). Decision Support Systems Based on Reference Sets. AGH University Publishers, Monografie, Nr 40, s.165.
- [16]. Skulimowski A.M.J., Schmid B.F. (1992). Redundance-free description of partitioned complex systems. Mathematical and Computer Modelling, 16, Nr 10, s. 71-92.
- [17]. Skulimowski A.M.J. (1992). Applicability of ideal points in multicriteria decision- making. W : A. Goicoechea, L. Duckstein, S. Zionts (Red.), Multiple Criteria Decision-Making, Proceedings of the Ninth International Conference: Theory and Applications in Business, Industry, and Government. Proceedings of the 9th International Conference on MCDM, Fairfax (VA), 5-8.08.1990, Springer-Verlag, str. 387-400.
- [18]. Skulimowski A.M.J. (1991). Optimal Control of a Class of Asynchronous Discrete-Event Systems. In : Automatic Control in the Service of Mankind. Proceedings of the 11th IFAC World Congress, Tallinn (Estonia) ; Pergamon Press, London 1990, Vol.3, str. 489-495
- [19]. Skulimowski A.M.J. (1990). Classification and Properties of Dominating Points in Vector Optimization. Methods of Operations Research, Nr 58, s. 99-112.
- [20]. Skulimowski A.M.J. (1989). MCDM Problems in Control of Discrete-Event Systems. VIII-th International Conference on Multicriteria Decision Making, Manchester, August 22-26, 1988. W: A.G. Lockett (Red.), Proceedings, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 325, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- [21]. Wierzbicki A.P. (1986). On the Completeness and Constructiveness of Parametric Characterizations to Vector Optimization Problems. OR Spektrum, Nr 8, s. 73-87.
- [22]. Yu P.-L., G. Leitmann (1974a). Compromise Solutions, Domination Structures and Salukvadze's Solution. J. Optimization Theory and Appl., 13, Nr 3, s. 362-378.
- [23]. Zeleny M. (1974). A Concept of Compromise Solutions and the Method of the Displaced Ideal. Computers Oper. Res., 1, Nr 4, s. 479-496.



METODY SZEREGOWANIA I WYBORU PORTFELI PROJEKTÓW W PROBLEMACH DECYZYJNYCH Z PREFERENCJAMI REGIONALNYMI

4

Andrzej M.J. Skulimowski^{1,2}

¹ Laboratorium Analizy i Wspomagania Decyzji, Katedra Automatyki, Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, ams@agh.edu.pl

² Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja „Progress and Business”, Kraków ul. Miechowska 5B, www.pbf.pl, www.foresight.pl, cn dip@pbf.pl

Streszczenie. Załóżmy, że zbiór kandydatów z różnych regionów i/lub sektorów aplikuje o dotację, która może być przyznana tylko ograniczonemu podzbiorowi wnioskujących. Rozważany tu regionalny (analogicznie: sektorowy) proces wyłaniania finansowanych projektów składa się zazwyczaj z dwóch etapów: na pierwszym z nich aplikacje oceniane są przez ekspertów na podstawie zestawu kryteriów związanych z efektywnością indywidualnych projektów. Ta część procesu decyzyjnego może być nazwana *etapem standardowym*. Na drugim etapie komisja konkursowa może uwzględniać także dodatkowe czynniki polityczne i administracyjne, które również będą miały wpływ na ostateczną decyzję. Na tym etapie komisja analizuje wzajemne zależności pomiędzy kandydatami oraz ocenia jakość podzbioru dofinansowanych projektów, opierając się zarówno na ocenie względem kryteriów uwzględnionych w pierwszym etapie selekcji, jak i biorąc pod uwagę synergię pomiędzy kandydatami. Ten etap może zostać nazwany *etapem politycznym*. W niniejszym rozdziale proponujemy wielokryterialną metodę analizy, uwzględniającą oba etapy jako elementy składowe jednej, obiektywnej procedury selekcji. Biorąc pod uwagę, że główne czynniki polityczne wpływające na ostateczną decyzję wywodzą się zazwyczaj z preferencji regionalnych i sektorowych, przedstawimy tu model obejmujący powyższe czynniki w ramach jednego wielokryterialnego problemu decyzyjnego. W ten sposób problem wyboru projektów prowadzący wcześniej do subiektywnego procesu podejmowania decyzji na etapie drugim, jest rozwiązywany przy użyciu obiektywnej procedury oceny, uszeregowania i wyboru. W efekcie przydział dotacji dla projektów staje się w całości transparentny i obiektywny. Powyższy problem może być rozważany zarówno jako problem wyboru tzw. najlepszego projektu kompromisowego, jak też jako problem wyboru podzbioru projektów, które tworzą pewien kompromisowy portfel. W obu przypadkach w pierwszym etapie korzystać będziemy z indywidualnego rankingu kandydatów. Opisany tu algorytm może zostać zaimplantowany jako element składowy bardziej ogólnej procedury selekcji, monitoringu i ewaluacji. Jako przykład ilustrujący powyższe zagadnienie posłuży projekt procedury wyboru ośrodków ubiegających się o grant na działalność proinnowacyjną w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych lub Działania 3.1 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Słowa kluczowe: regionalne cele strategiczne, wielokryterialne podejmowanie decyzji, metody rankingowe, wybór portfeli projektów, polityka regionalna.

1. Wprowadzenie

z różnych grup (np. regionów, sektorów). Wymagania te Motywacją opracowania metody opisanej w niniejszym rozdziale jest częste występowanie sytuacji, w której heterogeniczny zbiór kandydatów z wielu regionów i/lub sektorów ubiega się o grant lub nominację, która może zostać przyznana pewnemu podzbiorowi kandydatów. Zwrot „*kandydat*” oznacza tutaj aplikującego lub wniosek o przyznawane w ramach procedur konkursowych środki finansowe, które to procedury oparte są na jasno sprecyzowanym zestawie kryteriów dopuszczających do udziału oraz wytycznych odnośnie jakości projektu. Zaproponowane tu metody wielokryterialnego uszeregowania i wyboru odnoszą się w szczególności do problemów rankingowych występujących w procedurach dystrybucji środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Europejskiego Funduszu Społecznego. Charakterystyka tych problemów zdefiniowana jest w sposób następujący:

- Wysokość środków dostępnych do dystrybucji jest znana i wynosi G EUR (wszelkie odstępstwa od tej reguły polegające na przesunięciu środków podczas konkursu powinny być traktowane jako zdarzenia nadzwyczajne i nie wpływają na rozwiązania proponowane w poniższym opracowaniu),
- Każda aplikacja o grant a_i scharakteryzowana jest przez wysokość żądanego grantu, g_i , przez wartości kryteriów wyboru $F=(F_1, \dots, F_N)$ przyznawane w trakcie procesu ewaluacyjnego i dodatkowo – przez informacje dotyczące samego aplikującego, tworzące kryterium $H(a_i)=(H_1, \dots, H_K)(a_i)$;
- Przydział grantów opiera się na rankingach kandydatów, np. n aplikacji uznanych za najlepsze zostanie wybranych, gdy $\sum_{1 \leq i \leq n-1} g(i) < G$, $\sum_{1 \leq i \leq n} g(i) \geq G$,
- Istnieją dodatkowe wymagania związane z celami polityki regionalnej, dotyczące równomiernej dystrybucji grantów pomiędzy kandydatów pochodzącymi reprezentowane są przez żądanie optymalizacji dodatkowych kryteriów $\phi(H)$, które pozostaje w ogólnym przypadku w sprzeczności z wymogiem poprzednim, związanym z optymalizacją ocen indywidualnych zgodnie z kryterium F .

Regionalny proces wyboru podzbiorów składa się zazwyczaj z dwóch etapów. Na pierwszym z nich kandydaci oceniani są indywidualnie przez ekspertów, którzy dokonują oceny na podstawie zestawów kryteriów efektywności projektu F . Ta część procesu decyzyjnego może być nazwana *etapem standardowym*. Na drugim etapie komitet oceniający najczęściej uwzględnia także czynniki polityczne oraz administracyjne, które wpływają na ostateczną decyzję o przyznaniu grantów. Komitet analizuje zależności pomiędzy kandydatami i ocenia jakość wniosku, bazując na kryteriach uwzględnionych w pierwszym, indywidualnym etapie selekcji. Ten etap może zostać nazwany *etapem politycznym*.

W poniższym opracowaniu definiujemy *obiektywny regionalny proces wyboru podzbiorów*, w którym każdy czynnik wpływający na ostateczną selekcję jest wartościowany na pewnej skali liczbowej, a wszystkie algorytmy rankingowe wykorzystywane

do stworzenia finalnego rankingu są przejrzyste, wolne od subiektywnych założeń i/lub parametrów, a także weryfikowalne. Główna idea proponowanego rozwiązania wykorzystuje następujące podejście: najpierw rozdzielamy oba etapy procesu decyzyjnego poprzez oddzielną ocenę i wybór rozwiązań dokonywany na podstawie kryteriów odnoszących się do każdego z etapów z osobna. Następnie łączymy otrzymane rezultaty w jedną wielokryterialną metodę analizy, uwzględniającą oba etapy decyzyjne w ramach całościowej i obiektywnej procedury wyboru. Biorąc pod uwagę, że główne polityczne czynniki wpływające na ostateczną decyzję wywodzą się zazwyczaj z preferencji regionalnych i sektorowych, opracowaliśmy model uwzględniający te preferencje w ramach odpowiednio sformułowanego wielokryterialnego problemu decyzyjnego:

$$(F:U \rightarrow \mathbb{R}^k) \rightarrow \text{sel}(\varphi), \quad (1)$$

gdzie:

- U jest zbiorem kandydatów/aplikacji;
- $\text{sel}(\varphi)$ jest problem selekcji podzbioru zbioru U z uwzględnieniem kryteriów F , odnoszącym się do ograniczeń i preferencji φ w 2^U zależnych od wartości parametrów (H_1, \dots, H_K) opisujących poszczególne elementy U ;
- $F=(F_1, \dots, F_N)$ jest zbiorem merytorycznych kryteriów oceny indywidualnych kandydatów.

W powyższy sposób problem prowadzący wcześniej do subiektywnego procesu podejmowania decyzji na etapie politycznym może być przekształcony w obiektywną procedurę wyboru, w rezultacie czego problem selekcji projektów staje się w całości przejrzysty i obiektywny. Problem ten może być rozważany zarówno w ramach wyboru najlepszego kompromisu oraz problemu wyboru pożądaných podzbiorów. W obu przypadkach korzystać będziemy z rankingu indywidualnych kandydatów. Ostatecznie, procedura wyboru zaimplementowana zostanie w bardziej ogólnej procedurze selekcji, monitoringu i ewaluacji. Za ilustrację powyższego zagadnienia posłużą nam przykłady wyboru ośrodków ubiegających się o grant na działalność proinnowacyjną w ramach Działania 3.1 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka oraz konkurs projektów Centrów Doskonałości, w którym uczestniczą najlepsze ośrodki badawcze. Drugi z tych problemów może być rozważany w odniesieniu do wdrażania Regionalnych Strategii Innowacji w polskich województwach, gdyż centra doskonałości stanowią formę finansowania wyróżniających się ośrodków badawczych, preferowaną w krajach OEROB i uwzględnioną w polityce unijnej.

Podobnie jak w ogólnej procedurze zarysowanej powyżej, proces wyboru centrów badawczych rozważany w studium przypadku prezentowanym w podrozdziałach 3 i 4, składa się z dwóch etapów: na pierwszym, *standardowym*, każdy kandydat oceniany jest przez ekspertów na podstawie kryteriów jakościowych. W podrozdz. 3 proponujemy metodę wielokryterialnej analizy decyzji uwzględniającą te kryteria w ramach obiektywnej procedury wyboru. Podczas drugiego etapu – *politycznego*, komisja oceniająca uwzględnia także czynniki odnoszące się do polityki spójności i polityki RTDI (Badań, Rozwoju Technologicznego i Innowacji) oraz czynniki administra-

cyjne. Ostatecznie, procedura wyboru zaimplementowana zostanie w bardziej ogólnej procedurę selekcji, monitoringu i ewaluacji.

2. Podstawy wielokryterialnej procedury modelowania preferencji regionalnych

Najczęściej używaną metodą przy ocenie aplikacji o dofinansowanie projektów jest tworzenie kryteriów wagowych i poszukiwanie projektu optymalizującego (minimalizującego lub maksymalizującego, w zależności od typu problemu) dodatnią liniową kombinację indywidualnych ocen. Liczne wady takiego podejścia są przekonująco opisane w literaturze, por. np. [1] – trzeba tutaj wspomnieć, że prowadzi ono do utraty informacji i eliminacji niektórych niezdominowanych ofert (por. Rozdz. 1 niniejszego Raportu). Mimo to metoda ta jest wciąż wykorzystywana ze względu na swą prostotę i powszechny brak znajomości innych metod.

Dla problemu regionalnej selekcji proponujemy metodę bazującą na równoczesnym zastosowaniu zbiorów odniesienia (por. np. Rozdz. 3). Najważniejsze elementy tej metody streszczamy poniżej.

2.1. Podstawy metody zbiorów odniesienia

Punkt odniesienia jest elementem przestrzeni kryteriów, reprezentującym wartości kryteriów o szczególnym znaczeniu dla decydenta. *Trajektoria odniesienia* składa się z punktów odniesienia zdefiniowanych dla określonego czasu planowania. W omawianym modelu podejmowania decyzji punkty odniesienia mogą pochodzić z bazy wiedzy lub być wynikiem symulacji odnoszących się do hipotetycznych rezultatów wyboru dla różnych sektorów bądź regionów. Poza często stosowanymi pożądanymi wartościami kryteriów (punktami idealnymi), w metodzie preferencji regionalnych stosować będziemy również anty-idealne punkty odniesienia, których parametry odpowiadają wcześniejszym lub hipotetycznym wyborom zinterpretowanym jako błędne, a także rozwiązania dostępne na etapie pre-decyzyjnym (inaczej: punkty *status-quo*) oraz granice optymalnych wartości kryteriów. Dodatkowo, każda z tych klas punktów odniesienia może być podzielona na podklasy. Punkty odniesienia są rezultatem ocen ekspertów, formułowanych niezależnie od sformułowania konkretnego problemu wielokryterialnego wyboru.

Powstały model preferencji decydenta (por. [6]) składa się z dwóch zagregowanych podzbiorów przestrzeni wartości funkcji kryterialnych R_{-1} i R_1 , oraz funkcji g_1 and g_{-1} modelujących preferencje decydenta dotyczące osiągnięcia zbioru R_1 oraz uniknięcia R_{-1} . By wybrać rozwiązanie, uwzględniające wszystkie powyższe struktury preferencji, wyznaczamy zbiór D , zawierający wszystkie niezdominowane rozwiązania w sensie maksymalizacji g_{-1} i minimalizacji g_1 . Stosując tę metodę, redukujemy problem decyzyjny do dwukryterialnego problemu wyboru kompromisowego pomiędzy środkami podobieństwa zestawów R_1 i R_{-1} . Tym samym zawężamy interakcyjną pro-

cedurę poszukiwania rozwiązania kompromisowego do przecięcia zbiorów D i zbioru punktów niezdominowanych.

2.2. Uwzględnianie preferencji regionalnych w procesie selekcji projektów

Proces selekcji bazujący wyłącznie na kryteriach merytorycznych poziomu 1 może prowadzić do wyboru projektów pochodzących z wyłącznie jednego regionu lub miasta. Jednakże obowiązujący współcześnie paradygmat równych szans i wymagania polityki zrównoważonego rozwoju zmierną do wyrównywania regionalnych dysproporcji w różnych obszarach społecznej aktywności, w tym także w sektorze badawczo-rozwojowym (B+R). Uwzględniając te okoliczności, procedura wyboru oparta tylko na niezależnej ocenie indywidualnych projektów na etapie 1 może okazać się niesatysfakcjonująca dla decydentów podejmujących ostateczne decyzje dotyczące przyznania dofinansowania.

Często uważa się, że preferencje regionalne lub sektorowe trudno opisać w kwantyfikowalny sposób, co musi prowadzić do utraty obiektywności całego procesu decyzyjnego. Mimo że pogląd ten może okazać się czasem prawdziwy, przedstawiona niżej metoda wskazuje sposób podjęcia racjonalnych decyzji, łączący klasyczne kryteria jakościowe z preferencjami regionalnymi i sektorowymi.

Założymy, że każda z ofert może (ale nie musi) zawierać komponenty odnoszące się do kryteriów regionalnych lub odpowiednio – sektorowych. Powyższe założenie wymaga od Komisji konkursowej dodatkowego wysiłku, by ocenić, do jakiego stopnia komponenty oferty odnoszące się do poszczególnych regionów przyczyniły się już do końcowego wyniku oceny na etapie pierwszym. Ma to na celu oddzielenie obu etapów procesu decyzyjnego, a w tym wypadku wyeliminowanie sytuacji, gdy eksperci oceniający oferty na etapie standardowym już uwzględnili w swoich ocenach niektóre z preferencji regionalnych lub sektorowych. Wykrycie takich zależności może być trudne i wymaga z reguły analizy werbalnych uzasadnień ocen liczbowych. Jak pokazujemy niżej, niektóre rodzaje preferencji regionalnych (odpowiednio: sektorowych) mogą być opisane w postaci tabeli skwantyfikowanego wpływu poszczególnych projektów na regiony (sektory). Podczas gdy oferty składane przez pojedyncze instytucje mogą wykazywać wpływ na jeden tylko region (sektor) w ten sposób, że wszystkie oceny odnoszące się do pozostałych regionów (sektorów) są równe zeru, to oferty składane przez konsorcja instytucji zlokalizowanych w różnych regionach będą zazwyczaj wykazywały wpływ na wiele regionów (sektorów) jednocześnie, uniemożliwiając w ten sposób zastosowanie uproszczonej klasyfikacji regionalnej.

Jeśli działania prowadzące do oceny regionalnych komponentów ofert na etapie politycznym odnoszą się do dywersyfikacji portfela dofinansowanych projektów ze względu zarówno na kryteria regionalne jak i sektorowe, wówczas konieczne będzie zastosowanie dodatkowych metod uwzględnienia sektorowych komponentów ofert.

2.3. Etap I: zastosowanie indywidualnych kryteriów merytorycznych wyboru projektów i ocen wpływu na regiony

W niniejszym podrozdziale przedstawimy uproszczony wariant zastosowania kryteriów regionalnych H. Założmy, że procedura rankingowa, służąca do uszeregowania ofert na pierwszym (standardowym) etapie procedury wyboru, została oparta o wykorzystanie ilościowych parametrów ofert F przy zastosowaniu dowolnej wielokryterialnej metody agregacji ocen i szeregowania (por. Rozdz. 2 niniejszego Raportu). Rezultaty pierwszego etapu procedury – ranking względem kryteriów merytorycznych – zostały przedstawione w kolumnach 1-2 następującej tabeli. Dodatkowo, Tabela 4.1. zawiera także oceny potencjalnego wpływu każdej z ofert na poszczególne regiony oraz ich zagregowane wartości (kolumna 3), przy założeniu, że wpływ i-tej oferty na region R_j daje się wyrazić zagregowanym skalarnym wskaźnikiem S_{ij} .

Tabela 4.1. Schemat tworzenia rankingu ofert względem kryteriów merytorycznych i ocen wpływu na regiony

Wyniki rankingu względem kryteriów F	Wynik oceny me- rytorycznej	Ogólny wynik oceny regionalnej $S_i = h(S_{i1}, \dots, S_{iN})$	Regiony			
			R_1	R_2	R_N
1	2	3	4	5	N+3
Najlepsza oferta	F_1	S_1	S_{11}	S_{12}	S_{1N}
Druga najlepsza oferta	F_2	S_2	S_{21}	S_{22}		S_{2N}
:		:	:	:		:
k-ta oferta	F_k	S_k	S_{k1}	S_{k2}	...	S_{kN}
Łączne wyniki dla regionów (suma po wybranych ofertach)	---	---	RS_1	RS_2	...	RS_N

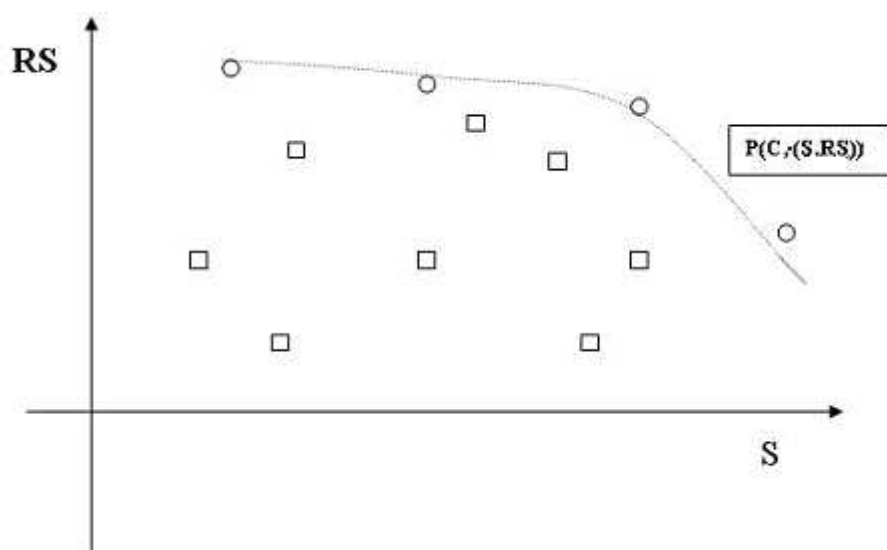
W powyższej tabeli przez R_i oznaczyliśmy regiony, przez F_i ostateczną liczbę punktów otrzymaną przez oferty w trakcie procedury selekcji względem kryteriów merytorycznych, przez S_{ij} składową liczbę punktów odnoszącą się do j-tego regionu (sektora) w i-tej ofercie, przez S_i zagregowane wartości S_{ij} dla i-tej oferty, $i=1, \dots, N$, przez RS_i sumę ocen wpływu na dany region otrzymanych przez wszystkie wybrane oferty, dla każdego z rozważanych regionów.

2.4. Konwersja procesu decyzyjnego z preferencjami regionalnymi do dwukryterialnego problemu wyboru

Regionalne preferencje mogą być teraz rozważane w formie dodatkowego kryterium, tzn. i -ta oferta, $i=1,\dots,N$, może być charakteryzowana przez parę zagregowanych kryteriów (F_i, S_i) , a każdy region R_j scharakteryzowany jest przez sumaryczny wpływ wybranych projektów RS_j). Rozważmy teraz dwukryterialny problem optymalizacji

$$((S, RS) : U \times 2^U \rightarrow \mathbb{R}^2) \rightarrow \max. \quad (2)$$

Wszystkie oferty z listy U mogą być przedstawione w dwuwymiarowej przestrzeni kryteriów (Rys. 4.1). Linia przerywana oznacza zbiór punktów optymalnych w sensie Pareto¹ dla hipotetycznego ciągłego problemu (S, RS) .



Rys. 4.1. Reprezentacja ofert w przestrzeni kryteriów S-RS. Okręgami oznaczyliśmy oferty niezdominowane, kwadratami zaś – pozostałe oferty

Powyższe sformułowanie problemu umożliwia dokonanie następujących bezpośrednich obserwacji:

- niezdominowane punkty odnoszą się do tych kandydatów, którzy są najlepsi w swych najważniejszych regionach, i dlatego
- niektóre oferty, będące najlepszymi w swym regionie, mogą nie być niezdominowane.

¹ Przypomnijmy, że $x=(x_1, x_2)$ jest elementem zbioru Pareto $P(X)$ dla $X \subset \mathbb{R}^2$, jeśli dla żadnego $y=(y_1, y_2)$ w X nie zachodzą jednocześnie nierówności $x_1 \leq y_1$ i $x_2 \leq y_2$.

2.5. Preferencje regionalne – przypadek ogólny

Włączenie do procedury wyboru najlepszych kandydatów kryteriów regionalnych przekształca problem uszeregowania na podstawie indywidualnych ocen (tzn. oceny kandydatów są od siebie wzajemnie niezależne), w problem wyboru podzbioru, gdzie niezależne uszeregowanie traci swą moc. W szczególności, uwzględnienie dodatkowych kryteriów regionalnych/sektorowych lub obu tych grup może zmienić porządek powstały po rozpatrzeniu kryteriów F w trakcie pierwszego etapu procedury. Zakładając, że po pierwszym etapie oferty C_1, C_2, \dots, C_N są uszeregowane od najwyższego do najniższego wyniku punktowego, to – po włączeniu regionalnych preferencji – powstaje nowy ranking, $C_{i(1)}, C_{i(2)}, \dots, C_{i(N)}$. Zatem stopień perturbacji oryginalnego rankingu może być zmierzony jako:

$$D(C, RS) := \sum_{j=1}^N w_j |i_j - j|, \quad (3)$$

gdzie poprzez w_j oznaczyliśmy pewne dodatnie współczynniki wagowe interpretowane jako utrata punktów za zmianę porządku rankingu (zazwyczaj $w_N \leq w_{N-1} \leq \dots \leq w_1$).

Z drugiej strony, decydent może zastosować swoje własne preferencje bezpośrednio do ofert. Takie preferencje mogą zostać opisane jako częściowy porządek:

$$C_{i(1)} C_{i(2)} \dots C_{i(N)} \succ C_{p(1)} C_{p(2)} \dots C_{p(N)},$$

gdzie $i(1), \dots, i(N)$ i $p(1), \dots, p(N)$ są permutacjami zgłoszonych ofert. Jako że często jest to problemem, niezgodność między oficjalnie przyjętymi kryteriami a mało sformalizowanymi preferencjami może prowadzić do braku konsensusu w trakcie ostatecznej fazy wyboru kandydatów.

2.6. Jednoczesna analiza preferencji regionalnych i sektorowych

Filozofia zapewnienia równych szans podobna do przedstawionej w powyższym modelu może zostać zastosowana do uzyskania sprawiedliwej dystrybucji wybranych kandydatów jednocześnie wśród rozważanych regionów i sektorów lub innych grup kandydatów. Pojawi się wtedy konieczność rozważenia w miejsce dwukryterialnego problemu.

3. Studium przypadku: przydział dofinansowania dla regionalnych ośrodków naukowo-badawczych (ROB) w ramach Regionalnych Strategii Innowacji

Regionalne ośrodki naukowo-badawcze (ROB), kandydujące do dofinansowania w ramach RSI, mogą posiadać różną formę prawną, strukturę organizacyjną i mogą należeć do różnych gałęzi nauki i edukacji. Wszystkie te cechy mogą stanowić kryteria równomiernego rozdziału, podobnie jak posiadanie siedziby lub obszaru działania w określonym regionie, analizowane w Sekcji 2.

W Sekcji 3.1. poniżej definiujemy cztery podstawowe typy kandydatów aplikujących o grant.

3.1. Modele organizacyjne kandydatów i ich wstępna ocena

Model 1 (*Instytucja*) – Instytucja badawcza specjalizująca się w jednorodnej gałęzi nauki i/lub technologii, której kadra badawcza liczy zazwyczaj ok. 20-200 pracowników. Inne cechy charakterystyczne dla tego modelu to przede wszystkim: intensywna współpraca międzynarodowa, pełnienie roli źródła ekspertyz dla administracji rządowej oraz przemysłu, wydawanie własnych publikacji seryjnych, zaangażowanie w działania w sferze edukacji wyższej na poziomie doktoranckim, wysoka pozycja w rankingach pod względem liczby publikacji autorstwa pracowników, naukowe zaplecze infrastrukturalne, status osoby prawnej lub inne równoważne regulacje umożliwiające samodzielną administrację i prowadzenie rachunkowości.

Model 2 (*Laboratorium*) – Charakterystyka badawcza podobna do modelu Instytutu, ale *Laboratorium* nie posiada osobowości prawnej, jest natomiast jednostką organizacyjną szkoły wyższej, firmy prywatnej lub innej większej instytucji, odpowiedzialnej za prowadzenie księgowości i administrowanie *Laboratorium*. Podejmowanie szybkich i efektywnych decyzji przez jego przedstawicieli ograniczone jest ze względu na różne reguły biurokratyczne obowiązujące w instytucji nadrzędnej. *Laboratorium* posiada także ograniczoną zdolność do definiowania swych długoterminowych planów i celów badawczych.

Model 3 (*Konsorcjum*) – Konsorcjum rozumiane jest tutaj jako składające się z instytucji badawczych, centrów transferu technologii i innowacyjnych firm z obszaru tematycznego działalności instytucji badawczych i wspólnego zainteresowania. Instytucje badawcze wchodzące w jego skład powinny prowadzić badania wyróżniające się jakością oraz przydatnością i być przy tym niezależnymi osobami prawnymi lub jednostkami organizacyjnymi uniwersytetów lub akademii nauk. Mogą też być przemysłowymi centrami badawczymi. Poszczególni przedstawiciele takiego konsorcjum powinni (ale nie muszą) być rozlokowani w różnych podregionach regionu w przypadku konkursu regionalnego, lub różnych regionach kraju w przypadku konkursu krajowego. Część członków Konsorcjum – lub też wszyscy – może charakteryzować się cechami typowymi dla Modelu 1 lub 2. Dopuszczalne jest samodzielne administrowanie i prowadzenie księgowości przez jednego z członków Konsorcjum, w optymalnej sytuacji jednak usługi takie zapewniane są przez wyspecjalizowaną w tym kierunku firmę lub fundację (np. Inkubator zaawansowanych technologii) – będącego równocześnie członkiem Konsorcjum.

Model 4 (*Zespół Interdyscyplinarny*) – Grupa składająca się zazwyczaj z około 10-25 indywidualnych badaczy, z dużym dorobkiem badawczym i publikacyjnym, wspierana przez doświadczonych ekspertów ze środowiska przemysłu i konsultantów transferu technologii. Zespół powinien prowadzić w przeszłości jeden lub więcej specjalistycznych projektów badawczych. Naukowcy powinni pochodzić z różnych instytucji badawczych, bez względu na region lokalizacji Zespołu. Zespół może posiadać status osoby prawnej (np. jako stowarzyszenie), lub też działać przy szkole wyższej lub instytucji badawczej (podstawa prawna powinna za każdym razem być definiowana

indywidualnie). Prowadzenie księgowości może być niezależne, zaś administracja utrzymywana na minimalnym poziomie. Większość Zespołów może być określona jako grupa badawcza prowadząca projekt badawczy lub badawczo-rozwojowy, a najlepiej – serię takich projektów. Interdyscyplinarny charakter Zespołu powinien być jego najważniejszą cechą rozpoznawczą, odróżniającą go od innych modeli.

3.2. Uwzględnienie w procesie wyboru ROB zgodności z regionalnym modelem innowacyjności

Preferowany model systemu wspierania innowacyjności może być określony w Regionalnej Strategii Innowacyjności, jednak ze względu na często zbyt ogólny charakter zapisów tych dokumentów może też być konieczne uszczegółowienie preferencji co do kształtu takiego systemu przy definiowaniu warunków konkursów grantowych. Opisane w sekcji 3.4. kryteria oceny indywidualnej kandydatów, mogą służyć również do oceny i wyboru regionalnych systemów wspierania innowacyjności. W tym drugim przypadku – w związku z brakiem liczbowej oceny wskaźników – celowe jest przyjęcie jako podstawy oceny grup kryteriów, z dodatkowym kryterium efektywności ekonomicznej. Wstępną ocenę kryteriów charakteryzujących różne typy kandydatów w skali od 1 do 5 zawiera poniższa tabela.

Tabela 4.2. Wstępne oszacowanie zagregowanych ocen merytorycznych dla czterech podstawowych modeli organizacyjnych kandydatów.

Model	Kryteria merytoryczne (gdzie 1- najniższa ocena, 5 - najlepsza)				
	Efektywne wykorzystanie środków finansowych	Możliwość osiągnięcia ponadprzeciętnych wyników badawczych	Możliwość wdrażania wyników badań w praktyce	Jakość i efektywność relacji interpersonalnych	Możliwość dołączenia jako członek krajowego systemu proinnowacyjnego
INSTYTUT	4	4	2	3	3
LABORATORIUM	1	3	1	4	2
KONSORCJUM	4	2	5	3	4
ZESPÓŁ	5	5	4	5	3

Źródło: P&BF

Syntetyczny zbiór kryteriów charakteryzujący ogólną społeczną korzyść, płynącą z wszystkich funkcji i działań kandydatów jest trudny do zdefiniowania w sposób bezpośredni. Kryteria takie odgrywałyby rolę funkcji użyteczności, a w związku z niejasną strukturą czasowych preferencji sieci organizowanych w ramach RSI, znalezienie konsensusu opartego na bezpośredniej użyteczności jest trudne. Zatem wybór odpowiedniego modelu powinien być oparty na analizie wielokryterialnej i powinien uwzględniać przydatność każdego modelu dla specyfiki regionu i potrzeb badaw-

czych. W procesie wyboru powinna być też uwzględniona ocena przydatności modeli organizacyjnych kandydatów w różnych gałęziach nauki. Przykład takiej oceny, opartej na ocenach ekspertów projektu (w postaci średniej arytmetycznej) w skali od 1 (najgorsza) do 5 (najlepiej), zawiera poniższa tabela.

Tabela 4.3. Wstępna ocena przydatności modeli organizacyjnych kandydatów w różnych dziedzinach wiedzy.

Model	Dyscyplina naukowa					
	Nauki humanistyczne	Ekonomia i nauki społeczne	Technologie (ogółem)	IT i telekomunikacja	Nauki przyrodnicze	Biologia, biotechnologia, genetyka
INSTYTUT	3	4	4	3	4	5
LABORATORIUM	5	2	3	2	3	4
KONSORCJUM	2	2	5	5	2	5
ZESPÓŁ	4	4	3	4	5	3

Źródło: P&BF

Uwaga: Powyższa ocena opiera się na wstępnych badaniach i na doświadczeniu ekspertów, których opinie zostały uśrednione i następnie zaokrąglone do pełnych ocen. Do określenia preferencji dla struktury modeli najlepiej pasujących do okoliczności konkretnego regionu powinna zawsze być przeprowadzona indywidualna analiza uwzględniająca opinie wybitnych naukowców, menadżerów nauki i przedstawicieli administracji rządowej i samorządowej.

Wybrany regionalny system innowacji i wstępne oceny struktury organizacyjnej kandydatów zawarte w tabelach 4.2. i 4.3. mogą być podstawą określenia kryteriów regionalnych dla podzbiorów kandydatów w konkursach grantowych.

3.3. Schemat procesu decyzyjnego

Proces decyzyjny prowadzący do wyboru struktury modeli ośrodków badawczych dofinansowanych w konkursie ogłaszającym w związku z RSI może wyglądać następująco:

- wybór gałęzi nauki, rozpatrywanych pod kątem zdolności realizacji zakładanych celów badawczych,
- znalezienie preferowanych modeli ośrodków badawczych dla różnych gałęzi nauki i potrzeb regionów,
- opracowanie modeli funkcjonowania Regionalnego Systemu Innowacyjności,
- wybór kryteriów i standardów procesów selekcji dla każdego z opracowanych wcześniej modeli osobno,

- projekt algorytmu wyboru kandydatów względem kryteriów merytorycznych,
- włączenie preferencji regionalnych, organizacyjnych i sektorowych do procedury wyboru,
- wybór pilotażowej grupy ośrodków,
- projekt sieciowych działań systemu i corocznego procesu ewaluacyjnego,
- ewaluacja pilotażowej grupy wybranych ośrodków badawczych i na tej podstawie ewaluacja procedury wyboru; rekomendacje dotyczące udoskonalenia procedury.

W niniejszym Raporcie nie poruszamy problematyki funkcjonowania sieci wybranych ośrodków, gdyż problem ten wykracza poza tytułowe zagadnienie obiektywizacji procesu rozdziału środków w ramach NSS, a ponadto problem ten wydaje się pojawiać dopiero po wyborze i pierwszej ewaluacji grupy ośrodków badawczych. Natomiast szczegółowa propozycja metod ewaluacji wybranych ośrodków będzie tematem dalszych badań.

3.4. Merytoryczne kryteria wyboru regionalnych ośrodków badawczych

Kryteria wyboru z pierwszego etapu odnoszą się do roli i funkcji ROB w ramach krajowego systemu zarządzania nauką, wiedzą i innowacjami. Poniżej wymieniamy listę ról, których wypełnienia oczekuje się od ROB. Każda rola lub funkcja powinna definiować kryterium lub zestaw kryteriów wykorzystywanych podczas selekcji kandydatów na ROB i podczas procesu ewaluacji już funkcjonujących ROB.

A. Prowadzenie badań podstawowych o szczególnej wartości naukowej:

- Kryteria:

- Liczba publikacji i ich wartość punktowa wyliczana na podstawie punktowego systemu ewaluacji stosowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ustalonym okresie (n lat),
- Liczba cytowanych publikacji w JCR (Journal Citation Reports) i SCI w ustalonym okresie,
- Udział w podstawowych projektach badawczych, unijnych, krajowych i międzynarodowych w ustalonym okresie, z uwzględnieniem wyników ich ewaluacji.

B. Transfer wiedzy w poszczególnych obszarach działania przynajmniej na skalę regionu:

- Kryteria:

- Jakościowe i kwantyfikowalne wskaźniki charakteryzujące naukowe bazy danych i biblioteki będące do dyspozycji ROB,

- Liczba i wartość odpłatnych zapytań skierowanych do ROB w ciągu ostatnich n lat, statystyki ekspertyz i wyjaśnień udzielanych przez konsultantów ROB,
- Liczba i łączna wartość raportów eksperckich zamówionych przez klientów ROB (zwłaszcza administrację rządową i samorządową, sektor prywatny) w ciągu ostatnich n lat,
- Liczba udanych partnerstw, zawiązanych między instytucjami nauki a przedsiębiorstwami wskutek inicjatywy ROB w ustalonym okresie.

C. Prowadzenie badań nadających się do wykorzystania w praktyce:

- Kryteria:

- Liczba patentów i zgłoszeń patentowych w ustalonym okresie,
- Liczba i wartość wdrożeń wyników badań w praktyce w ustalonym okresie,
- Udział we wdrażanych w praktyce projektach badawczych (jak np. tzw. projekty celowe Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego),
- Ewaluacja wyników zleceń administracji rządowej i sektora przemysłu.

D. Transfer wyników projektów badawczych do szkolnictwa wyższego:

- Kryteria:

- Liczba przedmiotów prowadzonych na poziomie uniwersyteckim, opartych na wynikach projektów badawczych wybranego ROB (to kryterium może uwzględniać wagi godzin kredytowych systemu ECTS),
- Liczba i ewaluacja (stopnie) prac magisterskich powstałych w tym ROB lub napisanych pod opieką przedstawicieli ROB w instytucjach szkolnictwa wyższego w ciągu ostatnich n lat,
- Pomoce naukowe opracowane przez ROB: podręczniki, wideo, software, multimedia, punkty kredytowe przyznawane za każdą dydaktyczną pomoc w odniesieniu do szczegółowej tablicy punktowej,
- Liczba prac doktorskich i habilitacyjnych powstałych w tym ROB lub napisanych pod opieką przedstawicieli ROB w instytucjach szkolnictwa wyższego w ciągu ostatnich n lat z uwzględnieniem ich ocen.

E. Promocja nauki:

- Kryteria:

- Organizacja naukowych seminariów, konferencji, kongresów, specjalnych zjazdów etc., punkty kredytowe za każde naukowe wydarzenie przyznawane w odniesieniu do szczegółowych instrukcji, ważona suma dla wszystkich wydarzeń zorganizowanych w ciągu ostatnich n lat,

- Liczba i ocena popularnonaukowych książek, artykułów, audycji radiowych lub telewizyjnych w ustalonym okresie (ważona suma punktów za poszczególne dzieła).

F. Potencjał kadry badawczej

Tu uwzględnione mogą być te kryteria ewaluacji dorobku naukowego, które nie zostały zawarte w kryteriach opisujących ogół rezultatów badawczych, np. udział w redakcjach czasopism, zlecone recenzje itp.

G. Cele odnoszące się do polityki naukowej:

- Kryteria:

- Znaczenie poszczególnych projektów badawczych prowadzonych przez ROB dla gospodarki regionu,
- Współpraca z krajowymi i zagranicznymi instytucjami badawczymi w określonych dyscyplinach,
- Potrzeba rozwoju określonych badań ze względu na możliwość powstania luki konkurencyjnej istotnej dla regionu lub kraju,
- Udział w sieciach współpracy badawczej: sukcesy w zakresie współpracy badawczej poświadczane porozumieniami badawczymi oraz szkoleniowymi, wymianą kadr ROB z innymi ośrodkami, udział w międzynarodowych grupach roboczych.

Pomocne w osiągnięciu celów wymienionych powyżej powinny być następujące cechy, które również mogą być podstawą oceny ofert:

H. Mobilność badaczy ROB

Niewielkie zespoły badawcze i bardziej liberalny sposób zatrudniania kadry ROB gwarantowany przez zapisy w ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym* – takie rozwiązania powinny przynieść wymierne rezultaty, takie jak bardziej efektywne badania, zwłaszcza w porównaniu do tradycyjnych jednostek uniwersyteckich.

I. Tworzenie interdyscyplinarnych grup badawczych prowadzących badania na najwyższym poziomie w nowych obszarach nauki i technologii, przynajmniej na krajową lub europejską skalę.

Zestaw powyższych kryteriów nie jest oczywiście kompletny, lecz proponowane w przyszłości kryteria mogą być dodawane i uwzględniane w podobny sposób. Podobne kryteria i opisy ról mogą być wykorzystane równie dobrze do ewaluacji innych typów jednostek ubiegających się o granty, takich jak innowacyjne przedsiębiorstwa, CBR i in.

3.5. Wielokryterialne sformułowanie problemu wyboru

Jako podstawę algorytmu wyboru ROB proponujemy metodę naszkicowaną w Sekcji 2, opartą na równoczesnym wykorzystaniu punktów odniesienia (patrz np. Skulimow-

ski, 1996, 2009) i współczynników substytucji pomiędzy kryteriami merytorycznymi i regionalnymi. Główne kroki zastosowanego podejścia przedstawione są poniżej.

W naszym modelu decyzyjnym punkty odniesienia, opisane w Sekcji 2, mogą pojawić się jako rezultat odnoszących się do konkretnego modelu regionalnego systemu innowacji preferencji decydentów, odrębnych dla różnych sektorów nauki lub technologii.

By wykorzystać metodę zbiorów odniesienia niezbędne jest zdefiniowanie odpowiedniego zestawu punktów odniesienia, przy czym różnorodność typów naukowych instytucji, mogących stać się ROB, narzuca obowiązek stworzenia osobnego modelu dla każdej z nich oraz całego sektora badawczego.

Punkty idealne, które muszą być zdefiniowane przez wzgląd na procedurę wyboru stosowaną przez metodę zbiorów odniesienia, trudno będzie zdefiniować w oparciu o polskie modele ROB, z wyjątkiem jedynie niektórych gałęzi nauki. Dlatego też idealne modele i ich matematyczne opisy rozumiane jako jakościowe kryteria wydajnościowe powinny opierać się o sprawdzone dotąd praktyki, stosowane na całym świecie. W szczególności, parametry niektórych punktów idealnych mogą wynikać z doświadczenia instytucji unijnych, jednak dla poszczególnych gałęzi nauki modele powinny zostać opracowane bez ograniczania się do istniejących systemów. Inne kategorie punktów odniesienia mogą zostać zdefiniowane w sposób łatwiejszy – punkty *status-quo* z powodzeniem mogą odnosić się do najpoważniejszych istniejących instytucji naukowych oznaczonych najwyższą kategorią badawczą, zaś dla wybrania punktów antyidealnych można wykorzystać instytucje o najniższej kategorii badawczej.

Tabela 4.4. poniżej zawiera parametry wszystkich klas punktów odniesienia opisanych w Rozdz. 3 oraz przedstawionych w skrócie w Sekcji 2 niniejszego rozdziału, odrębnie dla każdego potencjalnego typu wnioskodawców.

Uwzględniając potencjalny wpływ dofinansowania rozwoju sektora B+R w Polsce, selekcja powinna koncentrować się na ośrodkach badawczych powstających w nowych obszarach zaawansowanych technologii, takich jak inżynieria komputerowa, telekomunikacja bądź biotechnologia (także medyczne i farmakologiczne centra badawcze).

Proces wyboru oparty na kryteriach wymienionych w Sekcji 3.4 może prowadzić do wyboru ROB pochodzących z jednego tylko miasta lub regionu. Zaprezentowane w tym opracowaniu podejście umożliwia jednak wyrównanie różnic regionalnych w obszarach społecznej aktywności, uwzględniając również sektor badawczo-rozwojowy. Opisana wyżej metoda pozwala na podjęcie racjonalnych decyzji łącząc przy tym klasyczne kryteria z Sekcji 3.4. z preferencjami organizacyjnymi, regionalnymi i sektorowymi. Zakładamy, że każda z ofert ROB zawiera informacje odnoszące się do tych preferencji. Podczas gdy oferty pochodzące od instytutów badawczych lub grup badawczych mogą koncentrować się na jednym regionie, także wszystkie oceny odnoszące się do pozostałych regionów równe są zero, to oferty składane przez konsorcja będą zazwyczaj odnosiły się jednostek badawczych z różnych regionów, uniemożliwiając w ten sposób stworzenie uproszczonej regionalnej klasyfikacji.

Tabela 4.4. Pomocnicze punkty odniesienia dla rankingu kandydatów względem kryteriów merytorycznych

Punkty odniesienia Typ kandydata	Grupy kryteriów merytorycznych wg Sekcji 3.4	Antyidealne (A₋₁)	Status quo (A₀)	Docelowe (A₁)	Granice efektywności (A₂)
Instytut	A-I	Parametry JBRów zlikwidowanych w latach 1990-2009	Instytuty w regionie finansowane w wyniku rozstrzygnięcia wcześniejszych konkursów	Grupa tzw. centrów doskonałości wybranych w konkursach Programów Ramowych – centra o strukturze instytutu	Maksymalna ilość pracowników ustalona dla każdej dziedziny osobno w odniesieniu do wielkości dofinansowania
Konsorcjum	A-I	Jw. – dla każdego z członków konsorcjum osobno	Finansowane konsorcja	Jw. - centra o strukturze konsorcjum	Maksymalna liczba członków konsorcjum, ograniczenia na zatrudnienie jw.
Laboratorium	A-I	Parametry zespołów, które nie zrealizowały zamówionych badań	Finansowane laboratoria	Jw. - centra o strukturze instytutu przekształcane do wielkości laboratorium	Nie dotyczy
Zespół	A,F,H,I	Parametry zespołów, które nie zrealizowały zamówionych badań	Finansowane laboratoria	Jw. - centra o strukturze instytutu przekształcane do wielkości laboratorium	Nie dotyczy

Przykład rankingu kandydatów w konkursie ROB w oparciu o oceny skwantyfikowane został przedstawiony w tabeli 4.5.:

Tabela 4.5. Przykład rankingu ofert ROB z oceną wpływu na regiony.

Wyniki rankingu względem kryteriów F	Wynik oceny mery- torycznej	Ogólny wynik oceny regionalnej $S_i = \sum S_{ij}$	Regiony (oceny wpływu w skali 0-10)			
			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
1	2	3	4	5	6	7
Najlepsza oferta	98	11	10	1	0	0
Druga najlepsza oferta	97	12	7	4	1	0
Czwarta najlep- sza oferta	81	20	5	5	5	5
Ostatnia przyjęta oferta	80	19	7	4	2	6
Łączne wyniki dla regionów (suma po wybranych ofertach)	---	---	34	17	8	14

Poprzez R_i oznaczyliśmy regiony, przez S_i liczbę punktów przyznaną poszczególnym ofertom, $i=1...N$, a przez S_{ij} częściowe wyniki odnoszące się do sumarycznego wpływu na cele regionu i w ofercie j (ocena zgodności z celami strategicznymi RSI).

4. Organizacja Regionalnych Systemów RTDI: ewaluacja ex-post

Opisana w niniejszym podrozdziale metoda wyboru ROB może zostać poszerzona o metodę weryfikacji i pomiaru efektywności wyselekcjonowanych ROB. Tego typu ewaluacja zwiększy efektywność funkcjonowania ROB i wprowadzi jednocześnie dodatkowy mechanizm konkurencyjności. Proponowana metoda, Nieparametryczna Estymacja Efektywności (*DEA, Data Envelopment Analysis*), oparta jest na analizie wielokryterialnej zastosowanej do zarządzania produktywnością i jest bogato udokumentowana w światowej literaturze naukowej i specjalistycznej (por. np. [2], [3], [4]). Metoda ta została skutecznie zastosowana przy ocenie instytucji sektora B+R.

Zarys metody wygląda następująco. Każde ROB (nazywane od tej pory jednostką produkcyjną), bez znaczenia, czy wytwarza produkty czy też wykonuje usługi, wymaga do swego funkcjonowania nakładu określonego rodzaju (materiały, zasoby ludzkie, kapitał finansowy). Posiadając go, jednostka produkcyjna jest w stanie wytwarzać produkt końcowy. Wszystkie nakłady oraz produkty końcowe są mierzalne w skali jakościowej lub ilościowej. Metoda opiera się o prostą regułę dominacji (*simple dominance principle*), mówiącą że:

- jednostka produkcyjna jest zdominowana, jeśli inna jednostka produkcyjna przy tych samych lub mniejszych nakładach wytwarza więcej dóbr lub jeśli inna jednostka wytwarza więcej lub tyle samych dóbr przy mniejszych nakładach

i stwierdzającą, iż

- jednostka produkcyjna jest niewydajna wtedy, jeśli poprzez połączenie nakładów i wytwarzanych dóbr innych jednostek produkcyjnych możliwe jest stworzenie nowej „jednostki produkcyjnej”, która będzie dominować nad jednostką produkcyjną – w innym przypadku możemy mówić, iż jednostka jest wydajna.

W wypadku stwierdzenia niewydajności jednostki, omawiana metoda zapewnia obiektywne środki oceny stopnia braku efektywności. To z kolei umożliwia znalezienie odpowiedzi na pytanie: jak i jakimi środkami (tj. używając jakich nakładów i w jakiej ilości) racjonalne jest uczynienie jednostki produkcyjnej wydajną. Podstawą metody DEA jest zatem identyfikacja wydajności/niewydajności jednostki produkcyjnej.

Koncepcje dominacji oraz wydajności (optimum Koopmansa-Pareto) są głęboko zakorzenione w teorii podejmowania decyzji oraz szeroko stosowane w obszarze zarządzania produktywnością.

Przesłankami do stosowania metody DEA są następujące czynniki:

- jednostki produkcyjne muszą być porównywalne, tj. muszą funkcjonować w obrębie tego samego typu sektora – jest to założenie w pełni zgodne ze specyfiką funkcjonowania ROB;
- każda jednostka produkcyjna – w celu rzetelnego i sprawiedliwego porównania – opisywana jest tym samym zestawem wkładów i wytwarzanych dóbr.

Zastosowanie tej metody do ewaluacji ROB i – pośrednio – ewaluacji systemu oceny wniosków o dofinansowanie instytucji sektora B+R wymaga wyboru modelu DEA, który:

- rzetelnie opisywałby potencjał ROB w dostarczaniu usług wysokiej jakości,
- rzetelnie opisywałby dopływ do instytucji różnych aktywów,
- rzetelnie mierzyłby jakość i ilość publikacji, dostarczanych usług badawczych i wyników projektów naukowych,
- byłby identyczny dla wszystkich rozpatrywanych ROB,
- byłby kompletny, tj. tworzyłby podstawy badania efektywności we wszystkich istotnych wymiarach funkcjonowania systemu wspierania innowacji w regionach.

By spełnić powyższe warunki, niezbędne jest przygotowanie zbioru analizowanych cech charakterystycznych instytucji B+R, takich jak różne zasoby - finansowe, osobowe lub materialne, będące w dyspozycji ROB. Prawidłowe uszeregowanie wytworzonych dóbr i usług będzie jednym z najtrudniejszych wyzwań.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M. (1994) Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [2]. Das I., Dennis J.E. (1997). A closer look at drawbacks of minimizing weighted sums of objectives for Pareto set generation in multicriteria optimization problems. Structural Optimization, Nr 14, s. 63-69.
- [3]. Ganley J.A., Cubbin J.S. (1992). Public Sector Efficiency Measurement: Applications of Data Envelopment Analysis, Elsevier Science & Technology Publishers, Amsterdam.
- [4]. Seiford L.M. (1996). Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978 - 1995), The Journal of Productivity Analysis, Nr 7, s. 99-137.
- [5]. Sengupta J.K. (1999). Tests of Efficiency in Data Envelopment Analysis, Computers and Operations Research, Nr 17, s. 123-132.
- [6]. Skulimowski A.M.J. (1996). Decision Support Systems Based on Reference Sets, Monografie, Nr 40, AGH Publishers, s. 167.
- [7]. Skulimowski, A.M.J. (2009). Zastosowanie metody zbiorów odniesienia do wspomaganie decyzji i konstrukcji wielokryterialnych rankingów w projektach związanych z realizacją Narodowej Strategii Spójności. Niniejszy Raport, Rozdział 3, s. 43-63.



WYKORZYSTANIE REZULTATÓW BADAWCZYCH FORESIGHTU PRZY WYZNACZANIU PRIORYTETÓW ROZWOJU GOSPODARKI REGIONALNEJ

5

Ewa Okoń-Horodyńska^{1,3}
Andrzej M. J. Skulimowski^{2,3}

¹ Katedra Ekonomii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie;

² Laboratorium Analizy i Wspomagania Decyzji, Katedra Automatyki, Akademia Górniczo - Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, ams@agh.edu.pl

³ Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania, Fundacja „Progress and Business”, Kraków ul. Miechowska 5B, www.pbf.pl, www.foresight.pl, [cndip@pbf.pl](mailto:cn dip@pbf.pl)

Streszczenie. W ostatnich czterech latach w Polsce zrealizowano lub rozpoczęto realizację kilkudziesięciu projektów foresightu technologicznego lub regionalnego finansowanych ze środków Programów Operacyjnych: Wzrost Konkurencyjności Przedsiębiorstw (okres realizacji 2005-2007) oraz Innowacyjna Gospodarka i Kapitał Ludzki (realizacja od roku 2008). Wśród projektów regionalnych większość związanych było bezpośrednio z zagadnieniami zrównoważonego rozwoju regionów. W artykule wskazujemy możliwości wykorzystania wyników tych projektów, zwłaszcza scenariuszy i trendów technologicznych i rynkowych, przez zarządy polskich regionów i inne zainteresowane instytucje w procesach planowania strategicznego, przy planowaniu procedur środków projektów finansowanych z funduszy EDRR.

Słowa kluczowe: foresight regionalny, planowanie strategiczne, dotacje dla projektów regionalnych, analiza SWOTC, Narodowa Strategia Spójności.



**NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI**
dla rozwoju Polski



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



1. Wprowadzenie¹

Ze złożonością procesów rozwoju technologicznego, społecznego, gospodarczego oraz politycznego nierozzerwalnie związana jest zdolność do ich antycypowania. Potrzeba poszukiwania sposobów określania potencjalnych przebiegów przyszłości doprowadziła w latach 60tych XX stulecia do powstania nowej metodyki, wtedy jeszcze sprowadzającej się tylko do dwóch popularnych metod, tj. metody scenariuszy oraz metody delfickiej. Umocnienie tych poszukiwań, idące w kierunku opracowania uniwersalnej metody badania przyszłości, odpornej w jak największym stopniu na nieprzewidywalne zakłócenia, nastąpiło po opublikowaniu katastroficznych Raportów dla Rady Klubu Rzymskiego. W obliczu utraty zaufania do prognozowania opartego przede wszystkim na znanych ówczynie metodach statystycznych (por. Ayres, 2003), znaczenia nabrało sukcesywnie ulepszane elastyczne podejście do badania i tworzenia holistycznej wizji przyszłości, nazywane w literaturze procesem *foresight* (por. np. Barker and Smith, 1995; Grupp and Lindstone, 1999). Proces ten w swych początkach odnosił się tylko do kreowania wizji przyszłości kraju jako całości, nazywany był więc narodowym. Aktualnie jednak znajduje on coraz częściej zastosowanie zarówno na niższym poziomie – regionu, miasta, branży, szczegółowych zjawisk tematycznych, a także na wyższym poziomie w postaci foresightu np. europejskiego, czy nawet globalnego. W wynikach foresightu upatruje się metodycznych podstaw wyznaczania priorytetów rozwoju w przyjętej wizji przyszłości. Coraz szersze zastosowanie metodyki foresight zachęca do prześledzenia, jakie są praktyczne możliwości wykorzystania rezultatów badań foresightowych. W naszym kraju dostępne są obecnie wyniki końcowe lub wstępne kilkudziesięciu projektów foresightu technologicznego, branżowego lub regionalnego finansowanych ze środków Programów Operacyjnych: Wzrost Konkurencyjności Przedsiębiorstw, Poddziałanie 1.4.5 (okres realizacji 2005-2007), Innowacyjna Gospodarka, Poddziałanie 1.1.1 (realizacja od roku 2008) oraz Narodowego Programu Foresight (wyniki ogłoszone w latach 2008-2009) i Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki.

W wynikach foresightu upatruje się metodycznych podstaw wyznaczania priorytetów rozwoju w danej wizji przyszłości. Szerokie zastosowanie metodyki *foresight* zachęca więc do prześledzenia, jakie są praktyczne możliwości wykorzystania rezultatów badań foresightowych. Wiadomo bowiem, że nawet rozpatrywanie priorytetów rozwoju na wskazanych wyżej poziomach musi nieść z sobą odmienne ich postrzeganie w zależności od poziomu analizowanego zjawiska. Podobne zróżnicowanie w postrzeganiu priorytetów rozwoju można dostrzec w ich formułowaniu przez różne grupy społeczne, np. polityków, związki zawodowe, naukowców, przedsiębiorców, itp. Każda bowiem grupa społeczna kieruje się innymi interesami ekonomicznymi, motywami działania, regułami postrzegania świata. Czy da się więc pogodzić zróżnicowanie w podejściu z możliwością wykreowania wspólnej wizji przyszłości na określonym poziomie struktury społeczno-gospodarczej? Oraz, w jakim zakresie metodyka fore-

¹ Artykuł opracowany został w ramach projektu badawczego „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” finansowanego w ramach Poddziałania 1.1.1 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, nr projektu WND-POIG.01.01.01-00-009/09

sight może być (jest) obecna w tworzeniu strategicznej wizji przyszłego rozwoju gospodarki, regionu, przedsiębiorstwa, na jakich czynnikach (technologiach) będzie się opierać, jaki paradygmat rozwoju będzie reprezentować? W istocie największe zainteresowanie budzi paradygmat gospodarki innowacyjnej („nowej gospodarki” „kreatywnej gospodarki”). Tym zagadnieniom poświęcone jest opracowanie.

Dlaczego foresight?

Foresight jest procesem strategicznego myślenia, a nie strategicznego planowania będącego jego następstwem. Ten drugi proces często przebiega zgodnie z zasadami charakterystycznymi dla tzw. roadmappingu (por. Skulimowski, 2009) i może, a nawet powinien, korzystać z wyników badań foresightowych. Foresight powinien być rozumiany jako partycypacyjny, systematyczny sposób docierania do informacji w celu budowania średnio- lub długookresowej wizji rozwojowej, jej wielowymiarowych kierunków i priorytetów na podstawie bieżącego stanu nauki, technologii, gospodarki i świadomości społecznej oraz ich wzajemnych powiązań. Foresight to także stworzenie języka debaty społecznej oraz kultury budowania wizji myślenia o przyszłości w celu koordynacji działań dla rozwoju nowoczesnej gospodarki i dla poprawy jakości życia. Od lat 90tych ubiegłego wieku foresight stał się popularną metodologią budowy polityki Unii Europejskiej, przy czym można wymienić następujące motywy podejmowania badań foresightowych w UE:

- Krytyka oraz odrzucenie wyłącznego stosowania metod prognostycznych do określania przyszłości.
- Rosnąca rola regionów w Unii Europejskiej (podmiotowość polityczna, odbiorca pomocy unijnej, kreator rozwoju społeczno-gospodarczego, łącznik między poziomem narodowym i lokalnym).
- Coraz większy zakres kompetencyjny regionów (w Polsce po reformie administracyjnej państwa w roku 1998).
- Związana z tym potrzeba stosowania właściwych narzędzi zarządzania oraz wyboru optymalnych kierunków budowania strategii rozwoju regionu (UE, kraju, branży, przedsiębiorstwa).

Świadomość potencjalnych korzyści związanych z wdrażaniem rezultatów badań foresightowych była do niedawna w naszym kraju niewystarczająca. Słabe również było rozpowszechnienie informacji o metodyce i badaniach foresight, zarówno teoretycznych, jak i aplikacyjnych. W dalszym ciągu:

- brak satysfakcjonującego upowszechnienia wiedzy o istocie i metodyce procesu, nawet wśród zespołów realizujących projekty foresightowe,
- brak wiedzy o sposobach i możliwościach wykorzystania rezultatów badań foresightowych,
- brak wystarczającej literatury w języku polskim (choć w ostatnim czasie ukazało się kilka publikacji naukowych (por. np. Borodako, 2008),
- brak świadomości konieczności organizacji foresightu przed rozpoczęciem budowy strategii (narodowych, regionalnych, branżowych, korporacyjnych itp.),

- niewiele jest doświadczeń w zakresie wdrożeń wyników foresightu regionalnego i technologicznego,
- brak zaleceń co do właściwej organizacji procesu w polskich regionach.

2. Ewolucja metodyki foresight

Foresight jest procesem, nie zaś zestawem różnych technik, angażuje w swe procedury wielu aktorów społecznych. Oparty jest też na przeświadczeniu, że w istocie nie ma jednej prognozy przyszłości, ale jest ich wiele i są różne. Dlatego metodyka i organizacja *foresight* oparte są na założeniach, że przyszłość nie składa się jedynie z jednej ścieżki, lecz z wielu opcjonalnych wariantów, a przyszłość nie jest zadana, ale będzie dopiero tworzona, zaś dokonywane wybory będą kształtować przyszłość.

W rozważaniach nad ewolucją metodyki foresight wyróżnia się trzy generacje:

1. Pierwsza generacja skupiała się na prognozowaniu technologii przez ekspertów, dotyczyła zagadnień nauki i techniki,
2. Druga generacja dołączyła do obszaru zainteresowań przemysł oraz rynek, uwzględniała również sektor usług i przemysłu w gospodarce,
3. Trzecia generacja wzbogaciła foresight o perspektywę społeczną i kwestie związane z rozwiązywaniem problemów społeczno-gospodarczych.

Formułowane cele przeprowadzenia badań foresightowych skupiały się wokół takich zagadnień, jak m.in.:

- Eksplorowanie przyszłych możliwości w celu ustalenia priorytetów inwestycji w działaniach naukowych, innowacyjnych, infrastrukturalnych, społecznych.
- Reorientacja systemu nauki, innowacji, wspierania subregionów. W takich przypadkach uprzednio postawiono diagnozę, że istniejący system nie odpowiada potrzebom. Foresight jest wówczas wykorzystywany jako narzędzie ustalania priorytetów, jak również do eksploracji nowych struktur instytucjonalnych.
- Demonstracja vitalności systemu nauki oraz innowacji. Foresight pozwala ocenić zdolności nauki i przemysłu do realizacji celów rozwoju na różnym poziomie organizacyjno-administracyjnym.
- Wprowadzanie nowych uczestników debaty strategicznej. Foresight jest w tym wypadku instrumentem poszerzenia grona uczestników zaangażowanych w politykę kraju, regionu.
- Budowanie nowych sieci oraz powiązań między polami, sektorami i rynkami lub wokół danych problemów.

Zaczątki foresightu technologicznego z lat 70tych XX wieku (pierwsza generacja) prowadzonego w niewielkiej skali w latach 80tych i 90tych przekształciły się w narodowe i regionalne programy foresight, kierowane i kontrolowane przez państwo, bądź instytucje go reprezentujące. Intensyfikacji ulegał sektor B+R w dominujących go-

spodarkach, zaktywizowano międzynarodową wymianę naukową, globalizacja technologii i kumulowanie doświadczeń doprowadziły do stworzenia globalnego zasobu wiedzy, umożliwiającego wykreowanie wielu innowacji technologicznych we własnym kraju, ciągnąc cały układ gospodarczy „w górę”.

Z opinii i doświadczeń badaczy foresightowych wynika, że foresight zawdzięcza swoje znaczenie doświadczeniom pionierskich badań prowadzonych w tym zakresie w Japonii, gdyż cały świat lat 80tych i 90tych XX w. był skierowany na sukcesy gospodarki japońskiej, dyskutując źródła przyspieszenia w rozwoju tego fascynującego kraju. Niewątpliwie, jednym z czynników sukcesu gospodarczego Japonii było naukowe wyjaśnienie i implementacja procesu foresight w sposób programowy i powszechny². Od 1971, mniej więcej w okresach pięcioletnich, władze Japonii realizowały narodowy program foresight, wydłużając tym samym o kolejne pięć lat wizję przyszłości, wprowadzając też instrumentarium wykonawcze. Celem tych działań było uzasadnienie i weryfikowanie decyzji związanych z narodową polityką technologiczną³ na podstawie identyfikacji kierunków strategicznych badań i wyselekcjonowanych kluczowych technologii zapewniających największe korzyści ekonomiczne i społeczne w danym okresie. Programy te były solidnie umocowane instytucjonalnie i politycznie, należały zatem do trzeciej generacji foresightu. Organizacją odpowiedzialną za przeprowadzenie badań był NISTEP – National Institute of Science and Technology Policy (centrum badawcze zależne od Państwowej Agencji ds. Nauki i Technologii). Obecnie badania w zakresie foresightu prowadzone są w Japonii w sposób ciągły, m.in. przez JAIST - Japan Advanced Institute of Science and Technology.

Doświadczenie Japonii w realizacji programów foresight i osiągnięte dzięki temu sukcesy wywołały niejako *boom* foresightowy w innych krajach oraz modyfikację badań dla celów regionalnych, lokalnych⁴. W latach dziewięćdziesiątych badania foresightowe zostały przeprowadzone m.in. w USA, Japonii, Australii, Francji, Włoszech, Niemczech. W większości przypadków kluczową metodą była metoda delficka. W Niemczech Federalne Ministerstwo ds. Badań i Technologii (BMFT – Bundesministerium für Forschung und Technologie) zdecydowało wdrożyć piąte japońskie badania delfickie z rocznym opóźnieniem⁵ jako wzorcowe, potwierdzając tym samym rangę i znaczenie japońskiego programu w gospodarce kraju wysoko-rozwinętego.

Wielość możliwych kierunków ewolucji przyszłości wynika – po pierwsze - ze zmian o charakterze stochastycznym otoczenia społeczno-gospodarczego, badawczo-technologicznego i wreszcie – fizycznego, zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej. Po

² Smith R., Developing foresight: an interview with Sir Dai Rees, British Medical Journal London 1994, vol. 309, s. 324-326, s. 324, (D. Rees był członkiem Komitetu Sterującego Narodowego Programu Foresightu w Wielkiej Brytanii)

³ Wg J. Anderson, Technology Foresight for Competitive Advantage, Long Range Planning, 1997, vol. 30, nr 5, s. 665-677, proces foresightu rozpoczął się w latach 70. w okresach pięcioletnich.

⁴ Major E., Asch D., Cordey-Hayes M., Foresight as a core competence, Futures 33, 2001, s. 91-107,

⁵ Ronde P., Technological clusters with a knowledge-based principle: evidence from a Delphi investigation in the French case of the life science. Research Policy, vol. 30, 2001, s. 1041-1057,

drugie – przyszłe procesy zależą od decyzji podejmowanych przez kierowników jednostek gospodarczych, polityków, konsumentów i wszelkich innych uczestników procesów społeczno-gospodarczych. Nie zawsze są to dające się przewidzieć decyzje racjonalne, co więcej, istotne zmiany procesów w gospodarce dają się przypisać działaniom o niskim stopniu racjonalności, tak jak niedawny globalny kryzys finansowy 2008-2010.

Efektom umiejętności detekcji i właściwej interpretacji symptomów tych zmian jest zapewnienie konkurencyjności przedsiębiorstw i gospodarki oraz zdolności adaptacyjnej społeczeństwa w niepewnym i ryzykownym otoczeniu, jakim jest globalna gospodarka.

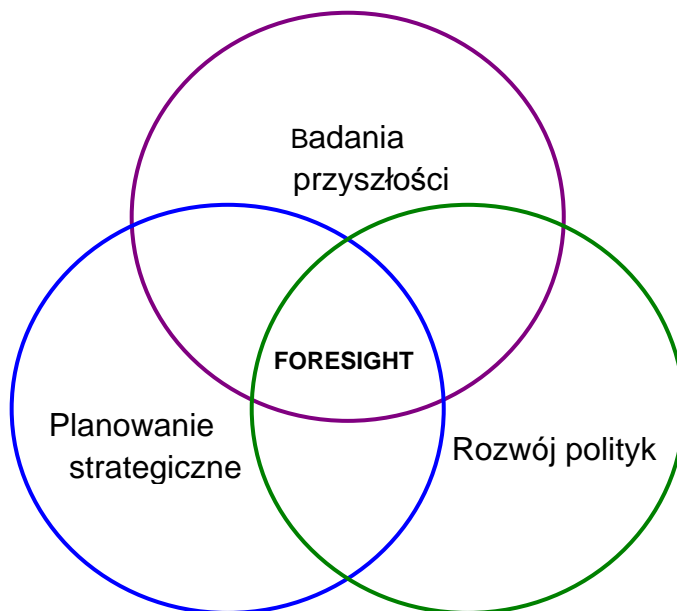
W związku z powyższym badania foresightowe nie mogą stanowić akcji jednorazowej, powinny być wpisane w strategię rozwojową danego kraju, regionu, korporacji, a ich wyniki winne być bazą dla tworzenia kolejnych strategii budowanych wg wizji społecznie akceptowanego wariantu przyszłości. Proces taki stanowi jedną z możliwości opisanego mechanizmu globalizacji.

Doświadczenia wynikające z badań foresightowych wykazały konieczność zacieśnienia współdziałania nauki, gospodarki, samorządów i państwa w celu podwyższenia innowacyjności i konkurencyjności gospodarek, która to teza stała się podstawą tzw. programów ramowych UE. Na podstawie informacji płynących z implementacji wyników procesu foresight na poziomie narodowym można wnioskować, iż wywołał on nowe zjawiska:

- Konieczność zwiększenia zdolności jego wdrażania na niższych poziomach, regionalnych, lokalnych a nawet w przedsiębiorstwach. Multidyscyplinarny charakter badań foresightowych lepiej sprawdza się w regionach, bowiem szybkość i elastyczność działania na poziomie regionalnym czy lokalnym zwiększa skuteczność mechanizmów wdrażania wyników foresightu a tym samym lepsze wykorzystanie potencjału rozwojowego w danym obszarze.
- Dzięki badaniom foresightowym wykształca się zasób wysokiej jakości specjalistów gromadzących wiedzę i doświadczenia niezbędne do wypracowywania racjonalnych scenariuszy wizji rozwojowych w różnych uwarunkowaniach ekonomiczno- społecznych i politycznych.
- Dzięki badaniom foresightowym wykształca się i upowszechnia niezwykle istotna forma aktywności w procesie globalizacji, mianowicie partycypacja – demokratyzacja w miejscu działania. Oznacza ona szerokie zaangażowanie aktorów społecznych, wzajemne uczenie się i na podstawie rzetelnej argumentacji merytorycznej uzyskiwanie akceptacji społecznej dla wyznaczonych kierunków rozwoju kraju, regionu, gminy, przedsiębiorstwa. Foresight sprzyja więc unijnym tendencjom do regionalizacji, przekazywania coraz większych uprawnień i odpowiedzialności na niższe poziomy gospodarki i społeczeństwa, co pozwala też na wprowadzanie skutecznych metod zarządzania z zachowaniem podstawowej zasady rozwoju zrównoważonego.
- Foresight doskonale spina reakcje trzech silnych tendencji ostatniej dekady mieszczące się w takich obszarach, jak: planowanie strategiczne, rozwój te-

matycznych polityk (np. innowacyjna, technologiczna, naukowa, regionalna) oraz rozwój nauk o przyszłości (*futures studies*)⁶(Rys.5.1.).

Wśród wskazanych trzech tendencji najwięcej kontrowersji budzą badania przyszłości i metody tu stosowane, a w związku z tym i *foresight*. Badania przyszłości w opinii W. Bell'a⁷ to nowe pole badań, (choć ich początków poszukiwał autor już w szesnastym wieku) w którym stosuje się systematyczne i racjonalne myślenie o różnych, alternatywnych wizjach przyszłości.



Rys. 5.1. Zbieżność trzech trendów prowadząca do powstania i rozwoju foresightu.

Źródło: *A Practical Guide to Regional Foresight, FOREN, Foresight for Regional Development Network, European Communities 2001, s. 5*

3. Foresight w zarządzaniu strategicznym

W procesie zarządzania można wyróżnić cztery kluczowe funkcje, tj.: planowanie i podejmowanie decyzji, organizacja, przywództwo oraz kontrola. Zarządzanie strategiczne występuje zaś wtedy, gdy organizacja realizując proces zarządzania stawia sobie określone cele i dąży do ich realizacji poprzez określenie kierunków rozwoju. Zarządzanie strategiczne oznacza zatem kompleksowy i ciągły proces formułowania i realizacji skutecznych strategii sprzyjających co najmniej utrzymaniu poziomu równowagi między organizacją i jej otoczeniem oraz osiągnięciu celów strategicznych. Strategia będąc kluczowym instrumentem zarządzania jest w bardzo różny sposób definiowana, jednak patrząc z punktu widzenia łączności z foresightem strategię na-

⁶ A Practical Guide to Regional Foresight, FOREN, Foresight for Regional Development Network, European Communities 2001, s. 5

⁷ Bell W., Mau J.A., (Red.), The Sociology of the Future, New York, Harper & Row, 1972, s. 21.

leży traktować jako określenie głównych, długofalowych celów firmy i przyjęcie takich kierunków działania oraz taka alokacja zasobów, które są konieczne dla zrealizowania celów.

Planowanie w zarządzaniu strategicznym, jako zestaw działań zorientowanych na przyszłość organizacji poprzez określanie celów i form ich realizacji maksymalizujących przyszłe korzyści, jest procesem najbardziej zbliżonym do foresightu. Różnica związana jest przede wszystkim z podejściem do określenia przyszłych działań: w przypadku foresightu znaczenie posiada nie tylko końcowy efekt procesu, ale także sama jego realizacja, gdy tymczasem w planowaniu strategicznym dominujące jest wskazanie celu i wybór wariantów przeznaczonych do realizacji. Zatem zarówno foresight, jak i planowanie strategiczne dotyczą przyszłości i nie pokrywają się, lecz uzupełniają.

Proces realizacyjny w zarządzaniu strategicznym rozbudowany jest do cyklu sześciofazowego⁸:

1. określenie kierunków działalności organizacji (misja, wizja, cele strategiczne),
2. analiza otoczenia organizacji (szanse i zagrożenia),
3. badanie potencjału organizacji (silne i słabe strony),
4. konfrontacja szans i zagrożeń względem silnych i słabych stron organizacji (generowanie możliwych wariantów strategii),
5. badanie zgodności między tymi wyborami a strukturami i dysponowanymi zasobami (przekształcenia struktur i planów),
6. zastosowanie strategii i kontrola działań korygujących (opracowanie i nadzór planu strategicznego).

W procesie zarządzania strategicznego można wyróżnić system celów strategicznych obejmujący określenie misji działalności, rozszerzenie misji w formę tzw. wizji strategicznej, określenie celów kierunkowych, wskazanie celów funkcjonalnych oraz przyjęcie mierników do zbadania realizacji przyjętych celów organizacji. Misję można określić jako pożądaną, jasną i przekonującą obraz przyszłości organizacji⁹. Celem misji jest określenie, w jakim kierunku ma podążać organizacja. Wizja natomiast stanowi przedstawienie organizacji w długiej perspektywie czasowej (Borodako, 2008).

Organizacja funkcjonująca w pewnym otoczeniu stanowi jednocześnie jego element składowy. Z tego powodu procesy podejmowania decyzji strategicznych muszą brać pod uwagę warunki oraz kierunki zmian w otaczającym środowisku. Decyzje organizacji o charakterze strategicznym implikują poważne skutki o obustronnym charakterze (pozytywnym i negatywnym) dla otoczenia. W regionach, gdzie występują trudne do rozwiązania problemy restrukturyzacji górnictwa czy bezrobocia na tzw. terenach

⁸ por. Adamczyk J., *Koncepcja zrównoważonego rozwoju w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2001, s. 112.

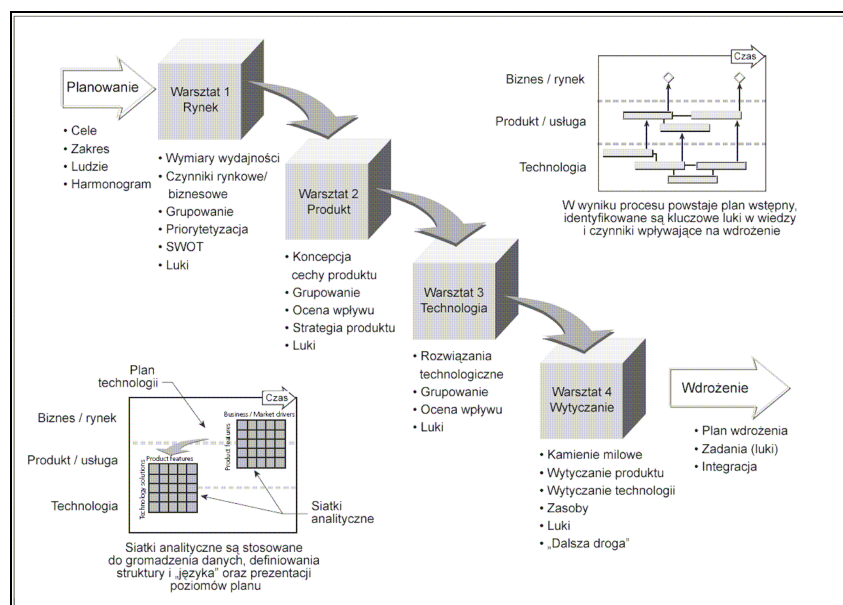
⁹ Op.cit.

postępowości, w procesach podejmowania decyzji strategicznych muszą być brać pod uwagę implikowane warunki oraz kierunki zmian w otaczającym środowisku, a ujawnienie i poddanie pod konsultacje pewnych obszarów decyzji strategicznych stanowi dodatkowy warunek akceptacji i skutecznego wykonania strategii.

W procesach planowania i zarządzania strategicznego można posłużyć się wynikami badań foresightowych przy przygotowywaniu planu rozwoju innowacyjności, technologii i działań z tym związanych w regionie. Ciekawym przykładem może być tzw. T-plan, opracowywany w celu ułatwienia szybkiej inicjacji procesu tworzenia planów technologii (**opartych na priorytetach**) w przedsiębiorstwie, a cały proces obejmuje dwie główne części:

- podejście standardowe, wspomagające proces planowania produktu (Phaal et al, 2000),
- podejście dostosowane, które obejmuje wskazówki dotyczące szerszego zastosowania tej metody, integrujące do konkretnego zastosowania wiele technik z podejścia standardowego.

Proces standardowy (zintegrowane planowanie produktowo-technologiczne) według metodologii T-plan obejmuje cztery moderowane warsztaty, przy czym pierwsze trzy warsztaty dotyczą trzech kluczowych warstw planu (rynek/ przedsiębiorstwo, produkt/ usługa, technologia), czwarte warsztaty stanowią natomiast podsumowanie warstw i porządkują je względem czasu. W rezultacie otrzymujemy wykres ujęty na Rys. 5. 2. Istotne są także równoległe działania zarządcze, np. planowanie i prowadzenie warsztatów, koordynacja i wdrożenia opracowanych planów. W celu identyfikacji i oceny związków pomiędzy różnymi warstwami i warstwami pośrednimi planu zastosowano proste powiązane siatki analizy. Rysunek przedstawia schemat ze studium przypadku w ramach programu *Foresight Vehicle* (Phaal, 2002).



Rys. 5.2. T-plan: etapy procesu standardowego z uwzględnieniem powiązanych siatek analizy

Źródło: Phaál R., 2002.

4. Poziomy badań foresightowych

Proces foresightu z uwagi na swoją elastyczność jest stosowany w różnych okolicznościach oraz w różnych celach. I tak, dla przykładu na różnych poziomach gospodarczych i administracyjnych, celami tymi mogą być¹⁰:

- umocnienie podejścia zorientowanego na przyszłość w jednostkach zarządu terytorialnego,
- identyfikacja obszarów badań z potencjałem do wzrostu i odnowienia,
- kompilacja informacji oraz zaprojektowanie procesów identyfikujących obszary o wysokich priorytetach, w których dany kraj, region, przedsiębiorstwo powinni tworzyć ekspertyzy, koncentrować siły i środki,
- ułatwienie komunikacji między grupami interesów,
- podniesienie podstawowej wiedzy u decydentów oraz kluczowych osób,
- wsparcie pożądanego rozwoju technologicznego poprzez odpowiednie strategie, decyzje oraz działania,
- podwyższenie gotowości do zmian, jakie mogą zajść w przyszłości,
- zapewnienie konkurencyjności w przyszłości,
- zróżnicowanie przedsiębiorstwa (kraju, regionu) w przyszłej konkurencji,
- identyfikacja nowych technologii oraz obszarów wiedzy,
- przeciwdziałanie zlekceważeniu lub przeoczeniu nowych trendów lub „słabych sygnałów”,
- stworzenie nowych branż, dziedzin gospodarki lub nowej wiedzy technologicznej,
- antycypacja zmian o charakterze światowym,
- identyfikacja przez firmy zagrożeń oraz konkurencji.

Proces foresightu prowadzony może być na poziomach:

- ponadnarodowym (np. europejskim, OECD),
- narodowym,
- regionalnym,
- lokalnym,
- branżowym,
- przedsiębiorstwa (tzw. *corporate foresight*).

¹⁰ Summary Report, op.cit.

Foresight międzynarodowy obejmuje projekty zrzeszające co najmniej kilka regionów lub krajów. Łączą one przedstawicieli różnych krajów koncentrując się na propagowaniu efektywnych i bardziej adekwatnych regionalnych strategii rozwoju badań i technologii, poprzez ulepszenie procesów strategicznych w regionach partnerskich. W długim okresie powinno to doprowadzić do zwiększenia inwestycji na badania oraz rozwój poprzez większą orientację na potrzeby publicznych polityk rozwoju badań, technologii i inwestycji. Takie podejście stosuje się głównie w UE, dlatego wyodrębnia się foresight europejski. Przykładami realizacji foresightu prowadzonego przy współpracy lub z inicjatywy Unii Europejskiej mogą być m.in. projekty: „*The Foresight Laboratory of Europe*” zrzeszający przedstawicieli Niemiec (inno AG i Kultusministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern), Włoch (ASTER Scienza Tecnologia Impresa - S. cons. p.a.), Szwecji (DahménInstitute i Region Skåningne) i Polski (Fundacja Forum GRYF) (por. Sprawozdanie z realizacji projektu The Foresight Laboratory of Europe)¹¹. Celem podstawowym tego rodzaju badań jest wypracowanie instrumentów wyrównywania poziomu rozwoju nauki i technologii, a poprzez ich implementację w gospodarce wyrównywanie poziomu konkurencyjności krajów partnerskich w skali międzynarodowej. Jest to więc typowe działanie na rzecz łagodzenia nierówności w krajach i regionach partnerskich. Metodyka foresightu pomaga także w tworzeniu i utrzymywaniu foresightu społecznego w skali międzynarodowej. Czyni to za pomocą:

- asystowania przy wzroście i rozwoju nauk dotyczących przyszłości, foresight stosowany, organizacyjny i nowe metodologie rozwoju społecznego,
- komunikowania i szerokiej współpracy zwłaszcza z członkami World Future Studies Federation dotyczących przyszłości,
- rozwoju i rozpowszechniania różnych zasobów, produktów i usług wysokiej jakości.

Zaangażowany w ten proces Instytut Integralny założony przez Kennetha Earla Wilbera w Denver kontynuuje rozwój metodyki foresight i stosuje opracowane tam metody integralne w wielu dziedzinach, takich jak: biznes, rząd, edukacja i tzw. trzeci sektor. Bardziej specyficzne dziedziny wymagają profesjonalnego rozwoju.

Foresight narodowy – obejmuje narodowe projekty foresightowe, czyli inicjatywy zrzeszające specjalistów i organizacje o różnym profilu, posiadających kompetencje w wyznaczaniu kierunków zrównoważonego rozwoju danej gospodarki, w celu określenia wspólnej wizji przyszłych osiągnięć ekonomicznych, społecznych i politycznych w skali ogólnonarodowej. Wyniki foresightu narodowego powinny stanowić inspirację i ramy dla projektów regionalnych i lokalnych. Zaleca się, by w projekcie uczestniczyli odpowiedzialni urzędnicy administracji szczebla centralnego, lokalnego i naukowego oraz przedsiębiorcy i ich reprezentanci instytucjonalni różnych gałęzi gospodarki. Ich uczestnictwo zapewni pożądane efekty wysokiej jakości, jak również zapewnienie implementacji wyników foresightu.

¹¹Raporty: <http://www.forumgryf.pl/1.php?sr=!czytaj&id=374&m=&dz=aktualnosci&x=0&pocz=0&gr=>

Foresight regionalny polega na budowaniu wizji rozwoju w ograniczonej terytorialnie przestrzeni. Foresight może być wykorzystany w wielu różnorodnych obszarach rozwoju danego regionu: naukowym, przemysłowym, demograficznym, społecznym, politycznym i kulturalnym. Największym atutem foresightu regionalnego jest duża, zarówno praktyczna, jak i teoretyczna wiedza uczestników projektu o sytuacji w regionie, jego potencjale, konfliktach, barierach ekonomicznych czy instytucjonalnych. Skala tej wiedzy rośnie w przestrzeni lokalnej (miasta, gminy). W regionach łatwiejsze są do rozpoznania determinanty zachowań ludzkich i osiąganie consensusu. Oczywiście, foresight regionalny nie może być konstruowany całkowicie w oderwaniu od projektów narodowych. Czynniki makroekonomiczne stanowią bowiem otoczenie dla regionów. Najważniejsze korzyści płynące z realizacji projektów foresightu regionalnego i lokalnego to:¹²

- tworzenie warunków dla zrównoważonego rozwoju,
- budowa regionalnych sieci powiązań mających na celu rozwój interakcji pomiędzy głównymi aktorami społeczno-ekonomicznymi,
- promowanie konkurencyjności regionu,
- identyfikacja priorytetowych celów inwestycyjnych, akceptowanych społecznie,
- określenie wyzwań i szans regionu dostarczając tym samym konkretnej wiedzy na potrzeby decyzyjne w sferze polityki.

Foresight branżowy, coraz bardziej popularny, stanowi klucz do rozwoju danego rodzaju biznesu. Obejmuje projekty ukierunkowane na stworzenie systematycznej wizji rozwoju danego sektora, mając na celu wyznaczenie kluczowych czynników, które w przyszłości mają szansę odegrać istotną rolę w rozwoju wybranej branży. Innym powodem tworzenia tego typu projektów może być potrzeba restrukturyzacji branż, które ze względu na rodzaj stosowanych technologii są zagrożone przez możliwość niedostosowania do przyszłych norm polityki środowiskowej UE. Przykładem tego rodzaju projektów może być polski sektor chemii nieorganicznej i projekt „Odpady nieorganiczne przemysłu chemicznego – foresight technologiczny” (www.inorganicwaste.eu), czy też projekt „Scenariusze i trendy rozwojowe wybranych technologii społeczeństwa informacyjnego do roku 2025” (www.it.foresight.pl), realizowane ostatnio w Polsce. Projekty tego rodzaju wskazują na zagrożenia rozwojowe wynikające z niedostosowania technologii i struktury organizacyjnej do przyszłych norm *acquis communautaire* i konkurencji światowej. Wyniki takich projektów dostarczają niezbędnych informacji do budowania strategii dalszego rozwoju pozwalającej na wdrożenie mechanizmów dostosowawczych i zachowanie lub odzyskanie konkurencyjności. Zaniechanie podjęcia tego wyzwania oznacza obniżanie się pozycji danej branży na rynku światowym lub krajowym.

¹² Na podstawie raportów: <http://www.pi.gov.pl/default.aspx?docId=2422>

Foresight przedsiębiorstw (korporacyjny).¹³

Upowszechnienie badań foresightowych wkroczyło także do przedsiębiorstw, rozwinięto się podejście foresightu korporacyjnego (*corporate foresight*), określanego często jako FK. Jest on najmniej znany spośród foresightów opisanych w literaturze. FK polega na systematycznym, partycypacyjnym budowaniu wizji przedsiębiorstwa oraz określeniu kluczowych czynników istotnych w długofalowej strategii jego rozwoju. FK to również proces komunikacyjny, który wytycza strategiczne kierunki działania przedsiębiorstwa oraz określa wyzwania przyszłości w zakresie innowacji. Jego realizacja wymaga od przedsiębiorstwa systematycznego gromadzenia danych z przeprowadzanych badań prognostycznych i wzajemnej współpracy zaangażowanych jednostek i podmiotów w przedsiębiorstwie. W wyniku tych działań powstaje obraz przyszłości przedsiębiorstwa i jego otoczenia, składający się z obszernej ilości informacji na temat gospodarki, technologii, rynków, klientów i społeczeństwa, który pozwala przygotować przedsiębiorstwu strategiczne decyzje i zapewnia długofalową przewagę konkurencyjną. Oczywiście, przedsiębiorstwo w określaniu przyszłego rozwoju ma do dyspozycji szerokie spektrum teorii mieszczącej się w zakresie zarządzania strategicznego. Niemniej, dotyczące go niepowodzenia, szczególnie w sytuacjach kryzysowych wymagają ciągłego poszukiwania i tworzenia relatywnie bezpieczniejszych koncepcji przyszłego rozwoju. Dlatego kwestia odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób przedsiębiorstwo kształtuje swoją przyszłość? – pozostaje wciąż otwarta na nowe rozwiązania. Przedsiębiorstwa powinny interesować się nowymi obszarami tematycznymi, możliwościami, spekulacjami, innowacyjnymi pomysłami i wizjami, które pozwalają rozwijać w przedsiębiorstwie przestrzeń postrzegania i myślenia o przyszłości. Foresight korporacyjny z całą pewnością wymaga rozbudzenia kreatywności w przedsiębiorstwie.

FK stanowi zbiór wielu elementów, których integracja umożliwia przedsiębiorstwu osiągnięcie takich celów, jak¹⁴ :

- Identyfikacja istotnych trendów w otoczeniu. Sprzyja ona redukcji stopnia ryzyka i niepewności w wykonywanych przedsięwzięciach oraz umożliwia eliminację tych obrazów przyszłości, które są niewłaściwe dla przedsiębiorstwa. W ramach tychże badań są przeprowadzane działania poznawcze w celu oceny rozwoju otoczenia z różnych punktów widzenia niż dotychczas funkcjonujące w danym przedsiębiorstwie,
- Wyznaczenie nieznanych dotąd koncepcji rozwoju przedsiębiorstwa i jego możliwości technologicznych, które mogą jednocześnie wpływać na rozwój społeczny i gospodarczy,
- Skierowanie uwagi przedsiębiorstwa na przyszłe wyzwania i uświadomienie, jakie problemy powinny być obecnie badane,

¹³ Iwona Badecka, Jan Skonieczny, Corporate Foresight jako narzędzie badania przyszłości przedsiębiorstwa
http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2009/005_Badecka_Skonieczny.pdf

¹⁴ Dießl K., Der Corporate-Foresight-Prozess, VDM, Saarbrücken 2006. Cyt. Za: I. Badecka, J. Skonieczny, op.cit.

- Przygotowanie decyzji strategicznych, które wykorzystuje się przy inicjacji konkretnych projektów.

Oczywiście, nie może istnieć jeden proces badawczy typu foresight korporacyjny, bowiem każde przedsiębiorstwo charakteryzuje się indywidualnymi cechami, zależnymi od warunków, przedmiotu działania, a przede wszystkim od zaangażowanych w nim ludzi. Każdy FK jest więc indywidualnym badaniem podporządkowanym wymaganiom danego przedsiębiorstwa.

Oprócz wskazanych wyżej poziomów badań foresightowych, jego rodzaje wynikają z wielu specyficznych kryteriów umożliwiających bogatą selekcję podejść do badań foresightowych. Prezentuje ją Rys. 5.3.

Klasyfikacja foresightu			
Kryterium organizacji prowadzącej <ul style="list-style-type: none"> - rządowy, - niezależnego organu doradczego, - agencji finansującej, - departamentów organów państwowych, - stowarzyszeń przemysłowych, - firm badawczych. 	Kryterium podmiotowe <ul style="list-style-type: none"> - terytorialny, - korporacyjny, - młodzieżowy, 	Kryterium przedmiotowe <ul style="list-style-type: none"> - technologiczny, - społeczny, - dynamiki przedsiębiorczości, - wizji terytorialnych. 	Kryterium terytorialne <ul style="list-style-type: none"> - narodowy, - sub-narodowy, - regionalny, - metropolitalny, - miejski, - lokalny.
Kryterium funkcji <ul style="list-style-type: none"> - jako załączenia dla polityki rozwoju, - jako wyznaczenie priorytetów, - jako budowa konsensusu, - jako komunikacja i edukacja. 	Kryterium zakresu <ul style="list-style-type: none"> - holistyczny, - na poziomie mikro, - na poziomie mezo, - na poziomie makro. 	Kryterium horyzontu czasu <ul style="list-style-type: none"> - krótkoterminowy, - średnioterminowy, - długoterminowy. 	Kryterium postrzegania foresightu <ul style="list-style-type: none"> - jako proces, - jako produkt, - jako potencjał,
Kryterium metodyczne <ul style="list-style-type: none"> - oparty na metodach ilościowych, - oparty na metodach jakościowych, - oparty na metodach eksploracyjnych, - oparty na metodach normatywnych. 	Kryterium tendencji wewnętrznych <ul style="list-style-type: none"> - kierowany przez naukę, - determinowany przez popyt. 	Kryterium udziału stron trzecich <ul style="list-style-type: none"> - o charakterze zamkniętym, - o charakterze otwartym. 	Kryterium podejścia <ul style="list-style-type: none"> - top-down, - bottom-up.

Rys. 5.3. Klasyfikacja foresightu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: FOREN, 2001; Borodako, 2008



5. Metody badań foresightowych

Metody foresightu dzieli się na heurystyczne oraz na ilościowe, eksperckie i jakościowe. Poniżej przedstawiamy kilka najbardziej charakterystycznych metod foresightu technologicznego.

Metody heurystyczne, określane jako metody twórczego rozwiązywania problemów. Są one stosowane między innymi w procesie podejmowania decyzji oraz prognozowaniu¹⁵. W istocie chodzi tu o metody oparte na wydobywaniu eksperckiej wiedzy w celu rozwoju długoterminowych strategii. W foresighcie są one przydatne dlatego, gdyż wykazują, że nie zawsze w wyniku badania przeszłości możemy przewidzieć przyszłość. Prognozowanie heurystyczne to przewidywanie nowych obrazów rzeczywistości niekoniecznie dających się opisać za pomocą analizy przeszłości. Określa się to prognozowanie również jako **intuicyjne**, gdyż opiera się ono na wyobraźni i zdrowym rozsądku. Można je wiązać nie tylko z interdyscyplinarną wiedzą czy umiejętnościami praktycznymi łączącymi się z twórczym rozwiązaniem zadań, ale też z metodą myślenia różną od algorytmu. Co prawda, zaletą algorytmów jest ich ścisłość i niezależność od subiektywnych sądów czy cech stosującego je człowieka, jednak wielu ważnych zadań nie da się za ich pomocą rozwiązać ze względu na niewielkie możliwości opracowania skutecznych algorytmów. Istotą metod heurystycznych jest dochodzenie do nowych rozwiązań przez formułowanie hipotez wynikających z opinii ekspertów opartych na intuicji i doświadczeniu. Zatem niezmiernie ważnym elementem badania jest właściwy dobór ekspertów ze względu na ich osobowość, wiedzę, szerokie horyzonty myślenia itp.

Do grupy **metod heurystycznych** (zwanych też jakościowymi) należą m. in.: burza mózgów oraz metoda delficka. **Metoda delficka** jest najczęściej stosowaną metodą badań typu foresight (Linstone and Turoff, 1975; Grupp and Linstone, 1999), polegająca na przeprowadzeniu kilkukrotnego ankietowania grupy ekspertów, którzy nie mogą się ze sobą w tej sprawie konsultować. Eksperti powinni posiadać dużą wiedzę merytoryczną i doświadczenie w tematyce będącej przedmiotem ankiet, ale jednocześnie także szeroki ogłód i doświadczenia w zakresie oddziaływania badanej dziedziny na szeroko rozumiane otoczenie. Każdy z nich merytorycznie uzasadnia przedstawione wyniki. Po zebraniu wyników i przeprowadzeniu ich analizy, prowadzący projekt przygotowuje kolejną wersję ankiety – zawężającą i uściślającą obszar działania, po czym rozsyła ją ponownie do tych samych ekspertów. Z doświadczenia prowadzonych badań wynika, iż cykl ten jest powtarzany kilkakrotnie, aż do wypracowania pewnego konsensusu pomiędzy ekspertami. Metoda delficka polega zwykle na badaniu opinii ekspertów dotyczących prawdopodobieństwa lub czasu zajścia przyszłych zdarzeń. Wyniki otrzymane w metodzie delfickiej mogą służyć do dalszych badań heurystycznych w celu zbudowania macierzy wpływów bezpośrednich określanych na podstawie wiedzy eksperckiej, krzyżowej analizy wpływów, budowy scenariuszy. Wyniki analiz delfickich są często materiałem wstępnym do **badań**

¹⁵ Choć głównie proponowane są jako metody prognozowania, zob. Cieślak M. [Red.], Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania, PWN, Warszawa 2005.

panelowych, które są rozwinięciem tej analizy w fazie dyskusji tzw. „paneli eksperckich”.

Burza mózgów (*brainstorming*) traktowana jest jako pomocnicza wobec metody delickiej. Burza mózgów polega na stymulowaniu jak największej ilości pomysłów mających na celu rozwiązanie zadania prognostycznego, przy czym faza tworzenia oddzielona jest od fazy oceny pomysłów. Takie podejście pobudza do tworzenia idei oraz pomysłów niekonwencjonalnych i nowatorskich. Uczestnicy burzy mózgów mogą łączyć i doskonalić pomysły innych uczestników. Pomysły są własnością grupy, a ich selekcja dokonywana jest w wyniku consensusu lub metody wielokryterialnej oceny.

Metoda warsztatów modyfikowanych (por. Ollivere, 2002) - jest zestawieniem trzech form warsztatów, których celem jest zaplanowanie scenariuszy. Poszczególne warsztaty są oznaczone literami A, B, C i w tej kolejności są organizowane. W przypadku zastosowania tej metody w foresighcie regionalnym, warsztaty typu A są organizowane jako spotkania z decydentami celem określenia długookresowych planów rozwoju regionu ze szczególnym zwróceniem uwagi na takie aspekty jak technologie kluczowe czy inne priorytety. Technika ta pozwala na określenie przyszłych uwarunkowań sukcesu. Kolejną formą warsztatów są tzw. warsztaty typu B. W tym przypadku zaproszonych do udziału jest ok. 10 uczestników (również decydentów) z kilku niekonkurujących ze sobą regionów, umożliwiając wymianę i porównanie swoich doświadczeń w oparciu o ich specyficzne lub specjalistyczne umiejętności. Trzecim typem warsztatów są tzw. warsztaty typu C, opierające się podobnie jak poprzednie na pracy z grupą decydentów. W tym przypadku uczestnikami są osoby z wielu regionów uczestniczące w dwuetapowym spotkaniu. Podczas pierwszego jest budowany standardowy scenariusz rozwoju wybranego obszaru polityki regionalnej. Następnie każdy region wypełnia macierz oddziaływania porównując założenia przyjęte do wcześniejszego scenariusza z własnym potencjałem. W trakcie drugiego etapu przedstawiciele regionów spotykają się we wspólnym gronie wymieniając się spostrzeżeniami i ustalane są planowane działania. Jest to metoda bardzo przydatna w foresighcie regionalnym, oparta o doświadczenia foresightu korporacyjnego. Łączy ona wyraźnie etap wdrożenia rezultatów z etapem badań, pozwala na wymianę doświadczeń między regionami, podjęcie decyzji o współpracy w różnych dziedzinach, wspólnych akcjach prorozwojowych itp.

Analiza SWOTC – zorientowane praktycznie rozszerzenie (por. Skulimowski, 2006) powszechnie znanej metody SWOT, wprowadzone i zastosowane po raz pierwszy w unijnym projekcie 5.PR FISTERA (*Foresight of the Information Society in European Research Area*; Skulimowski, 2006), jest podstawą tworzenia każdej koncepcji strategicznej, a także pozwala na diagnozę stanu. Jest analizą słabych i mocnych stron oraz szans, zagrożeń i wyzwań (ang. Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, Challenges analysis). Wyróżnia się w niej obok możliwości i zagrożeń, jako czynniki egzogenne działające w przyszłości Wyzwania (Challenges), które mogą przekształcić się zarówno w możliwości jak i w zagrożenia, w zależności od podejmowanych decyzji lub zdarzeń niezależnych od decydenta. Pozwala ona jednak na poszerzenie możliwości zależnych od właściwego podejmowania decyzji czy dobrego rozpoznania i monitorowania warunków otoczenia i jest szczególnie przydatna

w foresightcie korporacyjnym, gdzie istota metody sprowadza się do wskazania stanu przedsiębiorstwa oraz określenia, jak na jego rozwój wpływają czynniki zewnętrzne (otoczenie) i wewnętrzne (potencjał własny). Słabe i mocne strony określone są w odniesieniu do czynników wewnętrznych, natomiast szanse i zagrożenia mają źródła poza badanym obszarem. Analiza SWOT lub SWOTC często stanowi podstawowy materiał do budowania strategii rozwoju, czy strategii konkurencji.

Metoda SWOTC jest oparta na prostym schemacie klasyfikacji: wszystkie czynniki mające wpływ na bieżącą i przyszłą pozycję organizacji dzieli się na:

- zewnętrzne pozytywne – szanse;
- zewnętrzne negatywne – zagrożenia;
- wewnętrzne pozytywne – mocne strony;
- wewnętrzne negatywne – słabe strony,
- czynniki przyszłe, mogące przekształcić się w szanse lub zagrożenia – wyzwania.

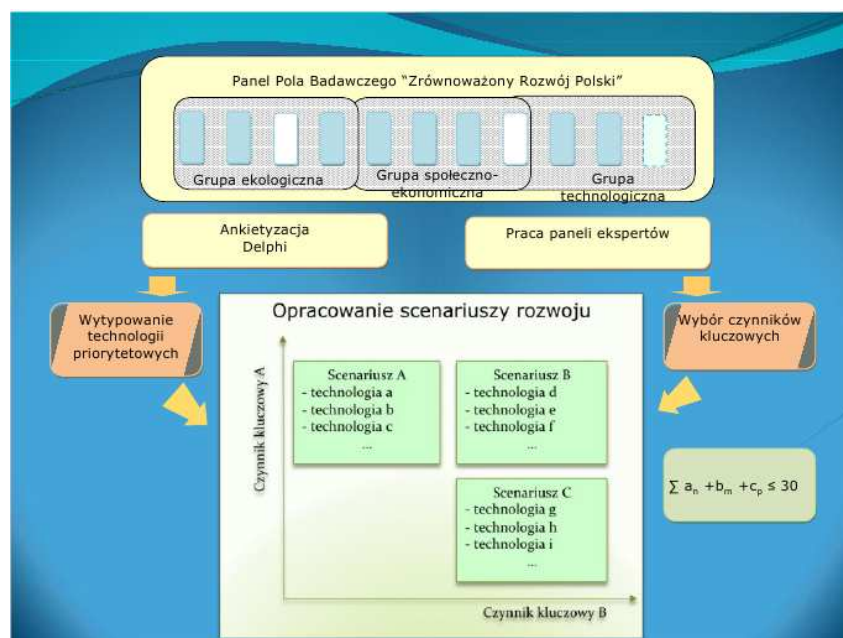
W swojej najprostszej postaci metoda SWOTC ma postać pięciopolowej tabeli, zawierającej wypunktowane siły, słabości oraz szanse, zagrożenia i wyzwania. Inny wariant metody – TCOWS, gdzie silne i słabe strony tworzą jedną oś układu współrzędnych, a zagrożenia, wyzwania i szanse – drugą, pozwala na określenie rodzaju związków pomiędzy silnymi i słabymi stronami – jako czynnikami obecnymi, na zidentyfikowane czynniki przyszłe. Metoda SWOTC pozwala łatwo przejść od etapu analizy do etapu planowania strategicznego a wyróżnienie czynników niezależnych od poziomu organizacyjnego badań wskazuje na warunki brzegowe, które trzeba brać pod uwagę przy projektowaniu wizji rozwoju. Z analizy SWOTC można też wnioskować, w jakim stopniu wyzwania mogą stać się słabą stroną, zagrożeniem, czy może szansa

Analiza SWOTC jest szczególnie przydatna w foresightcie regionalnym. Istota tej analizy sprowadza się wówczas do wskazania stanu regionu oraz określenia, jak na jego rozwój wpływają czynniki zewnętrzne (otoczenie) i wewnętrzne (potencjał własny). Słabe i mocne strony określone są w odniesieniu do czynników wewnętrznych, natomiast szanse i zagrożenia mają źródła poza badanym obszarem.

Analiza PEST jest typową metodą z dziedziny zarządzania strategicznego. Jest to metoda analizy otoczenia zewnętrznego, które dotyczy wszystkich jednostek zarządu terytorialnego. Akronim PEST oznacza czynniki Polityczno – Ekonomiczno – Społeczno – Technologiczne badanego otoczenia. Te zewnętrzne czynniki najczęściej są poza kontrolą firm i czasami stanowią dla nich zagrożenie. Analiza PEST jest jedną z częściej stosowanych metod w procesie podejmowania decyzji, w tym ustalania wytycznych w zakresie rozdziału środków z Funduszy Strukturalnych. Umożliwia ona określenie potencjału obszaru, np. wskazując wzrost lub spadek, właściwość i atrakcyjność rynku oraz jego trwałość.¹⁶

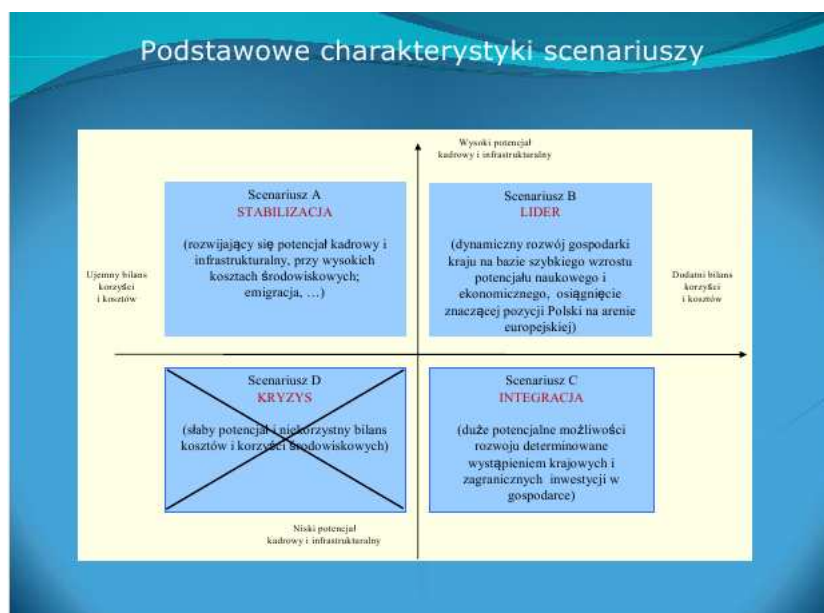
¹⁶ Zastosowano ją zarówno w NPF: Polska 2020, jak i w projekcie Foresight kadr nowoczesnej gospodarki.

Budowa scenariuszy na potrzeby foresightu jest zarazem sposobem eksploracji przyszłości i polem zastosowania wiedzy zdobytej na innych etapach procesu foresight, jak i narzędziem wspomagania decyzji strategicznych ukazującym możliwe wybory i ich potencjalne konsekwencje. Termin scenariusz został wprowadzony przez H. Kahna w latach 50. XX w. w stosunku do aspektów polityki publicznej, zagranicznej i obrony badań wojskowych i strategicznych prowadzonych przez Rand Corporation. Wg autora polega ona na opisie zdarzeń i wskazaniu ich logicznego i spójnego następstwa w celu ustalenia, w jaki sposób, krok po kroku, rozwijać się będzie obiekt (system) – np. przedsiębiorstwo, społeczeństwo, gospodarka, przemysł energetyczny, środowisko naturalne i dlaczego. Przyjmuje się przy tym pewien punkt wyjścia, którym może być np. stan obecny. W metodzie kładzie się nacisk na te zdarzenia, które mogą stanowić punkt bifurkacji dla alternatywnego ciągu zdarzeń. W rezultacie stosowania tej metody otrzymujemy zbiór możliwych obrazów przyszłości tworzących z reguły 3 do 5 scenariuszy bazowych. Scenariusz jest więc układem zdarzeń powiązanych w logiczną, chronologiczną sekwencję. Rozpatruje się te zdarzenia, które mogą wystąpić i które są istotne dla wybranego obiektu, dla którego piszemy scenariusz, odnoszą się do określonego czasu, są ze sobą powiązane za pomocą różnego rodzaju relacji w taki sposób, że aproksymacja całego układu zdarzeń może być otrzymana na podstawie hipotez wyciągniętych z tych relacji. Scenariusze mogą powstawać na podstawie prac podczas spotkań roboczych lub paneli ekspertów, na podstawie wyników badań (np.: metoda Delphi) albo też na podstawie wiedzy uczestników paneli. Scenariusze bazowe w badaniach foresightowych mogą też być wyznaczane poprzez klasteryzację scenariuszy elementarnych, tj. łańcuchów spodziewanych przyszłych zdarzeń połączonych ze sobą oraz z zewnętrznymi (niezależnymi od decydenta) zdarzeniami związkami przyczynowo-skutkowymi (Skulimowski, 2008).



Rys. 5.4. Schemat budowy scenariuszy w Programie Polska 2020
Źródło: Narodowy Program Foresight, 2009.

Scenariusze opracowane w Programie Foresight: Polska 2020 ze wskazaniem technologii priorytetowych dla Polski i konsekwencje przyjęcia bądź nieprzyjęcia tej strategii przedstawione są na Rys. 5.5.:

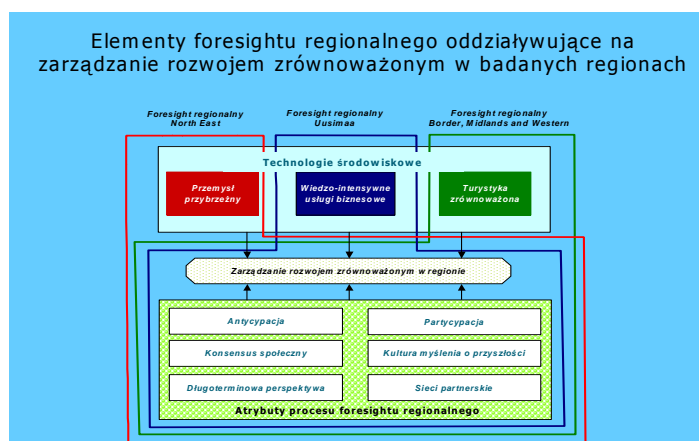


Rys. 5.5. Scenariusze dla Polski wg kryterium technologii kluczowych*

* scenariusz D Kryzys został odrzucony przed rozpoczęciem uszczególnień scenariuszy, pomimo symptomów rozpoczynającego się kryzysu finansowego.

Źródło: Narodowy Program Foresight, 2009

Kolejny przykład prezentuje wyznaczniki rozwoju określone w procesie *foresightu* regionalnego w wybranych regionach europejskich:



Rys. 5. 6. Wyniki foresightu regionalnego z regionów: North East (Anglia), Uusimaa (Finlandia), Border, Midlands and Western (Irlandia).

Źródło: K. Borodako, 2008.

Termin „**technological roadmapping**” odnosi się do różnego rodzaju studiów obejmujących wykorzystanie w planowaniu strategicznym szczegółowych projekcji możliwych osiągnięć technologicznych, produktów i środowiska przyszłości. Tzw. „mapa drogowa” lub – inaczej – diagram roadmappingowy, stanowi zwykle narzędzie nor-

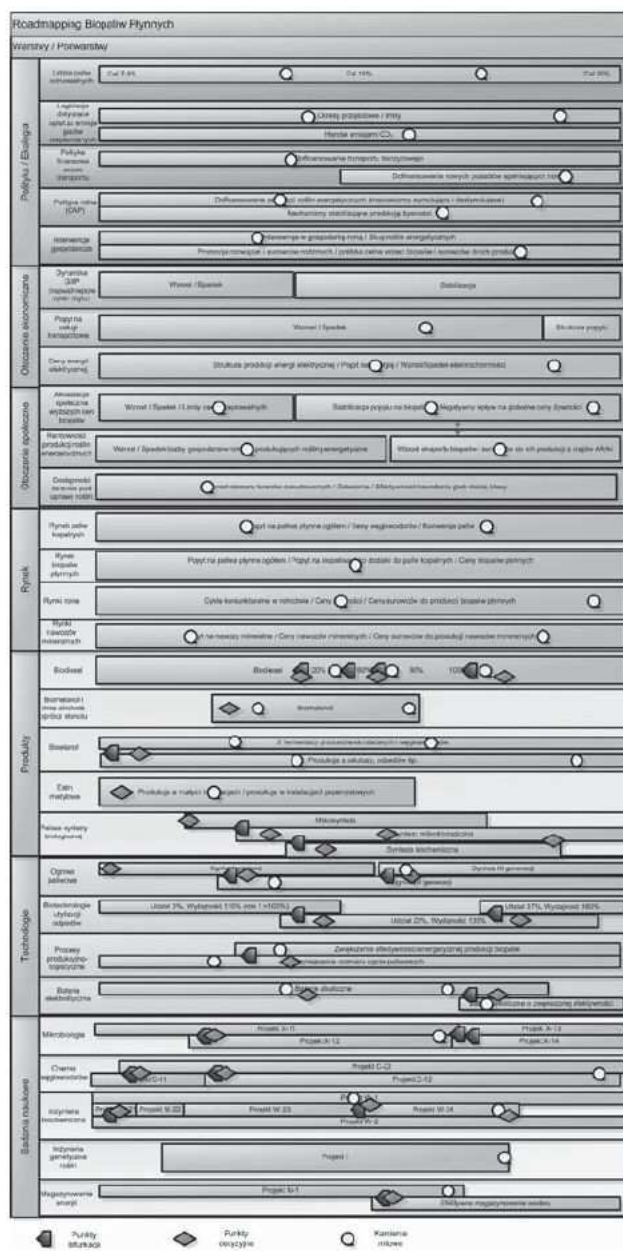
matywne, tzn. że znana lub wstępnie założona jest pożądana przyszła pozycja konkurencyjna przedsiębiorstwa. Diagram roadmappingowy jest graficzną reprezentacją relacji pomiędzy elementami głównych jego warstw (por. Rys. 5.7.), gdzie obiekty oznaczające przeszłe, obecne i przyszłe stany rozwoju naukowo-technologicznego, rynków, technologii i produktów połączone są powiązaniami strukturalnych lub czasowych relacji ukazujących naturę, tempo i kierunki potencjalnego rozwoju. Diagram zawiera także węzły oznaczające kamienie milowe modelowanych procesów, takie jak punkty decyzyjne, możliwości interwencji czynników zewnętrznych niezależnych od przedsiębiorstwa, bifurkacje trendów i scenariuszy. Metoda ta stosowana jest od drugiej połowy ubiegłego stulecia w planowaniu strategicznym, początkowo w branży elektronicznej (Motorola), a następnie w innych branżach i przedsiębiorstwach. Poprzez ukazanie powiązań przyczynowo-skutkowych oraz możliwości technologicznych z celami biznesowymi, roadmapping wskazuje sposoby wchodzenia na rynek z właściwymi produktami we właściwym czasie (por. Skulimowski, 2009, gdzie znajduje się obszernie omówienie tej metody), a także osiągania celów takich jak obniżenie ekspozycji na ryzyko różnego typu, obniżenie kosztów produkcji itp.

Z punktu widzenia celu roadmappingu technologicznego, można wyróżnić procesy roadmappingowe ukierunkowane na:

- planowanie produktu lub usług (*NPD – New Product Development*),
- budowę i wdrażanie strategii korporacyjnej,
- roadmapping dostosowawczy (do zewnętrznych wyzwań i uwarunkowań, a także prywatyzacji i innych przekształceń prawnych i własnościowych, fuzji, przejęć oraz restrukturyzacji).

Metody ilościowe foresightu

Do ilościowych metod foresightu zalicza się m.in. **analizę trendów**, polegającą na identyfikowaniu oraz opisie ilościowym kluczowych trendów wpływających na warunki funkcjonowania przedsiębiorstwa (branży, regionu, kraju) najbliższej przyszłości. Dzięki badaniu trendów można zgromadzić wiedzę o zagrożeniach oraz wyzwaniach, ale także szansach które stoją przed firmą (branżą, krajem, regionem). Specyficznymi metodami analizy trendów stosowanymi w foresighcie są metoda badania wpływu zdarzeń na trendy (*trend-impact analysis*) oraz analiza wzajemnych wpływów trendów na siebie, zwana też krzyżową analizą wpływów (*cross-impact analysis*). Ta ostatnia metoda w uproszczony sposób określa siłę oraz kierunek wzajemnego oddziaływania trendów, bez badania ich przyczyn charakteru. Krytyka uproszczeń tej analizy, która jednak może być pomocna w przypadku braku danych niezbędnych do budowy kompletnego modelu zjawisk oddziaływania trendów na siebie, podana jest w Rozdz. 5 monografii Linstone'a i Turoffa (1975).



Rys. 5.7. Przykład diagramu roadmappingowego

Źródło: Opracowanie własne P&BF



**NARODOWA
STRATEGIA SPÓJNOŚCI**
dla rozwoju Polski



Ministerstwo Rozwoju Regionalnego

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Drzewo uwarunkowań (odniesień) jest metodą analityczną służącą dekompozycji rozległych zakresów badawczych na mniejsze obszary problemowe. Konkretnie zagadnienie musi zostać rozłożone na przynajmniej dwa mniejsze. Jeśli nie można tego wykonać to oznacza, iż dany problem został wystarczająco uszczegółowiony. Nieprawidłowy rozkład problemu na mniejsze elementy może doprowadzić do nieczytelności całego grafu i do niewłaściwego zrozumienia problemu. Metodyka drzewa odniesień należy do analiz systemowych, a jej skuteczność widoczna jest w następujących zakresach:

- Wyznacza przyszłe potrzeby i identyfikuje środki technologiczne niezbędne do ich spełnienia.
- Określa problemy, podaje rozwiązania, wyznaczając zakres nakładu sił i środków.
- Określa wagę wysiłków podejmowanych w celu zwiększenia osiągnięć technologicznych, społecznych, ekonomicznych; za pomocą tej metody można dokonać systemowej analizy nierówności, odnieść je do wzorca, określić odchylenia, określić skalę wysiłku niezbędnego do ich złagodzenia ¹⁷.

Badania ankietowe

Istotą procesu foresight jest akceptacja społeczna wybranych za pomocą zróżnicowanych metod wariantów wizji przyszłości. Egzemplifikacja tej akceptacji dokonuje się ostatecznie w wyniku konsultacji społecznych, w których stosuje się najczęściej metodę ankietową. W odróżnieniu od omawianych wcześniej przykładów metod stosowanych w procesach foresightowych, metoda ankietowa nie wykorzystuje ekspertów, tzn. specjalistów w pewnych dziedzinach, lecz losowo wybrane osoby – respondentów, np. konsumentów, gospodarstwa domowe, pracowników przedsiębiorstw, decydentów, przedstawicieli administracji różnych szczebli. Materiał ankietowy gromadzony jest przez zbieranie odpowiedzi na przemyślany, z góry ustalony zestaw pytań skierowanych do losowo wybranych respondentów. Podstawowym narzędziem pomiarowym w metodach ankietowych jest kwestionariusz, będący uporządkowaną merytorycznie listą pytań, na które oczekuje się odpowiedzi. Kwestionariusz składa się z trzech części: nagłówkowej (adresowej), zasadniczej (tematycznej) i końcowej (metryczki). W części adresowej podaje się temat, cel i nazwę instytucji przeprowadzającej badanie. W części zasadniczej umieszcza się pytania, kierując się trzema podstawowymi zasadami: przechodzenia od pytań ogólnych do szczegółowych, wzbudzania zainteresowania oraz stopniowego wyczerpywania tematu. W zależności od rodzaju żądanej odpowiedzi, pytania dzieli się na :

1. Pytania otwarte – dające ankietowanemu swobodę w sformułowaniu odpowiedzi, co oznacza, że uzyskana odpowiedź jest niewyskalowana. Zwykle rozpo-

¹⁷ FOREN – Foresight for Regional Development Network, A Practical Guide to Regional Foresight, IPTS, PREST, CM International, Sviluppo Italia S. p. A., Seville – Manchester – Boulogne – Roma 2001,

czynają one listę pytań (pytania ogólne) oraz są zadawane do sondowania w celu uzyskania dalszych, dokładniejszych odpowiedzi.

2. Pytania zamknięte – ograniczające wypowiedź respondenta do wyboru wariantu gotowej odpowiedzi, co oznacza, że uzyskana odpowiedź jest wyskalowana. Są łatwiejsze w stosowaniu zarówno dla prowadzącego pomiar, jak dla respondenta. Informacje płynące z tego rodzaju pytań mówią nie tylko o poglądach, ale i o sile poglądów respondenta. Wśród pytań zamkniętych wyróżnia się pytania „tak – nie”, które są kłopotliwe, gdyż jednoznaczna odpowiedź nie zawsze jest możliwa.

Metryczka poświęcona jest ogólnej charakterystyce respondenta. Najczęściej są to informacje o jego cechach demograficznych, społecznych i ekonomicznych. Badania ankietowe mogą być przeprowadzane jako pocztowe, prasowe, telefoniczne, radiowe i telewizyjne, opakowaniowe oraz audytoryjne. Mogą też być ogólne oraz tematyczne. Do opracowania wyników ankiet służą metody analizy statystycznej. Nie każda ankietę może służyć tworzeniu wizji przyszłości. Jednak, w większości przypadków badań foresightowych uzyskane opinie społeczne pozwalają na określenie zakresu akceptacji czy odrzucenia danej propozycji, priorytetu. Ponadto, dzięki konsultacjom społecznym można osiągnąć wiele opinii w kwestiach szczegółowych, które odpowiednio opracowane określają trendy popytu, oszczędności, inwestycji, potrzeb w różnych dziedzinach, barier działalności czy funkcjonowania w społeczeństwie. Wiedza ta jest niezbędna do poprawnego podejmowania decyzji na każdym szczeblu.

Wskazywaliśmy we wstępie, iż w procesie *foresight* można wykorzystać bardzo wiele metod, a decyduje o tym zarówno poziom badań, jak i ich głębokość oraz poziom skomplikowania. Omówiono natomiast tylko wybrane metody, które w uznaniu ekspertów mogą mieć znaczenie w badaniu nierówności o różnym charakterze. Zastosowanie w tym celu innych, wyselekcjonowanych w klasyfikacji *foresightu* metod (Rys. 5.4.) wymaga dalszej analizy i zweryfikowania ich skuteczności w praktyce badawczej.

6. Foresight a priorytetyzacja

W planowaniu strategicznym niezbędne jest często ustalanie priorytetów technologicznych i inwestycyjnych, preferowanych kierunków rozwoju i ekspansji rynkowej, a także innych celów strategicznych. Priorytet kojarzy się z takimi atrybutami, jak: pierwszy, wcześniejszy, ważniejszy, ekspansywny, uprzywilejowany, promowany, eksponujący, godny uwagi itd. Priorytet określa także kolejność realizacji zadań, projektów itp. Te z wyższym priorytetem realizujemy najpierw gdyż są ważniejsze, te z niższym później. Dlatego niezbędne jest ustalenie reguł określających nadawanie praw do pierwszeństwa, a postępowanie zgodnie z nimi jest procesem dynamicznej priorytetyzacji (Skulimowski, 2008). Etap priorytetyzacji kończy się usystematyzowaniem wszystkich ocenianych inicjatyw - od tych najbardziej wartościowych do obiektów o najniższej wartości.

W związku z faktem, że rezultatami foresightu są również listy priorytetów, pojawia się pytanie: w jaki sposób można wykorzystać badania foresightowe w celu wyselekcjonowania priorytetów z danego zakresu – zarówno obszarowego, jak i tematycznego? Proponowany tu sposób postępowania jest następujący:

- Analiza wyników różnorodnych badań foresightowych na poziomie regionalnym, lokalnym bądź przedmiotowym (branżowym).
- Na tej podstawie wyselekcjonowanie technologii kluczowych, kluczowych sektorów i inwestycji, kluczowych działań. Przypisane są im miejsca na liście określone na podstawie współczynników wagowych, które z kolei są wyznaczone na podstawie liczby wystąpień w raportach foresight, miejsc na listach oraz współczynników wiarygodności poszczególnych projektów.
- Powstaje lista (mapa) priorytetowych sektorów, działań, inwestycji, produktów, procesów, przy czym miejsca w rankingu określone są na podstawie współczynników wagowych.
- Weryfikacja analizowanych projektów z syntetycznymi listami priorytetów – wyników foresightu (utworzenie nowego kryterium "spełniania rekomendacji" foresightu - zostaje ono zastosowane w metodzie: preferencje sektorowe)
- Utworzenie zbioru punktów odniesienia wg metody opisanej w (Skulimowski, 1997) związanych ze scenariuszami opracowanymi w projektach foresightowych (optymistyczny - klasa punktów idealnych, neutralny - punkty *status quo*, pesymistyczny - punkty antyidealne itp.). Dla każdego analizowanego obiektu bada się jego miejsce w odpowiednim scenariuszu, wyznacza najbliższe możliwe punkty odniesienia i odpowiednio klasyfikuje. Najlepsze obiekty wybierane są do wdrożeń.

Przy stosowaniu zaproponowanej wyżej metody należy pamiętać, iż należy wcześniej powiązać dane podane w scenariuszach z kryteriami oceny obiektów (technologii wariantów inwestycji, projektów), zwłaszcza ze wskaźnikami ekonomicznymi oraz ekologicznymi.

Mapa drogowa stworzona w celu wykorzystania wyników foresightu do wyboru priorytetów badanej dziedziny zawierać powinna następujące zalecenia:

- Przekładać wyobrażenia i scenariusze na konkretne procesy,
- Zdefiniować strategiczne punkty zwrotne,
- Być szczerym wobec własnych możliwości,
- Określić wspólne ścieżki postępowania dla kilku wizji przyszłości,
- Stosować odpowiednie metody do identyfikacji priorytetów,
- Być konsekwentnym i zdeterminowanym do alokowania budżetów na konkretne działania w odpowiednim czasie,
- Zapewnić możliwości bezpośredniego przejścia od foresightu do budowy strategii działania.

Zauważmy, że priorytetowe kierunki inwestycji w branżach „wrażliwych” społecznie lub środowiskowo, wyselekcjonowane w oparciu o wyniki badań foresightowych w skali kraju czy regionu, mogą uzyskać wysoki stopień racjonalności wdrożeniowej, o ile foresight zapewnił wcześniej konsultacje pozwalające na uzyskanie akceptacji społecznej.

Wyniki badań foresightowych pozwalające wyselekcjonować priorytetowe kierunki inwestycji mogą uzyskać wysoki stopień racjonalności wdrożeniowej, ponieważ są społecznie akceptowane.

Przechodząc z poziomu narodowego na poziom regionu, miasta (gminy) czy przedsiębiorstwa, wyniki badań foresightowych mogą być przydatne w budowaniu strategii inwestowania (rozwoju). Po raz kolejny widoczna jest rola badań foresightowych, w wyniku których definiowane są priorytety, a dopiero na ich podstawie buduje się strategię zarządzania obejmującą zasadnicze etapy, metody, procedury postępowania. Priorytety rozwoju sektorów, technologii, kadr i kompetencji, inwestycji, itp. wyznaczane są na różnych poziomach, dlatego warto przeanalizować na przykładach zebrane doświadczenia i możliwości ich wykorzystania.

7. Foresight a wdrożenie priorytetów – analiza przypadków

Ważnym aspektem wykorzystania wyników krajowych projektów foresightu na szczeblu publicznym jest ich zgodność ze strategicznymi kierunkami rozwoju UE i z Narodową Strategią Spójności na lata 2007-2013 (NSS), jako że wszystkie te projekty finansowane były ze środków unijnych. Oznacza to, że uzgodnienie priorytetów jednostki samorządu terytorialnego z priorytetami określonymi w projektach foresightowych powinno ułatwiać dofinansowanie projektów rozwojowych w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych oraz z innych środków europejskich.

Aktywność krajów członkowskich UE, także Polski, musiała uwzględniać następujące wyznaczniki:

- a) tworzenie stabilnej koncepcji i transformacji dotychczasowej gospodarki UE w gospodarkę opartą na wiedzy dzięki zmianie paradygmatu rozwoju i włączenia nośników wiedzy do grupy czynników inwestycyjnych,
- b) przyspieszenie reform strukturalnych dzięki instytucjonalnemu wsparciu działań na rzecz wzrostu innowacyjności i konkurencyjności,
- c) modernizację europejskiego modelu społecznego, poprzez inwestowanie w ludzi i zwalczanie praktyk społecznego wykluczenia,
- d) zapewnienie „zdrowia ekonomicznego” i perspektywy wzrostu gospodarczego poprzez wykorzystanie właściwej, czyli w tym przypadku mieszanej polityki makroekonomicznej państwa, zawierającej zarówno instrumenty wzmacniające liberalizację wielu dziedzin, jak i wybiórcze instrumenty regulacyjne wpływające na motywację ekonomiczną podmiotów gospodarczych (np. stabilizacja makroekonomiczna z równoczesnym kierunkowym wsparciem aktywności inwestycyjnej przedsięwzięć innowacyjnych).

Przyjęto następujące kierunki rozwoju, stanowiące równocześnie priorytety dla Polski: **Info**, **Techno**, **Bio** oraz **Basics** (polska propozycja rozszerzenia kierunków badawczych w Polsce, bowiem polska nauka od lat uwagę koncentrowała na badaniach podstawowych, nie zaś stosowanych). Poniżej wypunktowano szczegółowo strategiczne obszary tematyczne badań reprezentujących wskazane kierunki:

I. Grupa tematyczna *Info*:

- Inżynieria oprogramowania, wiedzy i wspomagania decyzji,
- Sieci inteligencji otoczenia,
- Optoelektronika.

II. Grupa tematyczna *Techno*:

- Nowe materiały i technologie,
- Nanotechnologie,
- Projektowanie systemów specjalizowanych.

III. Grupa tematyczna *Bio*:

- Biotechnologia i bioinżynieria,
- Postęp biologiczny w rolnictwie i ochrona środowiska,
- Nowe wyroby i techniki medyczne.

IV. Grupa tematyczna *Basics*:

- Nauki obliczeniowe oraz tworzenie naukowych zasobów informacyjnych,
- Fizyka ciała stałego,
- Chemia.

Pilotażowy projekt **Foresight: Zdrowie i Życie** (2004-2006) objął takie obszary, jak: chemia i farmacja, bezpieczeństwo żywności oraz technologie w medycynie. Wyselekcjonowano 26 priorytetów rozwoju nauki i technologii poddanych konsultacjom społecznym. Po uzyskaniu akceptacji Panel Główny rekomendował priorytety rozwoju nauki technologii w Polsce ujmując je w następujących grupach:¹⁸

1. *Zdecydowanie priorytetowe*, czyli uznane za takie zarówno przez ankietowanych przedstawicieli środowiska naukowego, jak i reprezentantów opinii społecznej. Zalicza się do nich:
 - Budowa efektywnych systemów przesiewowych,
 - Rozwój opieki perinatalnej, wczesnego wykrywania wad genetycznych oraz rozwojowych,
 - Rozwój metod i technik ratownictwa medycznego.

¹⁸ Raport finalny Panelu Głównego Zdrowie i Życie, MNiL, Warszawa, czerwiec 2006.

2. *Priorytetowe*, czyli uznane za najważniejsze przynajmniej przez jedną z konsultowanych grup. Są to:

- Rozwój metod i technologii na potrzeby powszechnej edukacji prozdrowotnej,
- Budowa programów ustawicznego kształtowania świadomości żywieniowej oraz racjonalizacji nawyków żywieniowych społeczeństwa,
- Rozwój metod i technik profilaktyki, diagnostyki i terapii chorób zakaźnych oraz zakażeń ważnych z punktu widzenia zdrowia publicznego,
- Rozwój metod i technik ergonomicznego kształtowania warunków życia i pracy ze szczególnym uwzględnieniem osób w wielu podeszłym i niepełnosprawnych.
- Rozwój metod i technik profilaktyki, diagnostyki i terapii chorób związanych z podeszłym wiekiem,
- Badania nad stresem i rozwój metod jego ograniczenia
- Rozwój badań i technologii nad organizmami genetycznie zmodyfikowanymi oraz monitorowania ich oddziaływania na człowieka i ekosystem,
- Doskonalenie żywności i żywienia w aspekcie ich znaczenia dla ochrony zdrowia ludzi i zwierząt z uwzględnieniem biologicznie aktywnych substancji pochodzenia naturalnego,
- Rozwój metod i technik rehabilitacji w chorobach somatycznych lub też psychicznych o dużym znaczeniu społecznym,

3. *Ważne*. Zalicza się do nich pozostałe kierunki z listy *panelu głównego* i *paneli tematycznych* oraz propozycje uzupełnień, zgłoszone przez w trakcie konsultacji społecznych.

Projekt „**Narodowy Program Foresight: Polska 2020**” obejmuje główne trzy obszary (pole badawcze „Zdrowie i życie” było tematem programu pilotażowego zrealizowanego w latach 2005-2006) :¹⁹

- ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ POLSKI (ZRP):

Jakość życia, zasoby energetyczne, ekologia, technologie na rzecz ochrony środowiska, zasoby naturalne, nowe materiały, transport, polityka ekologiczna, polityka produktowa, rozwój regionów.

- TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I KOMUNIKACYJNE:

Dostęp do informacji, ICT a społeczeństwo, ICT a edukacja, e-Biznes, nowe media.

¹⁹ NPF: Polska 2020; MG, Warszawa, 2009.

• **BEZPIECZEŃSTWO:**

Bezpieczeństwo: ekonomiczne (zewnętrzne i wewnętrzne), intelektualne, socjalne, techniczno-technologiczne; rozwój społeczeństwa W polu ZRP wyselekcjonowano listę najistotniejszych czynników wpływających na obszar ZRP:

Tablica 5.1. Realizacja procedury wyboru czynników kluczowych

Lista najistotniejszych czynników wpływających na obszar ZRP	
Grupa czynników	Nazwa czynnika
Społeczne	– zasoby fachowej kadry
	– poziom wiedzy społeczeństwa o technologiach obszaru ZRP
Technologiczne	– dostęp do nowych technologii, maszyn i urządzeń
	– możliwości techniczne
	– potencjał badawczy
Ekonomiczne	– koszty realizacji, koszty wdrożenia oraz upowszechnienia technologii
	– popyt
	– koszty i korzyści środowiskowe
Środowiskowe	– normy środowiskowe
	– stan wiedzy na temat skutków zanieczyszczenia środowiska dla zdrowia ludzi i ekosystemów
Polityczno-prawne	– regulacje prawne (zmiany w prawie ułatwiające zakup i wdrażanie nowych technologii ochrony środowiska, zmiany w prawie odnośnie eksploatacji odnawialnych źródeł energii)
	– instrumenty ekonomiczne i finansowe
	– polityka planowania badań naukowych (sterowania badaniami naukowymi)
	– akceptacja społeczna (zaufanie społeczne)
Wartości	– rola mediów

Źródło: Narodowy Program Foresight: Polska 2020, MG, Warszawa 2009

W wyniku zastosowania badania metodą macierzy wpływów bezpośrednich wyselekcjonowano następujące czynniki kluczowe w ZPR: potencjał kadrowy, potencjał infrastrukturalny oraz korzyści i koszty. Czynniki te stały się też bazowe w budowie scenariuszy, oznaczonych jako:

- **LIDER:** (dynamiczny rozwój gospodarki kraju na bazie szybkiego wzrostu potencjału naukowego i ekonomicznego, osiągnięcie znaczącej pozycji Polski na arenie europejskiej), z dodatnim bilansem korzyści i kosztów i wysokim potencjałem kadrowym i infrastrukturalnym.
- **STABILIZACJA:** (rozwijający się potencjał kadrowy i infrastrukturalny, przy wysokich kosztach środowiskowych; emigracja itd.) z ujemnym bilansem kosztów i korzyści, ale raczej wysokim potencjałem kadrowym i infrastrukturalnym.
- **INTEGRACJA:** (duże potencjalne możliwości rozwoju determinowane wystąpieniem krajowych i zagranicznych inwestycji w gospodarce) z dodatnim bilansem korzyści i kosztów, ale niskim potencjałem kadrowym i infrastrukturalnym.

Wśród priorytetowych technologii wyselekcjonowanych dla poszczególnych scenariuszy znalazły się m.in.:

1. SCENARIUSZ A: Stabilizacja

- Rozwój przemysłowej biotechnologii dla produkcji chemikaliów, leków, biokatalizatorów i innych, zwłaszcza z surowców odnawialnych.
- Biotechnologiczne wykorzystanie mikroorganizmów do syntezy i transformacji związków organicznych przeznaczonych dla farmacji, przetwórstwa żywności i ochrony zdrowia będzie stanowić jeden z wiodących kierunków gospodarki narodowej.
- Zaawansowane metody i technologie kształtujące konkurencyjność gospodarki.
- Zintegrowane nano- i biotechnologie oraz technologie inspirowane osiągnięciami bioniki będą miały kluczowe znaczenie dla rozwoju wysoko zaawansowanych produktów i technologii przemysłowych, rolniczych, w zakresie ochrony zdrowia i ochrony środowiska.
- Zaawansowane materiały inżynierskie i technologie dla transportu i energetyki o zamkniętym „cyklu życia”.
- Opracowanie nowych materiałów dla technologii ogniw paliwowych i energetyki wodorowej przyczyni się do rozwoju alternatywnych źródeł energii, zwłaszcza przeznaczonych dla transportu, poprawiając bezpieczeństwo energetyczne i ochronę środowiska.
- Bezodpadowe i małoodpadowe, energooszczędne oraz materiało-oszczędne, przyjazne dla środowiska, zrównoważone technologie chemiczne przetwarzania ropy naftowej, gazu ziemnego, węgla, biomasy oraz odpadów w wysoko przetworzone chemikalia masowego stosowania i paliwa.
- Integracja technologii wykorzystujących węgiel, surowce ropopochodne, biomasę oraz odpady komunalne i inne surowce alternatywne - w technologii hybrydowe. Stworzy to podstawy wytwórcze dla produkcji wysoko przetworzonych produktów chemicznych i paliw nowej generacji.

2. SCENARIUSZ B: Lider

- Rozwój czystych oraz wysoko sprawnych technologii węglowych nowej generacji zapewniających dotrzymanie wymagań ochrony środowiska, ograniczenie emisji CO₂.
- Technologie poligeneracyjne wykazujące wysoką efektywność energetyczną oraz bliską zeru emisję substancji szkodliwych, w tym CO₂, dzięki między innymi równoczesnemu wytwarzaniu kilku produktów energetycznych (elektryczność, ciepło, chłód) i technologicznych (chemikalia) będą atrakcyjną alternatywą wykorzystania węgla.
- Rozwój technologii odnawialnych, alternatywnych źródeł energii.

- Technologie wykorzystujące biomasę (np. zgazowanie, procesy fermentacyjne) będą dominujące dla rozproszonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.
- Rozwój technologii energii jądrowej, w tym połączenie z technologiami węglowymi.
- Rozwój technologii wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych chłodzonych helem umożliwi ich wykorzystanie do zgazowywania węgla i taniej produkcji wodoru.
- Nastąpi hybrydyzacja tradycyjnych technologii węglowych wykorzystywanych w energetyce z technologiami alternatywnymi i jądrowymi.
- Rozwój technologii ochrony środowiska.
- Wzrastające wymagania dotyczące technologii ochrony i odnowy środowiska spowodują zastosowanie najnowszych osiągnięć techniki do rozwoju systemów pomiarowych nowych generacji dla celów monitoringu stanu środowiska i kontroli procesów technologicznych.
- W ochronie środowiska coraz większą rolę odgrywać będą technologie kontrolowanego samooczyszczania (*natural attenuation*): stały monitoring stanu środowiska, ingerencja techniczna w razie zagrożenia któregoś z komponentów środowiska.
- Metody abiotyczne (fizyczne, chemiczne) stosowane do poprawy stanu środowiska zostaną zastąpione w znacznym stopniu przez metody biologiczne (np. fitoremediacja, bioremediacja, biofiltry, biobariery).
- Zagrożenie dla zdrowia ludzi i ekosystemów zmniejszy się istotnie w wyniku rozwoju technologii kontroli rozprzestrzeniania i ograniczania występowania w środowisku substancji uznanych za szczególnie niebezpieczne.
- Rozwój technologii mało- i bezodpadowych oraz wykorzystania odpadów.
- Redukcja poziomu wytwarzanych odpadów przemysłowych nastąpi dzięki rozwojowi alternatywnych technologii niskoodpadowych, ukierunkowanych szczególnie na duże przedsiębiorstwa, ale także na sektor małych i średnich przedsiębiorstw.
- Rozwój nowej generacji materiałów konstrukcyjnych, funkcjonalnych oraz procesów inżynierii powierzchni dla urządzeń mechatronicznych i mikro- oraz nanorobotyki nowej generacji.
- Nanomateriały oraz nanotechnologie stworzą bazę technologiczną wytwarzania mechatronicznych podzespołów wykonawczych nowej generacji w skali przemysłowej.
- Cienkie warstwy funkcjonalne oraz technologie ich depozycji (metodami plazmowymi, elektronowiązkowymi, laserowymi itp.) stworzą bazę technolo-



giczną dla wytwarzania czujników oraz niskotarciowych skojarzeń ciernych w wymiarze mikro- i nanometrycznym.

- Rozwój nowych materiałów i technologii ich wytwarzania dla inżynierii biomedycznej, zwiększających bezpieczeństwo pacjenta.
- Nowe biomateriały oraz powierzchniowa modyfikacja istniejących, zapewnią wzrost biokompatybilności i tolerancję układu immunologicznego pacjenta, poprawiając jego komfort życia.
- Zaawansowane urządzenia i procesy dla bezemisyjnych i niskoemisyjnych technologii materiałowych nowej generacji
- Rozwój technologii oraz urządzeń próżniowych do rafinacji metali lekkich, ziem rzadkich oraz do obróbki cieplnej i cieplnochemicznej stopów metali umożliwi wytwarzanie materiałów konstrukcyjnych i funkcjonalnych nowej generacji oraz komponentów dla przemysłu motoryzacyjnego i maszynowego z wykorzystaniem metod czystych technologii.
- Zaawansowane materiały inżynierskie i technologie dla transportu i energetyki o zamkniętym „cyklu życia”.
- Nowe materiały o wysokim ilorazie wytrzymałości do gęstości (np. monokryształy, kompozyty) oraz warstwy niskotarciowe i żaroodporne nowej generacji pozwolą obniżyć zużycie paliwa i emisję spalin w transporcie i przemyśle.
- Zaawansowane metody i technologie kształtujące konkurencyjność gospodarki.
- Rozwój systemów ekspertowych do sterowania urządzeń i procesów przemysłowych nowej generacji stworzy przewagę konkurencyjną polskiego przemysłu środków produkcji na światowym rynku technologii.

Podsumowanie NPF: Polska 2020 wskazuje na następujące scenariusze z odpowiadającymi im priorytetami:

1. Tło makroekonomiczne: Reformy wewnętrzne.
2. Scenariusze w polu badawczym Zrównoważony Rozwój Polski: „Stabilizacja”, „Lider”, „Integracja”.
3. Scenariusze w polu badawczym Technologie Informacyjne i Telekomunikacyjne: Infrastruktura teleinformatyczna, Systemy informacyjne, Sprawne państwo, Technologie informacyjne w gospodarce, Kapitał ludzki, społeczny i kulturowy oraz edukacja.
4. Scenariusze w polu badawczym Bezpieczeństwo: Kryzys, Trudne dostosowania, Słabnący wzrost, Doganianie i modernizacja
5. Scenariusze zintegrowane.

Trzeba podkreślić, iż w trakcie postępowania prac budowania scenariuszy schematy oraz priorytety się zmieniały, pierwotnie bowiem dyskusja toczyła się nad następującymi kierunkami:²⁰

1. Modernizacja polskich instytucji publicznych (reformy wewnętrzne);
2. Trendy rozwoju świata i Europy (otoczenie zewnętrzne);
3. Gospodarka Oparta na Wiedzy (potencjał kadrowy i naukowo-badawczy, produkcja i transfer wiedzy do gospodarki i społeczeństwa, innowacyjność);
4. Legitymizacja polityki rozwojowej (bilans społecznych, środowiskowych, ekonomicznych kosztów modernizacji i poziom akceptacji społecznej).

Tak czy inaczej, przygotowane scenariusze (optymistyczne, neutralne i pesymistyczne) określają kierunki rozwoju polskiej gospodarki w różnych warunkach wyznaczonych przez kluczowe czynniki, określają konieczność podjęcia konkretnych zadań w oznaczonym czasie, konsekwencje ich niepodjęcia, skutki uboczne zaniechania aktywności w wyznaczonych polach, itd.²¹ Stanowią ogrom informacji dla polityki gospodarczej, choć przyznać też trzeba, iż ilość wyselekcjonowanych priorytetów jest niebezpiecznie – z punktu widzenia realizacyjnego – duża. Zebrany materiał badawczy niewątpliwie pozwala na zbudowanie racjonalnego programu rozwoju kraju w długim okresie, choć nie założono paradygmatu GOW. Jak czas pokazał wyniki badań NPF nie zostały wykorzystane, powstał, bowiem nowy program rządowy określający wizję przyszłości bez badań foresightowych.

Kolejny projekt uzupełniający badania NPF, „**Foresight kadr nowoczesnej gospodarki (2008-2009)**” został przeprowadzony na zlecenie PARP. Celem projektu było wykazanie zapotrzebowania polskiej gospodarki na umiejętności kadr zarządzających oraz pracowników przedsiębiorstw w długiej perspektywie czasowej oraz wykorzystania kapitału relacyjnego w zakresie współpracy pomiędzy światem nauki a przedsiębiorstwem. Zatem w grupie niezbędnych w długiej perspektywie kompetencji kadr zarządzających, badania wykazały (ranking wg % wskazań):

1. Umiejętność funkcjonowania w otoczeniu międzynarodowym: 93,3 %
2. Praca w zespole, zarządzanie zespołami: 91,1 %
3. Kreatywność i przedsiębiorczość: 91,1 %
4. Zarządzanie wiedzą i infobrokerstwo: 91,1 %
5. Komunikacja interpersonalna, autoprezentacja: 88,9 %
6. Znajomość języków obcych: 88,9 %
7. Znajomość technologii informatycznych: 84,4 %
8. Wykorzystanie technologii mobilnych: 82,2 %
9. „Przekwalifikowalność” i mobilność: 80,0 %

²⁰ NPF: Polska 2020; www.foresight.polska2020.pl

²¹ Jak wyżej.

10. Ochrona własności intelektualnej: 77,8 %

11. Ugruntowane podstawy matematyki: 77,8 %

W grupie pracowników, badania wykazały na następujące potrzeby w zakresie kompetencji (ranking wg % wskazań):

1. „Przekwalifikowalność” i mobilność: 91,1 %
2. Znajomość technologii informatycznych: 82,2 %
3. Znajomość języków obcych: 80,0 %
4. Umiejętność funkcjonowania w otoczeniu międzynarodowym: 73,3 %
5. Wykorzystanie technologii mobilnych: 71,1 %
6. Komunikacja interpersonalna, autoprezentacja: 71,1 %
7. Praca w zespole, zarządzanie zespołami: 71,1 %
8. Kreatywność i przedsiębiorczość: 68,9 %
9. Ugruntowane podstawy matematyki: 62,2 %
10. Zarządzanie wiedzą i infobrokerstwo: 57,8 %
11. Ochrona własności intelektualnej: 55,6 %

Na tej podstawie powstały dwa scenariusze rozwoju kadr nowoczesnej gospodarki, określające warunki realizacji wyników foresightu:²²

1. Scenariusz „skok cywilizacyjny”,
2. Scenariusz „słabnący rozwój”.

W zależności od priorytetów inwestycyjnych w danych sektorach, określono też zapotrzebowanie na określone ilości i jakość kadr do 2020 roku²³. Wskazano wyznaczniki współczesnego kształcenia i formowania kadr. W procesach tych powinien być zwiększony nacisk na:

1. **Kreatywność** - zdolność do twórczego poszukiwania rozwiązań, a nie od-twórczego wykonywania zadań,
2. **Udział zajęć czynnych** (laboratoryjnych i projektowych) w procesie kształ-cenia,
3. **Projekty** realizowane zespołowo i samodzielnie w trakcie edukacji, szkoleń,
4. **Formy i procedury ochrony własności intelektualnej i przemysłowej**,
5. **Współpracę z przedsiębiorstwami** w trakcie realizacji procesu kształcenia (praktyki zawodowe i praktyczne przygotowanie do zawodu).

²² Foresight kadr nowoczesnej gospodarki. Raport. PARP, Warszawa 2009.

²³ Op.cit.

Wyzwania i kluczowe czynniki rozwoju wyselekcjonowane w raporcie „Polska 2030. Wyzwania rozwojowe”²⁴, przez zespół doradców Prezesa RM RP.

Raport uznaje skalę zapóźnień cywilizacyjnych Polski, która to dotyczy zapóźnienia w sferze infrastruktury, dostępności transportowej, powszechności stosowania Internetu i zaawansowanych usług teleinformatycznych, ale też na przykład niewydolności potencjału energetycznego i linii przesyłowych czy brak zdywersyfikowanych źródeł bezpieczeństwa energetycznego.

Jako wyzwania dla Polski do roku 2030 wskazuje się na takie, jak:

1. wzrost i konkurencyjność,
2. poprawa sytuacji demograficznej,
3. wysoka aktywność zawodowa oraz adaptacyjność zasobów pracy,
4. odpowiedni potencjał infrastruktury,
5. bezpieczeństwo energetyczno-klimatyczne,
6. gospodarka oparta na wiedzy oraz rozwój kapitału intelektualnego,
7. solidarność i spójność regionalna,
8. poprawa spójności społecznej,
9. sprawne państwo,
10. wzrost kapitału społecznego.

Oczywiście wnioski te nie wynikają z celowo prowadzonych w tych dziedzinach badań oryginalnych a jedynie, jak można przypuszczać, ze studiów i raportów z badań prowadzonych przez różne jednostki polskie i zagraniczne. Nie mają one związku z badaniami foresightowymi. Dwa podstawowe podejścia zastosowane do przygotowania raportu to szczegółowa diagnoza stanu oraz prognozowanie.

Na podstawie sformułowanych wyzwań wyselekcjonowano pięć tzw. kluczowych czynników rozwoju Polski w horyzoncie 2030, nie są jednak jasno określone metody, czy narzędzia tejże selekcji. Do czynników zalicza się:

1. Warunki dla szybkiego wzrostu inwestycji.
2. Wzrost aktywności zawodowej i mobilności Polaków.
3. Rozwój produktywności i innowacyjności.
4. Efektywna dyfuzja rozwoju w wymiarze regionalnym i społecznym.
5. Wzmocnienie kapitału społecznego i sprawności państwa.

Priorytety w wynikach badań foresightowych w regionach:

Jako przykłady proponuje się wyniki badań foresightowych w wybranych regionach europejskich oraz istotnych z punktu widzenia głębokości, jaki zakresu implementacji

²⁴ Zob. www.Polska2030.pl

wyników foresightu regiony w Polsce. Do ciekawych wyników zaliczyć można rezultaty określania priorytetów rozwoju zrównoważonego w wybranych europejskich regionach, takich, jak: North East, Uusimaa oraz Bordes, Midlands i Western. W regionach wyselekcjonowano następujące priorytety rozwoju:²⁵

North East

Przemysł przybrzeżny – odnawialne źródła energii (OZE):

Technologie pozwalające na wykorzystywanie energii odnawialnej wytwarzanej dzięki wykorzystaniu fal lub przyływów morskich, promieni słonecznych oraz wiatru.

Uusimaa

Wiedzo-intensywne usługi biznesowe (WIUB):

Wszystkie usługi dostarczane w sposób komercyjny (poza tymi proponowanymi w formie niedochodowej) przez podmioty oferujące je innym firmom lub instytucjom publicznym (z wyłączeniem gospodarstw domowych) i prowadzące do powstawania nowej wiedzy w organizacjach klientów korzystających z tych usług.

Border, Midlands and Western

Turystyka zrównoważona (TZ):

Każda forma rozwoju zrównoważonego, zarządzania i aktywności turystycznej, która podtrzymuje ekologiczną, społeczną i ekonomiczną integralność terenów, a także zachowuje dla przyszłych pokoleń w niezmienionym stanie zasoby naturalne i kulturowe tych obszarów.

Przy realizacji foresightu regionalnego w Polsce tło stanowiły zasady polityki regionalnej państwa (wg NSRR 2007-2013), a więc:

- zasada subsydiarności rozwoju regionalnego,
- zasada wspierania rozwoju endogenicznego województw,
- zasada rozwoju wszystkich polskich województw,
- zasada inicjowania długofalowego rozwoju regionalnego,
- zasada koordynacji instrumentów polityki regionalnej i innych publicznych polityk rozwojowych,
- zasada koncentracji przestrzennej rozwoju regionalnego,
- zasada zapewnienia efektywności i najwyższej jakości polityki regionalnej.

Aktywność realizacji projektów foresightowych na poziomie regionalnym, lokalnym czy korporacyjnych została zmotywowana w sposób bezpośredni możliwościami finansowymi zapisanymi w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka. Wnioski zaczęły spływać lawinowo, rzadko poprawnie merytorycznie i formalnie. Niemniej

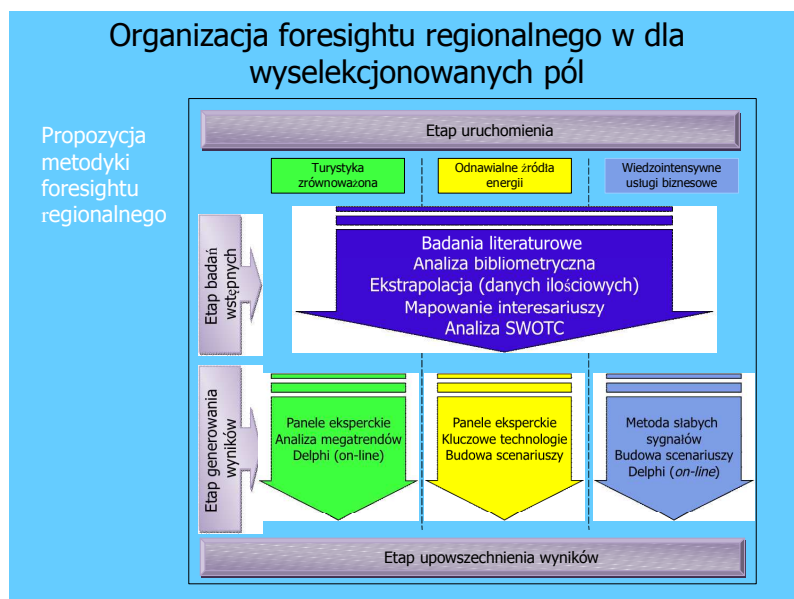
²⁵ Na podstawie badań oryginalnych przeprowadzonych przez K. Borodako, Zastosowanie foresightu w antycypowaniu zrównoważonego rozwoju wybranych regionów europejskich, praca doktorska napisana pod kierunkiem Prof. dr hab. Ewy Okoń-Horodyńskiej, UJ, Kraków styczeń 2008.

da się wyróżnić istotne dla rozwoju regionalnego projekty będące niejako wzorcowymi projektami w tym zakresie.



Rys. 5.8. Oddziaływanie badanych projektów foresightu regionalnego na zarządzanie rozwojem regionalnym.

Źródło: K. Borodako op.cit.



Rys. 5.9. Przykład metodyki foresightu regionalnego

Źródło: K. Borodako op. cit.

Cele strategiczne sformułowane w strategiach rozwoju regionalnego wielu polskich regionów (dzięki zgodności z NSS):

- Edukacja, przedsiębiorczość i innowacyjność,
- Ciągłe rozwiązywanie problemów środowiskowych,
- Trwały rozwój gospodarczy,
- Lepsza dostępność regionu liniami lotniczymi, drogami i kolejną,
- Wewnątrzregionalna współpraca dla zrównoważonego rozwoju całego regionu.

Po analizie strategii rozwoju regionalnego widoczne są znaczne odstępstwa od wyników regionalnych badań foresightowych przeprowadzonych na tych samych regionach oraz od NPF. Dla przykładu, wskazówki/rekomendacje dla lokalnej administracji płynące z badań foresightowych w regionie małopolskim zostały sformułowane następująco:

- Strategie marketingu turystyki całego regionu oraz poszczególnych gmin powinny być efektywne oraz obustronnie skoordynowane,
- Strategia inwestycyjna w turystykę powinna być skierowana na tani, atrakcyjny oraz komplementarny system usług,
- Lepsza promocja mniej znanych atrakcji regionu,
- Lepsze zawarcie potrzeb turystyki w regionalnym planowaniu przestrzennym,
- Zapewnienie lepszej dostępności regionu z zagranicy,
- Rozwój systemów informacji o turystyce w regionie; informacje zaczerpnięte ze źródeł internetowych lub oparte na doradztwie zindywidualizowym oraz udzielanym osobiście.

W zamieszczonej niżej Tabeli 5.1. podajemy listę branżowych projektów foresight, których częściowe wyniki dostępne są dla zainteresowanych instytucji. Pełne raporty wszystkich projektów zostały przekazane do MNiSW.

Oprócz projektów podanych w Tab. 5.1., w ramach SPO-WKP zrealizowanych zostało osiem projektów foresightu regionalnego ukierunkowanych na technologie zrównoważonego rozwoju. Ponadto w ramach Poddziałania 1.1.1 POIG realizowanych jest obecnie ok. 20 projektów foresightu branżowego – wyniki niektórych z nich powinny być dostępne już w najbliższym czasie. Warto przy tym pamiętać, że instytucje realizujące projekty w ramach POIG 1.1.1. zobowiązane są w umowach z Instytucją Kontraktującą do udostępniania wyników na równych zasadach wszystkim zainteresowanym.

Tabela 5.1. Branżowe projekty foresightowe realizowane w ramach Poddziałania 1.4.5 SPO-WKP.

№	Tytuł projektu	Wartość projektu	Okres realizacji	Strona www	Udostępnione wyniki
1.	Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych	5 300 000 zł	05.2006 – 05.2008	http://www.foresightpolimerowy.pl	Na stronie www: opis projektu, obszary tematyczne
2.	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego	6000000 zł	06.2006 – 05.2008	http://www.igo.wroc.pl/foresight/foresight.html	Na stronie www: schemat zarządzania projektem, wykaz zadań
3.	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego	3 670 000 zł	07.2006 – 06.2008	http://www.foresightweglowy.pl/	Na stronie www: opis i schemat projektu, prezentacje, baza technologii. Ogłoszone drukiem: 16 publikacji, 19 raportów bez danych bibliograficznych (stan 2010.02.16)
4.	Scenariusze rozwoju technologii nowoczesnych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych	3 390 000 zł.	06.2006 – 10.2008	http://www.foresightmat.org , www.nanonet.pl , http://intranet.unipress.waw.pl/FOREMAT	Na stronach www: opis projektu, metodyka, pozycjonowanie technologii, 2.tom raportu, ankiety, narzędzia statystyczne Publikacje: monografia z wynikami projektu
5.	Ocena perspektyw i korzyści z wykorzystania technik satelitarnych i rozwoju technologii kosmicznych w Polsce	1,3 mln zł	01.2006 - 06.2008	http://www.kosmos.gov.pl/index.php?link=94&page=0	Na stronach www: opis projektu, prezentacje, raport I fazy projektu, Katalog zastosowań technik satelitarnych w Polsce
6.	Kierunki rozwoju technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego „Dolina Lotnicza”	298 000 zł	11.2006 - 05.2008	http://www.dolinalotnicza.pl/en/12/12/art21.html	Na stronie www: Opis projektu, lista technologii kluczowych
7.	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce	3 500 000 zł	07.2006 – 06.2008	http://foresight.cuprum.wroc.pl	Na stronie www: Opis projektu, baza technologii z opisami
8.	System monitorowania i scenariusze rozwoju technologii me-	1 980 000 zł	07.2006 – 06.2008	http://biomed.eti.pg.gda.pl/rotm/ed/	Na stronie www: nieaktualne linki do wyników (dostęp 17.02.2010)

	dycznych w Polsce				
9.	Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju	3100000 zł.	12.2005 – 11.2007	http://www.foresightenergetyczny.pl/dokumentacja.html (na stronie głównej informacja o kolejnym projekcie)	Na stronie www: dwa raporty; obecnie na stronie http://www.foresightenergetyczny.pl znajduje się informacja o kolejnym projekcie. Publikacje: dwie monografie

Źródło: Badania własne CNDiP.

Powodem pewnej dezorientacji zespołów zamierzających wykorzystać wyniki polskiego foresightu może być brak spójności branżowych badań foresightowych z rezultatami Narodowego Programu Foresight (NPF) oraz z badaniami regionalnymi. Komitet Sterujący NPF przyjął założenie, iż spójność taka nie jest konieczna, że istotna jest oryginalność, kreatywność, spontaniczność. Jednakże konieczność takiej spójności, szczególnie merytorycznej, wykazywana jest szczególnie w takich dziedzinach, jak energetyka, zasoby naturalne, nowe materiały i technologie, technologie medyczne, kosmiczne, lotnicze, środowiskowe. Poza tym rezultaty Foresightu branżowego mogą mieć kluczowe znaczenie w określeniu przesłanek budowania klastrów czy platform technologicznych, gdzie wskazana jest zgodność z celami Narodowej Strategii Spójności. Zrównoważony rozwój kraju wymaga poza tym spójności z rozwojem regionów, a więc z wynikami foresightu regionalnego.

Dotychczasowy zakres i przebieg realizacji projektów foresightu branżowego w Polsce można podsumować następująco:

- wciąż stosunkowo niewielka liczba projektów branżowych i niewielka liczba branż objętych foresightem,
- dominacja jednostek naukowo-badawczych wśród partnerów (narzucona warunkami konkursu POIG 1.1.1.),
- koncentracja instytucji wiodących w kilku ośrodkach,
- przypadkowy dobór wykorzystywanych metod, często bez wystarczającego uzasadnienia,
- zbliżony czas trwania i horyzont czasowy,
- podobna struktura organizacyjna,
- orientacja na identyfikację kluczowych technologii.

Porównując rezultaty badań foresightowych prowadzonych w Polsce na różnych poziomach z priorytetami w podstawowym programie wsparcia rozwoju innowacji, tj. POIG, trzeba stwierdzić, że zarówno wyniki jak i priorytety nie odbiegają zasadniczo od tych zgłoszonych przez Komisję Europejską w czasach tworzenia Europejskiego Obszaru Badawczego (*European Research Area*, ERA). W szczególności, oś priorytetowa 1 „Badania i rozwój nowoczesnych technologii” obejmuje identyczne grupy

tematyczne, jak te sprzed ponad 10 lat, co stanowi o trwałości i stabilności priorytetów naukowych, które mogą być zastosowane w praktyce.

8. Wnioski

Wykorzystanie wyników badań foresightowych w praktyce nie jest procesem łatwym i wymaga z reguły współpracy instytucji wdrażających ze specjalistami zewnętrznymi. Głównym polem zastosowania rezultatów foresightu w regionach jest planowanie strategiczne, a jego formą najbardziej zbliżoną metodycznie do foresightu jest roadmapping. Możliwe są dwa podstawowe podejścia, które nie muszą być rozłączne:

- Wykorzystanie wyników zewnętrznych badań prowadzonych w skali regionu, branży, czy kraju i w zakresie polityk regionalnych – przykłady takich projektów podaliśmy w sekcjach poprzednich

oraz

- Foresight prowadzony w instytucji wdrażającej, który polega na systematycznym, partycypacyjnym budowaniu wizji konkretnego przedsiębiorstwa lub ich grupy, określeniu kluczowych czynników istotnych w długofalowej strategii jego rozwoju.

W każdym przypadku wykorzystanie wyników foresightu ma na celu wytyczenie strategicznych kierunków działania i inwestowania oraz określa wyzwania przyszłości w zakresie innowacji. Samodzielna realizacja projektów foresightowych wymaga od jednostki samorządu terytorialnego systematycznego gromadzenia danych z przeprowadzanych badań prognostycznych i ścisłej współpracy zaangażowanych jednostek i podmiotów w regionie. W wyniku tych działań powstaje obraz przyszłości regionu i jego otoczenia, składający się z informacji na temat gospodarki, technologii, rynków, konkurencji, klientów i społeczeństwa, który pozwala decydentom na przygotowanie strategicznych decyzji, zapewniając długofalową przewagę konkurencyjną. Te ostatnie najlepiej jest przygotować w postaci planu strategicznego, będącego rezultatem kolejnego procesu, czyli roadmappingu (Skulimowski, 2009). Oba wyżej opisane podejścia wymagają rozbudzenia kreatywności i zarazem ją stymulują, umożliwiając m.in.:

- identyfikację istotnych trendów w otoczeniu, która sprzyja redukcji stopnia ryzyka i niepewności w wykonywanych przedsięwzięciach oraz umożliwia eliminację tych obrazów przyszłości, które są niewłaściwe dla podmiotu wdrażającego rezultaty badań foresightowych,
- opracowanie nowych koncepcji rozwoju regionu i jego możliwości technologicznych,
- ustalenie priorytetów odnośnie szans, zagrożeń i wyzwań,
- przygotowanie informacji i zespołu niezbędnych do zainicjowania procesu roadmappingu.

Warto pamiętać, że każdy proces budowy przyszłej wizji branży czy regionu wymaga z reguły współpracy z wyspecjalizowaną zewnętrzną instytucją doradczą.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. A Practical Guide to Regional Foresight, FOREN, Foresight for Regional Development Network, European Communities 2001, s. 5
- [2]. Adamczyk J. (2001). Koncepcja zrównoważonego rozwoju w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków, s. 112.
- [3]. Albright, R.E., Kappel, T.A. (2003). Roadmapping in the corporation, *Research Technology Management*, Nr 42 (2), s. 31-40.
- [4]. Anderson, J. (1997). Technology Foresight for Competitive Advantage. *Long Range Planning*, vol. 30, nr 5, s. 665-677
- [5]. Ayres R.U. (1973). Prognozowanie rozwoju techniki i planowanie długookresowe, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- [6]. Badecka I., Skonieczny J. (2009). Corporate Foresight jako narzędzie badania przyszłości przedsiębiorstwa.
http://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artyk_pdf_2009/005_Badecka_Skonieczny.pdf
- [7]. Barker, D., Smith, D.J.H. (1995). Technology foresight using roadmaps, *Long Range Planning*, Nr 28(2), s. 21-28
- [8]. Bell W., Mau J.A. (1972, Red.). *The Sociology of the Future*. New York, Harper & Row, s. 21
- [9]. Borodako, K. (2008). Zastosowanie foresightu w antycypowaniu zrównoważonego rozwoju wybranych regionów europejskich. Praca doktorska napisana pod kierunkiem Prof. dr hab. Ewy Okoń-Horodyńskiej, UJ, Kraków, styczeń 2008.
- [10]. Cieślak M. [2005, Red.]. *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, PWN, Warszawa.
- [11]. Foresight kadr nowoczesnej gospodarki. Raport. PARP, Warszawa 2009.
- [12]. Godet M. (1986). Introduction to *la Prospective*: Seven key ideas and one scenario method, *Futures*, vol. 18, s.134-157.
- [13]. Grupp H., Linstone H. A. (1999). National Technology Foresight Activities Around The Globe. Resurrection and New Paradigms, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 60, Special Issue, January 1999.
- [14]. Hond den F., Groevewegen P. (1996). Environmental Technology Foresight: New Horizons for Technology Management, *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 8, nr 1, s. 37.
- [15]. Kahn, H., Wiener, A. (1968) *The Year 2000 (Ihr werdet es Erleben, Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahr 2000)*, Fritz Molden, Wien, Germany.
- [16]. Lenz R.C. Jr. (1962). *Technological Forecasting*, Aeronautical Systems Division, Air Force Systems Command.
- [17]. Linstone H.A., Turoff M. (1975, Red.). *The Delphi Method. Techniques and Applications*. Electronic version © Harold A. Linstone, Murray Turoff, 2002, s. 616.
- [18]. Major E., Asch D., Cordey-Hayes M. (2001). Foresight as a core competence. *Futures* 33, s. 91–107.
- [19]. Meredith J.R., Mantell S.J. Jr. (1995). *Project Management. Fourth Edition*. John Wiley and Sons, New York.
- [20]. Okoń-Horodyńska E. (2007). Foresight w określaniu przyszłości rozwoju gospodarki narodowej, W: S. Borkowska (Red.) *Inwestowanie w kapitał ludzki*. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- [21]. Ollivere, G. (2002). Regional Foresight Governance And Delivery. W: J.P. Gavigan i in. (Red). *The Role of Foresight in the Selection of Research Policy Priorities*. Conference Proceedings, May 13-14 2002. Seville, European Commission, DG JRC-IPTS, Report EUR 20406 EN, lipiec 2002, s. 82-84.

- [22]. Petrick I. J., Echols A.E. (2004). Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions. *Technological Forecasting and Social Change*, Nr 71, s. 81-100.
- [23]. Phaal R. (2002). Foresight Vehicle technology roadmap—technology and research directions for future road vehicles. UK Department of Trade and Industry, URN 02/933.
- [24]. Portal Innowacji. <http://www.pi.gov.pl/default.aspx?docId=2422>
- [25]. Raport finalny Panelu Głównego Zdrowie i Życie, MNiL, Warszawa, czerwiec 2006.
- [26]. Raport Polska 2030. <http://www.Polska2030.pl>
- [27]. Ronde P. (2001). Technological clusters with a knowledge-based principle: evidence form a Delphi investigation in the French case of the life science, *Research Policy*, vol. 30, s. 1041-1057
- [28]. Saritas O., Oner M.A., (2004). Systemic analysis of UK foresight results Joint application of integrated management model and roadmapping. *Technological Forecasting & Social Change*, Nr 71, s. 27–65.
- [29]. Skulimowski A.M.J. (2008). *Application of dynamic rankings to portfolio selection*. W: J. O. Soares, J. P. Pina, M. Catalão-Lopes (Red.) *New developments in financial modelling*, Newcastle : CSP Cambridge Scholars Publishing, 2008. *Proceedings of the 41st Meeting of the Euro Working Group on Financial Modelling: Lisbon, Portugal, November 8–9, 2007*, s. 196–212.
- [30]. Skulimowski A.M.J. (1997). *Methods of Multicriteria Decision Support Based on Reference Sets* W: R. Caballero, F. Ruiz, R.E. Steuer (Red.) *Advances in Multiple Objective and Goal Programming, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 455, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, s. 282-290.
- [31]. Skulimowski A.M.J. (2006). *Framing New Member States and Candidate Countries Information Society Insights*. W: R. Compano i C. Pascu (Red.) „*Prospects For a Knowledge-Based Society In The New Members States And Candidate Countries*, Publishing House of the Romanian Academy, s. 9-51.
- [32]. Skulimowski A.M.J. (2009). *Metody roadmappingu i foresightu technologicznego — Methods of technological roadmapping and foresight*. *Chemic : Nauka-Technika-Rynek*, 42, Nr 5, s. 197–204.
- [33]. Smith R. (1994). Developing foresight: an interview with Sir Dai Rees. *British Medical Journal*, vol. 309, s 324-326.
- [34]. Sprawozdanie z realizacji projektu The Foresight Laboratory of Europe. <http://www.forumgryf.pl/1.php?sr=lczytaj&id=374&m=&dz=aktualnosci&x=0&pocz=0&gr>



JAK STWORZYĆ ALGORYTM USZERELOWANIA OBIEKTÓW ZACHOWUJĄCY APRIORYCZNE PREFERENCJE?

6

Marek Chmielewski¹,
Ignacy Kaliszewski¹,
Dmitry Podkopaev¹

¹ Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk, adresy e-mail: {marek.chmielewski, ignacy.kaliszewski, dmitry.podkopaev}@ibspan.waw.pl



1. Sformułowanie problemu

Rozpatrujemy następujący problem, który często występuje w działalności związanej np. z ustalaniem priorytetów strategicznych, konkursami projektów i podziałem środków. Dany jest zbiór **obiektów**. Każdy obiekt scharakteryzowany jest poprzez wspólny dla wszystkich wariantów zestaw **kryteriów**. **Decydent** (osoba lub grupa osób) ma podjąć **decyzję** polegającą na uszeregowaniu obiektów od obiektu najbardziej preferowanego do obiektu najmniej preferowanego.

Jako przykład rozpatrujemy problem zachowania zgodności uszeregowania projektów w ramach Działania 3.1 PO. Innowacyjna Gospodarka. Przykładowe dane oraz wstępne rozwiązanie zostały przygotowane przez Fundację Progress & Business w ramach projektu. W rozpatrywanym problemie występuje 20 projektów, ocenianych przez ekspertów względem 15 kryteriów. Zatem w tym przypadku obiekty to projekty, atrybuty to oceny ekspertów względem kryteriów, decyzja to uszeregowanie projektów zgodnie z preferencjami decydenta.

Obecnie rozważany tu problem jest najczęściej rozwiązywany za pomocą następującej procedury:

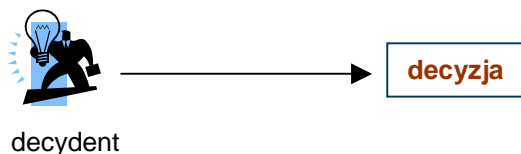
1. Poszczególnym kryteriom nadawane są wagi.
2. Dla każdego obiektu wyliczana jest łączna, liczbowa ocena, agregująca liczbowe oceny względem pojedynczych kryteriów (najczęściej to wyliczona dla danego obiektu suma ważona wartości liczbowych ocen względem pojedynczych kryteriów).
3. Obiekty szeregowane są według wartości agregującej oceny. Przy założeniu, że wszystkie kryteria są typu „im więcej, tym lepiej”, szeregowanie prowadzone jest od wartości największej (obiekt najbardziej preferowany) do najmniejszej (obiekt najmniej preferowany).

Algorytmiczny opis wyżej przedstawionej procedury, uwzględniający proces ustalania wag poszczególnych kryteriów, będziemy nazywali skoringowym **algorytmem podejmowania decyzji**.

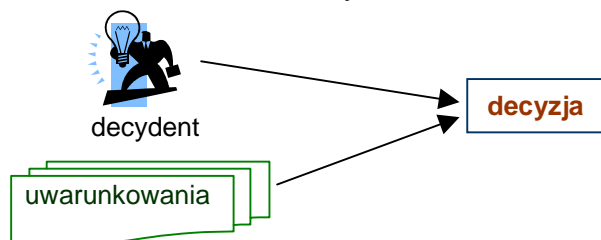
Algorytm podejmowania decyzji powinien odzwierciedlać **preferencje decydenta** względem par obiektów, tzn. jeżeli decydent preferuje obiekt A bardziej niż obiekt B, to obiekt A powinien znaleźć się w uszeregowaniu na pozycji wyższej niż obiekt B.

Zwróćmy uwagę na związek pomiędzy decydentem a decyzją. Procesy podejmowania decyzji dzielimy na **autonomiczne** i **nieautonomiczne**. W procesach autonomicznych decydent w sposób suwerenny steruje przebiegiem procesu. W procesach nieautonomicznych postępowanie uwarunkowane jest dodatkowymi warunkami.

Proces autonomiczny



Proces nieautonomiczny

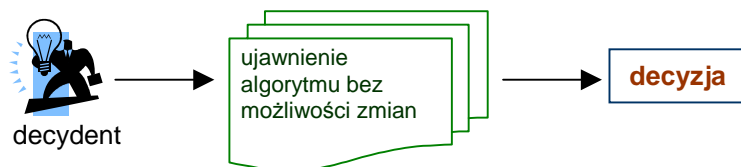


Rys. 6.1. Schemat autonomicznego i nieautonomicznego procesu podejmowania decyzji.

Źródło: Opracowanie własne

Skrajnym przypadkiem procesu nieautonomicznego jest tzw. proces zamrożony, kiedy decydecnt zobowiązany jest podejmować decyzję zgodnie z ujawnionym wcześniej algorytmem.

Proces zamrożony

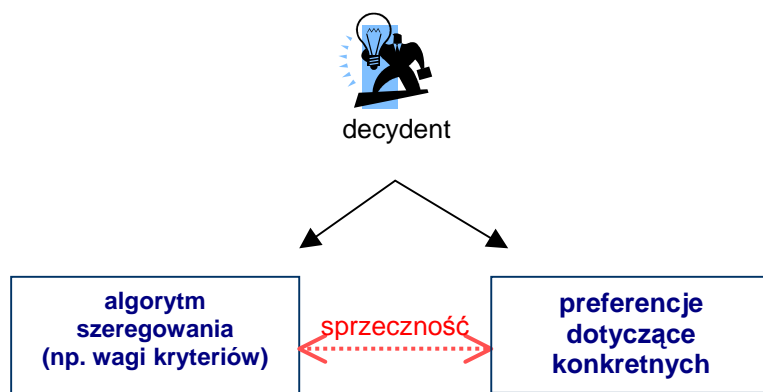


Rys. 6.2. Schemat procesu zamrożonego.

Źródło: Opracowanie własne

Rozstrzygnięcie konkursów projektów to jeden z przykładów procesów zamrożonych.

Decyzja, podjęta w procesie zamrożonym, może być mniej satysfakcjonująca dla decydecnta niż decyzja, podjęta w procesie autonomicznym. Uszeregowanie konkretnych projektów według algorytmu, zaproponowanego przez decydecnta wcześniej, może okazać się sprzeczne z jego preferencjami.



Rys. 6.3. Sprzeczność między preferencjami decydenta a algorytmem szeregującym.

Źródło: Opracowanie własne

Wynika to z istoty dwóch różnych sposobów wyrażania preferencji: a) w sposób jawny (poprzez porównywanie projektów), b) poprzez nadawanie wag poszczególnym kryteriom. Związek pomiędzy wagami a uszeregowaniem nie jest dla decydenta przejrzysty i łatwy do uświadomienia. Poza tym, porządek wynikający z algorytmu podejmowania decyzji może być wrażliwy na nieznaczne zmiany wag.

2. Analiza rankingu projektów Działania 3.1 POIG

Zilustrujemy to na przykładzie uszeregowania projektów przy pomocy tzw. sumy ważonej. Tabela poniżej zawiera dane dla czterech najbardziej preferowanych (w sensie sumy ważonej) projektów. W Tabeli są podane przykładowe wagi kryteriów zaproponowane przez ekspertów Fundacji Progress & Business, wartości ocen punktowych projektów względem poszczególnych kryteriów i sumy ważone wartości liczbowych ocen względem pojedynczych kryteriów (w tym przypadku im więcej punktów, tym lepiej), stanowiące podstawę do uszeregowania projektów.

Tabela 6.1. Przykładowe wagi kryteriów.

Wnioskodawca Projektu	Wagi kryteriów	SpeedUp IQbator Sp. z o.o.	Fundacja "Nowe Media"	IQ Advisors Sp. z o.o.	ARR ARLEG S.A.
Projekt przewiduje kompleksowe merytoryczne wsparcie (tj. szkolenia, doradztwo i udzielanie informacji) w zakresie zakładania i zarządzania przedsiębiorstwem.	0,03	90	80	95	90
Proponowane usługi wsparcia są odpowiednio dobrane do potrzeb grupy docelowej (czy skompletowana jest wykwalifikowana kadra konsultantów, jaki jest poziom dostępności punktu informacyjnego).	0,02	90	85	80	80
Jaki jest poziom innowacyjności proponowanych usług wsparcia (czy i w jakim stopniu projekt przewiduje wykorzystanie ICT, np.. E-learning, videokonsultacje)?	0,02	90	90	80	85
W jakim stopniu priorytety strategii preinkubacji wykorzystują doświadczenia z dotychczasowej działalności Wnioskodawcy?	0,04	95	90	80	75
W jakim stopniu Wnioskodawca jest w stanie wykorzystać metodykę zawartą w strategii preinkubacji?	0,02	90	90	85	80
Metodyka zawarta w strategii preinkubacji jest naturalną kontynuacją prowadzonych do tej pory działań Wnioskodawcy w zakresie poszukiwania, oceny oraz wyboru innowacyjnych pomysłów czy też przedsięwzięć do inkubacji.	0,02	90	80	80	85
Wnioskodawca zapewnia wsparcie doradcze w zakresie testowania i wprowadzania nowej technologii na rynek (aspekty prawne, techniczne, ustanowienie kanałów dystrybucji, etc.).	0,12	90	90	90	85
Wskaźniki produktu i rezultatu są obiektywnie weryfikowalne, odzwierciedlają założone cele projektu, adekwatne dla danego rodzaju projektu.	0,08	92	90	90	85
Strategia dotycząca wejścia kapitałowego określa minimalny, nie mniejszy niż 50% udział kapitału prywatnego w realizacji drugiej części projektu (wejścia kapitałowego w nowopowstałe przedsiębiorstwo),	0,05	100	100	100	100

Przewidziane w projekcie działania informacyjno-promocyjne upowszechniające wiedzę dotyczącą działalności inkubatora są spójne oraz adekwatne do zakresu projektu	0,03	100	100	100	95
W wyniku realizacji projektu zwiększy się liczba przedsiębiorstw działających w oparciu o innowacyjne przedsięwzięcia	0,05	95	95	95	95
Doswiadczenie wnioskodawcy (dotychczasowa działalność wnioskodawcy jako inkubatora, w tym inkubatora przedsiębiorczości akademickiej, centra transferu technologii i innowacji, akceleratora technologii lub parku naukowo-technologicznego)	0,02	80	80	80	80
Wnioskodawca zapewnia potencjał finansowy, techniczny i organizacyjny niezbędny do realizacji projektu	0,2	100	100	95	80
Osoby zaangażowane w realizację projektu posiadają doświadczenie (minimum 2 lata) i niezbędne kwalifikacje w zakresie dokonywania analizy i komercjalizacji projektów innowacyjnych lub doświadczenie w dokonywaniu inwestycji w spółki sektora mikro, małych i średnich przedsiębiorców (w tym również wyjścia z inwestycji)	0,15	100	80	90	100
Osoby zaangażowane w realizację projektu posiadają wiedzę w zakresie wdrażania wyników prac B+R lub transferu technologii, oraz znajomość branż w których planuje się specjalizować prowadząc działalność inkubującą	0,15	95	90	85	90
Suma ważona kryteriów		95,46	90,75	90,15	88

Pierwszy projekt ma przewagę lub jest nie gorszy niż pozostałe trzy projekty względem wszystkich kryteriów z jednym wyjątkiem: trzeci projekt ma przewagę nad pierwszym względem pierwszego kryterium. Zmiana wag będzie zatem prawdopodobnie zachowywała przewagę pierwszego projektu. Jednak dla pozostałych trzech projektów sytuacja nie jest tak jednoznaczna. Nietrudno wskazać wagi kryteriów, które nieznacznie różnią się od początkowych wag, ale wynikający z tego porządek 2–4 projektów jest odwrotny.

Tabela 6.2. Zmiana wag kryteriów.

Kryteria	Początkowe wagi	Nowe wagi
Projekt przewiduje kompleksowe merytoryczne wsparcie (tj. szkolenia, doradztwo i udzielanie informacji) w zakresie zakładania i zarządzania przedsiębiorstwem	0,03	0,015
Proponowane usługi wsparcia są odpowiednio dobrane do potrzeb grupy docelowej (czy skompletowana jest wykwalifikowana kadra konsultantów, jaki jest poziom dostępności punktu informacyjnego).	0,02	0,02
Jaki jest poziom innowacyjności proponowanych usług wsparcia (czy i w jakim stopniu projekt przewiduje wykorzystanie ICT, np.. E-learning, wideokonsultacje).	0,02	0,035
W jakim stopniu priorytety strategii preinkubacji wykorzystują doświadczenia z dotychczasowej działalności Wnioskodawcy?	0,04	0,02
W jakim stopniu Wnioskodawca jest w stanie wykorzystać metodykę zawartą w strategii preinkubacji?	0,02	0
Metodyka zawarta w strategii preinkubacji jest naturalną kontynuacją prowadzonych do tej pory działań Wnioskodawcy w zakresie poszukiwania, oceny oraz wyboru innowacyjnych pomysłów/przedsięwzięć do inkubacji.	0,02	0,04
Wnioskodawca zapewnia wsparcie doradcze w zakresie testowania i wprowadzania nowej technologii na rynek (aspekty prawne, techniczne, ustanowienie kanałów dystrybucji, etc.).	0,12	0,1
Wskaźniki produktu i rezultatu są obiektywnie weryfikowalne, odzwierciedlają założone cele projektu, adekwatne dla danego rodzaju projektu.	0,08	0,06
Strategia dotycząca wejścia kapitałowego określa minimalny, nie mniejszy niż 50% udział kapitału prywatnego w realizacji drugiej części projektu (wejścia kapitałowego w nowopowstałe przedsiębiorstwo).	0,05	0,05
Przewidziane w projekcie działania informacyjno-promocyjne upowszechniające wiedzę o działalności inkubatora są spójne i adekwatne do zakresu projektu.	0,03	0,01
W wyniku realizacji projektu zwiększy się liczba przedsiębiorstw działających w oparciu o innowacyjne przedsięwzięcia.	0,05	0,05
Doświadczenie wnioskodawcy (dotychczasowa działalność wnioskodawcy jako inkubatora, w tym inkubatora przedsiębiorczości akademickiej, centra transferu technologii i innowacji, akceleratora technologii lub parku naukowo-technologicznego).	0,02	0,02
Wnioskodawca zapewnia potencjał finansowy, techniczny i organizacyjny niezbędny do realizacji projektu.	0,2	0,14
Osoby zaangażowane w realizację projektu posiadają doświadczenie (minimum 2 lata) i niezbędne kwalifikacje w zakresie dokonywania analizy i komercjalizacji projektów innowacyjnych lub doświadczenie w dokonywaniu inwestycji w spółki sektora mikro, małych i średnich przedsiębiorców (w tym również wyjścia z inwestycji).	0,15	0,2
Osoby zaangażowane w realizację projektu posiadają wiedzę w zakresie wdrażania wyników prac B+R lub transferu technologii, oraz znajomość branż w których planuje się specjalizować prowadząc działalność inkubującą.	0,15	0,17



Tabela 6.3. Wpływ zmiany kryteriów na szeregowanie projektów

<i>Wnioskodawca Projektu</i>	<i>Fundacja "Nowe Media"</i>	<i>IQ Advisors Sp. z o.o.</i>	<i>ARR ARLEG S.A.</i>
Suma ważona początkowa	90,75	90,15	88
Suma ważona z nowymi wagami	83,10	83,12	83,22

Żeby wyeliminować negatywne skutki podejmowania decyzji w procesie zamrożonym, proponujemy następujący rozszerzony schemat działań, wspomagających podejmowanie decyzji w procesie zamrożonym:

- 1) Przeprowadzenie procesu podejmowania decyzji w sposób autonomiczny, kiedy decydent stworzy uszeregowanie odpowiadające jego preferencjom, tworząc jednocześnie algorytm tego uszeregowania.
- 2) Stworzony algorytm jest następnie wykorzystywany do podejmowania decyzji w procesie zamrożonym.

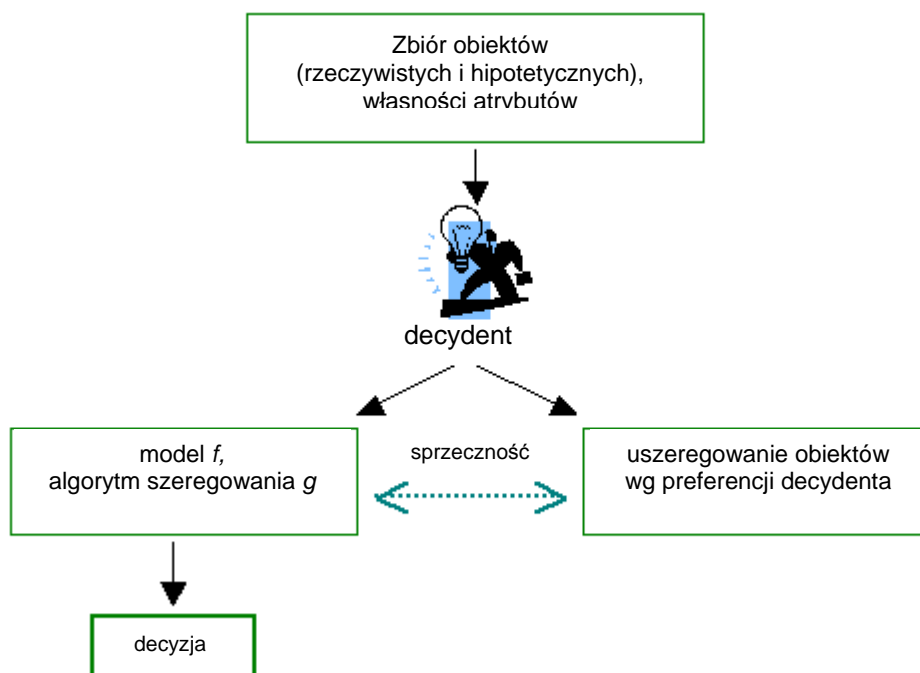


Rys. 6.4. Schemat obrazujący wykorzystanie algorytmu szeregowania w podejmowaniu decyzji w procesie zamrożonym.

Źródło: Opracowanie własne

Proces autonomiczny jest wstępny i służy jedynie uzgodnieniu algorytmu uszeregowania z preferencjami decydenta (por. Rys. 6.5).

Obiektami uszeregowania mogą być obiekty rzeczywiste występujące w danym problemie decyzyjnym lub też obiekty będące w danym problemie obiektami jedynie hipotetycznie. Ważne jest, aby właściwości obiektów były jak najbardziej zróżnicowane, co pozwoliłoby decydentowi zapoznać się z różnorodnymi możliwymi sytuacjami wyboru i uwzględnić je, stwarzając algorytm podejmowania decyzji.



Rys. 6.5. Proces podejmowania decyzji przy uzgodnieniu algorytmu szeregowania z preferencjami decydenta.

Źródło: Opr. własne

W podrozdziale czwartym szczegółowo opisujemy interaktywny schemat procesu autonomicznego. Jedną z cech wyróżniających ten schemat jest to, że podczas fazy procesu autonomicznego decydent nie tylko konstruuje algorytm szeregowania, lecz także wybiera zestaw kryteriów wykorzystywanych do oceny obiektów. Ten zestaw kryteriów będziemy nazywali tu **modelem**.

3. Oznaczenia i definicje

Niech:

X_0 – skończony **zbiór obiektów**

f_1, f_2, \dots, f_k – **kryteria** typu „im więcej tym lepiej”

$f_i(x)$ – **atrybut** i dla obiektu x , gdzie $i \in \{1, 2, \dots, k\}$, $x \in X_0$

$f = (f_1, f_2, \dots, f_k)$

$f(x)$ – **ocena** obiektu x , tj. wektor jego atrybutów

Wielokryterialny problem podejmowania decyzji ma następującą postać (por. Skulimowski, Rozdział 1 niniejszego Raportu):

$$\text{„max” } f(x)$$

$$x \in X_0 \subseteq X$$

$$f: X \rightarrow \mathbf{R}^k$$

$$k \geq 2$$

Algorytm szeregowania to funkcja skalaryzująca:

$$g_\lambda: \mathbf{R}^k \rightarrow \mathbf{R},$$

gdzie λ to zestaw parametrów tj funkcji.

Na przykład, $g_\lambda(f(x)) = \lambda_1 \cdot f_1(x) + \lambda_2 \cdot f_2(x) + \dots + \lambda_k \cdot f_k(x)$ to funkcja zwana „suma ważona”, wtedy parametry nazywane są wagami.

Obiekty są szeregowane według wartości funkcji g_λ :

jeżeli $g_\lambda(f(x)) > g_\lambda(f(x'))$, to x jest bardziej preferowany niż x' .

Preferencje decydenta zadawane są w sposób jawny poprzez pewną **relację** na zbiorze obiektów: wzór $x \gg_P x'$ oznacza, że obiekt x jest bardziej preferowany niż x' wg pewnej relacji P .

Niech dla dwóch relacji, P i Q , i dla każdej pary obiektów x, x' , spełniony jest następujący warunek:

jeżeli $x \gg_Q x'$ to $x \gg_P x'$.

Wtedy mówimy, że relacja P jest **zgodna** z relacją Q , czyli $\gg_Q \subseteq \gg_P$.

Wprowadzimy **relację dominacji** (wg Pareto):

$$x \gg_{x_0} x', \text{ (} x \text{ dominuje } x',$$

$$\text{jeżeli } f(x) \geq f(x') \text{ oraz } f_i(x) > f_i(x') \text{ dla pewnego } i.$$

Z punktu widzenia logiki możemy założyć, że w przypadku, gdy projekt x dominuje projekt x' , projekt x jest bardziej preferowany z punktu widzenia każdego decydenta. Powinien być zatem wyżej w uszeregowaniu niż x' przy dowolnym algorytmie szeregowania. Używając naszej terminologii, formułujemy ten wniosek w sposób następujący: *relacja, zadająca preferencje decydenta, powinna być zgodna z relacją dominacji.*

4. Interaktywny schemat konstruowania modelu i algorytmu szeregowania obiektów

Prezentowany przez nas interaktywny schemat składa się z sześciu kroków:

Krok 1. Uporządkowanie bazowe. Porównując parami wybrane obiekty (z pewnego zbioru $A \subseteq X_0$), decydent określa relację \gg_A porządkującą zbiór A .

To tzw. bezwzględna relacja, która wg decydenta powinna się spełniać przy dowolnym uszeregowaniu. Relacja ta jest silniejsza niż relacja dominacji w tym sensie, że relacja dominacji powinna być zgodna z relacją \gg_A . Jeżeli więc decydent wybrał $x \gg_A x'$, to z modelu powinno się usunąć te kryteria, które oceniają projekt x' lepiej niż x . Relacja \gg_A będzie wykorzystywana podczas wyboru kryteriów w kroku 3.

Krok 2. Analiza. Uszeregowania obiektów ze zbioru X_0 , zgodne z relacją \gg_A , prezentowane są decydentowi.

Podczas analizy decydent może wrócić do poprzedniego kroku, żeby zmienić przeprowadzone tam ustalenia. Jeżeli liczba uszeregowień jest zbyt duża, to możliwe, że decydentowi prezentowana jest ta liczba (lub jej ocena), a nie same uszeregowania. Uwaga ta dotyczy również kroków 4 i 6.

Krok 3. Dobór modelu. Ze zbioru dostępnych kryteriów wybierany jest podzbiór kryteriów taki, że relacja dominacji \gg_{X_0} na zbiorze X_0 względem tych kryteriów jest zgodna z relacją \gg_A ($\gg_A \subseteq \gg_{X_0}$)

Do uzgodnienia zestawu kryteriów z relacją dominacji wykorzystywana jest tzw. **macierz niezgodności**. Jej wiersze odpowiadają parom obiektów ze wskazaną preferencją, a kolumny kryteriom. Element macierzy leżący na przecięciu kolumny i wiersza jest równy jeden, jeżeli bardziej preferowany obiekt jest nie gorszy pod względem odpowiedniego kryterium. Aby spełniony był warunek zgodności, decydent wprowadzi do modelu tylko te kryteria, dla których w kolumnie wszystkie elementy przyjmują wartość 1.

Krok 4. Analiza. Uszeregowania obiektów ze zbioru X_0 , zgodne z relacją \gg_{X_0} , prezentowane są decydentowi.

Krok 5. Konstruowanie algorytmu zgodnego z preferencjami decydenta. Porównując parami wybrane oceny (istniejących czy wymyślonych obiektów, pewny podzbiór $T \subseteq \mathbf{R}^k$), decydent wyraża swoje preferencje określając relację \gg_T porządkującą zbiór T . Ta relacja powinna być zgodna z relacją dominacji na T ($\gg_T \subseteq \gg_{TX_0}$).

Żeby algorytm szeregowania był zgodny z preferencjami decydenta, wystarczy wskazać dowolny wektor parametrów $\lambda \in \Lambda$, gdzie Λ to zbiór odpowiadający układowi nierówności:

$$\begin{aligned} g_\lambda(y^1) &> g_\lambda(y^2), \\ g_\lambda(y^3) &> g_\lambda(y^4), \end{aligned}$$

...

gdzie $y^1 \gg_T y^2$, $y^1 \gg_T y^2$, ... to wszystkie elementy relacji \gg_T .

Na przykład, jeżeli $g_\lambda(y) = \lambda_1 \cdot y_1 + \lambda_2 \cdot y_2 + \dots + \lambda_k \cdot y_k$, to układ nierówności ma następującą postać:

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i (y_i^1 - y_i^2) > 0,$$

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i (y_i^3 - y_i^4) > 0,$$

...

gdzie $y^1 \gg_T y^2$, $y^1 \gg_T y^2$,

Są różne sposoby ustalenia konkretnego wektora parametrów λ :

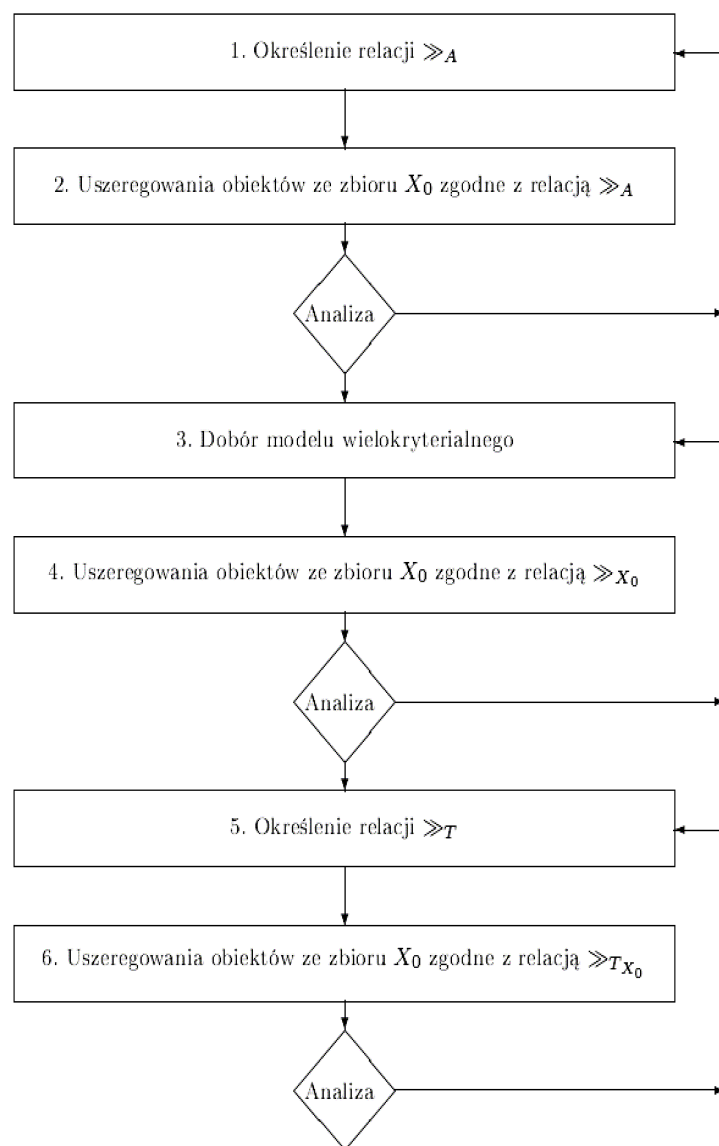
- to „punkt centralny”, który znajduje się najdalej od granic zbioru Λ ;
- wyznaczanie konkretnych uszeregowień zgodnych z preferencjami decydenta, analiza stabilności;
- monitorowanie zbioru Λ przy dodawaniu kolejnych \gg_T i informowanie decydenta o niezgodności;
- jeżeli $\Lambda = \emptyset$, to regularyzacja systemu nierówności.

Krok 6. Analiza. Dopuszczalne uszeregowania obiektów ze zbioru X_0 , tj. uszeregowania zgodne z relacją \gg_{TX_0} , prezentowane są decydentowi.

W przedstawionym na rysunku 6.6. schemacie przewidziana jest możliwość po każdej analizie wrócić do dowolnego poprzedniego kroku, żeby wprowadzić korekty.

Cechą charakterystyczną schematu jest to, że pomimo algorytmu szeregującego, zgodnego z preferencjami decydenta, ustalany jest zestaw kryteriów, służących do oceny obiektów. Kryteriami mogą być jak oceny ekspertów, tak i sztuczne kryteria, takie jak agregowane podzbiory kryteriów.

Schemat opiera się na istniejące metody i może być zrealizowany przy użyciu istniejących platform komputerowych. Każda realizacja Schematu powinna być adaptowana do rozwiązania konkretnego zadania podejmowania decyzji.



Rys. 6.6. Schemat konstruowania modelu i algorytmu szeregowania obiektów (1)

Źródło: Opracowanie własne

5. Inne funkcje skalaryzujące w algorytmach szeregowania

Funkcja skalaryzująca „suma ważona” używana jest praktycznie we wszystkich publicznych procedurach wyboru, związanych z ustalaniem priorytetów strategicznych, konkursami projektów i podziałem środków. Jednak warto zwrócić uwagę na jej istotną wadę, która podważa stosowność tej funkcji w wymienionych procedurach.

Zilustrujemy tę wadę, rozpatrując sytuację wyboru najlepszego projektu spośród kilku projektów na podstawie ocen ekspertów. Jak i powyżej, będziemy używali danych źródłowych, przygotowanych przez Fundację Progress & Business w ramach Działania 3.1 PO Innowacyjna Gospodarka z priorytetami strategicznymi NRPO. Dane kilku wybranych projektów, ocenionych przez dwa wybrane kryteria, przedstawione są w następującej tabeli:

Tabela 6.4. Ocena wybranych projektów zgodnie z wybranymi kryteriami.

Kryteria	Wnioskodawca Projektu					
	1) Bielski Park Technologiczny Lotnictwa, Przedsiębiorczości i Innowacji	2) Wrocławski Medyczny Park Technologiczny	3) Małopolska Agencja Rozwoju Regionalnego	4) Krakowski Park Technologiczny	5) Agencja Rozwoju Pomorza	6) Akademickie Inkubatory Przedsiębiorczości
W wyniku realizacji projektu zwiększy się liczba przedsiębiorstw działających w oparciu o innowacyjne przedsięwzięcia	90	85	100	80	85	75
Metodyka zawarta w strategii preinkubacji jest naturalną kontynuacją prowadzonych do tej pory działań Wnioskodawcy w zakresie poszukiwania, oceny oraz wyboru innowacyjnych pomysłów lub przedsięwzięć do inkubacji	75	70	70	80	75	85

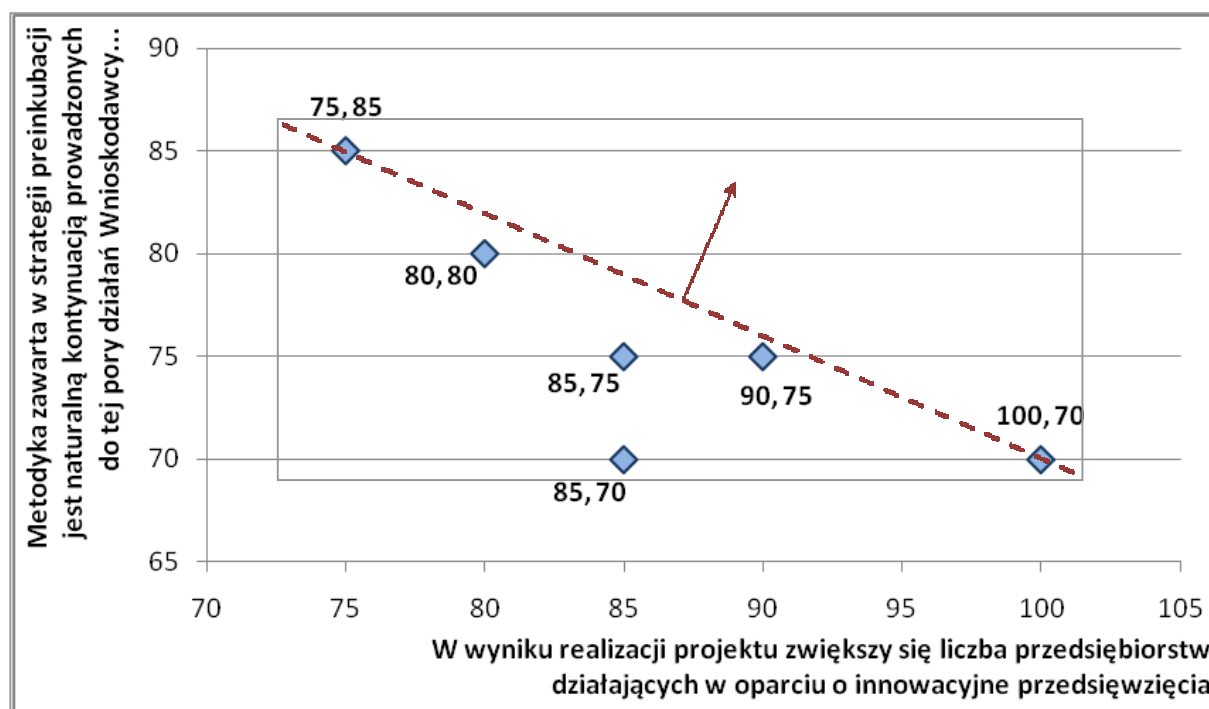
Pierwsze kryterium to ocena możliwego efektu od realizacji projektu, wyrażonego przez oszacowanie wpływu na powstawanie nowych przedsiębiorstw. Drugie kryterium to pośrednie oszacowanie ryzyka: im więcej istota projektu odpowiada doświadczeniu Wnioskodawcy, tym większa jest wiarygodność tego, że projekt zaowocuje sukcesem.

Oceny projektów przedstawione są na Rys. 6.7. Dwie osie odpowiadają dwóm kryteriom; każdy z projektów przedstawiony jest jako punkt w danym układzie współrzędnych.

Projekt przedstawiony przez trzeciego wnioskodawcę (Małopolska Agencja Rozwoju Regionalnego) ma oceny (100, 75). Zatem projekt wygląda na bardzo efektywny, ale

wiążący się z pewnym ryzykiem. Projekt przedstawiony przez piątego wnioskodawcę (Akademiczne Inkubatory Przedsiębiorczości) ma oceny (75, 85): oczekiwany efekt jest najmniejszy spośród wszystkich projektów, jednak doświadczenie organizacji daje podstawy ocenić projekt jako najbardziej wiarygodny.

Na Rys. 6.7. pokazana również warstwica funkcji skalaryzującej „suma ważona” w przypadku, gdy oba wymienione projekty mają największą wartość tej funkcji spośród wszystkich. Jak nietrudno zauważyć, przy dowolnych wartościach wag żaden z pozostałych projektów nie może dostarczać maksimum tej funkcji. Więc używając tylko metody „sumy ważonej”, niezależnie od swoich preferencji decydent nigdy nie wybierze rozwiązania kompromisowego, tzn. projektu z ocenami (80, 80) lub (90, 75).



Rys. 6.7. Schemat konstruowania modelu i algorytmu szeregowania obiektów (2)

Źródło: Opracowanie własne

Opisana waga „sumy ważonej” jako funkcji skalaryzującej formalnie polega na tym, że tylko oceny, należące do otoczki wypukłej wszystkich ocen, mogą być rozwiązaniami problemu. Dlatego we współczesnej optymalizacji wielokryterialnej dużo częściej stosuje się następującą funkcję skalaryzującą, która jest uogólnionym wariantem tzw. funkcji Czebyszewa (por. np. Kaliszewski, 2004):

$$h_{\lambda, \rho}(y) = \lambda_i \max_i \left((y_i^* - y_i) + \rho \sum_j (y_j^* - y_j) \right),$$

gdzie $y=f(x)$, $x \in X_0$; ρ oraz λ_i , $i \in \{1, 2, \dots, k\}$ to parametry, zaś y^* to taki wektor w przestrzeni ocen, którego elementy mają wartości większe niż każdej oceny.

Zaletą tej funkcji jest to, że dowolna ocena efektywna (nie zdominowana przez żadną inną ocenę) może być wybrana przez decydenta jako najlepsza ocena poprzez rozwiązanie problemu skalaryzowanego (przy odpowiednio dobranych parametrach). Zatem używanie tej funkcji daje więcej elastyczności w ustaleniu najbardziej preferowanego uszeregowania.

Przedstawiony w podrozdziale 4 interaktywny schemat opracowany jest również w przypadku, gdy uogólniona funkcja Czebyszewa wykorzystywana jest jako algorytm szeregowania (patrz Chmielewski i in. [1]–[3]). Ponieważ ta funkcja jest bardziej skomplikowana i mniej rozpowszechniona w rozpatrywanych tu zagadnieniach, dalsza praca powinna polegać na opracowywaniu interpretacji i metodologii stosowania tej funkcji w problemach wyboru i rankingu, związanych z ustalaniem priorytetów strategicznych, konkursami projektów, podziałem środków i in.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. Chmielewski M. (2008). Ekstrapolacja częściowych preferencji w problemie szeregowania obiektów. IBS PAN, Warszawa.
- [2]. Chmielewski M., Kaliszewski I., Sobczak E. (2008). Wielokryterialne szeregowanie gmin z wykorzystaniem systemu SWPD. *Badania Operacyjne i Systemowe: Decyzje, Gospodarka, Kapitał Ludzki i Jakość*. J.W. Owsiniński, Z. Nahorski, T. Szapiro (Wyd.). Instytut Badań Systemowych, s. 81-90.
- [3]. Chmielewski M., Kaliszewski I. (2008). Multiple Criteria Decision Making in frozen decision processes, W: *Multiple Criteria Decision Making*. Trzaskalik T. (Red.), Akademia Ekonomiczna im. Karola Adamieckiego w Katowicach.
- [4]. Kaliszewski, I. (2004). Out of the mist – towards decisions-maker-friendly multiple criteria decision making support. *EJOR*, Nr 158, s. 293-307.
- [5]. Skulimowski, A.M.J. (2009). Metody szeregowania i wyboru portfeli projektów w problemach decyzyjnych z preferencjami regionalnymi. *Niniejszy Raport, Rozdział 4*, s. 64-83.
- [6]. Skulimowski, A.M.J. (2009). Zastosowanie metody zbiorów odniesienia do wspomagania decyzji i konstrukcji wielokryterialnych rankingów w projektach związanych z realizacją Narodowej Strategii Spójności. *Niniejszy Raport, Rozdział 3*, s. 43-63.

Wykaz skrótów

AGH	Akademia Górniczo-Hutnicza
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
B+R	Badania i Rozwój
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
CBA	Cost-Benefit Analysis
CBR	Centrum Badawczo-Rozwojowe
CNDiP	Centrum Nauk o Decyzji i Prognozowania
DEA	Data Envelopment Analysis
DG JRC	Directorate-General Joint Research Centre
EFS	Europejski Fundusz Społeczny
ERA	European Research Area (Europejski Obszar Badawczy)
ERDF	European Regional Development Fund (Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego)
ESTO	European Science and Technology Observatory
ETEPS	European Techno-Economical Policy Support Network
EU	European Union
FISTERA	Foresight of the Information Society in European Research Area
FK	foresight korporacyjny
FOREN	Foresight for Regional Development Network
FTA	Future-oriented Technology Analysis
ICT	Information Communication Technologies
IFAC	International Federation of Accountants
IPTS	Institute for Prospective Technological Studies
IT	Information Technologies
JBR	Jednostka badawczo-rozwojowa
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
MG	Ministerstwo Gospodarki
MNiI	Ministerstwo Nauki i Informatyzacji
MRR	Ministerstwo Rozwoju Regionalnego
NISTEP	National Institute of Science and Technology Policy
NPD	New Product Development
NPF	Narodowy Program Foresight
NSRR	Narodowa Strategia Rozwoju Regionalnego
NSS	Narodowa Strategia Spójności
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OR	Operations Research
OW	optymalizacja wielokryterialna
OZE	odnawialne źródła energii
P&BF	Progress & Business Foundation
PEST	Polityczno – Ekonomiczno – Społeczno – Technologiczne (czynniki)
POIG	Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka
POKL	Program Operacyjny Kapitał Ludzki
PROW	Program Rozwoju Obszarów Wiejskich
PWE	Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne
PWN	Polskie Wydawnictwo Naukowe
R&D	Research and Development



RIS	Regional Innovation Strategy
ROB	Regionalne ośrodki naukowo-badawcze
RSI	Regionalna Strategia Innowacji
RSSI	Regionalna Szerokopasmowa Sieć Informacyjna
RTDI	Research, Technological Development and Innovation
SCI	Science Citation Index
SPO-WKP	Sektorowy Program Operacyjny Wzrost Konkurencyjności Przedsiębiorstw
STEM	Step Method
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
SWOTC	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats, Challenges
TCOWS	Threats, Challenges, Opportunities, Weaknesses, Strengths
TZ	Turystyka zrównoważona
UE	Unia Europejska
UJ	Uniwersytet Jagielloński
UK	United Kingdom
URN	Uniform Resource Name
UTA	additive utility approach
WIUB	Wiedzo-intensywne usługi biznesowe
Wydział EAIiE	Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki
ZRP	Zrównoważony Rozwój Polski

