

Politechnika Szczecińska
Wydział Informatyki

ROZPRAWA DOKTORSKA
mgr inż. Bartłomiej Małachowski

**Zintegrowany model podejmowania decyzji
o doborze kompetentnych partnerów
do projektu badawczego**

Promotor rozprawy:
prof. dr hab. inż. Oleg Zaikin

Spis treści

Wstęp	4
1. Charakterystyka europejskich programów finansowania badań naukowych	7
1.1. Formy wspierania przedsięwzięć badawczych na przykładzie 7. PR.....	12
1.1.1. Programy szczegółowe	12
1.1.2. Systemy wsparcia działań	16
1.1.3. Kryteria oceny wniosków	18
1.2. Procedury ogłaszania zaproszeń oraz składania i selekcji wniosków	23
1.2.1. Zasady ogłaszania zaproszeń do składania wniosków	23
1.2.2. Procedura tworzenia konsorcjum projektowego.....	25
1.2.3. Procedury oceny i selekcji wniosków.....	27
1.3. Koncepcja metody wspomagającej koordynatora w procesie tworzenia konsorcjum projektowego.....	31
2. Metody modelowania kompetencji.....	36
2.1. Znaczenie pojęcia kompetencji.....	36
2.2. Standardy kompetencji	40
2.3. Model kompetencji dla zarządzania projektem	44
2.4. Matematyczne modele kompetencji	47
2.4.1. Reprezentacja kompetencji jako zbioru klasycznego	47
2.4.2. Metody analizy kosztu rozszerzania kompetencji	48
2.4.3. Rozmyte zbiory kompetencji	50
2.4.4. Metody analizy kosztu rozszerzania rozmytych zbiorów kompetencji ...	53
2.5. Metoda ilościowej oceny kompetencji zespołu do wykonania zadania	56
3. Metoda wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do pakietów prac w projekcie.....	59
3.1. Podejścia do rozwiązania problemu przyporządkowania zespołów do pakietów prac w projekcie	59
3.2. Metody wielokryterialnej analizy decyzyjnej.....	62
3.3. Koncepcja metody wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do pakietów prac projektu.....	69
3.4. Preselekcja zespołów do pakietów prac.....	73

3.5. Redukcja wariantów przyporządkowania zespołów do pakietów prac projektu	74
3.5.1. Wymogi kompetencyjne stawiane konsorcjom	75
3.5.2. Wymogi formalne stawiane konsorcjom	80
3.6. Wielokryterialna analiza decyzyjna wariantów przyporządkowania	81
3.6.1. Metoda analitycznej hierarchizacji (AHP)	81
3.6.2. Kryteria decyzyjne	82
3.6.3. Uzasadnienie wyboru metody AHP do rozwiązania postawionego problemu decyzyjnego	84
4. Metoda podziału nakładów czasu pracy pomiędzy uczestników projektu	92
4.1. Problem podziału nakładów czasu pracy w projekcie	92
4.2. Metoda podziału czasu pracy w oparciu o teorię gier	100
5. Przykład demonstrujący opracowaną metodę.....	105
5.1. Opis struktury podziału prac analizowanego projektu	105
5.2. Przyjęte ograniczenia i kryteria decyzyjne	108
5.3. Charakterystyka zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie.....	110
5.4. Analiza kompetencji zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie ..	111
5.5. Preselekcja zespołów do zadań.....	131
5.6. Redukcja liczby wariantów konsorcjum.....	132
5.7. Podział nakładów czasu pracy i określenie podziału budżetu	138
Zakończenie	143
Spis tablic.....	146
Spis rysunków	149
Literatura.....	150

Wstęp

Projekty realizowane we współpracy obok badań własnych realizowanych samodzielnie przez uczelnie wyższe i jednostki badawcze są jedną z podstawowych form prowadzenia badań naukowych. Szczególnie w kontekście europejskim zyskują one na wadze, ze względu na ich silne wspieranie przez Komisję Europejską, dla której stanowią główny mechanizm finansowania badań w zróżnicowanej przestrzeni naukowej. Z punktu widzenia Komisji Europejskiej dążącej do realizacji strategii Lizbońskiej, w myśl której obszar Unii Europejskiej ma stać się najbardziej innowacyjną i konkurencyjną gospodarką na świecie, projekty badawcze wydają się być idealnym środkiem do osiągnięcia tych celów. Łączenie się wielu zespołów bądź nawet pojedynczych badaczy w zespoły projektowe zapewnia wypełnienie jednego z głównych priorytetów stawionych przez KE, a mianowicie integrację rozproszonych i zróżnicowanych środowisk naukowych. Jednakże z punktu widzenia projektów badawczych integracja środowisk naukowych nie może być celem samym w sobie, tym bardziej że istnieją skuteczniejsze instrumenty ją zapewniające, takie jak np. tematyczne sieci współpracy. Projekty badawcze, nawet w kontekście europejskim, gdzie aspekt integracji środowisk jest bardzo istotny, to przede wszystkim innowacyjne wyniki w postaci patentów, nowych produktów, technologii bądź dokonań w dziedzinie nauk fundamentalnych. KE przeznacza na badania i rozwój bardzo duże środki w postaci szeregu programów finansowania z Programem Ramowym na czele (ok. 50 mld EUR na lata 2007 – 2013). Pomimo zaangażowania tak dużych środków uzyskanie finansowania na badania nie jest łatwe, gdyż premiowane są wyłącznie projekty najlepiej spełniające kryteria przyjęte przez instytucję finansującą. Kryteria te mogą być bardzo różne w zależności od instytucji i programu finansowania. W związku z tym przed potencjalnym koordynatorem projektu aplikującym o grant na badania pojawia się problem stworzenia konsorcjum wykonawców, w taki sposób, aby możliwie najlepiej wypełnić wszystkie stawiane kryteria. Na tym właśnie zagadnieniu skupia się niniejsza praca. Przeprowadzono w niej analizę procesu formowania się konsorcjów projektowych oraz zaproponowano model podejmowania decyzji o doborze partnerów oraz przydziale im ról w projekcie w oparciu o szereg przyjętych kryteriów wynikających z przeprowadzonej analizy sytuacji finansowania badań w Europie.

Analizując kryteria oceny wniosków o finansowanie badań można wywnioskować, iż jednym z najważniejszych, obok ich innowacyjności i jakości przygotowanej propozycji zakresu prac, jest zapewnienie przez konsorcjum odpowiedniej wiedzy wymaganej do zrealizowania zakładanego celu badawczego. Określenie wymagań odnośnie potrzebnej wiedzy odbywa się najczęściej w sposób opisowy. Podobnie w sposób opisowy określana jest także wiedza uczestników konsorcjum. Takie podejście okazuje się niewystarczające do stworzenia jakiegokolwiek formalnej metody doboru partnerów do projektu. W związku z tym autor proponuje podejście do opisu wiedzy wymaganej do zrealizowania projektu oraz wiedzy posiadanej przez jego uczestników oparte o modele kompetencji. Sformalizowane modele kompetencji umożliwiają ilościową ocenę konsorcjów ubiegających się o finansowanie projektu z punktu widzenia dopasowania ich wiedzy i umiejętności do zakładanego celu badawczego, co w efekcie umożliwia wykorzystanie tych modeli w formalnych metodach oceny i doboru zespołów projektowych.

Problem doboru partnerów do fazy realizacji projektu, podobnie jak większość problemów decyzyjnych, ma naturę wielokryterialną. Wymaga on więc odpowiedniego przeanalizowania jego struktury, określenia zbioru alternatyw decyzyjnych, zbioru kryteriów oraz problematyki decyzyjnej. W niniejszej pracy zaproponowano model hierarchiczny

zbudowany z wykorzystaniem podejścia opartego o metodę AHP. Metoda ta została powszechnie uznana za bardzo dobrze odzwierciedlającą zachowanie osoby podejmującej decyzję w oparciu o swoje doświadczenie i szereg kryteriów o charakterze subiektywnym lub nie dających się sformalizować (Satty 2001; Trzaskalik 2006).

Zaproponowana w pracy metoda doboru partnerów do konsorcjum projektowego została uzupełniona o metodę podziału nakładów czasu pracy planowanych dla projektu. W przypadku projektów naukowych jego uczestnicy są jednostkami autonomicznymi. Decyzja o przystąpieniu do projektu nie zależy wyłącznie od koordynatora ale uzależniona jest także od woli samego partnera. Odróżnia to projekty naukowe od projektów realizowanych w przemyśle w ramach jednej instytucji, gdzie decyzję o składzie zespołu podejmuje menadżer projektu. W projektach naukowych partnerzy sami decydują o przystąpieniu do konsorcjum, a ponadto warunki uczestnictwa mogą być negocjowane z koordynatorem. Mechanizmy te zostały zamodelowane jako N -osobowa gra kooperacyjnej w postaci funkcji charakterystycznej. Autor w pracy formułuje problem podziału budżetu projektu pomiędzy uczestników konsorcjum oraz przedstawia metodę jej rozwiązania wykorzystującą procedurę obliczania wartości Shapleya.

Elementem spajającym obie zaprojektowane metody w jeden zintegrowany model podejmowania decyzji jest model reprezentacji kompetencji wykorzystujący koncepcję zbiorów rozmytych do przedstawiania zestawu kompetencji posiadanych przez zespół jak i kompetencji określonych jako wymagane do zrealizowania zadania projektowego. Model ten wykorzystuje także elementy teorii grafów do przedstawienia struktury i zależności kompetencji powiązanych z zadaniem. W związku z tym w pracy obrano następujący cel badawczy:

Opracowanie metody wspomagającej podejmowanie decyzji o doborze kompetentnych partnerów do projektu badawczego w oparciu o metody wielokryterialnej analizy decyzyjnej, teorię grafów i teorię gier

W związku z przedstawionym celem pracy postawiono następującą tezę badawczą:

Przy określonym celu projektu, zbiorze zespołów kandydujących do uczestnictwa i posiadanych przez nie kompetencjach, wykorzystanie metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej, teorii gier i teorii grafów umożliwi skuteczną dobór grupy zespołów realizującej projekt oraz określenie ról zespołów w projekcie

Praca składa się z pięciu rozdziałów. W rozdziale pierwszym przedstawiono analizę obiektu badań, czyli procesu tworzenia się konsorcjów na potrzeby realizacji naukowych projektów badawczych. Następnie scharakteryzowano europejskie programy finansujące badania naukowe, ze względu na stawiane przez nie wymogi konsorcjom projektowym, które ubiegają się o środki na realizację swoich badań. W ostatniej części rozdziału pierwszego przedstawiono propozycję zintegrowanego modelu tworzenia konsorcjum uwzględniające specyfikę istniejących programów finansujących badania ze szczególnym uwzględnieniem Programu Ramowego Unii Europejskiej.

W rozdziale drugim pracy przedstawiono przegląd istniejących modeli reprezentacji kompetencji. Opisano tutaj zarówno formalne modele reprezentacji jak i standardy określania kompetencji, które mogą być wykorzystywane do określania kompetencji posiadanych przez zespoły jak i do określania wymogów kompetencyjnych dla realizacji zadań projektowych. Na bazie opisanych modeli reprezentacji kompetencji zaproponowano metodę ilościowej oceny kompetencji zespołu do zrealizowania zadania.

W rozdziale trzecim znalazła się koncepcja metody wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do zadań projektowych, która wyłania ostateczny skład konsorcjum. Na

potrzeby wielokryterialnej analizy decyzyjnej skonstruowano hierarchiczny model wykorzystujący założenia metody AHP oraz zaproponowano zestaw kryteriów decyzyjnych możliwych do zastosowania w zależności od potrzeb decydenta i wymogów stawianych przez program finansujący.

Rozdział czwarty pracy zawiera opis proponowanej metody podziału nakładów czasu pracy pomiędzy zespoły wchodzące w skład konsorcjum projektowego. Problem ten został zamodelowany jako n -osobowa gra kooperacyjna. W rozdziale przedstawiono formalizację funkcji charakterystycznej n -osobowej gry kooperacyjnej oraz przeprowadzono dyskusję w celu wyłonienia metody rozwiązania dla tak sformułowanej gry.

Rozdział piąty zawiera obszerny przykład zastosowania opracowanej metody wykorzystujący historyczne dane zrealizowanego już projektu badawczego. Ze względu na możliwość porównania wyników z przykładu z wynikami rzeczywistymi, przykład wykorzystano do zweryfikowania postawionej tezy badawczej.

1. Charakterystyka europejskich programów finansowania badań naukowych na przykładzie 7. PR

Integracja i rozwój europejskich środowisk naukowych i badawczych jest jednym z głównych sposobów zapewniania rozwoju zarówno w płaszczyźnie naukowej jak i gospodarczej. Na mocy art. 163 ust. 1 Traktatu ustanawiającego Wspólnotę Europejską (Dz.U. UE z 29.12.2006) Wspólnota ma na celu wzmacnianie bazy naukowej i technologicznej swojego przemysłu i sprzyjanie zwiększaniu jego międzynarodowej konkurencyjności, przy jednoczesnym promowaniu działalności badawczej uznanej za niezbędną na mocy Traktatu.

Na mocy art. 164 Traktatu Wspólnota prowadzi następujące działania, będące uzupełnieniem działań podejmowanych w państwach członkowskich:

- a) wykonywanie programów badań, rozwoju technologicznego i demonstracji poprzez promowanie współpracy z przedsiębiorstwami, ośrodkami badawczymi i uczelniami wyższymi oraz między nimi;
- b) promowanie współpracy w dziedzinie wspólnotowych badań, rozwoju technologicznego i demonstracji z krajami trzecimi i organizacjami międzynarodowymi;
- c) upowszechnianie i optymalizacja wyników działań w dziedzinie wspólnotowych badań, rozwoju technologicznego i demonstracji;
- d) pobudzanie kształcenia i mobilności naukowców we Wspólnocie.

Ambitne cele w zakresie rozwoju naukowego i technologicznego Unii Europejskiej znalazły swoje odzwierciedlenie w przyjętym przez jej kraje członkowskie w roku 2000 kompleksowym i długofalowym programie społeczno-ekonomicznym, określanym powszechnie jako Strategia Lizbońska. Plan ten zakłada przekształcenie Europy w ciągu 10 lat w najbardziej konkurencyjną i dynamicznie rozwijającą się strefę ekonomiczną na świecie. Cel ten ma być osiągnięty przy pomocy szeregu działań systemowo-regulacyjnych realizowanych w dziedzinie gospodarki, nauki, ekologii i modelu społecznego. Jednym z kluczowych założeń jest tu rozwój gospodarki opartej na wiedzy, w której wiedza jest tworzona, przyswajana, przekazywana i wykorzystywana bardziej efektywnie przez przedsiębiorstwa, organizacje, osoby fizyczne i społeczności, sprzyjając szybkiemu rozwojowi gospodarki i społeczeństwa.

Podstawowym celem Strategii Lizbońskiej odnośnie budowania gospodarki opartej na wiedzy jest zwiększenie innowacyjności europejskiej gospodarki. Aby mogła się ona skutecznie rozwijać priorytetami muszą być edukacja, prace badawczo – rozwojowe oraz sprawne kanały i mechanizmy dystrybucji wiedzy i informacji. Unia Europejska realizuje te cele poprzez działania zmierzające do podniesienia łącznych wydatków na badania i rozwój (B+R) do 3% PKB do roku 2010 (z czego 2/3 ma pochodzić z sektora przedsiębiorstw), budowę Europejskiego Obszaru Badawczego, którego celem jest umożliwienie rozwoju naukowego europejskim badaczom a przez to zahamowanie odpływu najlepszych specjalistów do Stanów Zjednoczonych, poprzez finansowanie prac badawczych w obszarach priorytetowych dla rozwoju UE. Wzrost efektywności prowadzony działań ma przynieść koordynacja polityk (regionalnych, krajowych i europejskiej) oraz benchmarking najlepszych rozwiązań odnośnie działań i polityk proinnowacyjnych (Szultka 2004).

W celu realizacji założeń Strategii Lizbońskiej UE podejmuje szereg inicjatyw. Podstawowym instrumentem podnoszącym nakłady na B+R oraz koncentrującym odpowiednie środki finansowe na kluczowych dla rozwoju gospodarki europejskiej dziedzinach są programy ramowe. Programy te mają na celu, oprócz stymulowania rozwoju unijnej gospodarki, także wspieranie konkurencyjności i innowacyjności europejskich ośrodków badawczych. Według założeń cel ten osiągnięty ma być poprzez lepszą współpracę i koordynację działań związanych z rozwojem nauki. Związane jest to z ideą budowy Europejskiej Przestrzeni Badań (ERA – European Research Area) (KE 2000).

Z budżetu Unii Europejskiej przeznaczane są olbrzymie sumy na badania naukowe. Realizowany w latach 2002 – 2006 6. Program Ramowy to ponad 17 miliardów EUR (Dz.U. UE L 232/1 z 29.08.2002), co stanowi ok. 4% całego budżetu UE (DG Research 2004). Natomiast na jego kolejną siódmą edycję planowaną na lata 2007-2013 przewidziano już 50 miliardów EUR (Dz.U. UE L 412/1 z 30.12.2006). Tak duże nakłady na badania i rozwój mają zapewnić zrealizowanie ogłoszonej w 2000 roku Strategii Lizbońskiej, w myśl której, w przeciągu 10 lat Europa ma stać się najbardziej dynamiczną i konkurencyjną strefą ekonomiczną na świecie.

Z bardzo śmiałymi planami odnośnie rozwoju nauki i gospodarki europejskiej kontrastuje zaobserwowany w ostatnich latach tzw. Paradoks Europejski (DG Research 2005). Mianowicie, analiza europejskiej przestrzeni badań i rozwoju wykazała jej względnie niską innowacyjność w porównaniu do posiadanego bardzo wysokiego potencjału naukowego. Szczególnie widoczne jest to w porównaniu z USA, ciągle zwiększających swoją przewagę w dziedzinie badań naukowych i rozwoju technologicznego. Wynikać to może z niezwiększanych w UE nakładów na B+R utrzymujących się na poziomie 1,9% PKB, w porównaniu do 2,6% USA i 3,1% w Japonii. Ponadto przewiduje się, że Chiny osiągną poziom europejskiej intensywności badawczo-rozwojowej w 2010 roku (Siemaszko 2006). Raport opublikowany po pierwszych latach realizacji Strategii Lizbońskiej i podsumowujący pierwsze jej wyniki (Kok 2004) wykazał, że pomimo ambitnych założeń rzeczywistość europejskich B+R wcale nie zaczęła ulegać poprawie, a dystans dzielący UE od prowadzących na tym polu USA zaczyna się powiększać. Do podobnych wniosków w innym opublikowanym w tym okresie raporcie dochodzi Aho (2006). Jako główne czynniki europejskiej stagnacji wymienia on:

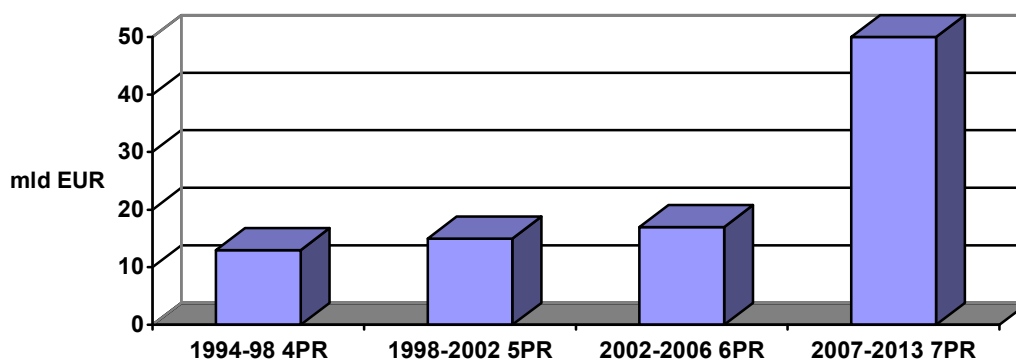
- *malejącą produktywność* – po raz pierwszy od czasów II wojny światowej średni wzrost PKB, produktywność pracy oraz całkowity wskaźnik produktywności były niższe od wskaźników uzyskanych w USA.
- *porażka w wykorzystaniu technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT)* – Stany Zjednoczone w przeciwieństwie do UE świetnie wykorzystały fakt, iż wzrost produktywności w ostatnich latach był głównie napędzany przez usługi wykorzystujące ICT.
- *straty wielkich firm europejskich w wyniku globalizacji B+R* – firmy amerykańskie zainwestowały w roku 1997 w sferę B+R 300 mln EUR więcej, a w 2002 już 2 mld EUR więcej od firm europejskich.
- *zamknięcie w tradycyjnych sektorach* – europejskie firmy produkcyjne w niewystarczającym stopniu wykorzystują ICT i widoczny jest wyraźny deficyt w produkcji i inwestycji w nowe technologie. W tych sektorach w nowe technologie inwestowane było tylko 0,2% PKB w porównaniu do 0,7% PKB w USA.

Unia Europejska stoi więc wobec konieczności wzmocnienia swojej międzynarodowej pozycji konkurencyjnej w obliczu zmieniających się warunków pod wpływem pro-

cesu globalizacji (Jankowska 2005). Wyrazem niepokojących sygnałów docierających z przedstawionych raportów oceniających pierwsze lata realizacji Strategii Lizbońskiej była modyfikacja jej założeń i opracowanie w 2005 roku tzw. Nowej Strategii Lizbońskiej. Definiuje ona trzy podstawowe nurty:

- Europa ma się stać miejscem najkorzystniejszym dla inwestycji i pracy;
- do przyspieszenia wzrostu gospodarczego wykorzystywane mają być wiedza i innowacje technologiczne;
- muszą powstawać nowe miejsca pracy.

Jednakże najistotniejszą decyzją z punktu widzenia europejskich środowisk zaangażowanych w B+R było postanowienie, że wydatki na ten cel sięgną 3% PKB. Zwiększenie nakładów na B+R w wyniku krytycznych raportów na temat tempa rozwoju unijnej gospodarki bardzo dobrze ilustrują także budżety kolejnych programów ramowych. W 6. edycji (lata 2002-2006) nakłady w przeliczeniu na rok trwania programu wynosiły ok. 2,8 mld EUR/rok, podczas gdy 7. PR (lata 2007-2013) wskaźnik ten wyniósł ok. 7,1 mld EUR/rok. Mamy więc do czynienia z dwuipółkrotnym wzrostem bezpośrednich nakładów na największe europejskie przedsięwzięcia technologiczne i badawcze. Ilustrację wzrostu nakładów na kolejne programy ramowe przedstawiono na rysunku 1.1.



Rys. 1.1. Ewolucja budżetów programów ramowych UE (KE 2007)

Jak wynika z powyżej przeprowadzonej analizy sytuacji badań i rozwoju w Europie panują obecnie bardzo sprzyjające warunki do prowadzenia badań naukowych. Zwiększające się nakłady przeznaczane z budżetu UE oraz mnogość różnego rodzaju programów i mechanizmów finansujących powodują silną stymulację środowisk naukowych.

Ze względu na prowadzoną przez UE politykę spójności i zapisane w Traktacie cele zmniejszania dysproporcji pomiędzy różnymi regionami i obszarami Unii we wszelkich mechanizmach finansowania B+R promowane są formy prowadzenia przedsięwzięć, w których dochodzi do współpracy kilku podmiotów pochodzących z różnych krajów Wspólnoty. W terminologii unijnej grupy wykonawców przedsięwzięć określane są mianem *konsorcjów projektowych* a zasady ich tworzenia oraz warunki przystąpienia określają wymogi poszczególnych programów finansowania badań. Przykładowo w instrumentach finansujących w programach ramowych minimalna liczba uczestników konsorcjum została ustalona na trzy niezależne podmioty (jedynym wyjątkiem są tu tylko projekty badań pionierskich oraz działania wspierające rozwój naukowców, w których finansowane mogą być

pojedyncze podmioty) (Dz.U. UE L 412/1 z 30.12.2006). Projekty realizowane przez konsorcja są więc zgodne z unijną polityką spójności i zgodnie z jej założeniami mają zapewnić równomierne rozpowszechnianie wiedzy wśród zespołów uczestniczących w przedsięwzięciach jak i również w ich regionalnym otoczeniu, w którym realizowane jest rozpowszechnianie wyników zrealizowanych badań.

Z punktu widzenia naukowców i uniwersytetów uczestniczenie w projektach badawczych realizowanych w ramach programów europejskich jest świetną okazją do naukowego rozwoju, zdobywania nowych doświadczeń, wiedzy, nawiązywania kontaktów i budowania trwałej współpracy. Instytucje decydują się więc na realizowanie badań we współpracy nie tylko ze względu na mechanizmy finansowania, które niejako wymuszają taką formę realizacji przedsięwzięć ale także ze względu na ich potwierdzoną skuteczność. Prace prowadzone w zakresie analizy zjawiska współpracy podmiotów w dziedzinie B+R wykazały bardzo dużą skuteczność organizacji tego typu. Przykłady wykazują, że współpraca w zakresie B+R przynosi korzyści w wymiarze ekonomicznym, technologicznym i wiedzy nawet w przypadku podmiotów gospodarczych konkurujących ze sobą na wspólnym rynku (Combs 2005, D'Aspremont 1988, De Fraja 2002, Kamien 1992, Poyago-Theotoky 1997)

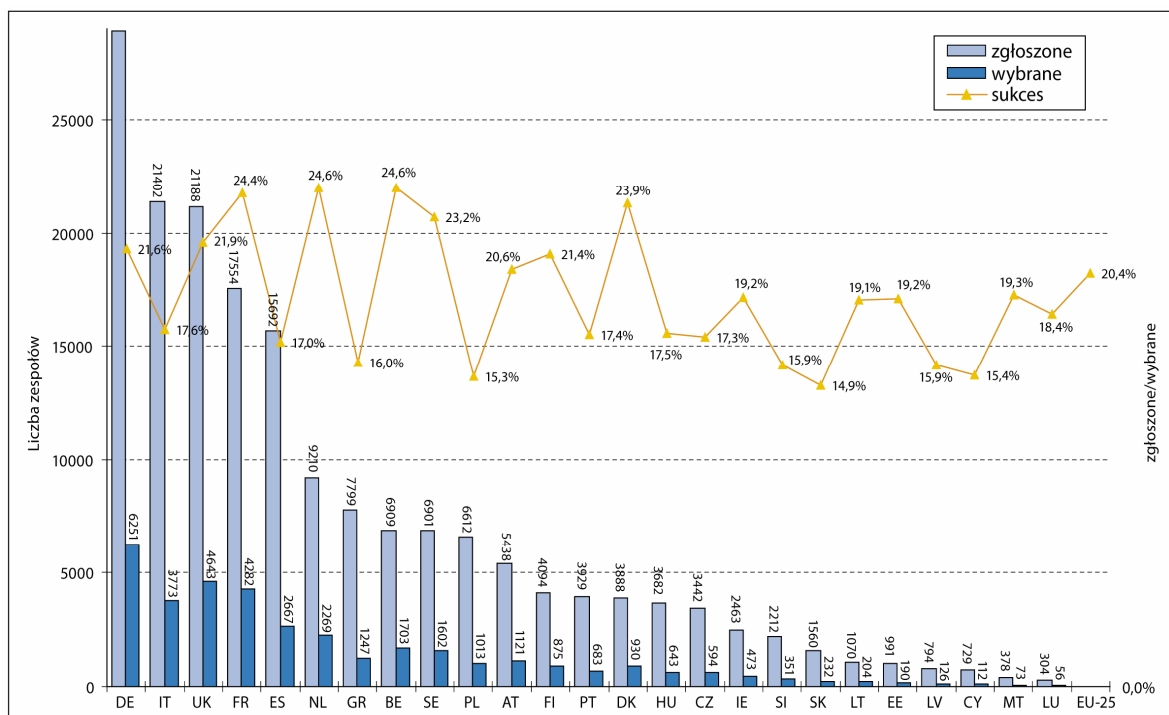
W obecnych warunkach europejskich instytuty badawcze i uniwersytety poszukują bardzo aktywnie możliwości zaangażowanie się w duże wielozespołowe przedsięwzięciach. Do tego celu stworzony został serwis internetowy Cordis, na stronach którego instytucje mogą zgłaszać chęć uczestnictwa w projektach europejskich, przedstawiać swoje propozycje badań oraz składać wnioski o finansowanie swoich przedsięwzięć. O zainteresowaniu programami ramowymi może świadczyć wynik pierwszego ogłoszonego zaproszenia do nadsyłania koncepcji i tematów przyszłych projektów badawczych 7. Programu Ramowego skierowanego do polskich instytucji i zespołów badawczych. W odpowiedzi na to zaproszenie, obejmujące takie programy szczegółowe 7. PR jak Współpraca, Pomysły i Możliwości, przesłano łącznie 686 zgłoszeń. Spośród tych propozycji 186 zostało odrzuconych z powodu różnych wymogów formalnych, natomiast 500 zostało przeznaczonych do publikacji (tabela 1.1). Liczby te obrazują skalę zainteresowania prowadzeniem badań we współpracy na poziomie europejskim. Zaznaczyć trzeba tutaj, że przesłane propozycje dotyczą projektów o naprawdę dużej skali. O ich rozmiarze może świadczyć średnia liczba uczestników konsorcjum projektowego w 6. PR wynosząca 14 zespołów z 7 krajów przy średnim budżecie dla pojedynczego projektu wynoszącym 4,6 mln EUR (DR Research 2006).

Tabela 1.1. Liczba otrzymanych zgłoszeń na zaproszenie do składania koncepcji projektów w 7. PR (Sławiński 2006)

Program szczegółowy	Liczba przesłanych propozycji	Liczba propozycji nie przeznaczonych do publikacji	Liczba propozycji przeznaczonych do publikacji
Współpraca	323	80	243
Pomysły	276	79	197
Możliwości	87	27	60
Razem	686	186	500

Pomimo przeznaczania przez UE bardzo dużych środków na badania i rozwój nie są one przekazywane w formie prostego subsydiowania jednostek badawczych. Fundusze przeznaczone są wyłącznie na dokładnie zaplanowane i uzasadnione przedsięwzięcia naukowe. W związku z tym wnioski o finansowanie projektów badawczych muszą być przede wszystkim bardzo dobrze przygotowane pod kątem merytorycznym i mieć dokładnie sprecyzowane innowacyjne cele. Ponadto konsorcjum ubiegające się o grant musi zagwarantować, iż posiada niezbędną wiedzę i umiejętności do zrealizowania postawionego sobie ambitnego celu naukowego. Każdy wniosek jest poddawany procesowi oceny i tylko projekty pozytywnie ocenione przez zatrudnione do tego celu zespoły ekspertów otrzymują finansowanie.

O skali trudności uzyskania finansowania świadczą statystyki mówiące o skuteczności instytucji ubiegających się o otrzymanie wsparcia ze środków poszczególnych programów. Skuteczność tą wyraża wskaźnik sukcesu będący ilorazem ilości projektów wybranych do finansowania do liczby wszystkich złożonych wniosków. W 6. PR wskaźnik sukcesu wyniósł ok. 22%, natomiast dla wniosków składanych przez polskie instytucje był on niższy i wyniósł 15,3% (Supel 2006, Siemaszko 2006). Wskaźniki sukcesu dla poszczególnych krajów UE przedstawiono na rysunku 1.2.



Rys. 1.2. Wskaźniki sukcesu wniosków składanych w 6. PR przez poszczególne kraje UE (Supel 2006)

Statystyki dla programu Minerva, będącego częścią europejskiego programu edukacyjnego Socrates były stosunkowo lepsze i w latach realizacji tego programu 2000-2003 wskaźnik sukcesu wyniósł 38%. Wynikać to jednak może z mniejszej skali złożoności tych projektów i ograniczenia wyłącznie do dziedziny edukacji.

Z analizy statystycznej skuteczności dla wniosków składanych w europejskich programach wspierających badania wynika, że pomimo olbrzymich budżetów tych programów otrzymanie finansowania dla konkretnego przedsięwzięcia nie jest łatwe. W celu

prześledzenia przyczyn tak dużej liczby niepowodzeń przedstawione zostaną istnieją procedury składania wniosków oraz stosowane kryteria ich selekcji.

Tak jak już wcześniej wspomniano głównym instrumentem finansowym Unii Europejskiej wspierającym prace badawczo rozwojowe obejmującym praktycznie wszystkie dziedziny naukowe jest Program Ramowy Badań i Rozwoju Technologicznego. Obecnie realizowana jest 7. edycja tego programu o łącznym budżecie ponad 50 mld EUR. Oprócz Programu Ramowego realizowane są różnego rodzaju specjalizowane programy o znacząco niższych budżetach. Przykładem takiego programu jest program „Uczenia się przez całe życie” (Dz.U. UE L 327/45 z 15.11.2006) (w poprzedniej edycji znany jako program SOCRATES), który ukierunkowany jest na edukację.

Podstawową formą współpracy w ramach unijnych programów są konsorcja złożone z kilku, a nawet z kilkudziesięciu wykonawców. Każdy z programów, a często nawet odrębna edycja danego programu wprowadza własne nazewnictwo i przepisy odnośnie form współpracy. W celu prześledzenia istniejących mechanizmów związanych z uzyskiwaniem finansowania ze źródeł europejskich programów wspierania badań w dalszej części rozdziału pierwszego przedstawione zostaną procedury istniejące w 7. Programie Ramowym. Program ten jest obecnie największą inicjatywą tego typu przez co jego procedury najlepiej odzwierciedlają wszystkie mechanizmy związane z uzyskiwaniem finansowania dla badań, a wszelkie mniejszej skali programy opierają się o analogiczne bądź w pewnym stopniu uproszczone zasady.

1.1. Formy wspierania przedsięwzięć badawczych na przykładzie 7. Programu Ramowego

1.1.1. Programy szczegółowe

W 7. Programie Ramowym Badań i Rozwoju zdefiniowano 4 główne bloki działań określane jako *programy szczegółowe*. Każdy z programów szczegółowych definiuje własne cele strategiczne oraz zakres tematyczny działań wspierających. Do programów szczegółowych w 7. PR zalicza się następujące bloki działań:

- Współpraca
- Możliwości,
- Pomysły,
- Ludzie.

Poza czterema głównymi programami szczegółowymi istnieje także program odrębny specjalizowany program „Badania jądrowe i szkolenia - EUROATOM”, w ramach którego prowadzone są badania na temat pozyskiwania energii w procesie rozszczepiania i syntezy jądrowej oraz ochrony przed promieniowaniem. Ponadto na potrzeby realizacji, monitorowania i rozwija polityki UE do spraw badań powołano Wspólne Centrum Badawcze (WCB). WCB stanowi „ramię” Komisji Europejskiej będące ośrodkiem referencyjnym

w sprawie nauki i technologii. WCB posiada odrębny wydzielony budżet, niezależny od pozostałych programów szczegółowych 7. PR.

Program szczegółowy „Współpraca”

Program szczegółowy „Współpraca” wspiera wszystkie rodzaje badań prowadzonych przez różnorodne podmioty badawcze w ramach współpracy ponadnarodowej oraz ma na celu wzmacnianie kluczowych dziedzin nauki i technologii.

Program „Współpraca” podzielono na dziesięć odrębnych tematów. Każdy z tych tematów funkcjonuje niezależnie, mając jednocześnie na celu utrzymanie spójności w ramach programu „Współpraca”. Umożliwia to wspólne, przekrojowe działania obejmujące swoim zakresem kilka obszarów tematycznych.

Program „Współpraca” obejmuje działania badawcze w następujących obszarach tematycznych:

- zdrowie;
- żywność, rolnictwo i biotechnologia;
- technologie informacyjne i komunikacyjne (ICT);
- nanonauki, nanotechnologie, materiały i nowe technologie produkcyjne;
- energia;
- środowisko (łącznie ze zmianami klimatu);
- transport (łącznie z aeronautyką);
- nauki społeczno-ekonomiczne i humanistyczne;
- przestrzeń kosmiczna;
- bezpieczeństwo.

Dla każdego z tematów przedstawiono cel, podejście do jego realizacji oraz działania obejmujące inicjatywy na szeroką skalę, współpracę międzynarodową oraz różnorodne potrzeby polityczne (Dz.U. UE L54/30 z 22.02.2007).

Program ten obejmuje również wspólne inicjatywy technologiczne, które są związanymi z przemysłem i finansowanymi z wielu źródeł działaniami na szeroką skalę, i które są w niektórych przypadkach wspomagane finansowo z sektorów publicznego i prywatnego. Innymi cechami charakterystycznymi tego programu są: koordynacja pozawspólnotowych programów badawczych mająca na celu zbliżenie europejskich – krajowych i regionalnych – programów badawczych (np. ERA-NET) oraz mechanizm finansowego podziału ryzyka.

Program szczegółowy „Możliwości”

Program „Możliwości” opracowano w taki sposób aby wzmocnić i zoptymalizować zasoby wiedzy potrzebne Europie do osiągnięcia wysokiego stopnia rozwoju gospodarki

opartej na wiedzy. Rozwijając możliwości badawcze i innowacyjne oraz europejską konkurencyjność, program ten stymuluje europejski potencjał badawczy i zasoby wiedzy.

Dla programu „Możliwości zdefiniowane następujące cele:

- wspieranie spójnego kształtowania polityk;
- uzupełnianie programu „Współpraca”;
- wnoszenie wkładu do polityk i inicjatyw UE mających na celu zwiększenie spójności i wpływu polityk Państw Członkowskich;
- synergię z polityką spójności i polityką regionalną, funduszami strukturalnymi, programami edukacyjnymi i szkoleniowymi oraz programem na rzecz konkurencyjności i innowacji.

Program „Możliwości” obejmie siedem obszernych dziedzin tematycznych (Dz.U. UE L 400/281 z 30.12.2006):

- Infrastruktury badawcze,
- Prace badawcze na rzecz MŚP,
- Regiony Wiedzy oraz wspieranie rozwoju regionalnych klastrów badawczych,
- Potencjał badawczy,
- Nauka w społeczeństwie,
- Wspieranie spójnego rozwoju w dziedzinie badań naukowych,
- Określone działania we współpracy międzynarodowej.

Program szczegółowy „Pomysły”

Celem programu szczegółowego „Pomysły” jest podwyższenie doskonałości, dynamiki i kreatywności badań mających charakter „badań pionierskich” prowadzonych przez indywidualne zespoły. Program ten ma charakter zorientowany na badacza jest otwarty na oddolne inicjatywy i pomysły badań. Ważnym aspektem tego programu jest ogłaszanie i rozpowszechnianie wyników badań.

Jest to pierwszy przypadek w historii europejskich programów ramowych finansowania czysto badawczych i pionierskich dziedzin nauki i technologii, niezależnie od priorytetów tematycznych. Program „Pomysły” jest wyjątkowy w stosunku do pozostałych programów szczegółowych w tym, że projekty badań są rozpatrywane jedynie na podstawie ich doskonałości zgodnie z naukowymi ocenami eksperckimi i nie muszą być zgodne z aktualnymi celami politycznymi, ponadto badania mogą być prowadzone przez pojedynczy zespół i nie istnieje tutaj wymóg transgraniczności. Program jest wdrażany przez nową Europejską Radę ds. Badań Naukowych (ERBN), która składa się z Rady Naukowej (planującej strategię naukową, ustalającej program prac, kontrolę jakości i działania informacyjne) oraz agencji wdrażającej (zajmującej się administracją, wspieraniem kandydatów, kwalifikowaniem wniosków, zarządzaniem grantami oraz praktyczną organizacją) (Dz. U. UE L 400/224 z 30.12.2006).

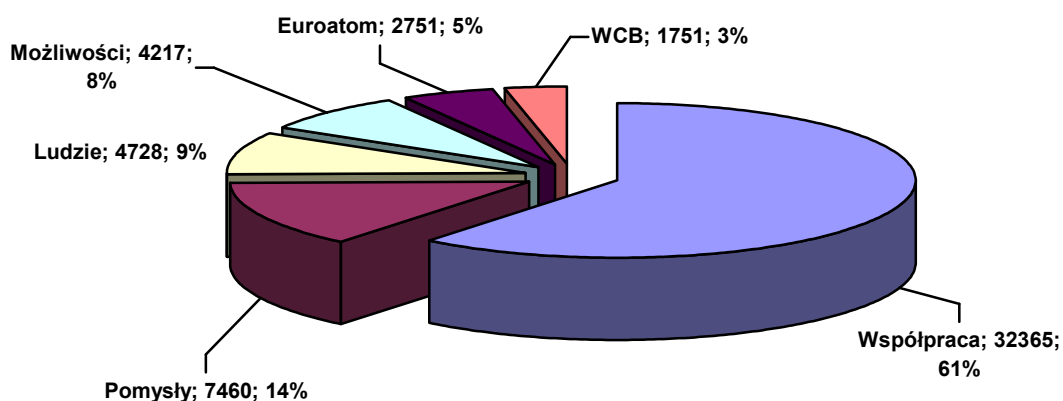
Program szczegółowy „Ludzie”

Celem strategicznym programu szczegółowego „Ludzie” jest zwiększanie atrakcyjności Europy dla naukowców. Aby zrealizować ten cel program wspiera działania dążące do osiągnięcia efektu ustrukturyzowania organizacji, skuteczności i jakości kształcenia naukowców, aktywnego rozwoju ich kariery, dzielenia się wiedzą przez naukowców między sektorami i organizacjami badawczymi, zwiększenia partnerstwa między przemysłem a nauką oraz silnego zaangażowania kobiet i naukowców na wczesnych etapach kariery w badania i rozwój.

Program jest realizowany poprzez systematyczne inwestycje na rzecz ludzi, głównie przez spójny zestaw „działań Marie Curie”. Działania te, przy wykorzystaniu doświadczeń z „działań Marie Curie” w ramach poprzednich programów ramowych, dotyczą rozwoju umiejętności i wiedzy naukowców na wszystkich etapach ich karier, od wstępnych szkoleń naukowców, skierowanych specjalnie do młodych ludzi, do rozwoju kariery i uczenia się przez całe życie w sektorach publicznym i prywatnym. Kluczowymi elementami wszystkich „działań Marie Curie” są również uznawanie doświadczeń nabytych w różnych sektorach i krajach oraz odpowiednie warunki pracy.

„Działania Marie Curie” są otwarte dla wszystkich dziedzin badań i rozwoju technologicznego. Wnioskodawcy samodzielnie wybierają dziedziny badań. Możliwe jest ukierunkowanie niektórych działań w ramach programu, np. w odniesieniu do dyscyplin naukowych i obszarów technologicznych, regionów uczestniczących, rodzajów organizacji badawczych i społeczności naukowej w celu uwzględnienia zmieniających się potrzeb Europy w zakresie kształcenia naukowców, mobilności, rozwoju kariery i dzielenia się wiedzą.

Porównując wszystkie programy szczegółowe ze sobą można stwierdzić, że trzonem całego 7. PR jest program „Współpraca”. Prowadzone w nim działania w płaszczyźnie badawczej mają najszerszy zakres w porównaniu do bardziej ukierunkowanych pozostałych programów szczegółowych. Ma to także wyraz w strukturze budżetu 7. PR, w którym fundusze przeznaczone na program „Współpraca” stanowią 61% całych nakładów. Szczegóły struktury budżetu 7. PR przedstawiono na rysunku 1.3.



Rys. 1.3. Struktura budżetu 7. Programu Ramowego (Dz.U. UE L 412/1 z 30.12.2006)

1.1.2. Systemy wsparcia działań

Mechanizmy określające zasady uczestnictwa w programie oraz formę współpracy zespołów uczestniczących w 7. PR określane są jako „systemy wspierające działania”. W literaturze w odniesieniu do systemów wspierających działania wykorzystywany jest termin instrumentów finansowania, jednakże jest to nazwa wykorzystywana w 6. PR i wraz z rozpoczęciem 7. edycji Programu jej używanie jest niezalecane.

W tej 7. edycji Programu Ramowego zdefiniowano 6 systemów wspierania działań (Dz.U. UE L 412/1 z 30.12.2006):

1. *Projekty realizowane w ramach współpracy*

Wsparcie dla projektów badawczych prowadzonych przez konsorcja z uczestnikami z różnych państw, mających na celu stworzenie nowej wiedzy, nowych technologii, produktów, demonstracji lub wspólnych zasobów przeznaczonych na badania. Rozmiar, zakres i wewnętrzna organizacja projektów mogą być różne w zależności od dziedziny i tematu. W 7. PR przewidziano i wyodrębniono projekty realizowane w ramach współpracy o dużej i małej skali prowadzonych prac. Do ich określania wykorzystuje się nazewnictwo stworzone pierwotnie w 6. PR. W związku z tym projekty realizowane w ramach współpracy dzielą się na:

- *ukierunkowane działania badawcze na małą lub średnią skalę* (STREP – ang. *Specific Targeted Research Projects*)
- *projekty integrujące na dużą skalę* (IP – ang. *Integrated Projects*).

Projekty mogą być również skierowane do określonych grup, np. MŚP i innych małych podmiotów.

2. *Sieci doskonałości*

Wsparcie wspólnego programu działań, wdrażanego przez wiele organizacji badawczych łączących swoje działania w danej dziedzinie, prowadzonych przez zespoły badawcze w ramach współpracy w dłuższym okresie. Wdrażanie tego wspólnego programu działań wymaga formalnego zobowiązania ze strony organizacji łączących część swoich zasobów i działań.

3. *Działania koordynacyjne i wspierające*

Wsparcie dla działań mających na celu koordynację i wspomaganie działań i polityk badawczych (tworzenie sieci, wymiany, międzynarodowy dostęp do infrastruktury badawczych, prace studyjne, konferencje itd.). W niektórych zaproszeniach do składania wniosków rozgraniczane są warunki i kryteria selekcji odrębnie dla *działań koordynacyjnych* (CA – ang. *coordination actions*) i *działań wspierających* (SA – ang. *support actions*). Działania te mogą także być wdrażane w inny sposób niż poprzez zaproszenia do składania wniosków.

4. *Wsparcie na rzecz badań pionierskich*

Wsparcie dla projektów prowadzonych przez pojedyncze, krajowe lub ponadnarodowe, zespoły badawcze. System ten jest wykorzystywany do wspierania inicjowanych przez samych naukowców projektów badawczych przekraczających granice dzisiejszej wiedzy, finansowanych w ramach Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych.

5. *Wsparcie na rzecz kształcenia i rozwoju kariery naukowców*

Wsparcie na rzecz kształcenia i rozwoju kariery naukowców, w szczególności wykorzystywane do realizacji działań programu Marie Curie.

6. *Badania na rzecz określonych grup (zwłaszcza MŚP)*

Wspieranie projektów badawczych, w ramach których większa część badań i rozwoju technologicznego prowadzona jest przez wyższe uczelnie, ośrodki badawcze lub inne podmioty prawne, na korzyść określonych grup, zwłaszcza MŚP lub ich stowarzyszeń. Podjęte zostaną działania na rzecz pozyskania dodatkowych środków z Europejskiego Banku Inwestycyjnego i innych organizacji finansowych.

Dla większości z powyższych systemów wspierających działania podstawową formą współpracy jest konsorcjum projektowe złożone z przynajmniej trzech wykonawców, tylko „Wsparcie na rzecz badań pionierskich” oraz „Wsparcie na rzecz kształcenia i rozwoju kariery naukowców” dopuszcza finansowania przedsięwzięcia realizowanego przez jeden podmiot.

W większości działań realizowanych w ramach PR wszyscy uczestnicy realizujący wspólne przedsięwzięcie muszą zawrzeć między sobą umowę cywilno-prawną zwaną „umową konsorcjum” regulującą ich prawa i obowiązki. W szczególności umowa konsorcjum powinna regulować następujące kwestie (Dz.U. UE L 391/1 z 30.12.2006):

- a) wewnętrznej organizacji konsorcjum;
- b) podziału wkładu finansowego wspólnoty;
- c) zasad dotyczących upowszechniania, wykorzystania oraz praw dostępu, jak również postanowień umowy o dotację;
- d) rozstrzygania sporów wewnętrznych, w tym przypadków nadużycia uprawnień;
- e) uzgodnień między uczestnikami dotyczących odpowiedzialności, odszkodowań i poufności.

Komisja Europejska w zaproszeniach składania wniosków publikuje wytyczne w sprawie głównych kwestii, które mogą być przedmiotem ustaleń uczestników w ramach w ramach umów konsorcyjnych, łącznie z postanowieniami dotyczącymi propagowania udziału małych i średnich przedsiębiorstw (MSP). Ponadto, w przypadku niektórych zaproszeń do składania wniosków Komisja może odstąpić od wymogu zawarcia umowy konsorcyjnej pomiędzy uczestnikami projektu.

Umowa konsorcjum, jak wskazano powyżej, reguluje jego wewnętrzną organizację, zakres odpowiedzialności oraz podział wkładu finansowego wspólnoty. Jednakże Rozporządzenie ustanawiające zasady uczestnictwa w 7. PR (Dz.U. UE L 391/1 z 30.12.2006) wymaga wyróżnienia spośród uczestników konsorcjum jednego podmiotu jako koordynatora. Koordynator posiada szersze uprawnienia w porównaniu do pozostałych konsorcjan-tów i pełni rolę przewodnią w konsorcjum. Koordynator zgodnie z Rozporządzeniem:

- a) monitoruje przestrzeganie zobowiązań przez wszystkich uczestników;
- b) weryfikuje, czy podmioty prawne określone w umowie o dotację spełniają formalne warunki przystąpienia do umowy o dotację;
- c) otrzymuje wkład finansowy Wspólnoty i dokonuje jego podziału zgodnie z postanowieniami umowy konsorcyjnej i umowy o dotację;

- d) prowadzi dokumentację i księgi rachunkowe związane z wkładem finansowym Wspólnoty oraz informuje Komisję o jego podziale;
- e) pełni rolę pośrednika zapewniającego sprawną i prawidłową komunikację między uczestnikami oraz składa regularne sprawozdania z postępu prac uczestnikom i komisji.

Jak wskazuje na to zakres uprawnień i obowiązków koordynatora jego odpowiedzialność wobec Komisji za prawidłową realizację założonych prac oraz rozdysponowanie przekazanych środków jest ogromna. Rolę koordynatora w procesie tworzenia się konsorcjum i przygotowywania wniosku przedstawiono szczegółowo w rozdziale 1.2 pracy.

Program „Uczenie się przez całe życie” jest pakietem działań skierowanych na rozwój edukacji w przestrzeni europejskiej. Jeżeli chodzi o działania o charakterze badawczym w programie tym udostępniane są dwie podstawowe formy współpracy: projekty wielostronne oraz sieci współpracy.

1.1.3. Kryteria oceny wniosków

Bez względu na program szczegółowy 7. PR wszystkie składane wnioski przed podjęciem przez Komisję decyzji o finansowaniu poddawane są ocenie w celu określenia ich jakości i zgodności z przyjętymi celami strategicznymi i szczegółowymi programu oraz wybranej tematyki. W sporym uogólnieniu, bez względu na program szczegółowy, można wyróżnić cztery podstawowe cechy poddawane ocenie. Są to:

1. Cel i zakres projektu;
2. Plan realizacji projektu;
3. Budżet projektu;
4. Skład konsorcjum projektowego.

Powyżej przedstawione podstawowe cechy wniosku poddawane ocenie mają charakter ogólny. W poszczególnych edycjach programów ramowych definiowane są kryteria oceny i selekcji wniosków nawiązujące bezpośrednio do tych czterech cech. W siódmej edycji Programu Ramowego ogólne kryteria oceny wyboru wniosku określone zostały przez Rozporządzenie ustanawiające zasady uczestnictwa w 7. PR (Dz.U. UE L 391/1 z 30.12.2006). Dla programu szczegółowego „Współpraca” oraz „Możliwości” zostały one zdefiniowane następująco:

- doskonałość naukowa lub techniczna;
- znaczenie dla celów programów szczegółowego i wybranej tematyki badań określonych w programie prac obowiązującym w momencie opublikowania zaproszenia;
- potencjalny wpływ poprzez wspieranie rozwoju, upowszechnianie i wykorzystywanie wyników projektów;
- jakość i skuteczność realizacji i zarządzania.

Natomiast dla programu „Ludzie” obowiązują następujące kryteria:

- doskonałość naukowa lub techniczna;
- znaczenie dla celów programu szczegółowego;
- jakość i zdolność wnioskodawców (naukowców/organizacji) do realizacji projektu oraz ich potencjał dalszego rozwoju;
- jakość zaproponowanego działania pod względem szkolenia naukowców lub transferu wiedzy.

Rozporządzenie ustanawiające zasady uczestnictwa zaznacza ponadto, że szczegółowe kryteria oceny i wyboru wniosków określone są przez opublikowany w danym okresie *program prac* dla każdego programu szczegółowego.

Przykładowe kryteria z trzeciej edycji zaproszeń do składania wniosków z roku 2007 w tematyce ICT programu szczegółowego „Współpraca” (FP7-ICT-2007-3) przedstawiono w tabeli 1.2. Kryteria te definiuje Aneks 2 do program prac na lata 2007-2008 programu szczegółowego „Współpraca” (KE C(2007)2460).

Tabela 1.2. Przykładowe kryteria szczegółowe dla zaproszenia FP7-ICT-2007-3

System wsparcia działań	Doskonałość naukowa lub techniczna	Jakość i skuteczność realizacji i zarządzania	Potencjalny wpływ poprzez wspieranie rozwoju, upowszechnianie i wykorzystywanie wyników projektu
<i>Wszystkie systemy</i>	Trafność pomysłu i jakość celów	Poprawność procedur i struktur zarządzania Jakość oraz istotne doświadczenie poszczególnych uczestników	Wkład na poziomie europejskim (lub światowym) do spodziewanych efektów wymienionych w programie prac
<i>Projektu realizowane we współpracy</i>	Postęp poza aktualny stan wiedzy Jakość i efektywność zastosowanych metodyk naukowych i technologicznych oraz powiązanego planu prac	Jakość konsorcjum jako całości (z uwzględnieniem komplementarności i zbalansowania) Poprawność alokacji i uzasadnienie potrzebnych zasobów (budżet, kadra, sprzęt)	Poprawność wskaźników rozpowszechniania i wykorzystania wyników projektu oraz zarządzania własnością intelektualną
<i>Sieci doskonałości</i>	Wkład do długookresowej integracji badań naukowych i technologicznych wysokiej jakości Jakość i efektywność wspólnego programu działań oraz planu prac	Jakość konsorcjum jako całości (z uwzględnieniem zdolności do poradzenia sobie z fragmentacją obszaru badań oraz zaangażowanie w głęboką i trwałą integrację Adekwatność zasobów do wspólnego przeprowadzania programu działań	Poprawność wskaźników rozpraszania doskonałości, wykorzystania wyników oraz rozpowszechniania wiedzy poprzez zaangażowanie nadzorujących i szerokiej publiki

<i>Działania koordynacyjne i wspierające</i>	CA	Wkład w koordynację badań wysokiej jakości Jakość i efektywność mechanizmów koordynacji i powiązanego planu prac	Jakość konsorcjum jako całości (z uwzględnieniem komplementarności i zbalansowania) Poprawność alokacji i uzasadnienie potrzebnych zasobów (budżet, kadra, sprzęt)	Poprawność wskaźników rozpraszania doskonałości, wykorzystania wyników oraz rozpowszechniania wiedzy poprzez zaangażowanie nadzorujących i szerokiej publiki
	SA	Jakość i efektywność mechanizmów akcji wspierających oraz powiązanego planu prac		
<i>Badania na rzecz określonych grup</i>		Innowacyjny charakter w odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy Wkład do postępu naukowego i technologicznego Jakość i efektywność metodyk naukowych i technologicznych oraz powiązanego planu prac	Jakość konsorcjum jako całości (z uwzględnieniem komplementarności i zbalansowania) Poprawność alokacji i uzasadnienie potrzebnych zasobów (budżet, kadra, sprzęt)	Poprawność wskaźników rozpraszania doskonałości, wykorzystania wyników oraz rozpowszechniania wiedzy poprzez zaangażowanie nadzorujących i szerokiej publiki

Trzy główne kryteria przedstawione w tabeli 1.2 są niezmiennie bez względu na system finansowania, natomiast kryteria szczegółowe mogą się różnić i zależą od konkretnego programu szczegółowego, a nawet emitowanego zaproszenia do składania wniosków. Ocena wniosków odbywa się zawsze dla kryteriów podstawowych według unormowanej pięciostopniowej skali ocen. W zależności od zaproszenia do składania wniosków dla każdego z kryteriów określone są progi minimalne oraz próg minimalny dla łącznej liczby punktów (np. minimum 3 punkty dla każdego z kryteriów oraz minimum 10 punktów łącznie).

Przedstawione kryteria oceny i wyboru wniosków, a nawet zaprezentowane w tabeli 1.2 kryteria szczegółowe, raczej nie mogą być uznane jako bardzo precyzyjnie określające wszystkie czynniki brane pod uwagę w procesie oceny. Mają one charakter ogólny (np. jakość uczestników) i w związku z tym nie można jednoznacznie stwierdzić jakie w rzeczywistości cechy wniosku i składającego go konsorcjum są uwzględniane przez ekspertów w procesie oceny. Sytuacja ta stwarza pole do różnego rodzaju spekulacji i wnioskodawcy starają się sięgać po różnego rodzaju dodatkowe źródła informacji oprócz oficjalnych dokumentów ustalających zasady uczestnictwa.

Stworzenie metody wspierającej podejmowanie decyzji o wyborze partnerów do konsorcjum projektowego wymaga przyjęcia kryteriów decyzyjnych zgodnych z szeregiem czynników rozpatrywanych w procesie oceny wniosku. Wykorzystanie kryteriów oceny przedstawionych w dokumentacji programów finansujących może okazać się niewystarczające ze względu na ich wysoki stopień uogólnienia. Powoduje to, że praktycy i osoby przygotowujące wnioski często uwzględniają szereg *nieformalnych kryteriów* skonstruowanych w oparciu o szersze spojrzenie na całość zagadnienia oceny wniosków przez ekspertów oraz detaliczną analizę zestawu dokumentów określających cele i strategię programu. Takie podejście umożliwia określenie bieżących trendów i potrzeb, które w danym okresie mogą wpływać na pozytywną decyzję w trakcie oceny wniosku lub w przypadku dużej liczby konkurencyjnych wniosków przeważać o wyborze konkretnego projektu.

W związku z dużą liczbą potencjalnych źródeł informacji o czynnikach wpływających na ocenę wniosku model decyzyjny powinien uwzględniać kryteria decyzyjne sformułowane w procesie analizy następujących zagadnień związanych z danym programem finansowania:

1. Formalne kryteria oceny wniosków wskazywane przez zaproszenia do składania wniosków;
2. Celów strategicznych nakreślonych przez aktualny program prac programu szczegółowego oraz wybranej tematyki badań;
3. Bieżącej polityki instytucji finansującej oraz przyjętych przez nią celów strategicznych;
4. Raportów oraz analiz statystycznych dotyczących bieżącej lub poprzednich edycji programu.

Pierwsze dwa źródła informacji o sposobie oceny wniosków są oczywiste i wynikają z oficjalnej dokumentacji dołączanej do każdego zaproszenia do składania wniosków. W dopasowaniu do wymagań stawianych przez KE wnioskowi projektowemu warto uwzględnić informacje o bieżącej polityce oraz przyjmowanych celach strategicznych. Pomimo, że kształt polityki odnośnie badań oraz przyjęte cele strategiczne wydają się być stałe i określone przez szereg kluczowych dokumentów takich jak Traktat o Unii Europejskiej (Dz.U. UE C 321 E z 29.12.2006), założenia Strategii Lizbońskiej i budowy Europejskiej Przestrzeni Badawczej (KE COM (2006) 6) oraz rozporządzenia ustanawiające 7. PR (Dz.U. UE L 391/1 z 30.12.2006), jednakże z upływem czasu pewne akcenty mogą być przesuwane co wymaga od wnioskodawców ciągłego śledzenia bieżącej sytuacji. Informacje o aktualnych trendach mogą pojawiać się z różnych źródeł od oficjalnych dzienników urzędowych i biuletynów informacyjnych po różnego rodzaju serwisy informacyjne a nawet jednostkowe wypowiedzi polityków mających wpływ na kształtowanie europejskiej polityki odnośnie badań i rozwoju. Kolejnym źródłem informacji pomagającym w dopasowaniu wniosku do bieżących trendów są wszelkiego rodzaju publikowane raporty i analizy statystyczne określające postępy w realizacji programów, wskaźników sukcesu, przyczyn niepowodzeń itp. Przykładowo do tego typu dokumentów należą raporty monitorujące postęp realizacji 6. Programu Ramowego (DG Research 2004, 2005, 2006), raport z implementacji nowych instrumentów w 6. PR (Marimon 2004) czy raport nt. realizacji celów programu w obszarze edukacji „Socrates” (COM(2004)153, SEC(2004)230). Na podstawie analizy tych dokumentów można skonstruować listę zagadnień często pojawiających się w kontekście określania jakości składanych wniosków. Są to:

- *rozproszenie geograficzne zespołów tworzących konsorcjum* – istotność zagadnienia rozproszenia geograficznego zespołów podkreśla sam Traktat Unijny wyznaczający politykę spójności oraz cel konwergencji – zmniejszania dysproporcji pomiędzy poziomem rozwoju poszczególnych regionów UE. Wagę rozproszenia geograficznego uczestników podkreśla bezpośredni Rozporządzenie ustanawiające zasady uczestnictwa w 7. PR (Dz.U. UE L 391/1 z 30.12.2006), w którym znajduje się następujący zapis „Siódmy program ramowy powinien wspierać udział podmiotów z najbardziej oddalonych regionów Wspólnoty”. Na niedostatki w rozproszeniu uczestników projektów wskazują niektóre raporty np. raport z realizacji działań w ramach programu Socrates (COM(2004)153) lub raport monitorujący 6. PR z 2005 r. (DR Research 2006).
- *udział kobiet i mężczyzn w składzie konsorcjum* – podobnie do polityki spójności także europejska zasada równości kobiet i mężczyzn została zapisana w Traktacie Unijnym (art. 2 i 3, Dz.U. UE C 321 E z 29.12.2006). Istotność promowania rów-

ności płci i udziału kobiet naukowców w projektach przedstawiane są jako cele poszczególnych programów szczegółowych, np. (zał. 1, Dz.U. UE L 54/30 z 22.02.2007). Równomierny balans kobiet i mężczyzn jest także podkreślany w przypadku składu grupy ekspertów wykonującej ocenę wniosków.

- *udział MSP w składzie konsorcjum* – angażowanie małych i średnich przedsiębiorstw w B+R jest jednym z aktualnych celów strategicznych KE. Ich niedostateczny udział w dotychczasowych inicjatywach sygnalizują niektóre raporty np. raport monitorujący 6. PR z 2005 r. (DR Research 2006) lub raport nt. instrumentów zastosowanych w 6. PR (Marimon 2004).
- *liczba zespołów tworząca konsorcjum* – raport dotyczący instrumentów finansowania w 6. PR (Marimon 2004) wskazuje, że składający wnioski często spekulowali sztucznie zwiększając liczbę uczestników konsorcjum. Decydował o tym tok rozumowania, że Program Ramowy dotyczy z założenia dużych projektów i w związku z tym konsorcjum je realizujące powinno składać się z dużej liczby członków. Ponadto, koordynatorzy dobierali sobie dodatkowych partnerów tylko i wyłącznie w celu lepszego wykazania posiadanej wiedzy wymaganej do osiągnięcia zakładanego celu badań, bez dokładnego zaplanowania roli tych partnerów w fazie realizacji projektu. Sztuczne zawyżanie liczby członków konsorcjum według wspomnianego raportu powoduje niekorzystne efekty w postaci generowania problemów z koordynacją i zarządzaniem. W związku z tym liczba uczestników konsorcjum powinna być starannie dobrana w zależności od planowanego zakresu prac i związanych z tym wymogów kompetencyjnych.

Powyżej przeprowadzona dyskusja nt. formalnych i nieformalnych kryteriów oceny wniosków wskazuje, że koordynator przygotowujący wniosek i budujący wokół siebie konsorcjum wykonawców projektu powinien bardzo dokładnie zaplanować strategię działania. Uzyskanie finansowania w warunkach silnej konkurencji składanych wniosków jest obecnie zadaniem trudnym. Według przytoczonych na początku rozdziału danych statystycznych wskaźnik sukcesu dla wniosku wynosi tylko 22% przy średnim koszcie jego przygotowania przekraczającym 100 tys. EUR (Marimon 2004). Dlatego też w celu zwiększenia szans otrzymania finansowania, przygotowanie wniosku powinno być wykonywane nie tylko pod kątem wypełnienia oficjalnie przedstawianych kryteriów oceny i selekcji, ale powinno ponadto uwzględniać szereg dodatkowych nieformalnych czynników.

1.2. Procedury ogłaszania zaproszeń oraz składania i selekcji wniosków

1.2.1. Zasady ogłaszania zaproszeń do składania wniosków

Zaproszenie do składania wniosków jest podstawową formą ogłaszania możliwości wysyłania propozycji finansowania działań w ramach Programu Ramowego. Ogłaszanie zaproszeń do składania wniosków leży w gestii Dyrekcji Generalnej ds. Nauki Komisji Europejskiej. Treść zaproszenia reguluje przede wszystkim tematykę składanych wniosków, planowany budżet na projekty realizowane w ramach zaproszenia oraz terminy składania i oceny wniosków. Według określonych terminów zaproszenia do składania wniosków można podzielić na dwa typy:

- zaproszenia ze sprecyzowaną datą składania wniosków;
- zaproszenia otwarte.

Różnica pomiędzy tymi dwoma typami zaproszeń do składania wniosków leży w sposobie w jaki Komisja oczekuje na wnioski i w jaki je ocenia. W zaproszeniach ze sprecyzowaną datą złożenia wniosku wyznaczany jest termin z dokładnością do godziny, do którego przyjmowane są wnioski. Wszystkie wnioski nadesłane po tym terminie są automatycznie odrzucane. Po zakończeniu przyjmowania wniosków rozpoczyna się proces ich oceny przez grupy ekspertów. Komisja w zaproszeniu do składania wniosków określa przybliżone terminy rozpoczęcia i zakończenia ewaluacji wniosków.

Zaproszenia otwarte nie mają sprecyzowanej ostatecznej daty przyjmowania wniosków. Zaproszenia te mają określony długi okres obowiązywania (np. 2 lata) w ciągu, którego nadsyłane mogą być wnioski, a ich sprawdzanie i ocena odbywa się w systemie ciągłym.

Jak już wspomniano wcześniej zaproszenia do składania wniosków emituje DG ds. Nauki. Treść samego zaproszenia nie jest obszerna, zawiera ona tylko istotne terminy, tematy objęte zaproszeniem oraz przybliżony budżet. Uzyskanie wszystkich informacji potrzebnych do przygotowania wniosku w ramach konkretnego zaproszenia wymaga dodatkowo zapoznania się szeregiem dokumentów emitowanych na różnych poziomach struktury Programu Ramowego. W szczególności istotne są w tym wypadku *programy prac* publikowane dla danego okresu realizacji programu. Programy prac przygotowywane są odrębnie dla każdego z programów szczegółowych oraz każdej tematyki badań w obrębie programu szczegółowego. Dlatego też, w celu zebrania wszystkich potrzebnych informacji do złożenia wniosku należy każdorazowo przeanalizować aktualny program prac dla tematyki tego zaproszenia oraz program prac programu szczegółowego, w ramach którego wyemitowane zostało zaproszenie. Zakresy regulacji warunków przygotowania wniosku na poszczególnych poziomach struktury PR przedstawiono w tabeli 1.3.

Tabela 1.3. Poziomy określania treści zaproszeń do składania wniosków (opracowanie własne)

Poziom	Dokument	Reguluje
Program szczegółowy	Okresowy program prac (np. <i>Program Prac „Koooperacja” 2007-08</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Cele strategiczne programu • Realizowane tematyki • Założenia odnośnie zasad równouprawnienia płci, udziału MSP, etyki prowadzenia badań • Kryteria wyboru wniosku oraz sposób ich oceny • Formy grantu i wielkość wkładu KE
Tematyka	Okresowy program prac dla tematyki (np. <i>Program Prac ICT 2007-08</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Cele strategiczne tematyki • Budżet na działania w danym okresie • Możliwe systemy finansowania wniosków • Wyzwania oraz tematy działań • Liczbę oraz harmonogram emisji zaproszeń do składania wniosków
Zaproszenia do składania wniosków	Emisja zaproszenia do składania wniosków (np. <i>Zaproszenie 3 ICT, FP7-ICT-2007-3</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Termin składania wniosków (z dokładnością do godziny)* • Budżet na projekty realizowane w ramach zaproszenia • Możliwy zakres zmiany budżetu • Tematy objęte zaproszeniem oraz przewidziane dla nich systemy finansowania • Zastosowane procedury oceny wniosków • Harmonogram oceny i zawierania umów* • Konieczność zawarcia umowy konsorcjum przez podmioty składające wspólny wniosek

Zawiadomienia o emisji zaproszenia do składania wniosków publikowane są każdorazowo w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej. Treści zaproszeń publikowane są w wersji elektronicznej w Wspólnotowym Serwisie Informacyjnym Badań i Rozwoju CORDIS (ang. *Community Research and Development Information Service*) dostępnym w Internecie pod adresem <http://cordis.europa.eu>. Zaproszenia są emitowane w postaci pakietu dokumentów zawierającego:

- treść zaproszenia w postaci tzw. fiszki projektowej,
- program prac dla tematyki zaproszenia,
- zestaw aneksów do programu prac dla programu szczegółowego regulujących zasady składania wniosków,
- podręczniki dla składających wnioski dla każdego z systemów finansowania dopuszczalnych w zaproszeniu,
- broszurę informacyjną nt. 7. Programu Ramowego.

Ponadto w zależności od zaproszenia dostępne są także:

- Podręcznik nt. procedur oceny i wyboru wniosków,

- Treści rozporządzeń KE regulujące zasady uczestnictwa w 7. PR,
- Formularze oceny wniosku wykorzystywane przez ekspertów wykonujących ocenę,
- Formularz umożliwiający wstępną weryfikację wniosku.

Nowością wprowadzoną w 7. PR jest sposób przesyłania i wypełniania wniosków projektowych obejmujący tylko i wyłącznie drogę elektroniczną. Do tego celu stworzony został System Elektronicznego Składania Wniosków EPSS (ang. *Electronic Proposal Submission Service*). System ten zapewnia pewność i szybkość w przesyłaniu wniosków, poufność oraz automatyczną weryfikację uniemożliwiającą przesłanie niekompletnego wniosku.

1.2.2. Procedura przygotowania wniosku projektowego

Procedura przygotowania wniosku projektowego nie jest sformalizowana żadnym oficjalnym dokumentem. Ciąg czynności koniecznych do wykonania w celu złożenia do KE propozycji finansowania projektu jest determinowany przez wymogi stawiane wnioskowi, jego strukturę i zestaw informacji potrzebny do wypełnienia formularza dostępnego w EPSS.

Wniosek projektowy składa się z dwóch podstawowych części:

- *części A* – zawierającej administracyjne informacje o propozycji projektu i jego uczestnikach. Informacje wymagane do podania w tej części obejmują swoim zakresem: ogólny opis tematyki i celu projektu, dane kontaktowe i charakterystykę wszystkich uczestników konsorcjum projektowego, wysokość dofinansowania o jaką ubiega się konsorcjum. Wszystkie podane informacje są przekazywane ekspertom oraz pracownikom KE w trakcie procesu oceny wniosku. Formalnie część A wniosku podzielona jest na trzy części:
 - A1 – zawierającą ogólną charakterystykę projektu,
 - A2 – zawierającą informacje o uczestnikach konsorcjum,
 - A3 – będącą planem budżetowym.

Części A1 i A3 są wypełniane przez koordynatora natomiast część A3 jest wypełniana indywidualnie przez każdego z partnerów.

- *części B* – zawierającej detaliczny opis prac planowanych do wykonania w ramach wnioskowanego projektu. Część B ma postać szablonu wypełnianego przez koordynator z ewentualnym udziałem innych uczestników konsorcjum. Postać szablonu powoduje wymuszenie podania pewnych informacji i powoduje, że wszystkie wnioski mają podobną i porównywalną postać. Poszczególnych sekcjach części B wniosku wypełniający podaje następujące informacje: opis planowanego planu prac, harmonogram prac (w postaci diagramu Gantta lub podobnej), szczegółowy opis prac z podziałem na pakiety (ang. *work packages*), graficzną reprezentację komponentów projektu i zależności pomiędzy nimi (w postaci diagramu Pert lub podobnej), opis ryzyka i potencjalnych zagrożeń w realizacji prac. Jedną z najistot-

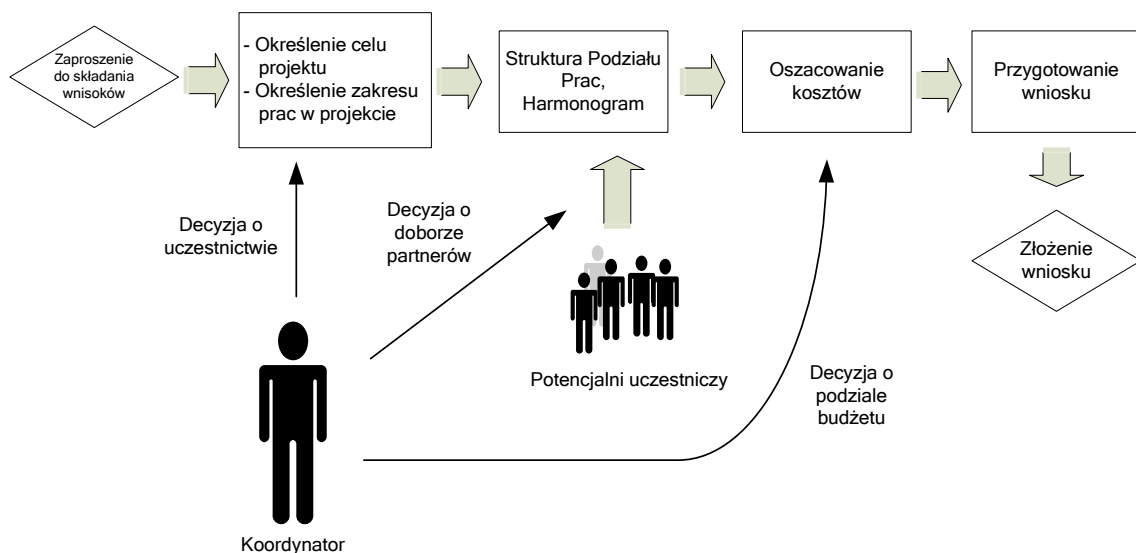
niejszych sekcji części B wniosku jest detaliczny opis prac projektowych. Powinien on zawierać:

- Listę pakietów prac,
- Listę rezultatów prac,
- Listę „kamieni milowych”,
- Detaliczny opis prac dla każdego pakietu,
- Tabelę podsumowującą planowane nakłady prac.

Czynności jakie musi wykonać koordynator w celu przygotowania wniosku o finansowanie badań w ramach Programu Ramowego wyznaczone są więc przez przedstawioną powyżej strukturę. Kluczową sprawą jest posiadanie odpowiedniego pomysłu na badania, będącego w zgodzie z tematyką opublikowanego zaproszenia do składania wniosku i ogólnymi celami strategicznymi stawianymi przez KE w Programie Ramowym. W następnej kolejności zagadnieniem wymagającym bardzo dużo uwagi od koordynatora jest dobranie odpowiednich partnerów. W pełni zaplanowane przygotowanie tych dwóch elementów jest warunkiem koniecznym rozpoczęcia prac związanych z przygotowaniem wniosku. Oczywiście koordynator może zacząć przygotowywanie wniosku od jego strony merytorycznej nie posiadając jeszcze grupy partnerów z którymi utworzy konsorcjum, jednakże dokończenie bez nich wniosku jest niewykonalne. Podobnie zdane na niepowodzenie jest potencjalne konsorcjum posiadające wolę realizacji projektu jednakże nie posiadające jego spójnej wizji. Warunkiem przygotowania dobrego wniosku jest więc współgranie dwóch elementów:

- ambitnego pomysłu na projekt zgodnego z założeniami tematycznymi opublikowanego zaproszenia do składania wniosków;
- konsorcjum partnerów posiadających wszelką niezbędną wiedzę i umiejętności do zrealizowania pomysłu na projekt oraz spełniającego kryteria selekcji określone w zaproszeniu do składania wniosków.

Biorąc pod uwagę strukturę wniosku oraz powyższe rozważania czynności konieczne do przygotowania wniosku można przedstawić w postaci procedury zaprezentowanej na rysunku 1.4.



Rys. 1.4. Procedura przygotowywania wniosku o finansowanie projektu w ramach PR

Na wykonanie wszystkich czynności związanych z zaprezentowaną procedurą koordynator oraz jego partnerzy mają w zależności od zaproszenia od 3 do 4 miesięcy. Czas ten jest bardzo krótki biorąc pod uwagę zakres czynności koniecznych do wykonania. Ponadto koszt związany z przygotowaniem wniosku jest duży. W raporcie nt. 6. PR przygotowanym przez Marimona (2004) większość ankietowanych wykazuje koszt przygotowania wniosku przekraczający 100 000 EUR.

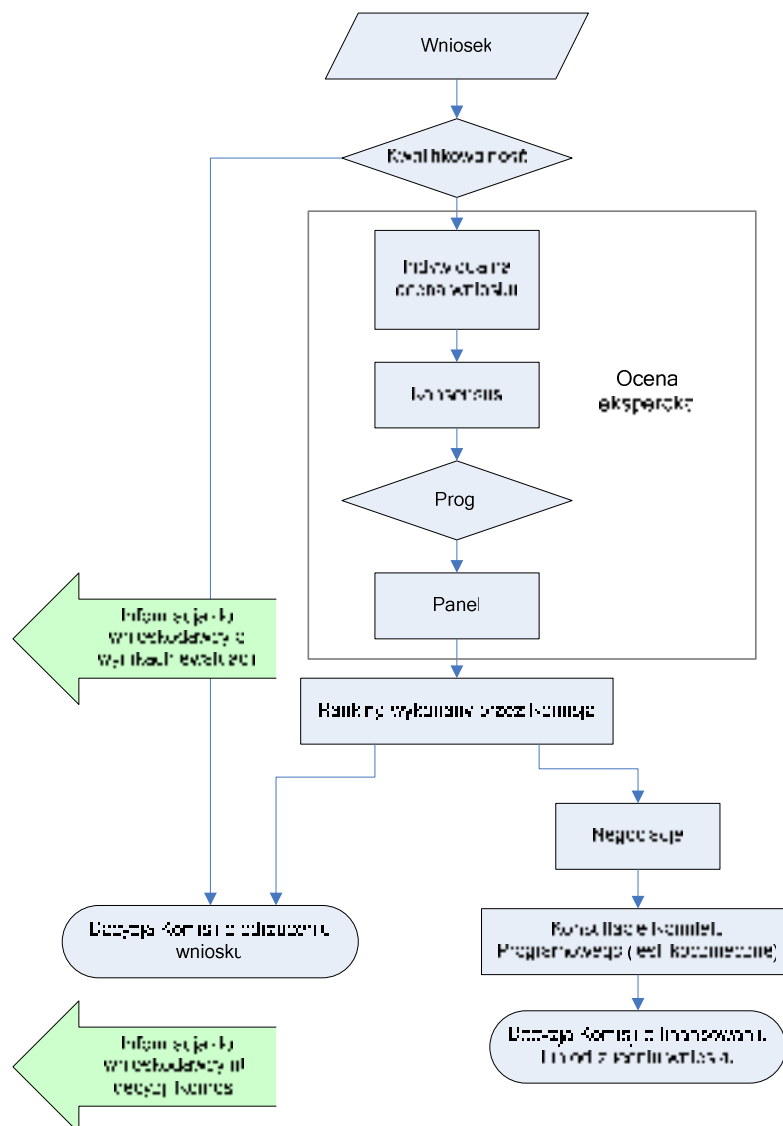
W przedstawionej procedurze przygotowywania wniosku wyróżniono trzy kluczowe sytuacje decyzyjne mające wpływ na postać przygotowywanego wniosku. Są to:

- decyzja o uczestnictwie,
- decyzja o doborze partnerów,
- decyzja o podziale budżetu projektu.

Szersze rozważania na temat natury i struktury tych sytuacji decyzyjnych przedstawione zostaną w rozdziale 1.3 niniejszej pracy.

1.2.3. Procedury oceny i selekcji wniosków

Upłynięcie terminu składania wniosków rozpoczyna procedurę oceny nadesłanych propozycji projektów dla danego zaproszenia. Procedura ta składa z szeregu kroków mających doprowadzić do zidentyfikowania, czy jakość ocenianego wniosku jest wystarczająco wysoka, aby mógł on otrzymać dofinansowanie ze źródeł Programu. Całość tej procedury przedstawiono na rysunku 1.5.



Rys. 1.5. Procedura oceny i wyboru wniosku do finansowania

Kontrola kwalifikowalności wniosku

Pierwszym etapem procedury oceny jest kontrola kwalifikowalności wniosku. Zajmuje się nią specjalna komisja złożona z pracowników Dyrekcji Generalnej ds. Nauki Komisji Europejskiej. W trakcie kontroli wnioski muszą spełnić szereg wymogów, których spełnienie uprawnia go do przejścia do kolejnych etapów procedury oceny. W przypadku niespełnienia któregokolwiek z wymogów kwalifikowalności wniosek jest odrzucany.

Na kwalifikowalność wniosku składają się następujące kryteria:

- Data otrzymania wniosku przez Komisję nie przekracza ostatecznej daty składania wniosków określonej w zaproszeniu;
- Wniosek spełnia minimalne wymagania określone przez zaproszenie i Rozporządzenie ustanawiające zasady uczestnictwa w 7. PR (Dz.U. UE L 391/1 z 30.12.2006). Na wymagania minimalne składają się warunki dotyczące minimalnej liczby uczestników oraz warunków ich wzajemnej niezależności.

- Kompletność wniosku określana na podstawie obecności wszystkich wymaganych formularzy i prawidłowości ich wypełnienia (kompletność informacji zawartej we wniosku sprawdzana jest na etapie późniejszym, w trakcie kontroli kwalifikowalności stwierdzany jest wyłącznie fakt wypełnienia wszystkich części formularzy).
- Zgodność z zakresem zaproszenia. Treść wniosku musi być zgodna z tematyką definiowaną przez zaproszenie oraz możliwymi systemami finansowania.

Niezależna ocena ekspercka

Kolejnym etapem procedury oceny wniosku jest zasadnicza ocena wykonywana przez grupę zewnętrznych i niezależnych ekspertów powołaną na potrzeby oceny propozycji nadsyłanych dla danego zaproszenia. Eksperci są dobierani według następujących kryteriów (DG Research 2006):

- wysoki poziom biegłości,
- odpowiedni zakres kompetencji.

Uwzględniając, że powyższe kryteria są spełnione dla każdego z ekspertów grupa oceniająca wnioski składane w odpowiedzi na zaproszenie komponowana jest według następujących zasad:

- odpowiednia równowaga pomiędzy wiedzą akademicką a przemysłową;
- rozsądne proporcje w liczbie ekspertów obojga płci;
- rozsądne rozproszenie geograficzne krajów pochodzenia ekspertów;
- naturalna rotacja członków grupy ekspertów.

Powyższe kryteria doboru ekspertów i zasady konstruowania grupy eksperckich wskazują na wysoką troskę Komisji o jakość przeprowadzanej oceny. Eksperci dobierani są z uwzględnieniem ich jak najwyższego doświadczenia w przedmiotowej dziedzinie oraz niezależności od podmiotów uczestniczących w składaniu wniosków. Aby procedura oceny przebiegała w zgodzie ze wszystkimi zasadami wyznaczona jest dodatkowa grupa niezależnych obserwatorów, która zajmuje się monitorowaniem pracy grupy ekspertów zajmujących się oceną wniosków. Tożsamość ekspertów przeprowadzających ocenę jest niejawną, jednakże corocznie Komisja Europejska publikuje zbiorczą listę ekspertów zaangażowanych w ewaluację wniosków w Programie Ramowym.

Złożony wniosek projektowy jest w pierwszej kolejności oceniany indywidualnie przez każdego z ekspertów wytypowanego do opiniowania zaproszenia, w ramach którego wniosek został złożony. Ekspert przyznaje swoją ocenę w skali od 0 do 5 punktów dla każdego z głównych kryteriów oceny. Dla każdej z przyznanych ocen musi także przedstawić pełne i spójne uzasadnienie. Oprócz oceny według formalnych kryteriów ekspert w trakcie oceny indywidualnej może ponadto wskazać czy dany wniosek całkowicie różni się z zakresem tematycznym zaproszenia, lub wymaga specjalnego potraktowania ze względu na poruszanie szczególnych zagadnień etycznych bądź wymagających objęcia go klauzulą tajności.

Na podstawie ocen indywidualnych grupa ekspertów przygotowuje raport konsensualny, w którym ustala swoje stanowisko odnośnie konkretnego wniosku i decyduje nad przyznaniem ostatecznych ocen dla kryteriów.

Ostatnim etapem oceny eksperckiej wniosku jest dyskusja panelowa. W trakcie panelu w świetle raportów konsensualnych dla wszystkich wniosków złożonych w ramach danego zaproszenia eksperci przedstawiają swoje rekomendacje dla Komisji. Rekomendacje formułowane są z punktu widzenia tematyki zaproszenia i liczby nadesłanych wniosków. W trakcie panelu eksperci mogą zdecydować o zaaranżowaniu spotkań z koordynatorami w celu doprecyzowania szczegółów ich wniosków. Wynikiem panelu jest raport zawierający:

- Raport podsumowujący przygotowany dla każdego złożonego wniosku zawierający oceny i wszelkie komentarze ekspertów.
- Uporządkowaną listę wniosków, których łączne oceny przekroczyły wartość progową określoną dla zaproszenia.
- Listę ocenionych wniosków, których oceny nie przekroczyły przyjętych wartości progowych.
- Listę wniosków uznanych za niekwalifikowane w trakcie oceny eksperckiej.

Ranking wykonywany przez komisję

Na tym etapie pracownicy Komisji Europejskiej przeprowadzają przegląd rezultatów oceny eksperckiej i przygotowują swoją własną ocenę wniosków, w szczególności nacisk kładziony jest tutaj na aspekty finansowe wniosku i planowanego udziału środków z budżetu UE. Odpowiedzialny departament KE przygotowuje listę wniosków proponowanych do finansowania spośród tych, których oceny przekroczyły zakładane w zaproszeniu wartości progowe. Liczba wniosków zależy od wysokości budżetu przewidzianego dla zaproszenia, chyba że planowany budżet jest wystarczający do sfinansowania wszystkich wniosków pozytywnie zaliczających etap oceny eksperckiej. Wnioski znajdujące się na liście tworzą ranking skonstruowany na bazie ocen przyznanych przez ekspertów i ich rekomendacji. Pracownicy zaangażowani w tworzenie rankingu w trakcie wzajemnych konsultacji określają dla każdego z wniosków listę spraw wymagających doprecyzowania w trakcie negocjacji.

W przypadku gdy w trakcie konsultacji okaże się, że bardzo podobne działania były już wcześniej finansowane lub, że wniosek przyniesie rezultaty niezgodne z polityką UE, to wniosek taki może zostać odrzucony, mimo że w poprzednich etapach oceny został on sklasyfikowany jako nadający się do finansowania.

Oprócz listy projektów proponowanych do finansowania Komisja przygotowuje listę rezerwową. Wnioski z listy rezerwowej mogą zostać proponowane do finansowania w przypadku, gdy którykolwiek wniosek z listy zasadniczej nie przejdzie etapu negocjacji warunków lub gdy pojawią się nieoczekiwane środki zwiększające budżet zaproszenia.

Negocjacje

Koordynatorzy wniosków znajdujących się na liście wniosków proponowanych do finansowania otrzymują zaproszenie do rozpoczęcia negocjacji. Na podstawie uwag zawartych w raporcie podsumowującym przygotowanym przez ekspertów aplikujący mogą otrzymać wezwanie do udzielenia dodatkowych informacji o charakterze administracyjnym, prawnym, technicznym lub finansowym, które są wymagane do przygotowania *umowy o dotację*. Ponadto, komisja może zażądać zmian we wniosku projektowym, głównie o charakterze finansowym.

W przypadku gdy do upłynięcia założonego termin nie będzie możliwe uzyskanie porozumienia koordynatora z Komisją odnośnie proponowanych zmian we wniosku, negocjacje mogą być wstrzymane czego konsekwencją jest odrzucenie wniosku. Komisja ponadto może wstrzymać dalsze negocjacje gdy propozycje zmian we wniosku po ich wdrożeniu spowodowałyby, że wniosek stałby się znacząco różny od swojej wersji pierwotnej.

Negocjacje wniosków z listy rezerwowej mogą być rozpoczęte w przypadku gdy zaistnieje sytuacja pojawienia się środków w budżecie wystarczających do sfinansowania przynajmniej jednego z tych projektu.

Przyznanie dotacji

W przypadku gdy negocjacje zakończą się sukcesem wnioskującemu konsorcjum przyznana zostaje dotacja w wysokości określonej w przygotowanym wniosku. W takim przypadku koordynator i pozostali członkowie konsorcjum zawierają z KE *umowę o dotację*.

1.3. Koncepcja metody wspomagającej koordynatora w procesie tworzenia konsorcjum projektowego

W pierwszej części rozdziału 1 przedstawiono obecny stan programów wspierających badania i rozwój w Europie. Analiza ta wykazuje dużą determinację organów centralnych UE w stymulowaniu rozwoju naukowego, badawczego i technologicznego. Komisja Europejska dążąc do zmniejszenia dystansu istniejącego w dziedzinie innowacyjności gospodarek UE i USA przeznaczają znaczną część swojego budżetu na wspieranie B+R. Ma to swój wyraz w programach finansowania przedsięwzięć B+R takich jak opisany szczegółowo w rozdziale 1.2 Program Ramowy Badań i Rozwoju Technologicznego.

Z punktu widzenia jednostek badawczych taka sytuacja jest bardzo korzystna, szeroki dostęp do różnego rodzaju mechanizmów finansujących sprzyja bowiem prowadzeniu badań i realizacji innowacyjnych pomysłów. Jednakże, mimo dużych nakładów i zakrojonych na szeroką skalę programów wspierających uzyskanie finansowania nie jest łatwe. KE i jej struktury odpowiedzialne za programy ramowe decyduje się na przeznaczenie środków tylko na bardzo dobrze przygotowane projekty prowadzone przez bardzo dobrze zorganizowane grupy partnerów, potrafiące udowodnić swoją zdolność do osiągnięcia zakładanych ambitnych celów. Wszystkie składane wnioski o finansowanie są więc dokład-

nie oceniane przez grupy ekspertów według szeregu kryteriów mających na celu wykazać jakość proponowanych pomysłów oraz realizujących je partnerów.

Jednostka badawcza dysponująca pomysłem na badania musi więc sprostać wielu wymaganiom aby uzyskać finansowanie na ich realizację. W pierwszej kolejności musi pojawić się jednak zaproszenie do składania wniosków, które będzie zbieżne z pomysłem i w ramach którego zaistnieje szansa otrzymania dotacji. Jeżeli pojawiające się zaproszenia nie są w pełni zgodne z wizją planowanych badań, podmiot taki musi rozważyć wprowadzenie pewnych modyfikacji aby dopasować się do profilu zaproszeń aktualnie emitowanych. Jest to istotne gdyż każdy wniosek niezgodny z tematyką zaproszenia jest automatycznie uznawany jako niekwalifikowany i natychmiastowo odrzucany nawet bez sprawdzenia jego rzeczywistej wartości merytorycznej.

W przypadku pojawienia się zaproszenia tematycznie zgodnego z wizją pomysłu, podmiot nim dysponujący i chcący w przyszłości koordynować jego realizację musi przygotować wniosek o jak najwyższej jakości. Jakość wniosku jest tutaj rozumiana jako łączna jakość dwóch jego najważniejszych elementów, a mianowicie:

- jakości pomysłu na badania i planu jego realizacji,
- jakości konsorcjum realizującego projekt.

Jakość tych dwóch elementów jest określana przez jak najlepsze spełnienie kryteriów oceny definiowanych przez zaproszenie do składania wniosków (rozdział 1.1.3).

O powszechności występowania problemu przygotowywania wniosku o finansowanie badań mogą świadczyć dane przytoczone w rozdziale 1.1. Corocznie tylko w ramach Programów Ramowych EU przygotowywanych jest kilka tysięcy takich wniosków (Supel 2006a, 2006b). Biorąc dodatkowo pod uwagę średni koszt przygotowania wniosku wynoszący ponad 100 tys. EUR oraz wskaźnik sukcesu na poziomie 22% można przypuszczać, iż w tej dziedzinie może istnieć zapotrzebowanie na różnego rodzaju rozwiązania wspierające.

Przygotowując wniosek koordynator staje przed koniecznością podjęcia szeregu decyzji, które mają bezpośrednio wpływ na jakość ostatecznie przygotowanego wniosku. Jak wykazano to w rozdziale 1.2.2 decyzje te najczęściej dotyczą:

- 1) *Uczestnictwa w zaproszeniu do składania wniosków* – decyzja o kluczowym charakterze, źle podjęta może spowodować automatyczne przekreślenie szans wniosku na otrzymanie finansowania i zniweczyć wysiłek poniesiony na przygotowanie wniosku;
- 2) *Doboru partnerów realizujących projekt* – decyzja ma bezpośredni wpływ na ocenę według kryteriów dotyczących jakości konsorcjum realizującego projekt. Poza tym, pośrednio decyzja ta wpływa także na jakość pomysłu na badania i planu jego realizacji. Spowodowane jest to tym, że prawidłowo dobrani partnerzy mogą wspomagać koordynatora w merytorycznym przygotowaniu wniosku projektowego. Decyzję doboru partnerów można podzielić na dwie decyzje elementarne dotyczące konsorcjum projektowego:
 - decyzja dotycząca zestawu partnerów,
 - decyzja dotycząca przypisania poszczególnych partnerów do pakietów prac zdefiniowanych dla projektu.
- 3) *Podziału budżetu projektu pomiędzy partnerów* – decyzja ma wpływ na ocenę przyznawaną wnioskowi za przygotowanie planu finansowego i właściwy balans w

udziale poszczególnych partnerów w projekcie. Charakterystyczne w przypadku tej decyzji jest, iż podejmowana jest ona przez koordynatora jednak pod silnym wpływem ze strony partnerów uczestniczących w konsorcjum.

Zidentyfikowanie sytuacji decyzyjnych w rozpatrywanym problemie przygotowywania wniosku stwarza podstawy do zaproponowania metod wspomagających podejmowanie tych decyzji przez koordynatora projektu (Zaikin, Małachowski 2005), (Zaikin i in. 2007), (Małachowski 2006, 2007). Skonstruowanie takich metod wymaga dokładnego scharakteryzowania poszczególnych sytuacji decyzyjnych, w których znajduje się koordynator.

Z wymienionych powyżej trzech typowych decyzji związanych przygotowywaniem wniosku, pierwsza z nich dotycząca samego uczestnictwa w zaproszeniu do składania ma charakter zasadniczy. Do podjęcia tej decyzji konieczne jest spełnienie kilku warunków wskazujących na możliwość przygotowania prawidłowego wniosku projektowego. Z punktu widzenia koordynatora aby przystąpić do przygotowywania wniosku spełniać musi on następujące warunki:

- a) musi posiadać pomysł na badania;
- b) dysponować przybliżonym planem realizacji badań;
- c) być w kontakcie z grupą partnerów w projekcie posiadających łączny potencjał naukowy i techniczny pozwalający na zrealizowanie badań, którzy dodatkowo wyrażają chęć i gotowość do współpracy oraz są w stanie spełnić wszystkie formalne wymogi kwalifikowalności uczestników programu;
- d) być w stanie samemu spełnić wszystkie formalne wymogi kwalifikowalności uczestników określone przez program finansujący;
- e) posiadać wiedzę na temat uczestnictwa i przygotowywania wniosku o finansowanie w wybranym programie;

Niespełnienie którekolwiek z powyższych warunków świadczy o niegotowości koordynatora do przygotowania wniosku. Krótki 3-4 miesięczny okres na przygotowanie wniosku wyznaczony przez termin opublikowania zaproszenia i określony w nim termin składania wniosków powoduje, że koordynator nie dysponuje czasem na szukanie od podstaw partnerów i planowanie prac lecz powinien od razu przystąpić do wyboru docelowego składu konsorcjum, ustalenia z partnerami warunków współpracy i przygotowywania treści wniosku.

Zasadniczy etap analizy decyzyjnej odbywa się w momencie spełnienia wszystkich warunków przystąpienia do przygotowania wniosku i na tej podstawie podjęcia decyzji o uczestnictwie. Koordynator musi w tym momencie zdecydować, z którymi partnerami utworzyć konsorcjum projektowe, jak podzielić odpowiedzialność za zrealizowanie prac oraz w jaki sposób podzielić budżet projektu. Decyzje te muszą być podjęte w taki sposób aby konsorcjum projektowe i przygotowany przez nie wniosek w maksymalnym stopniu spełniał wszystkie formalne kryteria selekcji, a także zidentyfikowane nieformalne kryteria rozpatrywane przez ekspertów w procesie oceny. Podstawą do podjęcia tych decyzji jest przygotowana wstępna charakterystyka projektu oraz zespołów składających się na konsorcjum.

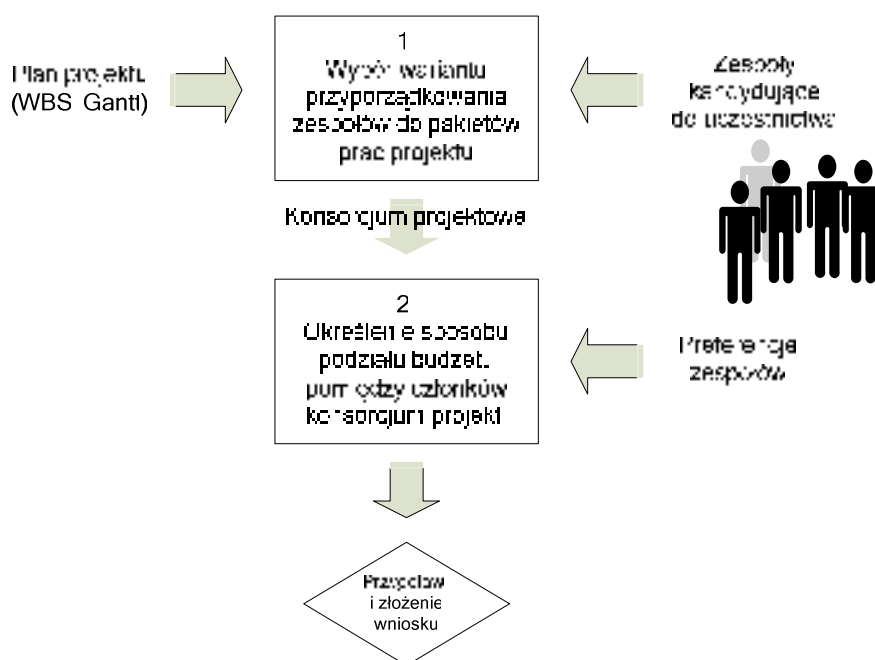
Wstępna charakterystyka projektu potrzebna do podjęcia decyzji związanych z przygotowaniem wniosku powinna zawierać opis celu projektu, zakresu projektu, strukturę

podziału prac (WBS – ang. *Work Breakdown Structure*) oraz harmonogram uwzględniający zależności pomiędzy pakietami prac np. w postaci diagramu Gantta (PMBOK 2004). Na tej podstawie mogą być określone wymagania odnośnie wiedzy, umiejętności i zasobów potrzebnych do wykonania prac projektowych i osiągnięcia zakładanego celu (Zaikin 2005, 2007).

Charakterystyka zespołów rozpatrywanych jako kandydaci do uczestnictwa w projekcie, obejmująca posiadane przez nie umiejętności i wiedzę oraz inne cechy świadczące o ich jakości, jest podstawą do dokonania wyboru partnerów do konsorcjum oraz przyporządkowania ich do pakietów prac projektu (Zaikin 2006, Małachowski 2007). Ponadto, na tej podstawie możliwe jest także określenie wymaganych dla każdego z zespołów nakładów pracy i co za tym idzie ich udziałów w budżecie projektu (Małachowski 2004).

Problem decyzyjny związany ze składem konsorcjum projektowego sprowadza się do rozwiązania dwóch elementarnych problemów decyzyjnych dotyczących wyboru składu oraz przyporządkowania zespołów do pakietów prac. Istniejące w dziedzinie badań operacyjnych podejścia do modelowania tego typu problemów sprowadzają je do problemu przydziału uwzględniającego kwalifikacje agenta (Caron 1999, Pentico 2007), w którym m wykonawców jest przydzielanych do n zadań, przy czym zbiór wykonawców jest bardziej lub tak samo liczny jak zbiór wykonawców. Wynikiem rozwiązania zadania tak sformułowanego zadania przydziału jest wariant najlepiej spełniający przyjęte kryteria doboru. Jak wykazano w rozdziale 1.1.3 ocena wniosku i konsorcjum projektowego ma charakter wielokryterialne, zatem zadanie wyboru wariantu konsorcjum musi być przedstawione jako zadanie wielokryterialnej analizy decyzyjnej.

W związku z powyższymi rozważaniami w niniejszej pracy zaproponowano podejście do rozwiązywania problemu przygotowywania wniosku o finansowanie badań w oparciu o jego dekompozycję na dwa podproblemy. W efekcie otrzymano model decyzyjny dla procedury przygotowywania wniosku integrujący w sobie oba zdefiniowane podproblemy (rys. 1.6).



Rysunek 1.6. Model decyzyjny dla procedury przygotowywania wniosku o finansowanie

Na bazie zintegrowanego modelu decyzyjnego przedstawionego na rysunku 1.6 możliwe jest zaprojektowanie metody wspomagającej podejmowanie decyzji dla obu wskazanych w nim sytuacji decyzyjnych. Kompleksowe ujęcie rozwiązania tego problemu stwarza podstawy do opracowania spójnej metody wspomagającej koordynatora w przygotowaniu wniosku o finansowanie.

Stworzenie odpowiedniego konsorcjum do realizacji projektu polega na prawidłowym doborze jego uczestników ze względu na ich umiejętności i posiadaną wiedzę w dziedzinie problemu będącego przedmiotem projektu. Selekcję partnerów można wykonać posługując się różnymi metodami zdroworozsądkowymi, jednakże metody te nie dają pewnych i wiarygodnych wyników, gdyż w większości przypadków opierają się o większe lub mniejsze doświadczenie i przeczcucie menadżera projektu.

Uwagę na to zagadnienie zwracają dwa najważniejsze dokumenty określające standardy dla zarządzania projektami, a mianowicie opublikowany przez Project Management Instytut – międzynarodowe stowarzyszenie specjalistów z dziedziny zarządzania projektem, publikacja „*Project Management Body of Knowledge*” (PMBOK 2004) oraz międzynarodowa norma ISO 10006:2003 „*System Zarządzania Jakością – Wytyczne dla zarządzania jakością w projektach*”. W dokumentach tych zaleca się przeprowadzenie rekrutacji członków w sposób sformalizowany, z dokładnie sprecyzowanymi kryteriami. Decyzje o doborze uczestników powinny być podejmowane na podstawie ich precyzyjnie opisanych kompetencji obejmujących posiadane umiejętności, wiedzę oraz doświadczenie (PMBOK 2004, ISO 10006:2003). Wprowadzone tutaj pojęcie kompetencji definiowane jest przez Międzynarodową Organizację Standaryzującą ISO w normie ISO 9000:2005 „*Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia*” jako „wykazaną zdolność do zastosowania wiedzy i umiejętności”.

Zgodnie z przedstawionymi międzynarodowymi normami jednoznaczne wyniki doboru uczestników konsorcjum projektowego powinny być dostarczane przez sformalizowany aparat oceny i doboru jednostek kandydujących. Jednakże w przypadku formalnych metod pojawia się problem ilościowej oceny użyteczności partnera w projekcie wyrażonej z pozoru niemierzalnymi wielkościami, takimi jak wiedza z dziedziny problemowej, umiejętności i doświadczenie, ogólnie według normy ISO 9000:2005 określanymi jako kompetencje.

W dalszej części pracy przedstawione zostaną modele reprezentacji kompetencji umożliwiające przedstawienie kompetencji posiadanych przez osobę lub zespół, jaki i określenie wymagań związanych z rozwiązaniem określonego problemu intelektualnego. Modele zostały scharakteryzowane pod kątem możliwości ilościowego wyrażania kompetencji co czyni je użytecznymi w zastosowaniu w formalnej metodzie wspomagającej przygotowanie wniosku projektowego.

2. Metody modelowania kompetencji

2.1. Znaczenie pojęcia kompetencji

Przyjęta w pracy teza badawcza zakłada wykorzystanie formalnego opisu kompetencji jednostki w metodzie budowania zespołów realizujących naukowe projekty badawcze. Przed zaprezentowaniem przyjętego formalnego modelu kompetencji należy jednak w pierwszej kolejności zdefiniować pojęcie kompetencji, gdyż często używane jest ono w wielu różnych kontekstach.

Wielu specjalistów reprezentujących dziedziny takie, jak socjologia, pedagogika, filozofia, psychologia i ekonomia, podejmowało próby zdefiniowania pojęcia kompetencji. Ich wysiłki były uwarunkowane kontekstem edukacyjnym, kulturowym oraz językowym. Romainville (1996) wskazuje, że francuski termin *compétence* stosowano pierwotnie w kontekście kształcenia zawodowego, na określenie zdolności do wykonania danego zadania. Jednak w ciągu ostatnich dziesięcioleci termin ten zadomowił się w kształceniu ogólnym, gdzie najczęściej odnosi się do „możliwości” lub „potencjału” jednostki do efektywnego działania w określonej sytuacji. Liczy się nie tyle sama wiedza, co umiejętność jej zastosowania. Według Perrenouda (1997) nauczanie kompetencji oznacza umożliwianie jednostce mobilizowania i stosowania już nabytej wiedzy w sytuacjach złożonych, zróżnicowanych i nieprzewidywalnych. Definiuje on kompetencję jako „umiejętność efektywnego działania w wielu określonych sytuacjach, umiejętność opartą na wiedzy, lecz do niej nie ograniczoną”. W dokumencie opublikowanym przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju OECD (2001) po przeanalizowaniu wielu definicji stwierdzono, że w wielu dyscyplinach „pojęcie kompetencji interpretuje się jako mniej lub bardziej wyspecjalizowany system zdolności, umiejętności lub sprawności niezbędnych lub wystarczających do osiągnięcia określonego celu”. W trakcie sympozjum Rady Europy na temat kompetencji (Council of Europe, 1997) zaproponowano, aby termin „kompetencja” czy też „kompetencje” rozumieć jako „ogólne zdolności (możliwości) oparte na wiedzy, doświadczeniu, wartościach oraz skłonnościach nabytych w wyniku oddziaływań edukacyjnych”.

Wielu autorów z dziedziny zarządzania m.in. Cardy i Selverajan (2006), Partington i in. (2005), Crawford (2005) wskazuje opracowanie Boyatzisa (1982) zatytułowane „*The competent manager*” jako te, które wprowadziło i spopularyzowało pojęcie kompetencji do literatury z dziedziny zarządzania. W pracy tej Boyatzis definiuje kompetencje jako „charakterystykę osoby, określaną przez takie cechy jak motywacja i umiejętności wyrażającą się w jego wizerunku, roli społecznej lub czynnie wykorzystywanej wiedzy”. Tak szeroka definicja mogłaby wskazywać, że kompetencją jest każdą wyróżniającą się cechą osobowości, jednakże Boyatzis zawężył pojęcie kompetencji wyłącznie do indywidualnych cech przejawiających się w kontekście wyników osiągniętych przez jednostkę w wykonywanej przez nią pracy. Ponadto, Boyatzis odróżnił kompetencje od zadań i funkcji przypisywanych osobom w organizacjach wskazując, że są one tym co osoby wnoszą do wykonywanej pracy, a nie tym co wykonują w ramach swoich obowiązków.

Woodruff (1992) definiuje kompetencje jako „zbiór wzorców zachowań potrzebnych do prawidłowego wykonania zadań lub funkcji”. Definicja ta posiada bardzo prostą ale istotną charakterystykę. Mianowicie, pojęcie kompetencji może zawierać w sobie: wiedzę, zdolności i umiejętności, ale także może wychodzić poza te tradycyjne charakterystyki, w szczególności uwzględniając motywację i chęć do wykonania zadania.

Zatem kompetencje są postrzegane jako charakterystyka osoby związana z pomyślnym wykonaniem zadania. Charakterystyki te powinny przejawiać się w obserwowanych wzorcach zachowań wywierających pozytywny wpływ na wykonywaną pracę. Wśród tych obserwowalnych zachowań najczęściej wymieniane są wiedza, zdolności i umiejętności (Cardy i Selvarajan 2006), jednakże należy także zwrócić uwagę, iż oprócz nich istnieje szereg cech osobowościowych nie dających się łatwo zaobserwować i zidentyfikować, a które mogą mieć znaczący wpływ na powodzenie wykonywanych przez osobę zadań. Hofrichter i Spencer (1996) określają te cechy terminem, który w wolnym tłumaczeniu można przedstawić jako „drugie dno” charakterystyki pracownika lub umiejętności „miękkie” (ang. *below-the-waterline*). Przykładowo takie cechy jak wyznawany system wartości i osobowość pracownika mogą wpływać w podobnym stopniu na powodzenie w realizacji zadań jak np. jego umiejętności techniczne. W związku z tym w przypadku identyfikacji i określania wymogów kompetencyjnych konieczne jest branie pod uwagę nie tylko kompetencji związanych bezpośrednio z wykonywanymi obowiązkami ale także różnego rodzaju cechami osobowościowymi mającymi pozytywny wpływ na powodzenie realizacji przydzielanych zadań. Ponadto, wszelkie modele wykorzystywane w analizie kompetencji powinny umożliwiać odwzorowanie tych dwóch rodzajów kompetencji.

Pojęcie *model kompetencji* w literaturze jest często używane zamiennie z terminem *kompetencje*. Mansfield (1996) definiuje model kompetencji jako szczegółowy, behawioralny opis charakterystyki pracownika potrzebnej do bycia efektywnym. Sama postać tego opisu może być różna i przybierać formy od opisu werbalnego po formalny model matematyczny. Model kompetencji może być następnie wykorzystywany do przedstawiania zestawu kompetencji związanych z danym zadaniem, etatem lub rolą w organizacji.

Jak wcześniej wspomniano pojęcie kompetencji zostało zdefiniowane w kontekście nauk o zarządzaniu. Według Cardy i Selvarajana (2006) kompetencje mogą być głównym źródłem przewagi konkurencyjnej, a nawet najlepiej przygotowane strategie nie mogą być pomyślnie zaimplementowane i zrealizowane bez kadry posiadającej odpowiednie kompetencje.

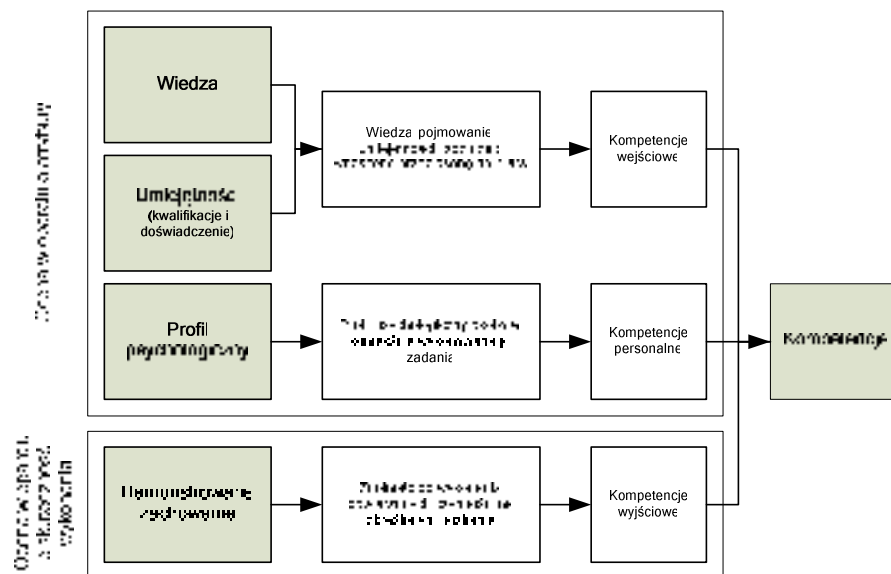
Pojęcie kompetencji może być różnie postrzegane wewnątrz organizacji. Z perspektywy zarządzania strategicznego kompetencje całej organizacji definiowane są jako kombinacja jej zasobów i możliwości (Hitt i in. 2005). Zagadnienie kompetencji rozwinęło się także jako jedno z głównych pojęć w dziedzinie zarządzania zasobami ludzkimi (HRM – ang. *human resource management*) i zaczęło odgrywać znaczącą rolę w poszczególnych obszarach tej dziedziny zarządzania, a więc rekrutacji, selekcji, szkoleniu, rozwoju zawodowym oraz systemie nagradzania (Partington 2005). Z punktu widzenia HRM kompetencje są postrzegane jako umiejętności pracowników, dzięki którym wykonywane mogą być charakterystyki pracowników i wymagań związanych z pracą na danym stanowisku (Cardy i Selvarajan 2006). Podstawowym analizowanym w HRM zagadnieniem jest zrozumienie czym jest uwarunkowane to, że pewni pracownicy wykonują powierzone im zadania lepiej od innych. Rozszyfrowanie tych mechanizmów pozwoliłoby na stworzenie skuteczniejszych technik zarządzania zasobami ludzkimi (Partington 2005).

Podobne spojrzenie na klasyfikację kompetencji reprezentują Turner i Crawford (1994), którzy dzielą je na *personalne* i *korporacyjne*. Kompetencje personalne są trwale posiadane przez osoby i składają się na nie takie cechy jak wiedza, umiejętności, zdolności, doświadczenie i osobowość. Natomiast kompetencje korporacyjne przypisane są do całej organizacji i określane są przez istniejące wewnątrz niej procesy i struktury, które nie powinny ulegać zmianie nawet w przypadku odejścia pojedynczych osób.

Ponieważ kompetencje mają charakter nienamacalny ich obserwacja i identyfikacja nie może być przeprowadzana bezpośrednio (Heywood i in. 1992). Z tego powodu konieczne jest otrzymanie pewnych pośrednich dowodów, na podstawie których kompetencja może być stwierdzona. Spostrzeżenie to doprowadziło do wykształcenia się dwóch głównych podejść w analizie kompetencji:

- 1) **Przedstawienie kompetencji w oparciu o zestaw atrybutów.** Podejście skupia się na wyróżnieniu zestawu atrybutów behawioralnych, które pozwalają na zbudowanie modelu kompetencji i testowaniu poziomu tych atrybutów u osób, których kompetencje podlegają ocenie. Spencer i Spencer (1993) wyróżnili pięć atrybutów charakteryzujących kompetencje. Dwa z nich, wiedza określana przez informacje posiadane przez jednostkę w danym kontekście oraz umiejętności będące zdolnością do wykonania zadania manualnego bądź umysłowego są względnie łatwe do sformalizowania i oceny. Jednakże trzy pozostałe, związane bezpośrednio z profilem psychologicznym jednostki, nie dają się w łatwy sposób opisać i ocenić. Te trzy atrybuty to motywacja, cechy charakteru i poziom samooceny.
- 2) **Przedstawienie kompetencji jako demonstrowanej skuteczności wykonywania czynności związanych z określonym stanowiskiem pracy.** Podejście to polega na definiowaniu typowych czynności wykonywanych na danym stanowisku pracy i związanych z tym kompetencji. Następnie osoba wykonująca pracę na tym stanowisku jest oceniana pod kątem występowania i poziomów tych kompetencji. Podejście to zapoczątkowane zostało w Wielkiej Brytanii w trakcie tworzenia systemu narodowych programów szkoleniowych takich jak *National Scottish Vocational Qualifications* oraz *Management Charter Initiative* (obecnie działające jako *Management Standard Centre*). Podejście to zapoczątkowało rozwój *standardów kompetencji* – systemów definiowania i oceny kompetencji dla różnych gałęzi działalności gospodarczej i istniejących w nich typowych stanowiskach pracy.

Crawford (2005) połączył oba te podejścia proponując zintegrowany model kompetencji pozwalający na ocenę kompetencji w oparciu o atrybuty behawioralne jak i demonstrowaną przez jednostkę skuteczność wykonania powierzonych mu zadań (rys. 2.1). Według tego modelu kompetencje określone na bazie wiedzy i umiejętności są traktowane jako wejściowe, gdyż podobnie jak kompetencje personalne traktowane są jako określone i stabilne w czasie atrybuty jednostki. Natomiast kompetencje wyjściowe, to kompetencje, których poziom zostaje określony w wyniku obserwacji i w odniesieniu do przyjętego standardu kompetencji.



Rysunek 2.1. Zintegrowany model oceny kompetencji (Crawford 2005)

Przedstawiony powyżej przegląd definicji pojęcia kompetencji wskazuje, że jego znaczenie jest szerokie i może być często niejednoznacznie. Jego wykorzystanie w szeroko pojętym zarządzaniu wymaga przyjęcia jednej spójnej definicji. Ostatecznie definicję taką dostarcza Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna ISO, która w normie ISO 9000:2005 „Systemy zarządzania jakością” podaje, wyrażone w sposób bardzo zwięzły i precyzyjny, znaczenie terminu kompetencja, jako „demonstrowanej zdolność do zastosowania wiedzy i umiejętności”.

Kompetencje a kwalifikacje

W języku potocznym i w literaturze niefachowej pojęcie kompetencji często używane jest zamiennie z pojęciem kwalifikacji. Słownik Języka Polskiego PWN definiuje kwalifikacje jako „wykształcenie i uzdolnienia potrzebne do pełnienia jakiejś funkcji lub wykonywania jakiegoś zawodu”. Pojęcie kompetencji określa więc w sposób bardziej ogólny wiedzę oraz umiejętności posiadane przez osobę, podczas gdy kwalifikacja rozumiana jest jako posiadanie pewnych formalnych dowodów posiadania wykształcenia lub konkretnej umiejętności. Potwierdzeniem posiadania kwalifikacji może być dyplom ukończenia szkoły lub uczelni, certyfikat, zaświadczenie, referencje itd. W takim samym znaczeniu wykorzystywane są pojęcia kompetencji i kwalifikacji w różnych narodowych systemach kształcenia zawodowego. Pojęcie kompetencji oznacza tam różnego rodzaju umiejętności, które może posiadać pracownik, natomiast kwalifikacji to określony poziom umiejętności potwierdzony dyplomem lub certyfikatem (Siciński 2003).

W niektórych źródłach kwalifikacje i kompetencje rozróżniane są ponadto ze względu na umiejętności których dotyczą. Kwalifikacje kojarzone są zwyczajowo raczej z umiejętnościami fizycznymi, manualnymi i zrutynizowanymi, podczas gdy kompetencje z czynnościami bardziej intelektualnymi (Siciński 2003).

Podsumowując powyższe rozważania, kompetencje są pojęciem ogólnym, określającą zdolność do realizacji różnych wzorców zachowań na podstawie zgromadzonej wie-

dzy i doświadczenia. Kwalifikacje natomiast dotyczą zbioru różnego rodzaju formalnych dokumentów potwierdzających posiadanie przez jednostkę określonej wiedzy i umiejętności. Mówiąc wprost, kwalifikacje to dowody posiadania określonych kompetencji.

Jak już wspomniano zrealizowanie postawionego w pracy celu badawczego wymaga wykorzystania formalnego modelu kompetencji, na podstawie którego możliwe jest ilościowe określenie przydatności zespołu badawczego do uczestnictwa w projekcie. Przedstawione powyżej definicje oraz zintegrowany model kompetencji (rys. 2.1) odzwierciedlają wyłącznie naturę pojęcia kompetencji i nie dostarczają narzędzi do ilościowej analizy kompetencji. W sytuacji gdy wymagana jest dokładna analiza ilościowa kompetencji konieczne jest oparcie się o model, który dostarczy matematycznych podstaw oraz instrumentów do jej przeprowadzenia. Model, który pozwoli na precyzyjne opisanie kompetencji, ich porównywanie, określanie kosztu podniesienia kompetencji, określanie adekwatności kompetencji jednostki do stawianego przed nią zadania oraz na rozwiązywanie wielu innych problemów o charakterze ilościowym.

W literaturze istnieje szereg matematycznych modeli opisu kompetencji. Większość z nich bazuje na stworzonej przez Yu (1991) koncepcji dziedzin charakterystycznych (ang. *habitual domain*) oraz reprezentacji kompetencji jako zbioru (Yu i Zhang 1990; Shi i Yu 1999; Lin Ch.-M. 2006; Hu i in. 2003, 2004; Feng i Yu 1998; Chen 2001, 2002) lub zbioru rozmytego (Wang i Wang 1998; Lin Ch.-Ch. 2006; Huang i in. 2006; Chen i in. 2002). Założenia tych modeli przedstawione są w dalszej części niniejszego rozdziału.

2.2. Standardy kompetencji

Obecnie w wielu krajach prowadzone są prace nad standaryzacją kompetencji. Tworzenie standardów ma na celu ujednoczenie nazewnictwa stosowanego do opisu kompetencji zdobywanych na wszystkich etapach procesu edukacji, a także stworzenie kompleksowych procedur certyfikacji zdobywanej wiedzy i umiejętności. Standaryzacja w założeniach obejmuje nie tylko kompetencje nabyte w formalnym procesie edukacji ale także poza nim, na różnego rodzaju kursach, szkoleniach, warsztatach, stażach odbytych przed rozpoczęciem lub w trakcie życia zawodowego. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie wiarygodnego obrazu kompetencji posiadanych przez jednostkę kompetencji bez względu na to gdzie, w jaki sposób i na jakim etapie kształcenia czy życia zawodowego zostały nabyte.

W krajach, w których istnieją i rozwijane są standardy kompetencji dąży się do zdefiniowania kompetencji określanych jako kluczowe, mających charakter fundamentalny i określenia sposobów ich nabywania, rozwijania i otrzymywania stosownych dyplomów. Podstawą jest tu silna współpraca organów rządowych, instytucji edukacyjnych oraz przemysłu i biznesu, wyznaczenie zakresu odpowiednio zdefiniowanych umiejętności ogólnych i bardziej szczegółowych z takich dziedzin jak fizyka, matematyka, informatyka, języki, finanse, zarządzanie itp. W 2001 roku Komisja Europejska powierzyła grupie roboczej złożonej z narodowych ekspertów zadanie zdefiniowania pojęcia „kompetencji kluczowych” oraz zidentyfikowania tych kompetencji, które są uznawane we wszystkich państwach członkowskich UE (Smoczyńska 2005).

Ta swego rodzaju unifikacja pozwala na zrealizowanie unijnego projektu osobowych kart kompetencji pozwalających każdej jednostce zaprezentowania swoich umiejętności, które zdobyła w trakcie swojej ścieżki edukacyjnej. Celem takiej karty jest przyczy-

nianie się do rozwoju narzędzia, które pozwoliłoby na stopniowe stworzenie definicji wspólnych standardów, przekraczającym podziały zawodowe. Europejski system akredytacji umiejętności technicznych i zawodowych wejdzie w życie, opierając się na współpracy. Będzie ona się odnosiła do instytucji wyższych (opracowywanie pakietów programowych, standardów kwalifikacji, poszukiwanie form finansowania i oceniania), gałęzi zawodowych, przedsiębiorstw, lokalnych izb handlowych. W tę akcję mają być włączeni partnerzy społeczni (Siciński 2003).

Rozwój systemów standaryzacji i certyfikowania kompetencji jest istotny w kontekście rozwijanej w pracy metody budowania zespołów projektowych. Początkowo słabą stroną metody może wydawać się brak wiarygodnego sposobu opisu i oceny kompetencji jednostki. Istnienie standardów kompetencji w pewnym stopniu rozwiązuje ten problem usuwając niejednoznaczności jakie mogą wystąpić przy ocenie kompetencji jednostki, określaniu wymagań kompetencyjnych i budowaniu ich formalnego modelu matematycznego.

W celu przybliżenia istniejących standardów kompetencji w niniejszej pracy przedstawiono systemy istniejące w Australii oraz Wielkiej Brytanii. Standardy te zapewniają certyfikacją umiejętności i wykształcenia na wszystkich poziomach systemu edukacyjnego. Jednakże, w kontekście proponowanej w pracy metody najistotniejsze są wprowadzane przez te standardy szczegółowe bazy kompetencji związanych ze stanowiskami pracy z najróżniejszych sektorów gospodarki. Dzięki temu, tego typu standardy kompetencji mogą być wykorzystywane do precyzyjnego opisywania wymagań kompetencyjnych związanych z realizacją zadań projektowych.

National Training Information Service

National Training Information Service (NTIS) jest instytucją działającą pod nadzorem Rządu Australii zajmującą się doszkalceniem i zwiększaniem kwalifikacji pracowników. NTIS zrzesza szereg instytucji zajmujących się przeprowadzaniem profesjonalnych kursów i szkoleń z najróżniejszych dziedzin gospodarki. Kursy przeprowadzane przez jednostki stowarzyszone z NTIS są powszechnie uznawane i posiadają oficjalną akredytację rządu australijskiego.

Na potrzeby NTIS opracowano *Competency Standards* (CS) – bazę kompetencji, opracowaną przy współudziale firm z praktycznie całego spektrum gospodarki, odzwierciedlającą rzeczywisty stan i zapotrzebowania rynku pracy w Australii. CS zawierają tysiące kompetencji, od skomplikowanych i rzadkich umiejętności do najprostszych manualnych czynności, podzielone wg poszczególnych branż gospodarki. Kompetencje w ramach CS posiadają narodowe numery identyfikacyjne i są podzielone na (Stretton 1995; Heywood 1992):

- *Competency Standards* – grupy kompetencji związane z daną dziedziną gospodarki (np. *Printing and Graphics Arts* (ICP99), *Information Technology* (ICA99) itp.)
- *Competency Units* – kompetencje związane z daną działalnością w ramach określonej branży (np. *Design a Database*, *Design a client user interface*, *Incorporate 2D graphics into multimedia presentation*, *Manager multimedia production* itd.)
- *Elements of competency* – konkretne umiejętności konieczne do opanowania danego *Competency Unit*

Na podstawie CS opracowano *Assessment Guidelines* – zestaw wytycznych pomocnych w ocenie kompetencji i opracowywaniu ścieżek nauczania dla pracowników chcących podnieść swoje kwalifikacje oraz umożliwiających precyzyjne dobieranie dla nich zestawu kursów szkoleniowych tzw. *Training Packages*. Na bazie istniejącego standardu kompetencji oraz wytycznych służących do ich oceny stworzony system określania kwalifikacji (*Qualifications framework*). Strukturę systemu NTIS przedstawiono na rysunku 2.2.



Rys. 2.2. Struktura systemu NTIS (<http://www.ntis.gov.au>)

Ukończenie kursów w ramach NTIS wiąże się z otrzymaniem certyfikatu będącego powszechnie uznawanym dowodem posiadania profesjonalnych kwalifikacji, określonych przez listę opanowanych kompetencji.

Dowody posiadania kwalifikacji opierają się o sześciostopniową skalę certyfikatów:

- Certificate I
- Certificate II
- Certificate III
- Certificate IV
- Diploma
- Advanced Diploma

National Qualifications Framework (Wielka Brytania)

National Qualifications Framework (NQF) jest systemem certyfikowania umiejętności opracowanym w Anglii, Szkocji, Walii i Irlandii Północnej. System bazuje na szczegółowym opisie i wyróżnieniu wszelkich umiejętności wykorzystywanych w pracy zawodowej w różnych dziedzinach przemysłu i biznesu oraz ich certyfikacji. NQS został zaprojektowany aby ułatwić pracownikom planowanie ich kariery zawodowej oraz umożliwić pracodawcom efektywne zarządzanie zasobami ludzkimi.

Certyfikacja kompetencji w NQF odbywa się na ośmiu poziomach odpowiadającym różnym poziomom kształcenia od podstawowego do wyższego. Certyfikaty można zdobywać w instytucjach edukacyjnych, które pomyślenie przeszły akredytację przez odpowiedni organ państwowym, którym w Wielkiej Brytanii jest *Qualifications and Curriculum Authority* (QCA). Poziomy certyfikacji NQF przedstawione są w tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Poziomy certyfikacji National Qualifications Framework (Qualifications and Curriculum Authority 2006)

Poziom NQF	Opis
Poziom podstawowy	Poziom wskazuje na opanowanie podstawowej wiedzy i umiejętności oraz zdolność ich zastosowania w codziennych sytuacjach jednakże pod bezpośrednim nadzorem. Nauczanie na tym poziomie nie jest ukierunkowane na zdobycie konkretnego zawodu lub profesji.
Poziom 1	Poziom wskazuje na posiadanie podstawowej wiedzy i umiejętności oraz zdolność ich zastosowanie w codziennych sytuacjach jednakże pod nadzorem. Kształcenie na tym poziomie może być w pewnym stopniu ukierunkowane na dany zawód lub profesję.
Poziom 2	Poziom wskazuje na posiadanie dobrej wiedzy i zrozumienia materiału z zakresu dziedziny zawodowej oraz możliwość jej zastosowania przy niewielkim udziale wsparcia i nadzoru. Kształcenie jest ukierunkowane dziedzinowo i adekwatne dla wielu możliwych stanowisk pracy.
Poziom 3	Poziom wskazuje na posiadanie i zdolność do wykorzystania szerokiego zakresu wiedzy i umiejętności. Poziom jest adekwatny dla osób chcących kształcić się na uniwersytetach, osób pracujących niezależnie oraz osób w wąskim zakresie zajmujących się szkoleniem.
Poziom 4	Poziom wskazuje na specjalizowane wykształcenie oraz przyswojenie wysokiego poziomu informacji oraz wiedzy z danej dziedziny. Uzyskane wykształcenie pozwala na samodzielną pracę na stanowiskach technicznych oraz zarządzanie innymi.
Poziom 5	Poziom wskazuje na zdolności do samodzielnego pogłębiania wiedzy i zrozumienia zakresu pracy oraz formułowania odpowiedzi i rozwiązań dla złożonych problemów. Wskazuje na wysoki poziom wiedzy i możliwość zarządzania i szkolenia innych. Kwalifikacje na tym poziomie są odpowiednie dla kadry technicznej wyższego stopnia oraz menadżerów.
Poziom 6	Poziom wskazuje na wysoki poziom specjalistycznej wiedzy oraz na możliwość wykorzystania własnych pomysłów na rozwiązanie złożonych problemów. Uzyskane kwalifikacje są charakterystyczne stanowisk związanych z wykorzystaniem wiedzy oraz zawodowych menadżerów.
Poziom 7	Poziom wskazuje na wysoki poziom złożonej wiedzy umożliwiającej tworzenia oryginalnych rozwiązań dla złożonych i nieprzewidywalnych problemów i sytuacji. Kwalifikacje na tym poziomie są charakterystyczne dla menadżerów wyższego stopnia.
Poziom 8	Poziom kwalifikacji wskazuje na wiodących ekspertów i praktyków w danej dziedzinie. Jest charakterystyczny dla poziomu wiedzy i doświadczenia umożliwiającego kreatywne podejścia, rozszerzania i redefiniowanie istniejącej wiedzy i praktyk zawodowych.

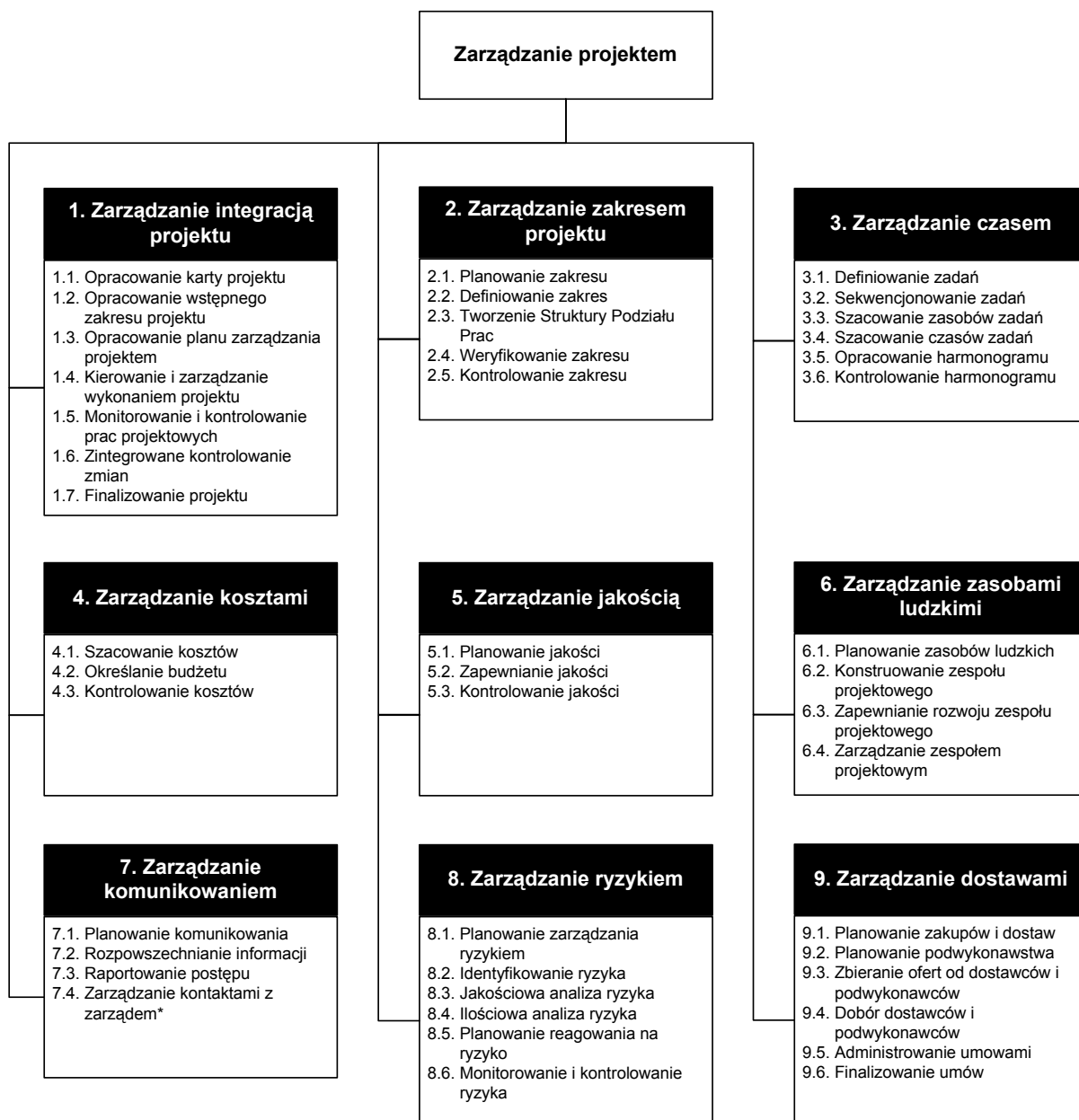
Szkocja rozwinęła własny system kwalifikowania kompetencji (SCQF ang. *Scottish Credit and Qualifications Framework*) posiadający dwanaście poziomów kwalifikacji. W systemie szkockim stworzono bardzo detaliczne bazy uznawanych kompetencji dla wszystkich dwunastu poziomów kwalifikacji. Bazy te publikowane są cyklicznie w postaci katalogów, np. *Catalogue of National Qualifications – Session 2005/2006*.

W przeglądzie wybranych systemów standaryzowania kompetencji, uwzględniając tematykę niniejsze pracy, bardzo istotne są nie zasady ich funkcjonowania, przyznawania i stopniowania lecz katalogi kompetencji przez nie dostarczane. Katalogi te opracowane z podziałem na najróżniejsze dziedziny gospodarki i nauki. Skatalogowane i standaryzowane kompetencje bardzo dobrze nadają się do wykonywania charakterystyki kompetencji zarówno osób lub zespołów bądź wymagań im stawianym w miejscu pracy lub przydzielonych zadaniach.

2.3. Model kompetencji dla zarządzania projektem

W niniejszej rozprawie doktorskiej analizowany jest problem doboru zespołów do konsorcjum realizującego naukowy projekt badawczy. W każdym z projektów oprócz zadań związanych z realizacją prac projektowych istnieją także zadania związane z zarządzaniem projektem. W celu określenia wymagań kompetencyjnych dla jednostki mającej zająć się zarządzaniem projektem można posłużyć się istniejącymi standardami dla tej dziedziny. Spośród nich najbardziej powszechnie stosowanym i akceptowanym jest Kompendium Wiedzy o Zarządzaniu Projektem (ang. *Project Management Body of Knowledge - PMBOK*) (PMI 2004) opublikowane przez Project Management Instytut (PMI) – organizację zrzeszającą ekspertów, praktyków i badaczy metod zarządzania projektem z całego świata. PMBOK jest zbiorem standardów i najlepszych praktyk dla wszystkich zidentyfikowanych procesów związanych z zarządzaniem projektem. W Stanach Zjednoczonych PMBOK został zatwierdzony przez Amerykański Instytut Standaryzujący ANSI jako oficjalna norma zarządzania projektem.

PMBOK definiuje obszary wiedzy oraz procesy zarządzania projektem (rys. 2.3), które mogą być potraktowane jako kompetencje wymagane do zarządzania poszczególnymi sferami projektu. Wszystkie procesy zarządzania projektem zostały sklasyfikowane do pięciu grup procesów: inicjujących, planowania, wykonawczych, monitorowania i kontrolowania oraz finalizowania (tabela 2.2). Proponowana w niniejszej pracy metoda doboru zespołów do konsorcjum projektowego ma na celu takie dobranie partnerów aby konsorcjum było przygotowane do fazy realizacji projektu od momentu przyznania finansowania. W tym momencie, według większości programów finansowania badań naukowych, musi już istnieć dokładny plan projektu oraz musi być ustalony skład konsorcjum projektowego. Zatem do zdefiniowania kompetencji wymaganych do zarządzania projektem od momentu przyznania finansowania mogą posłużyć grupy procesów związane z wykonywaniem projektu, monitorowaniem i kontrolowaniem oraz finalizowaniem. Na bazie tych grup procesów można zdefiniować 44 kompetencje, za pomocą których możliwe jest opisanie wymagań stawianych zespołowi (najczęściej jest to wyznaczony koordynator projektu) mającemu zająć się zarządzaniem projektem.



* w przypadku naukowych projektów badawczych rolę zarządu pełni instytucja finansująca badania

Rysunek 2.3. Obszary wiedzy i procesy zarządzania projektem (PMI 2004)

Tabela 2.2 zawiera procesy definiowane przez standard PMBOK, których umiejętność zarządzania może okazać się niezbędna dla koordynatora naukowego projektu badawczego. Przy pewnym uogólnieniu procesy te można potraktować jako kompetencje i wykorzystać do opisanego wymagań stawianych koordynatorowi. Przez porównanie tego typu kompetencji posiadanych przez potencjalnego koordynatora z kompetencjami wymaganymi do koordynacji danego projektu można ocenić jego przydatność lub gotowość do objęcia roli koordynatora.

Tabela 2.2. Grupy procesów zarządzania projektem (PMI 2004)

Obszar wiedzy	Grupa procesów inicjujących	Grupa procesów planowania	Grupa procesów wykonawczych	Grupa procesów monitorowania i kontrolowania	Grupa procesów finalizowania
1. Zarządzanie integracją projektu	1.1. Opracowanie karty projektu 1.2. Opracowanie wstępnego zakresu projektu	1.3. Opracowanie planu zarządzania projektem	1.4. Kierowanie i zarządzanie wykonaniem projektu	1.5. Monitorowanie i kontrolowanie prac 1.6. Zintegrowane kontrolowanie zmian	1.7. Finalizowanie projektu
2. Zarządzanie zakresem projektu		2.1. Planowanie zakresu 2.2. Definiowanie zakresu 2.3. Tworzenie Struktury Podziału Prac		2.4. Weryfikowanie zakresu 2.5. Kontrolowanie zakresu	
3. Zarządzanie czasem		3.1. Definiowanie zadań 3.2. Sekwencjonowanie zadań 3.3. Szacowanie zasobów zadań 3.4. Szacowanie czasu zadań 3.5. Opracowanie harmonogramu		3.6. Kontrolowanie harmonogramu	
4. Zarządzanie kosztami		4.1. Szacowanie kosztów 4.2. Określanie budżetu		4.3. Kontrolowanie kosztów	
5. Zarządzanie jakością		5.1. Planowanie kosztów	5.2. Zapewnianie jakości	5.3. Kontrolowanie jakości	
6. Zarządzanie zasobami ludzkimi		6.1. Planowanie zasobów ludzkich	6.2. Konstruowanie zespołu projektowego 6.3. Zapewnianie rozwoju zespołu projektowego	6.4. Zarządzanie zespołem projektowym	
7. Zarządzanie komunikowaniem		7.1. Planowanie komunikowania	7.2. Rozpowszechnianie informacji	7.3. Raportowanie postępu 7.4. Zarządzanie kontaktami z udziałowcami	
8. Zarządzanie ryzykiem		8.1. Planowanie zarządzania ryzykiem 8.2. Identyfikowanie ryzyka 8.3. Jakościowa analiza ryzyka 8.4. Ilościowa analiza ryzyka 8.5. Planowanie reagowania na ryzyko		8.6. Monitorowanie i kontrolowanie ryzyka	
9. Zarządzanie dostawami		9.1. Planowanie zakupów i dostaw 9.2. Planowanie podwykonawstwa	9.3. Zbieranie ofert od dostawców i podwykonawców 9.4. Dobór dostawców i podwykonawców	9.5. Administrowanie umowami	9.6. Finalizowanie umów

2.4. Matematyczne modele kompetencji

Podstawy matematycznych modeli kompetencji stworzył na początku lat dziewięćdziesiątych Yu w swojej pracy zatytułowanej „Dziedziny charakterystyczne” (ang. *Habitual domains*). Analizując psychologiczne teorie behawioralne i kognitywne można stwierdzić, iż każda osoba posiada charakterystyczne sposoby reagowania na bodźce w postaci tzw. zaprogramowanych schematów behawioralnych (Simon 1958; Maruszewski 2001). W trakcie swojego rozwoju jednostka nabywa zestaw typowych sposobów reagowania, rozumowania, decydowania oraz wiedzy i doświadczenia, na których one bazują. Zestaw takich typowych sposobów reagowania, myślenia i postrzegania nazwany został *dziedziną charakterystyczną*. Można zatem stwierdzić, iż dziedzina charakterystyczna jednostki determinuje sposób jej funkcjonowania w określonych sytuacjach (Yu 1990, 1991). Koncepcja dziedzin charakterystycznych stała się podstawą do tworzenia matematycznych modeli kompetencji przedstawianych w postaci zbioru, którego elementami są wszystkie porcje wiedzy, umiejętności i zdolności posiadane przez osobę.

2.4.1. Reprezentacja kompetencji jako zbioru klasycznego

Jak już wspomniano wcześniej, dziedzina charakterystyczna jest stabilnym, utrwalonym w umyśle człowieka wzorcem postępowania, reagowania i decydowania (Yu 1990, 1991). Według Yu i Zhang’a (1989, 1990) dla każdego problemu oznaczanego przez E można zdefiniować *zbiór kompetencji* składający się z wiedzy i umiejętności koniecznych do osiągnięcia zadowalającego rozwiązania tego problemu $Tr(E) = \{g_i\}$ (ang. *Truly needed competence set*). Osoba P zamierzająca rozwiązać problem E może w swojej dziedzinie charakterystycznej posiadać wzorce postępowania dla tego problemu, które wyznaczają jego zbiór kompetencji $Sk(P)$. Można więc stwierdzić, że aby osoba P mogła skutecznie rozwiązać problem E jej zbiór kompetencji $Sk(P)$ powinien w możliwie największym stopniu pokrywać zbiór kompetencji wymaganych $Tr(E)$. W przypadku gdy pokrycie jest niedostateczne osoba powinna rozszerzyć swój zbiór kompetencji poprzez uzyskanie kompetencji ze zbioru $Tr(E) \setminus Sk(P)$ (Yu i Zhang 1989, 1990; Feng i Yu 1998; Li i in. 2000).

Pomiędzy powyższymi zbiorami kompetencji zachodzi następująca zależność:

$$Sk(P) \subseteq Tr(E) \subseteq HD$$

Dla problemów typowych można wyróżnić wspólną dziedzinę charakterystyczną HD , którą można potraktować jako przestrzeń rozważań zawierającą wszystkie kompetencje powiązane z problemem i którą można wykorzystać w analizie skuteczności rozwiązania problemu przez różne osoby o różnych kompetencjach (Yu 1990, 1991; Yu i Zhang 1989, 1990).

Analiza kompetencji zapoczątkowana przez Yu i Zhang (1989, 1990) uwzględnia szereg zagadnień związanych z naturą kompetencji ludzkich:

1. Rozszerzenie kompetencji zawsze związane jest z pewnym wysiłkiem i czasem. W związku z tym można zdefiniować funkcje kosztu i czasu z tym związane.
2. Kompetencje mogą być rozszerzane na wiele sposobów. Efektywne rozszerzenie kompetencji powinno minimalizować związanym z tym koszt i czas.
3. Nowa kompetencja może być łatwo uzyskana, jeżeli jest zbieżna ze stanem wiedzy i umiejętności reprezentowanym przez aktualnie posiadany zbiór kompetencji. W

związku z tym w analizie rozszerzania kompetencji należy uwzględnić relacje istniejące pomiędzy kompetencjami.

Umiejętności zawarte w zbiorze kompetencji są ze sobą powiązane. Dla dowolnej pary kompetencji a i b z przestrzeni HD , jeżeli kompetencja b może być osiągnięta z kompetencji a w skończonym czasie to istnieje dla nich relacja $a \rightarrow_t b$. W takim przypadku kompetencja a nazywana jest *kompetencją bazową* kompetencji b . W związku z istniejącymi relacjami pomiędzy kompetencjami przestrzeni dziedziny problemu może być odwzorowana przez diagraf (Yu i Zhang 1990; Li 1999).

Ponieważ wiedza i umiejętności potrzebne do zdobycia nowej kompetencji mogą się kumulować z wielu różnych źródeł, to im więcej ktoś posiada różnych kompetencji bazowych jakiejś kompetencji tym szybciej będzie on ją nabywał. Spowodowane to jest synergetycznym efektem połączonych kompetencji, który jest zawsze silniejszy niż oddziaływanie pojedynczych kompetencji bazowych. Niektóre modele kompetencji uwzględniają to zjawisko i wprowadzają *kompetencje złożone* aby uwzględnić silniejszą relację bazową kilku kompetencji rozpatrywanych razem w porównaniu do sił relacji rozpatrywanych osobno. W modelach tych kompetencje złożone odzwierciedlane są przez odrębne węzły w grafach przedstawiających dziedziny charakterystyczne zbiorów kompetencji (Yu i Zhang 1990; Feng i Yu 1998; Hu i in. 2003; Shi i Yu 1999).

Zakłada się, że dowolna kompetencja b może być osiągnięta z dowolnej kompetencji a jeżeli nie istnieją żadne ograniczenia czasowe. W związku z tym można zdefiniować funkcję t opisaną na iloczynie kartezyjskim $HD \times HD$, która każdej parze kompetencji przyporządkowuje wartość ze zbioru liczb rzeczywistych i posiadającą następujące cechy (Yu i Zhang 1990):

$$\begin{aligned} (*) \quad & t(a, b) \geq 0, \quad t(a, b) = 0 \text{ jeżeli } a = b \\ (**) \quad & t(a, c) \leq t(a, b) + t(bc) \quad \forall a, b, c \in HD \end{aligned} \tag{2.1}$$

Podobnie do funkcji $t(a, b)$ określającej koszt czasowy osiągania kompetencji, dla przestrzeni HD można zdefiniować także funkcje związane z dowolnym innym kosztem.

Większość opracowań dotyczących zbiorów kompetencji dotyczy metod efektywnego rozszerzania kompetencji z uwzględnieniem kryteriów czasowych i kosztowych (Yu i Zhang 1990; Shi i Yu 1999; Lin 2006; Li i in. 2000; Li 1999). Zostaną one bliżej zaprezentowane w rozdziale 2.4.2.

2.4.2. Metody analizy kosztu rozszerzania zbioru kompetencji

Pytanie jak najefektywniej można nabyć odpowiedni zbiór kompetencji aby skutecznie rozwiązać określony problem jest jednym z najistotniejszych pytań stawianych pośród zagadnień związanych ze wspomaganie podejmowania decyzji i analizą zbiorów kompetencji (Feng i Yu 1998).

Przykładowo, w celu uzyskania tytułu lub certyfikatu należy odbyć szereg kursów oraz praktyk. Każdy z kursów może być teoretycznie reprezentowany przez umiejętność stanowiącą element zbioru kompetencji. Posiadając umiejętność g_i opanowanie innej umiejętności g_j zajmuje określony czas i wiąże się z pewnym kosztem. Powstaje zatem pytanie w jakiej kolejności nabywane powinny być poszczególne kompetencje wymagane do uzyskania tytułu/certyfikatu aby związany z tym łączny koszt był najniższy (Feng i Yu 1998).

Formalnie przez proces rozszerzenia zbioru kompetencji rozumie się drogę $\Gamma = (g_{k_1}, g_{k_2}, \dots, g_{k_n})$ niezawierającą cykli, rozpiętą na grafie określonym przez zbiór kompetencji $Tr(E) \setminus Sk(P) = (g_1, g_2, \dots, g_n)$.

W celu zbadania procesu rozszerzania kompetencji należy określić koszt osiągnięcia nowej kompetencji z aktualnie posiadanego zbioru $Sk(P)$. Zakładając, że c jest funkcją kosztu określoną na $HD \times HD$, można zdefiniować funkcję C określającą koszt uzyskania nowej kompetencji z poziomu dowolnego posiadanego aktualnie zbioru kompetencji (Yu i Zhang 1990).

$$C(A, g) = \min\{c(a, g) \mid a \in A\}, \quad A \subset HD, \quad g \in HD \quad (2.2)$$

W najprostszym przypadku, optymalny proces rozszerzenia $\Gamma = (g_{k_1}, g_{k_2}, \dots, g_{k_n})$ jest otrzymywany przez wykorzystanie zasady dobierania pojedynczo takiej kompetencji $g_{k_i} \in Tr(E) \setminus [Sk(P) \cup \{g_{k_1}, g_{k_2}, \dots, g_{k_{i-1}}\}]$ do zbioru $Sk(P)$, która minimalizuje koszt na danym etapie rozszerzenia (Yu i Zhang 1990):

$$C(Sk(P) \cup \{g_{k_1}, g_{k_2}, \dots, g_{k_{i-1}}\}, g_{k_i}) \quad (2.3)$$

Zastosowanie powyższej metody ogranicza się do przypadku gdy funkcja kosztu $c(g_i, g_j)$ jest symetryczna (tj. $c(g_i, g_j) = c(g_j, g_i)$ dla każdego i oraz j). Dla przypadku gdy funkcja kosztu jest asymetryczna (tj. $c(g_i, g_j) \neq c(g_j, g_i)$) oraz digraf opisujący relacje pomiędzy kompetencjami zawiera cykle Shi i Yu (1999) zaproponowali metodę wykorzystującą programowanie całkowitoliczbowe do znalezienia optymalnego procesu rozszerzania. Metoda ta uwzględnia także występowanie *kompetencji złożonych* oraz *kompetencji pośrednich* – kompetencji niepotrzebnych do rozwiązania problemu oraz nieposiadanych przez osobę rozwiązując problem jednakże ułatwiających znacząco uzyskanie kompetencji wymaganych. Natomiast, Li, Chiang i Yu (2000) wykorzystali koncepcję grafów dedukcyjnych do opracowania metody programowania całkowitoliczbowego rozwiązywania problemu rozszerzania zbioru kompetencji dla przypadku gdy kompetencje złożone i pośrednie znajdują się w digrafie niezawierającym cykli.

Powyższy przegląd metod analizy kosztu rozszerzania kompetencji dostarcza wielu skutecznych i dokładnie zbadanych metod możliwych do zastosowania w proponowanej w pracy metodzie doboru zespołów do projektu. Jednakże w ostatnim okresie pojawiły się prace wprowadzające nowe, rozszerzone podejście do modelowania kompetencji. Mianowicie, do reprezentacji kompetencji zaproponowano wykorzystanie zbiorów rozmytych w miejsce wykorzystywanych do tej pory zbiorów klasycznych (Wang i Wang 1998; Lin Ch.-Ch. 2006; Huang i in. 2006; Chen i in. 2002).

2.4.3. Rozmyte zbiory kompetencji

Wang i Wang (1998) stwierdzili, iż reprezentacja kompetencji jako zbiorów klasycznych jest niewystarczająca, gdyż nie podaje informacji o stopniu opanowania danej kompetencji lecz wyłącznie odzwierciedla binarnie fakt istnienia lub braku kompetencji. Do teorii zbiorów kompetencji została zaaplikowana teoria zbiorów rozmytych stworzona przez Zadeha (1965). Dzięki koncepcji funkcji przynależności elementów do zbioru możliwe stało się odzwierciedlenie rzeczywistej natury kompetencji. W rzeczywistości oprócz stwierdzenia, że osoba posiada daną kompetencję można określić ilościowo w jakim stopniu związana z nią umiejętność została opanowana, bądź jakościowo z wykorzystaniem wartości lingwistycznych, np. „źle”, „dobrze”, „bardzo dobrze”. Ponadto, patrząc z punktu widzenia wymagań kompetencyjnych do rozwiązania problemu, dana kompetencja może być wymagana w pewnym zakresie – niekoniecznie tylko w pełni w 100%.

Zbiór rozmyty definiuje się w sposób następujący (Zadeh 1965):

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (2.4)$$

Gdzie $\mu_A(x)$ jest funkcją przynależności elementu x do zbioru A i która przyporządkowuje każdemu elementowi z X wartość z przedziału $[0; 1]$, $\mu_A : X \rightarrow [0; 1]$.

W literaturze istnieje szereg opracowań opisujących podejście do modelowania kompetencji wykorzystujące zbiory. Poniżej przedstawiono przegląd najważniejszych występujących tam terminów przygotowany na podstawie prac: (Wang i Wang 1998), (Lin Ch.-Ch. 2006), (Huang i in. 2006), (Chen i in. 2002).

Siła kompetencji

Dla każdej kompetencji g , jej siła α jest funkcją osoby jej posiadającej P lub problemu E , w kontekście którego jest ona rozpatrywana.

$$\alpha : \{P \text{ lub } E\} \rightarrow [0; 1] \quad (2.5)$$

Tak więc kompetencja może być oznaczana przez $g^\alpha(P)$ lub $g^\alpha(E)$. Kompetencja, dla której $\alpha = 0$ nazywa się **pseudo kompetencją**.

Z doświadczenia w nauczaniu wynika, iż opanowanie dowolnego kursu jest łatwiejsze gdy opanujemy najpierw kursy fundamentalne. W związku z tym można stwierdzić, iż pewien kurs A może stanowić bazę innego kursu B . Szybkość z jaką jesteśmy w stanie opanować kurs B zależy więc od tego w jakim stopniu opanowaliśmy kurs bazowy A oraz od tego w jakim stopniu kursy te są od siebie zależne. Na podstawie tych spostrzeżeń można zdefiniować pojęcie relacji pomiędzy kompetencjami.

Relacja i kompetencja bazowa

Jeśli kompetencja g_1 jest **kompetencją bazową** kompetencji g_2 , to pomiędzy nimi istnieje **relacja bazowa** oznaczana $r(g_1, g_2)$ o wartości $0 < r(g_1, g_2) = r_{21} \leq 1$. Dla uproszczenia relację pomiędzy g_1 i g_2 oznacza się $g_1 \rightarrow^{r_{21}} g_2$ lub $g_1 \rightarrow g_2$.

W przypadku gdy $r_{21} = 0$, kompetencja g_2 nie jest kompetencją bazową kompetencji g_1 , a relację taką oznacza się przez $g_1 \mapsto g_2$. Kompetencje g_1 i g_2 określa się jako niezależne gdy $r_{12} = 0$ i $r_{21} = 0$.

Potencjał uzyskania kompetencji

Wartość relacji pomiędzy kompetencjami oraz siła kompetencji bazowych mają wpływ na łatwość pozyskiwania nowej kompetencji. W związku z tym można dojść do wniosku, iż łatwość pozyskania nowej kompetencji jest tym wyższa im wyższa jest wartość relacji bazowej i siły kompetencji bazowej. Tak więc:

Dla dowolnej osoby P , jeśli g_1 o sile α_1 jest jedyną kompetencją bazową kompetencji g_2 to **potencjał** uzyskania tej kompetencji wynosi $\beta_2 = \alpha_1 \cdot r_{21}$.

Jeżeli kompetencja posiada wiele kompetencji bazowych o różnych siłach to proces nabywania tej kompetencji odbywa się wtedy według zasady zwanej **zasadą maksymalnego wsparcia**:

Zakładając, że $g_1^{a_1}(P), \dots, g_j^{a_j}(P), \dots, g_n^{a_n}(P)$ są kompetencjami bazowymi kompetencji g_i i że posiadają z nią relacje $r_{i1}, \dots, r_{ij}, \dots, r_{in}$ to dla osoby P potencjał nabycia kompetencji g_i określony jest przez:

$$\beta_i = \underset{j=1}{\overset{n}{\text{MAX}}}(\alpha_j \cdot r_{ij}) \quad (2.6)$$

Poziom krytyczny potencjału uzyskania kompetencji

Rozważmy teraz przypadek gdy osoba P spotyka się z problemem E , który wymaga posiadania kompetencji g na określonym poziomie α . Jeżeli osoba ta nie posiada tej kompetencji, tzn. $\alpha = 0$ ale posiada potencjał uzyskania tej kompetencji o określonym poziomie γ to dzięki temu łatwo nabeździe tę kompetencję na poziomie α . W przeciwnym przypadku osoba ta będzie musiała ponieść dodatkowy wysiłek związany z uzyskaniem tej samej siły kompetencji g . Dodatkowy wysiłek uzyskania kompetencji jest kosztem i oznaczany jest przez c .

Dla osoby P zmierzającej się z rozwiązaniem problemu E wymagającym posiadania kompetencji g o sile α (oznaczanej $g^\alpha(E)$) **poziomem krytycznym** potencjału β uzyskania tej kompetencji jest wartość z przedziału $[0; 1]$ taka, że jeśli $\beta \geq \gamma$ to $c = 0$. W przeciwnym przypadku $c > 0$.

Wartość poziomu krytycznego γ zależy od nabywanej kompetencji i oznaczane jest $\gamma(g)$. Osoba w celu uzyskania kompetencji g musi posiadać taki potencjał bazowy tej kompetencji, że $\beta \geq \gamma(g)$. Kompetencja taka staje się wtedy **kompetencją posiadaną** (ang. *skill competence*). W przypadku $\beta < \gamma(g)$ to $\alpha = 0$, a kompetencję g nazywa się

kompetencją nieposiadaną (ang. *non-skill competence*). Zbiór kompetencji posiadanych oznacza się jako $Sk(P)$, natomiast zbiór kompetencji nieposiadanych jako $NSk(P)$.

Rozmyte kompetencje złożone

Ponieważ wiedza i umiejętności potrzebne do zdobycia nowej kompetencji mogą się kumulować z wielu różnych źródeł, to im więcej ktoś posiada różnych kompetencji bazowych kompetencji g tym szybciej będzie on nabywał tę kompetencję. Spowodowane to jest synergetycznym efektem połączonych kompetencji, który jest zawsze silniejszy niż oddziaływanie pojedynczych kompetencji bazowych.

Jeśli $g_1^{a_1}(P), \dots, g_j^{a_j}(P), \dots, g_n^{a_n}(P)$ składają się na kompetencję G^α osoby P to

$$G^\alpha(P) = \{g_1 \oplus \dots g_j \oplus \dots g_n\}^{MIN\{\alpha_1, \dots, \alpha_j, \dots, \alpha_n\}} \quad (2.7)$$

gdzie \oplus oznacza agregację kompetencji $g_j, j = 1, 2, \dots, n$, będących kompetencjami składowymi **kompetencji złożonej** $G^\alpha(P)$. Ponadto bazowa kompetencja złożona jest zawsze w silniejszej relacji z daną kompetencją, niż jej poszczególne kompetencje składowe.

Typy kompetencji

Osoba P może rozwiązać problem E tylko wtedy, gdy $\beta(P) \geq \beta(E) = \gamma(g)$ Oznacza to, iż kompetencja g musi znajdować się w zbiorze kompetencji posiadanych $Sk(P)$ oraz że osoba może wzmocnić siłę kompetencji g do poziomu $\alpha(E)$ w celu rozwiązania problemu E .

Kompetencję $g^{\alpha(E), \beta(E)}$ będącą kompetencją wymaganą do rozwiązania problemu E możemy ze względu na stopień jej opanowania przez osobę P zaklasyfikować do jednego z trzech typów:

- 1) Jeżeli $\beta(P) \geq \beta(E)$ oraz $\alpha(P) \geq \alpha(E)$, kompetencja $g^{\alpha, \beta}(E)$ nazywana jest kompetencją typu (1),
- 2) Jeżeli $\beta(P) \geq \beta(E)$ oraz $\alpha(P) < \alpha(E)$, kompetencja $g^{\alpha, \beta}(E)$ nazywana jest kompetencją typu (2),
- 3) Jeżeli $\beta(P) < \beta(E)$, kompetencja $g^{\alpha, \beta}(E)$ nazywana jest kompetencją typu (3),

Przypadek (1) oznacza, że osoba P posiada kompetencję do rozwiązania problem E . W przypadku (2) osoba P może wzmocnić siłę posiadanej już kompetencji g z poziomu $\alpha(P)$ do poziomu $\alpha(E)$. W przypadku (3) osoba P nie może wzmocnić kompetencji g ponieważ nie należy ona do jego zbioru posiadanych kompetencji $Sk(P)$. Musi ona w pierwszej kolejności wzmocnić potencjał bazowy $\beta(P)$ i dopiero następnie wzmocnić siłę kompetencji g .

2.4.4. Metody analizy kosztu rozszerzania rozmytych zbiorów kompetencji

Ze względu na inną formę reprezentacji kompetencji modele wykorzystujące zbiory rozmyte wymagają odrębnych metod analizy kosztów rozszerzenia kompetencji. Obecnie w literaturze nie można odnaleźć wielu tego typu metod. Ponadto w najnowszych opracowaniach daje się zauważyć trend przedstawiania procesu rozszerzania kompetencji jako problemu o naturze wielokryterialnej, np. metody zaproponowane przez Lin (2006) i Huang i in. (2006).

Dobrze opisaną i zweryfikowaną metodę analizy kosztu rozszerzania rozmytych zbiorów kompetencji przedstawili Wang i Wang (1998). Metoda ta wykorzystuje podejście do rozwiązania problemu rozszerzenia kompetencji oparte o dwuetapową procedurę. Pierwszy etap tej procedury nazywany **wstępną fazą rozszerzania** polega wzmocnieniu sił kompetencji typu (2) tak aby przekształcić je w kompetencji typu (1) (patrz rozdział 2.4.3). Natomiast etap **zasadniczego rozszerzenia kompetencji** zamodelowany jest jako zadanie optymalizacyjne, w którym minimalizowany jest koszt zwiększania potencjałów bazowych kompetencji typu (3) prowadzący do przekroczenia ich wartości progowych i w efekcie także przekształcenia w kompetencje typu (1).

Proponowana w rozprawie metoda doboru zespołów do konsorcjum jak zdefiniowano w rozdziale 1 ma charakter wielokryterialny, a koszt rozszerzenia kompetencji jest jednym z wykorzystanych kryteriów decyzyjnych. Wykorzystanie do analizy kosztu rozszerzenia kompetencji kolejnej metody wielokryterialnej komplikowałoby dodatkowo główną metodę i stwarzało problemy implementacyjne. W związku z tym wystarczające wydaje się tu wykorzystanie modelu o jednym tylko kryterium rozszerzania kompetencji. W przypadku, gdyby jednak zachodziła konieczność wykorzystania różnych wymiarów kosztu rozszerzenia kompetencji (np. finansowego i czasowego) można je potraktować jako odrębne kryteria decyzyjne i następnie poddać agregacji razem ze wszystkimi pozostałymi kryteriami decyzyjnymi rozpatrywanymi w przedmiotowym problemie doboru zespołów do konsorcjum.

W związku z powyższą argumentacją zdecydowano się na wykorzystanie metody proponowanej przez Wang i Wang (1998). Dokładna metoda rozwiązania problemu rozszerzenia kompetencji zademonstrowana jest w cytowanej publikacji. Jednakże w celu ułatwienia analizy przykładów zamieszczonych w niniejszej rozprawie doktorskiej, zdecydowano się na zamieszczenie w niej szczegółowych założeń wykorzystanej metody analizy kosztu rozszerzenia kompetencji.

Charakterystyka wykorzystanej w pracy metoda analizy kosztu rozszerzenia rozmytych zbiorów kompetencji

Jak już zdefiniowano w poprzednim rozdziale zbiór kompetencji jest kolekcją kompetencji. Jeżeli osoba posiada kompetencję lub potencjał bazowy jej uzyskania przekraczający poziom krytyczny to kolekcja takich kompetencji utworzy zbiór kompetencji, który jest następującym zbiorem rozmytym:

$$\{g_k^{\alpha_k, \beta_k}\} = \{(g_k, (\alpha_k, \beta_k)) | 0 \leq \alpha_k \leq 1; 0 \leq \beta_k \leq 1, \forall k\} \quad (2.9)$$

Dziedzina charakterystyczna kompetencji jest nieskończonym zbiorem definiowanym w sposób następujący:

$$\{g_k^{\alpha_k, \beta_k}(P) \mid k = 1, 2, \dots, \infty\} = HD^{\alpha, \beta}(P) \quad (2.10)$$

gdzie $g_k^{\alpha_k, \beta_k}(P)$ jest pojedynczą lub złożoną kompetencją.

Na podstawie zasady maksymalnego wsparcia można określić zbiór kompetencji posiadanych przez jednostkę:

$$\{g_k^{\alpha_k, \beta_k}(P) \mid \beta_k \geq \gamma_k(g_k), k = 1, 2, \dots\} = Sk^{x, y}(P) \quad (2.11)$$

gdzie $x_k \equiv \alpha_k$, $k = 1..n$, $x = [x_1 \dots x_n]_{n \times 1}^T$, $y_k \equiv \beta_k$, $k = 1..n$, $y = [y_1 \dots y_n]_{n \times 1}^T$ oraz x i y są podwektorami wektorów odpowiednio α i β . Zbiór kompetencji nieposiadanych przez jednostkę w związku z tym definiujemy następująco:

$$NSk^{\delta, \xi}(P) \equiv HD^{\alpha, \beta}(P) / Sk^{x, y}(P) \quad (2.12)$$

gdzie $\alpha^T = [x, \delta]^T$, $\beta^T = [y, \xi]^T$.

Dla dowolnego problemu E zbiór kompetencji wymagany do jego rozwiązania nazywany jest **zbiorem kompetencji wymaganych do rozwiązania problemu** (ang. *Truly needed competence set*). Definiowany on jest w sposób następujący:

$$Tr^{\psi, \omega}(E) = \{Tr_i^{\psi_i, \omega_i}(E) \mid i = 1, 2, \dots, l\} \quad (2.13)$$

gdzie $\psi = [\psi_i]_{l \times 1}^T$, $\psi_i = \alpha_i(Tr_i(E))$ oraz $\omega = [\omega_i]_{l \times 1}^T$, $\omega_i = \beta_i(Tr_i(E))$ są odpowiednio wektorem sił i potencjałów bazowych poszczególnych elementów zbioru.

Każda z wymaganych kompetencji $Tr_i^{\psi, \omega}(E)$ zawarta w zbiorze wymaganych kompetencji może być jednego z trzech typów przedstawionych w rozdziale 3.3. Kompetencje typu (1) zawarte w zbiorze $Tr^{\psi, \omega}(E)$ są to kompetencje już posiadane przez jednostkę P i nie ma konieczności zwiększania ich siły w celu rozwiązania problemu E . Gdy wszystkie kompetencje zbioru $Tr^{\psi, \omega}(E)$ są kompetencjami typu (1) osoby P , to oznacza to, iż jest ona zdolna do rozwiązania problemu E bez dodatkowego zwiększania swoich kompetencji.

W przypadku kompetencji typu (2) konieczne jest zwiększenie siły tych kompetencji w celu osiągnięcia poziomu koniecznego do rozwiązania problemu E . Tak więc kompetencje typu (2) są kompetencjami które osoba P musi nabyć w pierwszej kolejności, a o zasadzie ich nabywania mówi **zasada najmniejszego oporu** [Wang].

Zasada ta polega na dobieraniu kompetencji typu (2) do rozszerzania w taki sposób aby w pierwszej kolejności rozszerzane były kompetencje, dla których koszt rozszerzenia jest najmniejszy. Zwiększanie siły kompetencji typu (2) może skutkować zwiększaniem się potencjałów bazowych niektórych kompetencji typu (3) i w efekcie przekształcaniem ich

do kompetencji typu (2). Proces ten jest powtarzany dopóki nie będzie już żadnej kompetencji typu (3), która mogłaby być przekształcona do typu (2) w wyniku zwiększania siły innych kompetencji typu (2). Proces ten określany jest mianem **wstępnej fazy rozszerzania**.

Po wstępnej fazie rozszerzania, status kompetencji osoby P jest definiowany przez zbiór $Sk^{x^0}(P)$. Zbiór ten zawiera dwa typy kompetencji:

$$Sk^{x^0}(P) = \{Sk_j \mid j = 1, 2, \dots, q < n\} \cup \{Sk_{q+k} \mid k = 1, 2, \dots, n - q\} \quad (2.14)$$

gdzie elementy $Sk_j^{x^0}(P)$ są pojedynczymi kompetencjami, a elementy $Sk_{q+k}^{x^0}(P)$ są kompetencjami złożonymi z kompetencji $Sk_j(P)$, $j = 1, 2, \dots, q$. Kompetencje typu (3), które zostały po wstępnej fazie rozszerzania zawarte są w zbiorze nieposiadanych kompetencji oznaczanym $NSk^{\phi, \varphi}(P)|_E$, który jest podzbiorem początkowego zbioru nieposiadanych kompetencji osoby P . Pomiędzy tymi zbiorami zachodzą następujące zależności:

$$NSk^{\phi, \varphi}(P)|_E \subset NSk(P) = HD(P) \setminus Sk(P) \quad (2.15)$$

Po wstępnej fazie rozszerzania kompetencji wszystkie kompetencje pozostałe w zbiorze $NSk^{\phi, \varphi}(P)|_E$ muszą być wzmocnione do odpowiedniego poziomu wymaganego do rozwiązania problemu E .

Zbiór $Sk^x(P) = \{Sk_j^x(P) \mid j = 1, 2, \dots, n\}$ jest nazywany **potencjalnym zbiorem kompetencji** zbioru $NSk^{\phi, \varphi}(P)|_E$, wtedy i tylko wtedy, gdy dla wszystkich $i = 1, 2, \dots, m$ istnieje takie j , że $x_j \cdot r_{ij} \geq \varphi_i$. Gdzie r_{ij} jest relacją pomiędzy o $Sk_j(P)$ i $NSk_i(P)|_E$.

Tak więc, posiadając potencjalny zbiór kompetencji $Sk_j(P)$ można uzyskać zbiór $NSk^{\phi, \varphi}(P)|_E$ bez ponoszenia żadnego kosztu rozszerzania kompetencji.

Model rozszerzania kompetencji

Dla osoby P rozwiązującej problem E , po wstępnej fazie rozszerzenia kompetencji, kompetencje osoby P określone są przez zbiór $Sk^{x^0}(P)$, a kompetencje nieposiadanie przez tę osobę w kontekście problemu E określone są przez zbiór $NSk^{\phi, \varphi}(P)|_E$. Wtedy prawdziwa jest zależność [Wang]:

$$R \circ x^0 < \varphi \quad (2.16)$$

gdzie

„ \circ ” jest operatorem *max-product*

$R = [r_{ij}]_{m \times n}$ jest macierzą relacji pomiędzy elementami zbiorów $Sk_j(P)$ i $NSk_i(P)|_E$

Jeżeli $[0,0,\dots,0]_{n \times 1}^T \leq x^0 \leq x \leq [1,1,\dots,1]_{n \times 1}^T$, to $R \circ x^0 \leq R \circ x$.

Z powyższej zasady monotoniczności wynika, iż zwiększając siłę kompetencji w zbiorze $Sk(P)$ z poziomów x^0 do x można podwyższyć potencjał bazowy kompetencji ze zbioru $NSk(P)|_E$. W związku z tym, bazując na definicji 8 możliwe jest znalezienie takiego wektora x , $x^0 \leq x \leq [1,1,\dots,1]_{n \times 1}^T$, dla którego $Sk^x(P)$ jest zbiorem potencjalnym zbioru $NSk^{\phi,\varphi}(P)|_E$ o minimalnym koszcie rozszerzenia kompetencji.

W związku z powyższym model rozszerzania kompetencji może być zdefiniowany w sposób następujący:

$$\min \sum_{j=1}^{q \leq n} c_j(x_j) - c_j(x_j^0) \quad (2.17)$$

Przy ograniczeniach:

$$\begin{aligned} R \circ x^0 &\geq \varphi \\ [0,0,\dots,0]_{n \times 1}^T &\leq x^0 \leq x \leq [1,1,\dots,1]_{n \times 1}^T \\ x_{q+k} &= \min_{j=1}^q \{x_j \mid j \in J_{q+k}\}, \forall k = 1, 2, \dots, n - q \end{aligned}$$

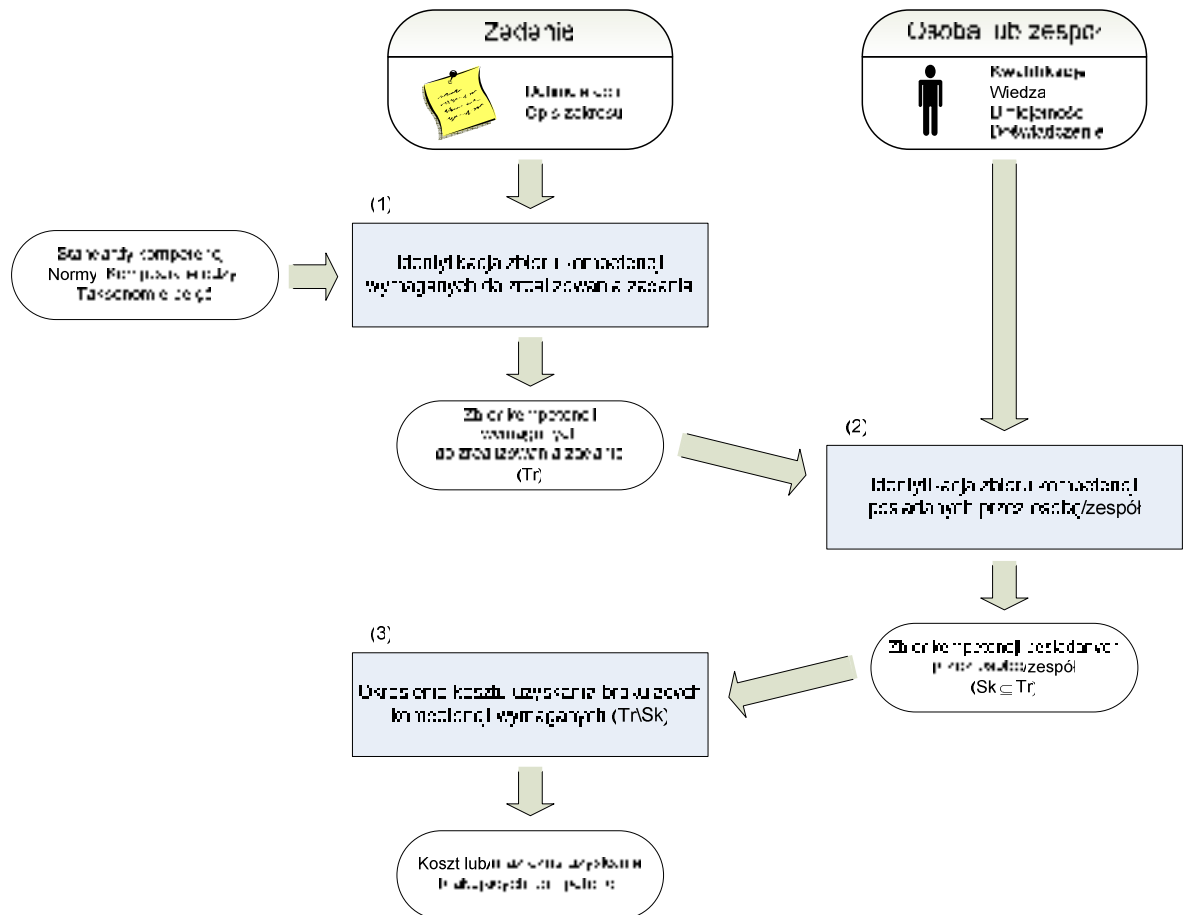
gdzie R jest macierzą relacji pomiędzy elementami zbiorów $Sk_j(P)$ i $NSk_i(P)|_E$, c_j jest monotoniczną, rosnącą funkcją kosztu. Ostatnie z ograniczeń skonstruowane jest z wykorzystaniem zależności pomiędzy prostą i złożoną kompetencją, J_{q+k} jest indeksem, w którym każda iteracja odnosi się do składowej kompetencji złożonej $Sk_{q+k}(P)$.

2.5. Metoda ilościowej oceny kompetencji zespołu do wykonania zadania projektowego

Zaprezentowane w rozdziale 1 założenia metody doboru zespołów do konsorcjum realizującego naukowy projekt badawczy zakłada wykorzystanie wielu kryteriów decyzyjnych. Jednym z nich jest kryterium posiadanych kompetencji. W analizie tego kryterium zespoły kandydujące do wykonania zadania porównywane są ze względu na posiadane kompetencje wymagane do rozwiązania zadania. Preferowane są zespoły, które posiadają wszystkie kompetencje wymagane do jego zrealizowania [3]. W przypadku gdy zespół nie posiada wszystkich wymaganych kompetencji musi ponieść pewien koszt związany z uzyskaniem brakującej wiedzy i umiejętności. Instrumenty do ilościowej analizy tego kosztu dostarczają matematyczne modele kompetencji przedstawione szerzej w rozdziale 2.4.

Można zatem stwierdzić, że użyteczność zespołu według kryterium posiadanych kompetencji jest odwrotnie proporcjonalna do kosztu uzyskania brakujących kompetencji wymaganych do skutecznej realizacji zadania (Małachowski 2005b, 2006, 2007; Małachowski i in. 2004; Zaikin i Małachowski 2005, 2006; Zaikin i in. 2007).

Model procesu, w którym wykonywana jest analiza kosztu poszerzenia kompetencji osoby lub zespołu przedstawiono na rysunku 2.4.



Rysunek 2.4. Model procesu analizowania kompetencji do wykonania zadania (opracowanie własne)

Całość procesu określania kosztu brakujących kompetencji składa się z trzech etapów:

1) **Identyfikacja zbioru kompetencji wymaganych do realizacji zadania.**

W pierwszej kolejności na podstawie opisu celu i zakresu zadania muszą zostać zidentyfikowane wszystkie kompetencje potrzebne do jego skutecznego zrealizowania. W najprostszym przypadku, jeżeli zadanie zalicza się do typowych często realizowanych zadań możliwe odnalezienie jest dla niego standaryzowanych kompetencji z wykorzystaniem jednego z istniejących standardów lub norm. W przypadku gdy zadanie jest nietypowe i nie istnieją dla niego żadne oficjalne standardy kompetencji, umiejętności konieczne do zrealizowania tego zadania mogą zostać ziden-

tyfikowane w wyniku analizy eksperckiej. Ekspert wykonujący analizę może wspomagać się oprócz własnego doświadczenia także różnego rodzaju źródłami wiedzy z dziedziny zadania. Mogą to być wszelkiego rodzaju podręczniki, artykuły, kompendia wiedzy, których analiza może pomóc w zidentyfikowaniu typowych kompetencji związanych z dziedziną zadania. Przykładowo, kompetencje związane z rozwiązywanie problemów matematycznych lub rozwiązywanym za pomocą metod matematycznych mogą zostać zidentyfikowane na podstawie Klasyfikacji Terminów Matematycznych (ang. *Mathematics Subject Classification*), która w sposób taksonomiczny kategoryzuje dyscypliny matematyczne (American Mathematical Society 2000).

2) Identyfikacja zbioru kompetencji posiadanych przez zespół.

Na podstawie zbioru kompetencji wymaganych do zrealizowania zadania zidentyfikowanym na etapie pierwszym możliwe jest następnie zidentyfikowanie tych kompetencji w zespołach kandydujących. Może to zostać osiągnięte poprzez analizę ich doświadczenia w postaci zrealizowanych wcześniej projektów, eksperymentów badawczych, wydanych publikacji, raportów itd. Najbardziej wiarygodnym źródłem wiedzy o kompetencjach zespołu jest analiza oficjalnych kwalifikacji jego członków, czyli uzyskanych dyplomów, tytułów naukowych, certyfikatów, zaświadczeń ukończenia szkoleń itp.

3) Określenie kosztu uzyskania brakujących kompetencji wymaganych do realizacji zadania

Analiza ilościowa kosztu rozszerzenia kompetencji poprzez porównanie zbiorów kompetencji posiadanych przez zespół ze zbiorem kompetencji wymaganych do zrealizowania zadania. Analiza ta wykonywana jest z wykorzystaniem matematycznych modeli kompetencji przedstawionych w rozdziale 2.4. Wartości kosztów rozszerzenia kompetencji dla poszczególnych zespołów kandydujących wykorzystywane są do ich porównania wg kryterium posiadanych kompetencji w proponowanej metodzie doboru zespołów do konsorcjum projektowego.

3. Metoda wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do pakietów prac projektu

3.1. Podejścia do rozwiązania problemu przyporządkowania zespołów do pakietów prac w projekcie

Wprowadzając formalną metodę doboru uczestników projektu należy w pierwszej kolejności zaprezentować całość procesu zarządzania zasobami ludzkimi w projekcie w celu określenia miejsca zastosowania tej metody oraz wszystkich jej wejść i wyjść. Według (PMI 2004) proces zarządzania zasobami ludzkimi składa się z następujących podprocesów:

- 1) Planowanie zasobów ludzkich – zidentyfikowanie i udokumentowanie ról, zakresu odpowiedzialności, zależności oraz utworzenie zarysu planu zarządzania kadrami (ang. *staffing management plan*).
- 2) Utworzenie zespołu projektowego – uzyskanie zasobów ludzkich potrzebnych do ukończenia projektu oraz uwzględnienie ich w planie zarządzania kadrami.
- 3) Rozwój zespołu projektowego – rozwijanie kompetencji oraz interakcji członków zespołu w celu podniesienia wydajności projektu.
- 4) Zarządzanie zespołem projektowym – śledzenie poziomu wydajności projektu, zapewnienie sprzężeń, rozwiązywanie problemów oraz koordynacja zmian zmierzających do podniesienia wydajności.

Głównym wejściem procesu zarządzania zasobami ludzkimi stanowi formujący się na tym etapie cyklu życia projektu plan zarządzania projektem oraz różnego rodzaju ograniczające czynniki wewnętrzne (np. kultura organizacyjna, wymagania techniczne) jak i zewnętrzne (np. przepisy prawa). Rysunek 3.1 przedstawia całość procesu zarządzania zasobami ludzkimi w projekcie wraz ze wszystkimi występującymi w nim przepływami. Z rysunku widać, iż proces ten jest częścią procesu opracowania planu projektu. Proponowana metoda doboru uczestników projektu znajduje zastosowanie w podprocesie „Utworzenie zespołu projektowego”. Z występujących na tym etapie przepływów można określić wejścia i wyjścia metody. Według wytycznych PMBOK metoda na wejściu otrzymuje zdefiniowane w podprocesie „Planowanie zasobów ludzkich” role oraz ich zakres odpowiedzialności.

W rozdziale 1 niniejszej rozprawy wzorując się na największych europejskich programach finansowania badań przeprowadzono dyskusję typowych problemów z jakimi spotyka się jednostka składająca wniosek o finansowanie badań realizowanych we współpracy. Zauważono, że według kryteriów selekcji wniosków wykorzystywanych w programach europejskich bardzo duży nacisk kładziony jest na jakość konsorcjum, wiedzę i umiejętności składających się na nie zespołów oraz właściwą alokację i balans zasobów. Koordynator składający wniosek dążąc do zapewnienia swojej aplikacji powodzenie powinien zbudować wokół siebie taką grupę zespołów badawczych, która zapewni mu najlepsze wypełnienie przytoczonych powyżej kryteriów. Problemem jednak jest duże uogólnienie tych kryteriów oraz niejawność metod oceny stosowanych przez ekspertów zajmujących się ewaluacją wniosków. Wyniki ewaluacji są co prawda upubliczniane, jednakże metody jakimi je otrzymano oraz szczegółowe kryteria oceny nie są jawne.

W rozdziale 1 na podstawie charakterystyki procesu przygotowywania wniosku o finansowanie projektu realizowanego we współpracy zdefiniowano trzy typowe sytuacje decyzyjne, które napotyka jednostką aplikującą. W niniejszym rozdziale zostanie przedstawiona koncepcja

metody wspomagającej koordynatora w podejmowaniu decyzji w dwóch z tych sytuacji, mianowicie:

- doborze składu konsorcjum projektowego,
- przydzieleniu zespołom wchodzącym w skład konsorcjum części projektu do koordynacji.

Jak już wspomniano, podejmującym decyzję w obu tych sytuacjach jest koordynator konsorcjum, czyli organizacja badawcza wychodząca z inicjatywą przeprowadzenia badań, określająca ich cel i podpisująca w imieniu zbudowanego wokół siebie konsorcjum zespołów umowę o grant z instytucją finansującą. Podstawą do podjęcia tych decyzji przez koordynatora konsorcjum jest określony zbiór zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie oraz zdefiniowana struktura podziału prac projektu. Jednoznaczne przydzielenie wybranym zespołom projektowym pakietów prac projektu jednocześnie wyznacza zbiór zespołów i w związku z tym można uznać, iż rozwiązanie problemu decyzyjnego przydziału zespołów do pakietów prac projektu determinuje skład konsorcjum. Zatem rozwiązanie obu postawionych problemów decyzyjnych może być sprowadzone do rozwiązania pojedynczego zagadnienia przydziału m zespołów do n pakietów prac projektu, gdzie $m \geq n$.

W klasyfikacji badań operacyjnych zadanie tego typu jest określane jest jako zagadnienie optymalnego przydziału (Ignasiak 2001). Klasyczna postać tego zagadnienia jest formułowana jako znalezienie takiego jednoznacznego przyporządkowań typu jeden-do-jednego pomiędzy n zadaniami i n agentami, które minimalizują całkowity koszt tych przyporządkowań (Votaw i Orden 1952). Model matematyczny klasycznego zagadnienia przydziału przedstawia się następująco:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

przy warunkach:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

gdzie

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{gdy agent } i \text{ jest przydzielony do zadania } j \\ 0 & \text{w p.p.} \end{cases}$$

c_{ij} - jest kosztem przydzielenie agenta i do zadania j

W literaturze istnieje wiele zastosowań i modyfikacji klasycznego zagadnienia optymalnego przydziału, np. bardzo szczegółową klasyfikację istniejących wersji tego problemu przedstawia Pentico (2005).

W kontekście rozpatrywanego w pracy problemu badawczego użyteczny wydaje się być model zaproponowany przez Carona (1999) określany jako klasyczny problem przydziału uwzględniający kwalifikacje agenta. W modelu tym przyjęto założenie, iż nie każdy z m agentów posiada kwalifikacje do wykonania każdego z n zadań, a za cel opty-

malizacji przyjęto maksymalizację ogólnej użyteczności wynikającej z przydziału. Postać matematyczna tego modelu wygląda następująco:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$$

przy warunkach:

$$\sum_{i=1}^m q_{ij} x_{ij} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n q_{ij} x_{ij} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

gdzie

c_{ij} - jest użytecznością przydzielenie agenta i do zadania j

$$q_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{gdy agent } i \text{ posiada kwalifikacje do zadania } j \\ 0 & \text{w p.p.} \end{cases}$$

W postaci sformułowanej powyżej dopuszcza się przydzielenie agentowi maksymalnie jednego zadania. Jednakże, w programach finansowania badań przedstawionych w rozdziale 1 dopuszcza się sytuację, w której pojedynczy zespół może koordynować kilka zadań. Dopasowanie do tej specyfiki można osiągnąć modyfikując pierwsze z ograniczeń do postaci:

$$\sum_{i=1}^m q_{ij} x_{ij} \leq k \quad j = 1, 2, \dots, n$$

gdzie

k – maksymalna liczba zadań przydzielonych do jednego agenta.

Przy pobieżnym spojrzeniu na przedmiotowy problem doboru zespołów do konsorcjum realizującego naukowy projekt badawczy można by uznać powyższy model za wystarczający. Mianowicie, wykorzystując zaprezentowany w rozdziale 2 model reprezentacji kompetencji możliwe byłoby określenie wartości użyteczności c_{ij} oraz parametru q_{ij} . Zastępując wartości użyteczności wartościami kosztu uzyskania wymaganych kompetencji (rozdział 2.4) oraz zamieniając typ zadania z maksymalizacji na minimalizację można by znaleźć optymalny przydział zespołów do pakietów prac projektu z punktu widzenia kosztu uzyskania kompetencji wymaganych do ich zrealizowania.

Jednakże, jak przedstawiono w rozdziale 1 pracy, decyzja o przyporządkowaniu zespołów do pakietów prac ostatecznie podejmowana przez koordynatora determinowana jest przez szereg cech powstałego w ten sposób konsorcjum. Koordynator dążąc do zapewnienia sobie przyznania grantu na badania musi w taki sposób dobierać partnerów, aby jak najlepiej wypełnić wszystkie kryteria oceny konsorcjum przyjęte w danym mechanizmie finansowania. Wynika z tego więc, że problem ten ma naturę wielokryterialną i przedstawiony powyżej klasyczny model optymalizacyjny okazuje się niewystarczający.

Dodatkowym problemem jest, iż kryteria oceny konsorcjum definiowane przez dokumenty określające zasady uczestnictwa w programach finansujących mają charakter bardzo ogólny. Ponadto, nie mają one postaci obliczalnych wskaźników ilościowych lecz w większości przypadków są to kryteria a charakterze wyłącznie jakościowym. Koordynator w takim przypadku nie posiada formalnych podstaw, którymi mógłby kierować się dobierając partnerów do współpracy. Zamiast tego musi bazować na swoim doświadczeniu i intuicji kształtowanej przez różnego rodzaju nieformalne informacje docierające do niego i budujące obraz strategii zapewniającej powodzenie. Jak wykazuje praktyka europejskich programów finansujących badania o powodzeniu wniosku decydują często nie tylko czynniki czysto merytoryczne ale także ich zbieżność z wytyczanymi w danym okresie przez Komisję Europejską celami strategicznymi odnośnie promowanych dziedzin badań i form współpracy międzynarodowej. Sytuacja ta kształtuje u koordynatora przygotowującego wniosek pewien obraz funkcjonujących i niejawnych dla niego mechanizmów selekcji wniosków. Obraz ten stworzony na podstawie analizy danych historycznych i oceny sytuacji bieżącej kształtuje jego preferencje, które następnie on wykorzystuje w procesie decyzyjnym dotyczącym formy konsorcjum.

W rozdziale 1.1.3 pracy wyróżniono zestaw typowych formalnych i nieformalnych kryteriów branych pod uwagę przy ocenie konsorcjum projektowego w procesie selekcji wniosków. Można tam zauważyć, że kryteria te mają zarówno charakter mierzalny jak i niemierzalny. Powstaje tutaj zatem problem zintegrowania wielu kryteriów o różnorodnym charakterze w jednym modelu decyzyjnym. Powyższe rozważania wskazują, iż metody rozwiązania problemu można szukać w obrębie dyskretnych metod wielokryterialnego wspomaganie podejmowania decyzji. Metody te udostępniają szereg podejść do rozwiązywania wielokryterialnych zadań wyboru, porządkowania lub klasyfikacji dyskretnego zbioru wariantów decyzyjnych w oparciu o relacje preferencji (Figueira i in. 2005).

W dalszej części rozdziału przedstawiona zostanie charakterystyka metod wielokryterialnego podejmowania decyzji, a następnie w kontekście omówionych metod sformalizowany zostanie analizowany problem decyzyjny wyboru zespołów do konsorcjum projektowego.

3.2. Metody wielokryterialnego wspomaganie podejmowania decyzji

Obecnie powszechnie akceptowane jest rozszerzenie procesu wspomagającego podejmowanie decyzji poza klasyczny model optymalizacyjny pojedynczej funkcji celu opisanej na zbiorze dopuszczalnych rozwiązań. W rzeczywistości problemów decyzyjnych należy rozpatrywać wiele często sprzecznych aspektów oraz relatywizm podejmującego decyzję przez co w odniesieniu do rekomendowanych decyzji nie używa się pojęcia „optymalna” lecz „najbardziej satysfakcjonująca decydenta” (Guitouni 1998).

Charakterystykę metod wielokryterialnego wspomaganie podejmowania decyzji (MCDA – ang. *Multiple Criteria Decision Analysis*) należy rozpocząć od przytoczenia definicji samego zagadnienia wspomaganie podejmowania decyzji. Według Roya (1996, 2005), twórcy rodziny metod ELECTRE oraz głównej postaci tzw. „europejskiej szkoły MCDA”, wspomaganie podejmowania decyzji jest aktywnością osoby, która wykorzystując jasno sprecyzowane lecz niekoniecznie sformalizowane modele, pomaga uzyskać odpowiedzi na pytania zadawane przez osobę zaangażowaną w proces decyzyjny. Odpowiedzi te mają na celu wyjaśnienie podjętej decyzji oraz rekomendację zachowań, które wyra-

zają spójność pomiędzy postępowaniem procesu decyzyjnego i celami oraz systemem wartości decydenta. Wykorzystany w definicji termin rekomendacja użyty został w celu podkreślenia, że zarówno analityk jak i decydent mają całkowitą dowolność zachowań oraz poglądu na to jaki wybór uznają za stosowny.

W klasycznym podejściu spotykanym w podręcznikach z zakresu badań operacyjnych rozwiązywanie problemów decyzyjnych polega na zdefiniowaniu funkcji celu, np. odzwierciedlającej zysk (lub koszt) wynikający z rozpatrywanych akcji i następnie maksymalizacji (bądź minimalizacji) tej funkcji. Podejście to okazało się niewystarczające ze względu na niemożność odwzorowania wielowymiarowej natury decyzji przy pomocy pojedynczej skali odwzorowania. W związku z tym nowe podejścia tworzące rodzinę MCDA uwzględniają pluralizm punktów widzenia odwzorowują naturalny sposób podejmowania decyzji przez ludzi. Przy całej różnorodności metod MCDA określić można ich trzy podstawowe wyróżniki (Figueira 2005):

- przeliczalny zbiór rozpatrywanych akcji (alternatyw, rozwiązań, wariantów itd.),
- przynajmniej dwa kryteria,
- przynajmniej jeden decydent.

Podejmowanie decyzji bardzo rzadko przebiega w oparciu o pojedyncze i klarowne kryterium (Roy 2005). Wynika to z różnorodności przesłanek wpływających na decyzję oraz niejednokrotnie z uczestnictwem wielu decydentów mających odmienne cele i systemy wartości. W związku z tym istnieje konieczność uwzględnienia w procesie podejmowania decyzji wielu punktów widzenia np. kosztów, jakości, ekologii, etyki itd. Przez oddzielne rozpatrzenie każdego z punktów widzenia na problem decyzyjny możliwe jest określenie preferencji decydenta odnośnie każdego z nich, co w sposób naturalny prowadzi do przyporządkowania im kryteriów. Każde z takich kryteriów jest wykorzystywane do oceny każdej potencjalnej akcji rozpatrywanej w procesie decyzyjnym według charakterystycznej dla niego skali jakościowej bądź ilościowej. Jednakże, w większości przypadków nie istnieją jasne i akceptowalne arytmetyczne zależności pozwalające na wyrażenie wartości każdego z wielu różnorodnych kryteriów, a tym bardziej wyrażanie ich wszystkich przy pomocy jednej wspólnej jednostki.

W związku z powyższymi spostrzeżeniami wielokryterialna analiza decyzyjna składa się z czterech elementarnych kroków (Guitouni 1998; Figueira 2005; Roy 2005):

- 1) określenie struktury problemu decyzyjnego (identyfikowanie jego uczestników, możliwych akcji i ich konsekwencji),
- 2) artykulacja i modelowanie preferencji decydenta,
- 3) agregacja ocen (preferencji) alternatyw decyzyjnych,
- 4) opracowanie rekomendacji.

Od początku rozwoju metod MCDA, zwykle trzy elementy odgrywają fundamentalną rolę w analizie i określaniu struktury procesu wspomagania podejmowania decyzji, mianowicie: zestaw potencjalnych akcji (alternatyw), zbiór kryteriów oraz problematyka decyzyjna (Roy 2005).

Zbiór potencjalnych akcji

Mianem *potencjalnej akcji* określany jest obiekt decyzji lub to na co skierowana jest uwaga w procesie decyzyjnym. Natomiast wykorzystywany często termin *alternatywa* związany jest z konkretnym przypadkiem, w którym dwie różne potencjalne akcje nie mogą być w żaden sposób razem wykonane i wzajemnie wykluczają się. W wielu przypadkach zasadne jest modelowanie procesu decyzyjnego w taki sposób, że kilka potencjalnych akcji może być rozpatrywane jako pojedyncza alternatywa, jednakże najczęściej każda potencjalna akcja traktowana jest jak odrębna alternatywa decyzyjna (Roy 1996).

Zbiór potencjalnych definiowany jest dla określonego etapu procesu decyzyjnego i zakłada się, że zbiór ten nie zawsze jest stabilny, gdyż może ewoluować wraz z uzyskiwaniem nowych informacji nt. problemu decyzyjnego lub wynikać z jego bezpośrednich zmian.

W literaturze zbiór potencjalnych akcji najczęściej oznaczany jest w następujący sposób:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$$

gdzie:

$|A| = m$ - zbiór potencjalnych akcji jest zbiorem skończonym

Modelowanie potencjalnych akcji realizowane jest przez odniesienie się do pewnych zmiennych x_1, x_2, \dots, x_n , które identyfikują konkretną akcję:

$$a = (x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Zbiór kryteriów

Kryterium jest narzędziem służącym do oceny i porównywania potencjalnych akcji procesu decyzyjnego ze względu na przyjęty punkt widzenia decydenta. Ocena każdej akcji a , musi brać pod uwagę wszystkie istotne efekty lub atrybuty powiązane z rozpatrywanym punktem widzenia.

Najczęściej ocena potencjalnej akcji $g(a)$ jest wyrażona liczbą rzeczywistą, jednakże we wszystkich przypadkach konieczne jest zdefiniowanie zbioru wszystkich możliwych ocen X_g do których kryterium g może doprowadzić. Aby porównania alternatyw były możliwe zbiór X_g powinien mieć zdefiniowaną skalę umożliwiającą określającą porządku $<_g$ elementów zbioru. Elementy zbioru $x \in X_g$ nazywane są stopniami skali i każdy z nich może być scharakteryzowany liczbą, określeniem werbalnym lub piktogramem. W celu porównania dwóch alternatyw według kryterium g porównywane są ich stopnie określone na podstawie odpowiednich ocen i odzwierciedlające preferencje decydenta.

W związku z powyższym można wyróżnić różnego rodzaju skale ocen:

- a) Skale porządkowe – dla których możliwe jest określenie kolejności elementów, jednakże niemożliwe jest określenie różnicy pomiędzy nimi. Wyróżnić tu można:
 - skale werbalne,
 - skale numeryczne.
- b) Skale ilościowe – skale numeryczne, których stopnie są definiowane przez odniesienie się do ściśle zdefiniowanej wartości określającej ilość lub jej brak (wartość 0). Ponadto, dla skali

określona jest jednostka pomiarowa oraz różnica pomiędzy dwoma wartościami daje się obliczyć i ma interpretację w świecie rzeczywistym.

- c) Inne skale – w metodach MCDA często występują skale nie należące do powyższych dwóch skrajnych skal (np. skala interwałowa).

W metodach MCDA ważne jest posiadanie wiedzy na temat wykorzystywanej skali ocen aby możliwa była prawidłowa jej interpretacja i użycie. W zależności od typu skali muszą być wykorzystywane odpowiednie sposoby interpretacji i metody arytmetyczne w celu prawidłowego odzwierciedlenia preferencji decydenta.

W większości przypadków pierwszy krok analizy decyzyjnej polega na określeniu n kryteriów, przy czym $n > 1$. Określają one tzw. rodzinę kryteriów F . Należy tutaj zwrócić uwagę, że w przypadku metod MCDA wszystkie kryteria z rodziny F nie muszą być niezależne. Zagadnienie niezależności jest w tym przypadku bardzo złożone i jeżeli niezależność jest pożądana należy najpierw określić o jaki jej rodzaj chodzi. Analiza wielokryterialna wprowadza rozróżnienie pomiędzy niezależnością strukturalną, niezależnością preferencyjną i niezależnością w kontekście użyteczności (Roy 2005).

Problematyka decyzyjna

W metodach MCDA termin *problematyka* odnosi się do sposobu w jaki planowane jest użycie wspomagania decyzji. Problematyka związana jest z odpowiedziami na takie pytania jak np.: w jaki sposób powinien być postawiony problem?, jaki rodzaj wyników jest spodziewany?, w jaki sposób decydent widzi swoją rolę w procesie decyzyjnym wspomagającym uzyskanie tych wyników?, jaka procedura wydaje się być prawidłowa do przeprowadzenia postępowania?.

W praktyce używa się czterech referencyjnych problematyk decyzyjnych (Guitouni 1998):

- *Problematyka wyboru* (P. α). Wsparcie jest orientowane na wyselekcjonowanie niedużej liczby bądź jednej „dobrej” alternatywy. Wybrane alternatywy w procesie eliminacji większości akcji muszą spełniać warunek nieporównywalności między sobą.
- *Problematyka sortowania (klasyfikacji)* (P. β). Orientowana na przypisanie każdej z alternatyw decyzyjnych do jednej z kategorii określonej jako najbardziej odpowiednia.
- *Problematyka porządkowania* (P. γ). Problematyka jest zorientowana na stworzenie pełnego bądź częściowego porządku elementów zbioru alternatyw decyzyjnych A . Problematyka ta jest uznawana za prawidłowy instrument umożliwiający porównanie alternatyw pomiędzy sobą.
- *Problematyka opisu* (P. δ). Orientowana jest na określenie dla wszystkich alternatyw decyzyjnych wartości ocen dla wszystkich kryteriów.

Procedury agregacji

W przypadku problemów decyzyjnych o więcej niż jednym kryterium kluczowym zagadnieniem jest porównanie rozpatrywanych potencjalnych akcji z jednoczesnym uwzględnieniem wszystkich kryteriów decyzyjnych. Przykładowo porównując dwie potencjalne akcje a i b dla części kryteriów a może uzyskać wyższe oceny od b a dla pozostałych sytuacja może być

odwrotna. Postaje zatem pytanie w jaki sposób porównać te akcje z uwzględnieniem wszystkich kryteriów mając dodatkowo na uwadze różnorodny charakter oraz skale poszczególnych kryteriów decyzyjnych. Zagadnienie to nazywane jest w literaturze *problemem agregacji*. Większość metod wspomaganie podejmowania decyzji bazuje ściśle sformalizowanych matematycznych *wielokryterialnych procedurach agregacji*. Z definicji wielokryterialna procedura agregacji daje dokładne wyjaśnienie problemu agregacji dla każdej pary potencjalnych akcji (Roy 2005). Procedury agregacji wykorzystują:

- różnego rodzaju parametry jak wagi, współczynniki skali, progi weta, poziomy odrzucenia itp. umożliwiające zdefiniowania roli jaką odgrywa pojedyncze kryterium względem innych;
- logikę agregacji uwzględniającą możliwe typy zależności pomiędzy kryteriami.

Sformalizowane wielokryterialne metody wspomaganie podejmowania decyzji ze względu na wykorzystywane podejście do agregacji ocen potencjalnych akcji problemu decyzyjnego można zakwalifikować do jednej z dwóch kategorii (Guitouni 1998):

- 1) Agregacja ocen do pojedynczego zsyntetyzowanego kryterium – polega na wyznaczeniu formalnych zasad uwzględniających n ocen dla każdej potencjalnej akcji $a \in A$ do określenia jej pozycji na przyjętej skali. Sprowadza się to do wyznaczenia analitycznej postaci globalnej funkcji pozwalającej na porównanie alternatyw ze sobą i wyznaczającą porządek elementów zbioru A :

$$g(a) = V[g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)]$$

W większości przypadków podejście to zakłada wykorzystanie prostego modelu preferencji $\langle P, I \rangle$ obejmującego sytuacje preferencji (ang. *preference*) aPb oraz obojętności (ang. *indifference*) aIb dla dwóch dowolnych potencjalnych akcji a i b .

- 2) Agregacja bazująca na wzajemnej preferencji potencjalnych akcji – w przeciwieństwie do pierwszego podejścia gdzie ocena pojedynczej akcji a wykonywana jest oddzielnie względem pozostałych w tym przypadku wykorzystuje się sukcesywne porównywanie akcji a z każdą pozostałą potencjalną akcją $b \in A$. Dla każdej z ocen dla n kryteriów akcji a oraz n ocen akcji b w tej grupie metod zasadą jest określenie typu relacji preferencji istniejącego pomiędzy tą parą potencjalnych akcji. W zależności od metody rozpatrywane są tu sytuacje preferencyjne: obojętności **I** (ang. *indifference*), preferencji **P** (ang. *preference*), słabej preferencji **Q** (ang. *weak preference*) oraz nieporównywalności **R** (ang. *incomparability*). Ponadto definiuje się relację zgrupowaną $S = P \cup Q \cup I$ zwaną relacją przewyższania (ang. *outranking relation*) (Trzaskalik 2006). Relacja ta zachodzi gdy alternatywa a „jest przynajmniej tak dobra jak” lub „jest nie gorsza niż” alternatywa decyzyjna b . Do ustalenia takiej relacji konieczne jest wykorzystanie pojęcia *progu równoważności* i *progu preferencji*. Relacja przewyższania prowadzi do różnych struktur określających porządek potencjalnych akcji ze zbioru A w zależności od rozpatrywanych relacji preferencji i wykorzystywanych progów. Ze względu na wykorzystanie relacji przewyższania ta grupa metod bardzo często określana jest mianem *metod przewyższania* (Roy 2005).

Oprócz wyżej wymienionych dwóch kategorii procedur agregacji istnieje grupa metod mieszanych (np. QUALIFLEX (Paelinck 1978) lub metoda Martela i Zarasa (Martel i Zaras 1995)) oraz pewnej grupy nieanalitycznych metod interaktywnych. Zestawienie wybranych procedur agregacji zawarto w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Zestawienie wybranych wielokryterialnych procedur agregacji ocen (Guitouni 1998)

Metoda	Opis procedury agregacji	Działanie
<i>Metody elementarne</i>		
Suma warzona	Ocena alternatywy jest obliczana na podstawie sumy warzonej ocen uzyskanych dla wszystkich kryteriów	Suma algebraiczna
Metoda leksykograficzna	Bazuje na założeniu, że w niektórych sytuacjach decyzyjnych pewne kryterium wydaje się dominować. Procedura polega na porównywaniu alternatyw wg dominującego kryterium, następnie wg mniej ważnego aż do pozostania jednej alternatywy	Przecięcie płaszczyzn
Metoda max-min	Ogólna ocena alternatywy decyzyjnej jest otrzymywana na podstawie jej najsłabszej bądź najlepszej oceny cząstkowej	Operatory max i min
<i>Pojedyncze zsyntetyzowane kryterium</i>		
TOPSIS (<i>technique for order by similarity to ideal solution</i>)	Wybrana alternatywa powinna być najbliższa rozwiązaniu idealnego i jednocześnie najbardziej odległa od rozwiązania przeciwnego do idealnego	Odległość euklidesowa
MAVT (<i>multi-attribute value theory</i>)	Agregacja wartości otrzymanych z oszacowań cząstkowych funkcji kryterialnych w celu otrzymania wartości funkcji globalnej. Funkcja globalna może mieć postać addytywną, multiplikatywną bądź mieszaną	Agregacja wartości (addytywna lub multiplikatywna)
UTA (<i>utility theory additive</i>)	Oszacowanie wartości funkcji kryterialnych z wykorzystaniem skali porządkowej. Agregacja z wykorzystaniem postaci addytywnej	Agregacja wartości (addytywna)
SMART (<i>simple multi-attribute rating technique</i>)	Prostsze, przybliżone podejście do implementacji MAVT wykorzystujące liniową aproksymację ocen oraz addytywny model agregacji	Agregacja wartości (addytywna)
MAUT (<i>multi-attribute utility theory</i>)	Agregacja wartości otrzymanych z oszacowań cząstkowych funkcji użyteczności w celu otrzymania wartości globalnej funkcji użyteczności. Funkcja globalna może mieć postać addytywną, multiplikatywną bądź mieszaną	Agregacja użyteczności (addytywna lub multiplikatywna)
AHP (<i>analytic hierarchy process</i>)	Konwersja subiektywnych względnych ocen w zbiór wag kryteriów. Wykorzystuje macierze porównań parami wszystkich alternatyw decyzyjnych i ich przekształcenie w końcowy ranking alternatyw.	Wektor własny
EVAMIX	Opiera się o kalkulację dwóch indeksów dominacji: pierwszy dla ocen porządkowych drugi kardynalnych. Kombinacja tych dwóch indeksów prowadzi do określenia dominacji dla każdej pary alternatyw decyzyjnych	Suma algebraiczna

Rozmyta suma warzona	Zbiory rozmyte wykorzystywane są do określenia rozmytych użyteczności alternatyw	Suma algebraiczna
Rozmyte max-min	Analogiczna do klasycznej metody max-min, z tym że oceny alternatyw są wyrażone liczbami rozmytymi	Operatory max i min
<i>Metody przewyższania</i>		
ELECTRE I	Procedura polega na redukowaniu rozmiaru zbioru niezdominowanych alternatyw. Alternatywa może być wyeliminowana jeżeli jest zdominowana do pewnego stopnia przez inne alternatywy.	Metody teorii grafów (rdzeń)
ELECTRE IS	Analogiczna do ELECTRE I. Wprowadza próg obojętności	Metody teorii grafów (rdzeń)
ELECTRE II	Wykorzystuje dwie relacje przewyższania: słabą i silną	Metody teorii grafów
ELECTRE III	Przewyższanie wyrażane jest za pomocą indeksu wiarygodności	Metody teorii grafów
ELECTRE IV	Jak ELECTRE III, z tym że nie wykorzystuje wag	Metody teorii grafów
PROMETHEE I	Bazuje na podobnych zasadach jak ELECTRE. Wprowadza sześć funkcji określające preferencje dla kryterium oraz metodę określania częściowego rankingu alternatyw	Metody teorii grafów (przepływy)
PROMETHEE II	Rozszerza PROMETHEE I o tworzenie pełnego rankingu alternatyw	Metody teorii grafów (przepływy)
MELCHIOR	Jest rozszerzeniem metody ELECTRE IV	Metody teorii grafów
ORESTE	Wymaga wyłącznie ocen w skali porządkowej oraz rankingu kryteriów wg istotności	Metody teorii grafów
REGIME	Tworzy macierz porównań parami zawierającej elementy o wartości +1 w przypadku dominacji, 0 równoznaczności oraz -1 negatywnej dominacji	Metody teorii grafów
NAIADE (<i>novel approach to imprecise assessment and decision environment</i>)	Procedura wykorzystuje semantyczne operatory do oceny w porównaniach parami alternatyw decyzyjnych. Oceny rozmyte są przekształcane w rozkłady prawdopodobieństwa.	Logika rozmyta i teoria grafów
<i>Metody mieszane</i>		
QUALIFLEX	Procedura wykorzystuje sukcesywne mutacje do opracowania rankingu alternatyw	Analiza zgodności
Metoda Martela i Zarasa	Wykorzystuje stochastyczną dominację do porównań alternatyw parami	Metody teorii grafów

3.3. Koncepcja metody wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do pakietów prac projektu

We wstępie do rozdziału 3 uzasadniono podejście do zamodelowania analizowanego zagadnienia wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do pakietów prac projektu jako wielokryterialnego problemu decyzyjnego. Podejście takie wymaga dokładnego scharakteryzowania sytuacji decyzyjnej w celu wyłonienia odpowiedniej metody rozwiązania. W pierwszej kolejności należy jednak przyjąć formalny zapis wariantów decyzyjnych wykorzystywany w pracy.

Zbiór wariantów decyzyjnych

W rozpatrywanym problemie koordynator konsorcjum projektowego podejmuje decyzję o przyporządkowaniu zespołów kandydujących do pakietów prac określonych przez strukturę podziału prac projektu. Alternatywą decyzyjną jest więc zbiór pojedynczych przyporządkowań zespołu do pakietu prac. W badaniach operacyjnych dla problemu optymalnego przydziału wariant przyporządkowań określany jest przez wartość zmiennej decyzyjnej będącą macierzą binarną. Bardziej wygodną na potrzeby analizy wielokryterialnej postacią określania wariantu przyporządkowań jest postać wykorzystywana w tzw. równoważnym modelu zagadnienia optymalnego przydziału (Ignasiak 2001). W modelu tym wariant przyporządkowań określany jest przez ciąg elementów pochodzących ze zbioru zespołów Z , w którym to numer wyrazu ciągu określa numer zadania, któremu przyporządkowany jest dany zespół.

Wykorzystując powyższą postać zapisu wariantu konsorcjum można wprowadzić formalne oznaczenia:

$P = \{p_i\}$ - zbiór pakietów prac składających się na projekt, $i = 1, \dots, i^*$

$Z = \{z_j\}$ - zbiór zespołów kandydujących do uczestnictwa w konsorcjum, $j = 1, \dots, j^*$

$V = \{v^n\}$ - zbiór wszystkich wariantów konsorcjum, $n = 1, \dots, n^*$

gdzie:

$v^n = (v_i^n)_{i=1}^{i^*} = (v_1^n, v_2^n, \dots, v_i^n, \dots, v_{i^*}^n)$ - ciąg określający przyporządkowania w n -tym wariacie konsorcjum

$v_i^n \in Z$

Zatem liczba alternatyw decyzyjnych rozpatrywanego problemu równa się liczbie wszystkich możliwych ciągów opisujących przyporządkowania zespołów do pakietów, czyli mocy zbioru wariantów V . Można więc za zbiór alternatyw decyzyjnych przyjąć zbiór ciągów określających wszystkie warianty utworzenia konsorcjum. W dalszej części pracy zbiór alternatyw decyzyjnych określany będzie zbiorem wariantów decyzyjnych lub zbiorem wariantów konsorcjum.

$A = \{a_n\}$ - zbiór alternatyw decyzyjnych, $A = V$

Charakter kryteriów decyzyjnych

Kolejnym po zbiorze alternatyw decyzyjnych elementem charakteryzującym sytuację decyzyjną jest zbiór kryteriów/atrybutów decyzyjnych oraz charakter informacji jaką są one wyrażane. Jak już stwierdzono wcześniej w pracy, koordynator podejmuje decyzję w oparciu o informacje o charakterze mieszanym, gdyż przedstawione w rozdziale 1.1.3 kryteria oceny wniosków mają charakter zarówno ilościowy jak i jakościowy. Ponadto, zakłada się, że wszystkie informacje o sytuacji decyzyjnej mają charakter deterministyczny. Dla zbioru kryteriów decyzyjnych przyjęto następujące oznaczenie:

$K = \{k_m\}$ - zbiór kryteriów decyzyjnych, $m = 1, \dots, m^*$

Posiadając określony zbiór alternatyw decyzyjnych oraz zbiór kryteriów decyzyjnych można określić macierz ocen odzwierciedlających preferencje decydenta:

$$E = [e_{nm}] = \begin{bmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1m} & \cdots & e_{1m^*} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_{n1} & \cdots & e_{nm} & \cdots & e_{nm^*} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_{n^*1} & \cdots & e_{n^*m} & \cdots & e_{n^*m^*} \end{bmatrix}$$

gdzie:

e_{nm} – ocena n -tego wariantu decyzyjnego wg m -tego kryterium

Jako, że według zasad uczestnictwa określanych dla typowych programów finansowania projektów jednym z najistotniejszych kryteriów oceny konsorcjum jest jego jakość wyrażona w kompetencjach posiadanych przez to konsorcjum. W związku z tym w niniejszej pracy autor proponuje podejście do skonstruowania kryteriów decyzyjnych w oparciu o model kompetencji przedstawiony w rozdziale 2. Oprócz kryteriów kompetencyjnych o jakości konsorcjum rozumianej jako wypełnienie kryteriów definiowanych przez program finansujący świadczy szereg innych czynników o naturze np. geograficznej bądź politycznej. W rozdziale 3.6.2 przedstawiono propozycję zestawu typowych kryteriów decyzyjnych użytecznych w procesie podejmowania decyzji przez koordynatora o wariacie konsorcjum.

Problematyka decyzyjna

Scharakteryzowanie sytuacji decyzyjnej wymaga dodatkowo określenia problematyki sytuacji decyzyjnej jaką napotyka decydent. W przypadku rozpatrywanego zadania mamy do czynienia z problemem wyboru jednego z spośród wielu wariantów decyzyjnych. W sposób równoważny zadanie to może być także zamodelowane jako problem porząd-

kowania wariantów decyzyjnych według preferencji decydenta. Określenie typu problemu decyzyjnego zawęża zbiór możliwych metod rozwiązania tego problemu (tabela 3.2).

Tabela 3.2. Charakterystyka sytuacji decyzyjnej

Cecha sytuacji decyzyjnej	Wartość cechy dla analizowanego problemu
Problematyka:	wybór, porządkowanie
Charakter informacji:	mieszany (jakościowy i ilościowy)
Typ informacji:	deterministyczny
Zbiór alternatyw decyzyjnych:	Zbiór wariantów konsorcjum $V = \left\{ \left(v_i^n \right)_{i=1}^l \right\}$

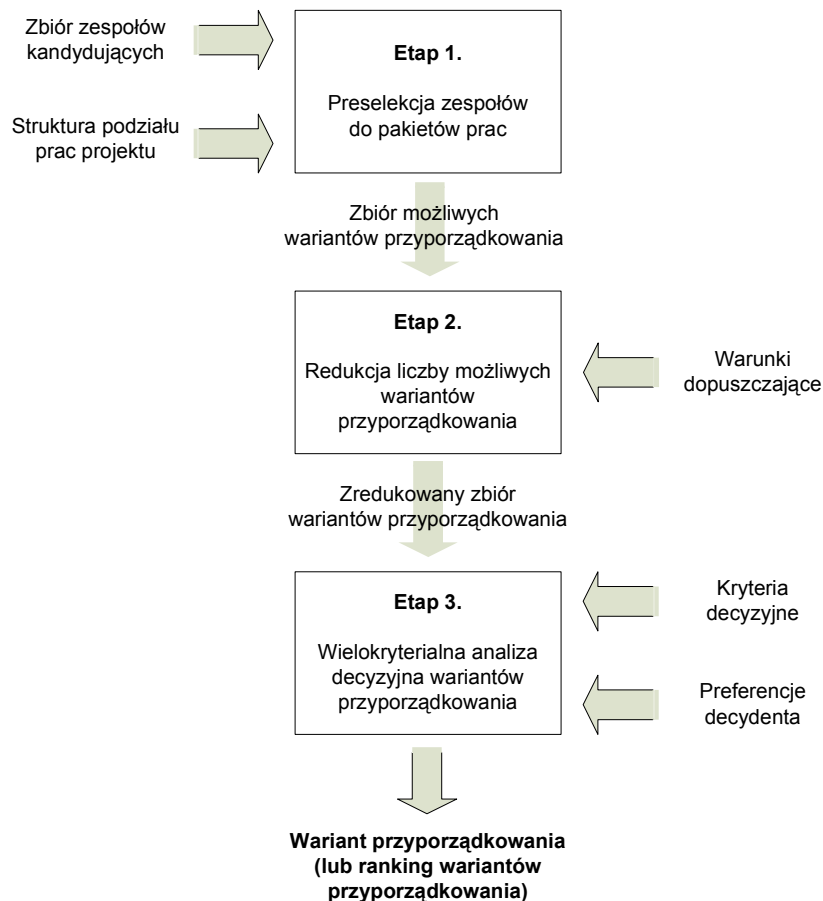
Przy założeniu, że jeden zespół może koordynować wiele pakietów prac liczba wszystkich możliwych wariantów konsorcjum jest równa liczbie i^* -wyrazowych wariacji z powtórzeniami j^* -elementowego zbioru zespołów kandydujących Z :

$$n^* = |V| = \bar{V}_{j^*}^{i^*} = j^{*i^*}$$

Wykładnicza zależność określająca liczebność rozpatrywanego zbioru wariantów konsorcjum powoduje, że nawet przy niedużych projektach uzyskujemy dużą liczbę alternatyw decyzyjnych. Jest to przeszkodą, gdyż w metodach wielokryterialnego wspomaganie podejmowania decyzji konieczne jest wykonanie ocen każdej alternatywy decyzyjnej wg każdego kryterium co daje $j^{*i^*} \cdot m^*$ elementarnych operacji oceny. Ponadto, w metodach wykorzystujących porównania alternatyw parami (np. AHP) należy wykonać $\binom{n^*}{2}$ porównań atrybutów decyzyjnych dla każdego z m^* kryteriów. Co prawda w metodzie AHP można ograniczyć liczbę porównań stosując hierarchizację problemu, jednakże w dalszym ciągu, nawet dla niedużych projektów, liczba operacji koniecznych do wykonania przez decydenta jest na tyle duża, że stawia pod znakiem zapytania praktyczną stosowalność tej metody.

Rozwiązaniem ograniczającym liczbę wariantów decyzyjnych do poziomu, w którym stosowalność metody byłaby racjonalna jest nałożenie pewnych warunków ograniczających na warianty przyporządkowania. Liczba j^{*i^*} wariantów konsorcjum jest liczbą maksymalną określającą wszystkie możliwe przyporządkowania. Jednakże, ze względu na szereg czynników wynikających z uwarunkowań określonych przepisami programów finansujących badania jak i racjonalnego podejścia koordynatora do przyporządkowywania zespołów tak duża liczba wariantów nie musi być brana pod uwagę w analizie decyzyjnej. Po pierwsze, w warunkach rzeczywistych nie każdy z zespołów kandydujących jest w stanie koordynować wszystkie pakiety prac zdefiniowane dla projektu. Po drugie, każdy z programów finansujących określa pewien zestaw wymogów formalnych, które spełniać musi konsorcjum (np. minimalna liczba zespołów tworzących konsorcjum). Skonstruowanie na podstawie tego typu uwarunkowań zestawu warunków dopuszczających warianty konsorcjum do dalszej analizy może znacznie ograniczyć liczbę rozpatrywanych alternatyw decyzyjnych.

W niniejszej pracy zaproponowano podejście do rozwiązania postawionego problemu przyporządkowania zespołów kandydujących do pakietów prac w projekcie składające się z trzech etapów. Dwa pierwsze etapy metody polegają na zredukowaniu liczby możliwych wariantów przyporządkowania, natomiast etap trzeci jest zasadniczą analizą decyzyjną, w wyniku której wybierany jest wariant konsorcjum najbardziej satysfakcjonujący preferencje koordynatora projektu. Schemat graficzny metody przedstawiono na rysunku 3.1.



Rysunek 3.1. Etapy metoda wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do pakietów prac w projekcie

W wyniku eliminacji części wariantów konsorcjum w pierwszym i drugim etapie metody zmianie ulega zbiór alternatyw decyzyjnych A . W związku z tym wprowadzono oznaczenia w celu odróżnienia zredukowanych zbiorów alternatyw decyzyjnych oraz zredukowanych zbiorów wariantów konsorcjum od ich zbiorów wejściowych:

$$A \xrightarrow{\text{Etap 1}} A^I \xrightarrow{\text{Etap 2}} A^{II}$$

oraz

$$V \xrightarrow{\text{Etap 1}} V^I \xrightarrow{\text{Etap 2}} V^{II}$$

gdzie:

- A^I, V^I – zbiór możliwych alternatyw decyzyjnych/wariantów konsorcjum
- A^{II}, V^{II} – zredukowany zbiór alternatyw decyzyjnych/wariantów konsorcjum

3.4. Preselekcja zespołów do pakietów prac

W celu ograniczenia liczby wariantów konsorcjum rozpatrywanych w procesie podejmowania decyzji możliwe jest nałożenie warunków dopuszczających na zespoły powodując zmniejszenie liczby pakietów prac projektu, do których mogą być one przypisane. Rozwiązanie to jest powszechnie stosowane w klasycznym zagadnieniu optymalnego przydziału, np. w prezentowanym wcześniej klasycznym problemie przydziału uwzględniającym kwalifikacje agenta (rozdział 3.1). W zadaniu tym wprowadzony jest parametr binarny określający kwalifikacje agenta do realizacji zadania. W przypadku gdy wartość tego parametru wynosi 1 agent może być rozpatrywany do przydzielania do zadania, natomiast gdy wynosi 0 agent nie może być przypisany do zadania gdyż nie posiada do tego kwalifikacji.

Opisany mechanizm może być wprost zastosowany w rozpatrywanym w pracy zagadnieniu przyporządkowania zespołów do pakietów prac w projekcie. Wymaga on jednak pewnego dostosowania do charakteru problemu. W wersji klasycznej do opisu parametru używane jest pojęcie kwalifikacji. Zgodnie z przedstawioną w rozdziale 2 definicją pojęcie kwalifikacji oznacza formalny dowód posiadania określonych umiejętności w postaci certyfikatów, świadectw, dyplomów itd. W kontekście omawianego w pracy problemu właściwe byłoby użycie pojęcia kompetencji zamiast kwalifikacji, gdyż oprócz formalnych dowód w wykorzystywanym modelu uwzględniane są także inne, poza formalne źródła informacji o umiejętnościach zespołów. Zatem dla parametru przyjęto nazwę – parametr posiadania kompetencji do wykonania zadania.

Parametry posiadania kompetencji dla wszystkich par zespół – pakiet prac tworzą macierz posiadania kompetencji:

$$Q = [q_{ji}]$$

gdzie:

$$q_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{zespół } z_j \text{ posiada kompetencje do zrealizowania pakietu } p_i \\ 0, & \text{zespół } z_j \text{ nie posiada kompetencji do zrealizowania pakietu } p_i \end{cases}$$

W proponowanej metodzie przyjęto formalną metodę określania wartości parametru posiadania kompetencji. Wykorzystano tutaj zaprezentowaną w rozdziale 2 koncepcję rozmytych zbiorów kompetencji oraz bazującą na niej metodę analizy kosztu rozszerzenia kompetencji. Koncepcja ta wprowadza pojęcia zbioru kompetencji posiadanych przez jednostkę Sk oraz zbioru kompetencji wymaganych do rozwiązania problemu Tr . Traktując zbiór pakietów prac projektu P jak zbiór problemów do rozwiązania oraz zbiór zespołów kandydujących jak jednostki próbujące rozwiązać te problemy możemy zdefiniować:

$Tr(p_i)$ - zbiór kompetencji wymaganych do zrealizowania i -tego pakietu prac

$Sk(z_j)$ - zbiór kompetencji posiadanych przez j -ty zespół kandydujący

Zgodnie z koncepcją rozmytych zbiorów kompetencji poprzez porównanie zbiorów $Tr(p_i)$ i $Sk(z_j)$ w przestrzeni kompetencji związanych z pakietem prac HD_i możliwe jest wyznaczenie kosztu rozszerzenia zbioru kompetencji zespołu z_j tak aby pokrywał on w pełni zbiór kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_i (Yu i Zhang 1990; Wang i Wang 1998). Reprezentacją przestrzeni kompetencji związanych z problemem jest

graf skierowany. Reprezentacja ta wykorzystywana jest w procesie obliczania kosztu rozszerzenia kompetencji. Ze względu na strukturę grafu oraz inne warunki nakładane na zbiory kompetencji (np. poziom krytyczny potencjału uzyskania kompetencji – rozdz. 2.4.3) dla pewnych zbiorów kompetencji posiadanych Sk niemożliwe jest znalezienie kosztu rozszerzenia kompetencji. W takich przypadkach można stwierdzić, że jednostka o takim zbiorze kompetencji nie posiada kompetencji do zrealizowania zadania. W przypadku gdy koszt rozszerzenia jest możliwy do wyznaczenia, to można przyjąć, że jednostka taka posiada kompetencje do rozwiązania zadania. Obdarzone jest to tylko pewnym kosztem.

W związku z powyższym można wprowadzić rozszerzoną definicję parametru posiadania kompetencji:

$$q_{ji} = q(z_j, p_i) = \begin{cases} 1, & c_{ji}^K \geq 0 \\ 0, & c_{ji}^K \text{ jest nieokreślony} \end{cases}$$

gdzie:

$$c_{ji}^K = c^K(z_j, p_i) = c^K(Sk(z_j), Tr(p_i)) \text{ - jest kosztem rozszerzenia kompetencji } j\text{-tego zespołu do poziomu wymagań określonych dla } i\text{-tego pakietu prac}$$

Wykorzystując zdefiniowany parametr posiadania kompetencji można wprowadzić formalny warunek ograniczający dla wariantów konsorcjum. Do kolejnego etapu metody przyporządkowania zespołów do pakietów prac projektu są dopuszczane tylko warianty konsorcjum, w których dla każdego ze zdefiniowanych pakietów prac można stwierdzić, że przyporządkowany do niego zespół posiada kompetencje do jego zrealizowania:

$$V^1 = \left\{ v^n : v^n \in V; v^n = (v_i^n)_{i=1}^*; n = 1, 2, \dots, n^*; \forall_{i \leq i^*} q(v_i^n, p_i) = 1; v_i^n \in Z \right\}$$

3.5. Redukcja wariantów przyporządkowania zespołów do pakietów prac projektu

W rozdziale 3.4 zaproponowano podejście do redukcji liczby możliwych wariantów konsorcjum w oparciu o ograniczenia nakładane na poszczególne zespoły. Ograniczenia te zmniejszają liczbę pakietów prac, do których możliwe jest przyporządkowanie danego zespołu co w efekcie przynosi, w niektórych przypadkach nawet znaczną redukcję liczby możliwych wariantów konsorcjum projektowego. Zastosowany parametr ma typ binarny a jego wartość znajdująca się na podstawie analizy kosztów kompetencji.

W niniejszym podrozdziale wprowadzone zostaną dodatkowe ograniczenia prowadzące do dalszej redukcji zbioru alternatyw decyzyjnych wykorzystywane na drugim etapie proponowanej metody przyporządkowywania zespołów do pakietów prac w projekcie. W tym przypadku ograniczenia nakładane są globalnie na cały wariant konsorcjum, gdyż dotyczą one cech charakteryzujących całą grupę a nie pojedyncze zespoły. Brane są tu pod uwagę dwie kategorie ograniczeń wynikające z:

- *wymogów formalnych* stawianych przez programy finansujące badania oraz
- *wymogów kompetencyjnych* określonych przez koordynatora przygotowującego wnioski o finansowanie badań.

3.5.1. Wymogi kompetencyjne stawiane konsorcjom

Idea tych ograniczeń polega na sprawdzaniu łącznego niedostosowania całego wariantu konsorcjum do wymogów kompetencyjnych zdefiniowanych dla projektu przez koordynatora. Wykorzystać do tego celu można, podobnie jak w przypadku preselekcji zespołów do akietów prac, metodę analizy kosztów rozszerzenia kompetencji zaproponowaną przez (Wang i Wang 1998) i przedstawioną w rozdziale 2.4 pracy. Wartość kosztu rozszerzenia kompetencji można traktować jako miarę niedostosowania jednostki do wymagań określonych w wiedzy i umiejętnościach potrzebnych do rozwiązania zadania. W związku z tym, łączne niedopasowanie całego konsorcjum do wymagań może być znalezione poprzez zagregowanie wartości kosztu rozszerzenia kompetencji dla wszystkich zespołów składających się na konsorcjum z uwzględnieniem danego wariantu przydzielenia pakietów prac. Dla tak obliczonych wartości zagregowanego kosztu rozszerzenia kompetencji możliwe jest przyjęcie wartości progowych, których przekroczenie będzie dyskwalifikowało wariant konsorcjum z dalszych rozważań.

Wykorzystany model agregacji kosztów rozszerzenia kompetencji dla całego konsorcjum zależy od przyjętego wymiaru kosztu. Koszt rozszerzenia kompetencji może mieć wymiar finansowy lub czasowy. W zależności od tego jaki wymiar kosztu jest rozpatrywany różnie przebiegać będzie agregacja lokalnych wartości kosztu obliczonych dla par zespół – pakiet prac do globalnej wartości kosztu całego konsorcjum. Wynika to z natury tych wymiarów oraz ze struktury projektu określającej zależności pomiędzy pakietami prac.

Ponadto, kolejną właściwością determinującą wybór modelu agregacji kosztów rozszerzenia kompetencji jest rozłączność zbiorów kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietów prac $Tr(p_i)$. W przypadku gdy zbiory te nie są rozłączne do agregacji kosztów należy zastosować model programowania dynamicznego. Wymuszone to jest koniecznością uwzględniania zmian następujących w zbiorach kompetencji zespołów w trakcie realizacji projektu i ich wpływu na lokalne wartości kosztu rozszerzenia.

Powyższe rozważania wskazują na konieczność zdefiniowania czterech różnych modeli agregacji kosztów rozszerzenia kompetencji (Tabela 3.3).

Tabela 3.3. Wykorzystywane modele agregacji kosztów rozszerzenia kompetencji

Model agregacji		Zbiory kompetencji wymaganych	
		Rozłączne	Nierozłączne
Wymiar kosztu	Finansowy	Statyczny model agregacji kosztów dla wszystkich pakietów prac	Dynamiczny model agregacji kosztów dla wszystkich pakietów
	Czasowy	Statyczny model agregacji kosztów dla pakietów prac należących do ścieżki krytycznej	Dynamiczny model agregacji kosztów dla pakietów należących do ścieżki krytycznej

Z tabeli 3.2 wynika, że odnośnie wymagań kompetencyjnych można przyjąć dwa ograniczenia. Pierwsze w wymiarze finansowym kosztu rozszerzenia kompetencji, drugie w wymiarze czasowym. Natomiast wykorzystywany w nich model agregacji zależy będzie od rozłączności zbiorów kompetencji wymaganych.

Postać formalna tych ograniczeń przedstawia się następująco:

$$c^K(v^n) \leq c_{MAX}^K$$

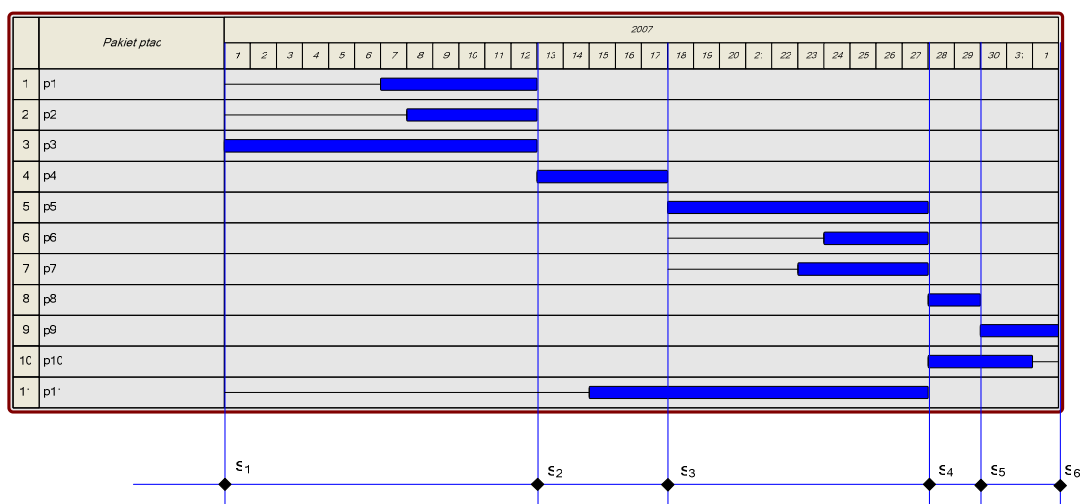
$$t^K(v^n) \leq t_{MAX}^K$$

gdzie:

- $c^K(v^n)$ - zagregowana wartość kosztu finansowego rozszerzenia kompetencji dla n -tego wariantu konsorcjum
- c_{MAX}^K - wartość progowa kosztu finansowego rozszerzenia kompetencji dla konsorcjum
- $t^K(v^n)$ - zagregowana wartość czasu rozszerzenia kompetencji dla n -tego wariantu konsorcjum
- t_{MAX}^K - wartość progowa czasu rozszerzenia kompetencji dla konsorcjum

Konstrukcja ograniczeń kompetencyjnych wymaga przyjęcia formalnego modelu reprezentacji projektu stanowiącego bazę do obliczania zagregowanego kosztu rozszerzenia kompetencji. Najpopularniejszym mechanizmem wizualizacji i planowania projektu jest diagram Gantta (Pawlak 2007; Grucza i in. 2002; Chruściński 2001). Natomiast, w niniejszej pracy jako model projektu wykorzystano graf stanów i zależności ze względu na jego przydatność w dynamicznym modelu agregacji kosztów oraz wyznaczaniu ścieżki krytycznej projektu.

Podstawą do konstrukcji grafu stanów i zależności jest diagram Gantta. Wszystkie chwile rozpoczęcia i zakończenia pakietów prac wyznaczają elementy zbioru stanów projektu S . Przykład diagramu Gantta z zaznaczonymi stanami projektu przedstawiono na rys. 3.2.



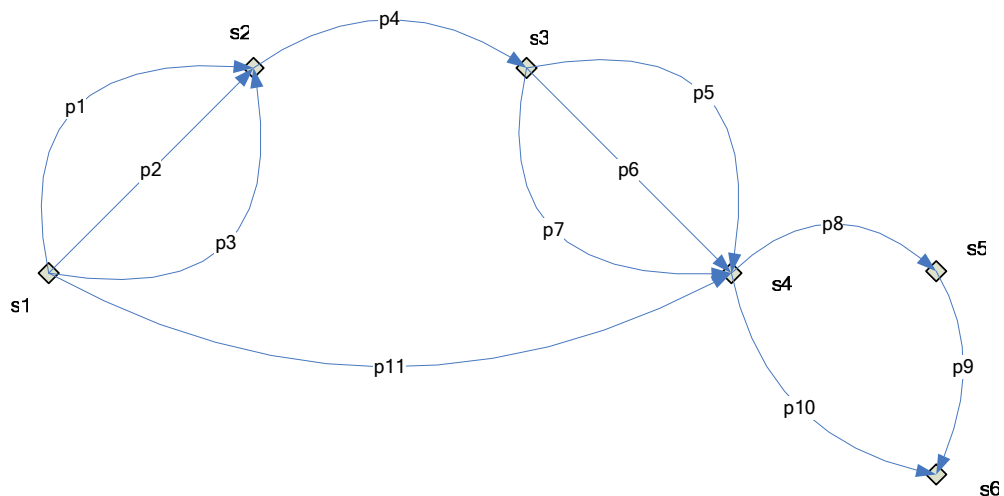
Rysunek 3.2. Przykład diagramu Gantta z zaznaczonymi stanami projektu

Zbiór stanów projektu oraz zbiór pakietów prac stanowią podstawę do konstrukcji grafu stanów i zależności. Graf ten jest grafem skierowanym rozpiętym na zbiorze stanów projektu S , natomiast jego zbiorem krawędzi jest zbiór pakietów prac P . Wygląd grafu odzwierciedlającego projekt opisany diagramem Gantta z rysunku 3.2. przedstawiono na rysunku 3.3.

$D(S, P)$ - skierowany graf stanów i zależności pakietów prac projektu

gdzie:

$S = \{s_k\}$ - zbiór stanów projektu, $k = 1, 2, \dots, k^*$



Rysunek 3.3. Przykładowy graf stanów i zależności projektu

Na potrzeby dalszych rozważań wprowadzono następujące oznaczenia związane z grafem stanów i zależności:

$init(p_i)$ – stan początkowy pakietu prac p_i

$ter(p_i)$ – stan końcowy pakietu prac p_i

$A^-(s_k) \subset P$ - zbiór pakietów prac poprzedzających stan s_k (zbiór krawędzi wchodzących do wierzchołka s_k)

$A^+(s_k) \subset P$ - zbiór pakietów prac następujących po s_k (zbiór krawędzi wychodzących z wierzchołka s_k)

$N^-(s_k) \subset S$ - zbiór stanów poprzedzających stan s_k (zbiór sąsiadów wchodzących do s_k)

$N^+(s_k) \subset S$ - zbiór stanów następujących po stanie s_k (zbiór sąsiadów wychodzących z s_k)

Posiadając formalny model opisu struktury projektu można przystąpić do sformalizowania czterech zdefiniowanych modeli agregacji kosztów rozszerzenia kompetencji.

Model agregacji kosztów finansowych dla rozłącznych zbiorów kompetencji wymaganych

Model ten jest najprostszym z całej czwórki. Polega on na sumowaniu wszystkich lokalnych kosztów rozszerzenia kompetencji określonych przez dany wariant konsorcjum.

Zatem, zakładając rozłączność wszystkich zbiorów kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietów prac projektu:

$$\bigcap_{p_i \in P} Tr(p_i) = \emptyset,$$

łączny koszt rozszerzenia kompetencji dla n -tego wariantu konsorcjum wynosi:

$$c^K(v^n) = \sum_{i=1}^{i^*} c^K(v_i^n, p_i) = \sum_{i=1}^{i^*} c^K(Sk(v_i^n), Tr(p_i))$$

Model agregacji kosztów finansowych dla nierozłącznych zbiorów kompetencji wymaganych

W przypadku tego modelu konieczne jest uwzględnienie zmiany zbiorów kompetencji zespołów w trakcie realizacji projektu. Zespół przystępując do realizacji pakietu prac posiada zdefiniowany zbiór kompetencji $Sk(z_j)$. W celu osiągnięcia celu założonego dla tego pakietu prac zespół musi rozszerzyć swój zbiór kompetencji, tak aby zawarły się w nim wszystkie kompetencje określone przez zbiór kompetencji wymaganych $Tr(p_i)$. W przypadku gdy ten sam zespół otrzymał do realizacji kolejny pakiet prac, następujący chronologicznie po pakiecie który już wcześniej zrealizował, do analizy kosztu rozszerzenia kompetencji należy użyć jego rozszerzony zbiór kompetencji. W przypadku, gdy zbiory kompetencji wymaganych są rozłączne ten zabieg nie jest konieczny, jednakże dla zbiorów nierozłącznych rozszerzanie zbioru kompetencji posiadanych przez zespół w wyniku realizacji pakietów prac wpływa na koszty rozszerzania kompetencji obliczane dla pakietów następujących później. Wynika z tego, że zbiór kompetencji posiadanych przez zespół zmienia się dynamicznie w poszczególnych stanach projektu S oraz zmiany te zależne są od wariantu konsorcjum, gdyż wyznacza on pakiety prac realizowane przez każdy zespół.

W związku z tym, w przypadku nierozłącznych zbiorów kompetencji wymaganych:

$$\bigcap_{p_i \in P} Tr(p_i) \neq \emptyset,$$

zbiór kompetencji j -tego zespołu jest zależny od stanu projektu oraz od wariantu przyporządkowania:

$$Sk(z_j, s_k, v^n)$$

Uwzględniając dynamiczny charakter zbiorów kompetencji posiadanych model obliczania zagregowanego kosztu finansowego związanego z rozszerzeniem kompetencji wszystkich zespołów należących do danego wariantu konsorcjum przedstawia się następująco:

$$c^K(v^n) = \sum_{i=1}^{i^*} c^K(Sk(v_i^n, init(p_i), v^n), Tr(p_i))$$

Model agregacji kosztów czasowych dla rozłącznych zbiorów kompetencji wymaganych

W przypadku agregacji czasu związanego z poszerzaniem przez zespoły ich kompetencji w celu spełnienia wymagań określonych dla przydzielonych im pakietów prac zastosowano podejście wykorzystujące analizę ścieżki krytycznej projektu. Mianowicie, w przeciwieństwie dla kosztów w wymiarze finansowym, gdzie istotna jest łączna suma kosztów, w przypadku kosztów czasowych istotniejsze z punktu widzenia koordynatora jest określenie wpływu jaki ma czas poświęcony na podniesienie kompetencji przez zespoły na czas trwania całego projektu. Przyjęto tu założenie, że na łączny czas wykonania pakietu prac składa się czas realizacji zadań tego pakietu oraz ewentualny czas poświęcony na podniesienie kompetencji do poziomu wymaganego do realizacji tych zadań. Przy czym czas realizacji zadań pakietu prac, oszacowany na etapie planowania projektu, jest stały i nie zależy w żaden sposób od zespołu które je wykonuje. Natomiast, czas podniesienia kompetencji jest zależny od przydzielonego zespołu, a dokładniej od kompetencji, które on posiada.

$$t(p_i) = t^K(z_j, p_i) + t^R(p_i) = t^K(Sk(z_j), Tr(p_i)) + t^R(p_i)$$

gdzie:

$t(p_i)$ - łączny czas wykonania i -tego pakietu prac

$t^K(z_j, p_i) = t^K(Sk(z_j), Tr(p_i)) + t^R(p_i)$ - czas rozszerzenia kompetencji przez j -ty zespół na potrzeby realizacji i -tego pakietu prac

$t^R(p_i)$ - czas realizacji zadań składających się na i -ty pakiet prac

Przyjmując powyższe założenie możliwe jest określenie wpływu jakie wywierają niedostatki kompetencji zespołów na wydłużenie się czasu wykonania całego projektu względem planowanego wariantu optymistycznego. Wartość czasu o jaki wydłuża się faza realizacji projektu można znaleźć sumując czasy rozszerzania kompetencji dla wszystkich pakietów prac należących do ścieżki krytycznej projektu w danym wariantcie konsorcjum.

Zastosowany algorytm znajdowania ścieżki krytycznej wykorzystuje opisany wcześniej graf stanów i zależności projektu. Na wierzchołkach tego grafu możliwe jest opisanie funkcji rekurencyjnej określającej łączny czas potrzebny na osiągnięcie stanu reprezentowanego przez dany wierzchołek:

$$t_S^K(s_k, v^n) = \max_{p_i \in N_D^-(s_k)} (t_S^K(init(p_i), v^n) + t^K(v_i^n, p_i)) = \max_{p_i \in N_D^-(s_k)} (t_S^K(init(p_i), v^n) + t^K(Sk(v_i^n), Tr(p_i)))$$

Wykorzystując zdefiniowaną powyżej procedurę, obliczenie zagregowanej wartości kosztu czasowego rozszerzenia kompetencji sprowadza się do obliczenia czasu osiągnięcia ostatniego stanu projektu:

$$t^K(v^n) = t_S^K(s_{k^*}, v^n),$$

przy założeniu, że wszystkie zbiory kompetencji wymaganych są rozłączne:

$$\bigcap_{p_i \in P} Tr(p_i) = \emptyset.$$

Model agregacji kosztów czasowych dla nierozłącznych zbiorów kompetencji wymaganych

Obliczenie zagregowanej wartości czasu rozszerzenia kompetencji dla całego konsorcjum dla przypadku nierozłącznych zbiorów kompetencji wymaganych wymaga podobnie jak przypadku kosztów w wymiarze finansowym uwzględnienia dynamicznego rozszerzania się zbiorów kompetencji zespołów w trakcie realizacji projektu. Dla tego przypadku rekurencyjna funkcja czasu osiągnięcia określonego stanu projektu przyjmuje następującą postać:

$$t_S^K(s_k, v^n) = \max_{p_i \in N_D^-(s_k)} \left(t_S^K(\text{init}(z_i), v^n) + t^K(\text{Sk}(v_i^n, \text{init}(p_i), v^n), Tr(p_i)) \right)$$

przy założeniu, że:

$$\bigcap_{p_i \in P} Tr(p_i) \neq \emptyset$$

3.5.2. Wymogi formalne stawiane konsorcjom

Wymagania formalne stawiane konsorcjum, jak już wcześniej wspomniano (rozdział 1.2), wynikają z przepisów danego programu finansowania badań. Przepisy te precyzują warunki jakie muszą spełniać konsorcja aby mogły być dopuszczone do procesu ewaluacji składanego przez nie wniosku o finansowanie. Najczęściej wymagania te skupiają się na liczbie zespołów składających się na konsorcjum oraz liczbie pakietów prac koordynowanych przez jeden zespół.

W przypadku wymagań odnośnie liczby zespołów uczestniczących w konsorcjum, to najczęstszą formą jaką one przybierają jest określenie minimalnej liczby uczestników:

$$l(v^n) \geq l_{MIN}$$

gdzie:

$l(v^n)$ - liczba zespołów w n -tym wariantcie konsorcjum projektowego

l_{MIN} - minimalna liczba zespołów uczestnicząca w konsorcjum projektowym

Drugie z typowych wymagań ogranicza liczbę pakietów prac przyporządkowanych jednemu zespołowi:

$$\forall_{z_j \in V^n} k(z_j) \leq k_{MAX}$$

gdzie:

$k(z_j)$ - liczba pakietów prac przyporządkowana j -temu zespołowi

k_{MAX} - maksymalna liczba pakietów prac przyporządkowana jednemu zespołowi

Ostatnie z przyjętych typowych ograniczeń eliminuje możliwość przydzielenia zespołowi pakietów realizowanych równolegle. Polega ono na sprawdzeniu, czy dla każdego z pakietów prac projektu nie istnieje drugi pakiet, taki który koordynowany jest przez ten sam zespół i który wykonywany jest w tym samym czasie:

$$\forall_{i < i^*} \neg \exists_{x < i^*} (i \neq x \wedge v_i^n = v_x^n \wedge \tau(\text{int}(v_i^n)) < \tau(\text{ter}(v_x^n)) \wedge \tau(\text{ter}(v_i^n)) > \tau(\text{int}(v_x^n)))$$

gdzie:

$\tau(s_k)$ - chwila zajścia stanu s_k

3.6. Wielokryterialna analiza decyzyjna wariantów przyporządkowania

Wśród wielu istniejących metod wspomagających wielokryterialne podejmowanie decyzji (MCDA – ang. *Multiple Criteria Decision Analysis*) istnieje grupa rozwiązań szczególnie chętnie stosowanych przez praktyków ze względu na ich spójne teoretyczne założenia oraz potwierdzoną w literaturze skuteczność. Obecnie nie istnieją jednoznaczne wskazówki oraz uzasadnienia odnośnie doboru konkretnej metody MCDA, a praktycy w swoim wyborze kierują się najczęściej swoimi przyzwyczajeniami i stopniem znajomości danej metody (Guitouni 1998).

W ostatnim okresie szczególnie dwa rozwiązania zyskały dużą popularność i są powszechnie opisywane i wykorzystywane w praktyce, mianowicie metoda analitycznej hierarchizacji (AHP – ang. *Analytical Hierarchy Process*) oraz rodzina metod ELECTRE (fran. *ELimination Et Choix Traduisant la Realité* – pol. *eliminacja i wybór odzwierciedlający rzeczywistość*). W niniejszej pracy zdecydowano się na wykorzystanie metody AHP ze względu na jej potwierdzoną w literaturze skuteczność w rozwiązywaniu podobnych problemów, także w dziedzinie zarządzania projektem (Guitouni 1998, Al-Harbi 2001).

W dalszej części rozdziału 3.6 przedstawione zostaną założenia metody AHP jej podstawy teoretyczne, procedura określania rankingu alternatyw decyzyjnych oraz technika sprawdzania spójności wyników. W dalszej części scharakteryzowane zostaną kryteria decyzyjne wykorzystywane w rozpatrywanym w pracy problemie decyzyjnym. W końcowej części rozdziału 3.6 przedstawione zostanie uzasadnienie wyboru metody AHP z punktu widzenia kategorii problemu decyzyjnego, użytych kryteriów decyzyjnych oraz jej stosowalności do rozwiązywania problemu podobnego typu.

3.6.1. Metoda analitycznej hierarchizacji (AHP)

Metoda analitycznej hierarchizacji problemu (AHP – ang. Analytic Hierarchy Process), opracowana przez Saaty’ego [1990, 1994, 1996] jest techniką określania ocen z wykorzystaniem bezwzględnej skali dla kryteriów mierzalnych i niemierzalnych. Oceny są określane na podstawie osądów ekspertów oraz ewentualnie istniejących pomiarów lub statystyk potrzebnych do podjęcia decyzji. Jednym z głównych zagadnień metody AHP jest ocena ilościowa zjawisk niematerialnych. W celu określenia ilościowych ocen zwykle przedstawianych w terminach jakościowych metoda wykorzystuje porównania wariantów decyzyjnych parami z wykorzystaniem specjalnie opracowanej skali ocen wyrażającej preferencje decydenta.

U źródeł metody AHP leży twierdzenie Saaty’ego (1990), który powołując się na liczne przykłady uzasadnia, że osądy człowieka mają zawsze charakter relatywny, zależny od charakterystyki oceniającego, jego aktualnej roli i wyznawanego systemu wartości. W rezultacie spotyka się różne spojrzenia na problem decyzyjny (przedmiot oceny lub wartościowania), przejawiające się w różnych wagach istotności cząstkowych użyteczności poszczególnych wariantów, a więc i kryteriów oceny. Wskazuje to na daleko idącą zgodność metody AHP z podejściem opartym na funkcji użyteczności, gdzie agregacja preferencji odbywa się poprzez addytywną lub multiplikatywną postać funkcji wartości, opisującą subiektywną „wartość” rozważanych wariantów pod kątem funkcji celu.

W metodzie AHP warianty decyzyjne podlegają analizie w ramach oceny porównawczej lub diagnostycznej. Agregacja ocen cząstkowych, zależnie od rodzaju oceny, odbywa się:

- w ocenie porównawczej: przez obliczenie wektora uporządkowania zbioru produktów;
- w ocenie diagnostycznej: przez zastosowanie addytywnej funkcji użyteczności, której wartość stanowi podstawę określenia „odległości” produktu od umownego wzorca.

Analiza problemu decyzyjnego metodą AHP odbywa się w dwu fazach (Downarowicz i in. 2000):

Opracowanie hierarchicznej reprezentacji problemu. Na najwyższym poziomie hierarchii znajduje się cel nadrzędny, a na poziomie najniższym – rozważane warianty decyzyjne. Poziomy pośrednie zajmują rozważane czynniki składowe problemu, jak kryteria decyzyjne lub inne czynniki, wpływające na stopień realizacji celu nadrzędnego i wybór najlepszego wariantu (jako kryteria wyboru). Liczba poziomów pośrednich zależy od złożoności problemu i przyjętego przez decydenta/analityka modelu problemu decyzyjnego.

Wygenerowanie ocen z wzajemnego porównania kryteriów wyboru (preferencji globalnych) oraz rozważanych wariantów (preferencji lokalnych). Wymaga to dokonania przez oceniającego (decydenta) serii porównań parami elementów znajdujących się na każdym z poziomów modelu hierarchicznego, związanych z elementem znajdującym się na poziomie wyższym. Istotność każdego kryterium i czynnika w modelu hierarchicznym wyznacza się przez przekształcenie ocen pozyskanych od decydenta z porównań parami. Wynik porównań dwóch elementów z tego samego poziomu hierarchii odzwierciedla ist-

niejąca pomiędzy nimi dominację w sensie preferencyjnym. Do określania dominacji wykorzystywana jest dziewięciostopniowa skala preferencji (tabela 3.4) przyporządkowująca poszczególnym stopniom liczby naturalne oraz opis werbalny.

Tabela 3.4. Oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP

Ocena liczbowa	Ocena werbalna
1	Porównywane obiekty (warianty decyzyjne lub kryteria) są równoznaczne
2	Decydent waha się pomiędzy równoznacznością obiektów a niewielką przewagą obiektu pierwszego
3	Niewielka przewaga obiektu pierwszego nad drugim
4	Decydent waha się pomiędzy niewielką a dużą przewagą obiektu pierwszego nad drugim
5	Duża przewaga obiektu pierwszego nad drugim
6	Decydent waha się pomiędzy dużą a istotnie większą przewagą obiektu pierwszego nad drugim
7	Istotna większa przewaga obiektu pierwszego nad drugim
8	Decydent waha się pomiędzy istotnie większą a ogromną przewagą obiektu pierwszego nad drugim
9	Ogromna przewaga obiektu pierwszego nad drugim

Źródło: Saaty (1980), Trzaskalik (2006)

Analizując zagadnienie bardziej szczegółowo metodę AHP realizuje się w następujących krokach (Saaty 1980, 1990, 2001; Al.-harbi 2001):

1. Zdefiniowanie problemu decyzyjnego i określenie celu.
2. Określenie hierarchii dla rozpatrywanego problemu poprzez zdefiniowanie celów nadrzędnych na najwyższym poziomie hierarchii, poprzez podrzędnych cele podrzędne i kończąc na najniższym poziomie hierarchii, na którym określane są alternatywy decyzyjne.
3. Skonstruowanie zbioru macierzy porównań elementów na danym poziomie hierarchii, przy czym pojedyncza macierz jest konstruowana dla każdego kryterium znajdującego się na poziomie hierarchii bezpośrednio powyżej poziomu aktualnie porównywanego.
4. Hierarchiczna synteza wyników otrzymanych dla wszystkich poziomów w hierarchii.
5. Po wykonaniu porównań dla wszystkich par obiektów należy wykonać sprawdzenie spójności ocen dla każdej macierzy porównań. Realizowane jest to na podstawie znalezionego dla macierzy wektora własnego λ_{\max} poprzez obliczenie współczynnika spójności CR :

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

gdzie:

n – jest rozmiarem macierzy porównań

$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ - jest wskaźnikiem spójności

RI – jest standaryzowanym wskaźnikiem spójności (Tabela 3.5)

Tabela 3.5. Wartości standaryzowanego wskaźnika spójności RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Przyjmuję się, że macierz porównań jest spójna jeżeli wartość współczynnika spójności CR nie przekracza wartości 0,1. Jeżeli wartość ta jest przekroczona należy zweryfikować oceny i ewentualnie wykonać je powtórnie.

- Kroki od 3 do 6 są wykonywane dla wszystkich poziomów hierarchii.

3.6.2. Kryteria decyzyjne

Podjęcie decyzji przez koordynatora projektu o wyborze wariantu konsorcjum determinuje szereg cech je charakteryzujących. W przedstawionej w rozdziale 1.1.3 analizie największych programów finansowania badań wyróżniono zestaw typowych formalnych i nieformalnych kryteriów oceny jakości konsorcjum. Jak wspomniano już wcześniej koordynator nie posiada informacji w jaki sposób i przy pomocy jakich metod eksperci oceniający wnioski określają swoje oceny dla poszczególnych kryteriów oraz w jaki sposób są one agregowane. Jediną informacją o procesie ewaluacji jaka jest ujawniana to wykorzystywana skala ocen (np. w przypadku 7. PR jest to pięciostopniowa skala porządkowa).

Koordynator będąc w posiadaniu szczegółowych informacji o modelu oceny wykorzystywanym przez ekspertów dokonujących ewaluacji wniosków projektowych mógłby go zastosować w procesie dobierania partnerów do konsorcjum i dzięki temu uzyskać bardzo skuteczne narzędzie zwiększające szanse jego wniosku na otrzymanie grantu. Jednakże, ze względu na brak tych informacji koordynator musi potraktować tę część modelu jak czarną skrzynkę i dokonać próby odzwierciedlenia sposobu oceniania i agregacji ocen stosowany przez ewaluatorów. W takim przypadku koordynator w procesie wyboru wariantu konsorcjum musi kierować się swoim subiektywnym schematem oceniania ukształtowanym przez jego doświadczenie, informacje historyczne i bieżące docierające do niego i formujące obraz sposobu oceniania wniosków. Zatem przy ocenie wariantów konsorcjum przez koordynatora możemy mówić nie o wyrażaniu jego preferencji ale o ocenie mającej odzwierciedlać preferencje ekspertów dopuszczających wnioski do finansowania.

Na podstawie określonych w rozdziale 1.1.3 typowych formalnych i nieformalnych kryteriów oceny na potrzeby projektowanej w pracy metody zdefiniowano trzy podstawowe kategorie kryteriów decyzyjnych:

- **kompetencje** – kryteria określające merytoryczne przygotowanie do realizacji założonych celów projektu;
- **wiarygodność i zaufanie** – kryteria określające stopień zaufania jakim obdarzyć można współpracowników,
- **aspekty polityczne** – kryteria odzwierciedlające aktualne trendy i priorytety określone przez instytucję finansującą.

Przedstawione powyżej grupy kryteriów mogą zostać potraktowane jako ogólne kryteria na drugim poziomie hierarchii w modelu AHP.

Kryteria kompetencyjne

W tej grupie kryteriów autor proponuje zastosowanie dwóch kryteriów o charakterze ilościowym odzwierciedlające zbieżność kompetencji posiadanych przez zespoły wchodzące w skład konsorcjum z kompetencjami określonymi jako wymagane do zrealizowania wszystkich prac projektu. Do sformułowania tych kryteriów wykorzystano model kompetencji bazujący na rozmytych zbiorach kompetencji oraz metodzie określania kosztów rozszerzania kompetencji przedstawionych w rozdziale 2 pracy. Formalizację tych kryteriów przedstawiono już w poprzednim podrozdziale 3.5 przy okazji definiowania warunków dopuszczających dla wariantów konsorcjum. Zatem w tej grupie znajdują się dwa kryteria:

- kryterium kosztu dopasowania zespołów do określonych wymagań kompetencyjnych, oraz
- kryterium czasu dopasowania zespołów do określonych wymagań kompetencyjnych.

Kryteria określające wiarygodność i zaufanie

Wszystkie kryteria z tej grupy określono jako niemierzalne i ich ocena określana jest przez koordynatora w procesie subiektywnego porównywania wariantów. Zdefiniowano tutaj następujące szczegółowe kryteria decyzyjne:

- zdolność realizacji prac – określane tu jest szacunkowo obciążenie zespołów projektowych innymi pracami i projektami oraz jego potencjalny wpływ na płynność realizacji prac projektu
- terminowość – określona na podstawie uzyskanych opinii i subiektywnych odczuć koordynatora
- wiarygodność – określa ogólnie pojętą jakość źródeł informacji o zespołach.

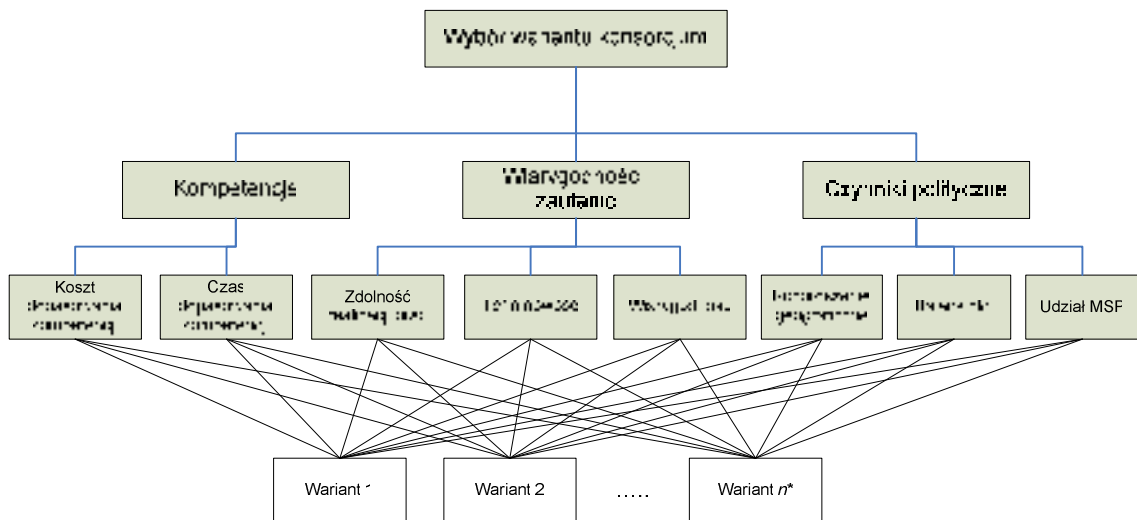
Kryteria o podłożu politycznym

Kryteria te zależne są od bieżącej polityki kreowanej przez instytucję finansującą badania. Są one szczególnie istotne w przypadku europejskich programów badawczych, w

których to Komisja Europejska dąży do równomiernego rozprzestrzeniania wiedzy i wspierania równouprawnienia. W przyjętym modelu do kryteriów tych zaliczają się:

- rozproszenie geograficzne – subiektywna ocena równomiernego rozproszenia w sensie geograficznym jak i stopnia rozwoju krajów z których pochodzą zespoły tworzące konsorcjum;
- balans płci – obecnie wspierany przez KE trend dążący do wyrównywania liczby kobiet i mężczyzn w zespołach projektowych;
- udział w konsorcjum partnerów sklasyfikowanych jako małe lub średnie przedsiębiorstwo (MSP).

Podsumowanie zdefiniowanych kryteriów decyzyjnych w postaci schematu hierarchicznego przedstawiono na rysunku 3.4.



Rysunek 3.4. Schemat struktury hierarchicznej w metodzie AHP

Pomimo zdefiniowania zestawu kryteriów i ich struktury, autor nie chce ograniczać projektowanej metody do zamkniętego i ściśle określonego zbioru kryteriów decyzyjnych. Intencją jest tu stworzenie elastycznego podejścia, w którym decydent może dowolnie wybierać spośród zestawu zdefiniowanych kryteriów lub wprowadzać nowe charakterystyczne dla danego programu, w którym składany jest wniosek o grant.

3.6.3. Uzasadnienie wyboru metody AHP do rozwiązania postawionego problemu decyzyjnego

Do rozwiązania przedmiotowego problemu wyboru wariantu konsorcjum zdecydowano się wykorzystać metodę AHP. Jednakże jak przedstawiono w tabeli 3.1 obecnie w literaturze MCDA istnieje bardzo duży i ciągle powiększający się zestaw metod. Ze względu na bogactwo i dużą różnorodność metod MCDA wybór metody odpowiedniej do rozpatrywanej sytuacji decyzyjnej nie jest zadaniem prostym.

Metoda AHP uwzględnia specyfikę psychologicznych procesów wartościowania, mających przede wszystkim charakter relacyjny i hierarchiczny. Liczne zastosowania tej metody we wspomaganiu decyzji ekonomicznych, technicznych czy społecznych potwierdzają jej przydatność szczególnie w tych zastosowaniach, gdzie znaczna część kryteriów oceny ma charakter jakościowy, a doświadczenie oceniającego stanowi główne źródło ocen, mających charakter subiektywny.

Modelowanie za pomocą hierarchicznej analizy problemu AHP jest przydatne szczególnie wtedy, gdy nie jest znana zależność funkcyjna między elementami problemu decyzyjnego, opisanego w postaci hierarchii czynników, natomiast jest możliwy do oszacowania efekt występowania danych własności i ich efektu praktycznego. Podczas oceny wariantów następuje psychologiczna synteza domniemanych efektów związanych z rozważanymi wariantami przez odwołującą się do doświadczenia ocenę łącznego ich wpływu na spełnienie celu nadrzędnego, znajdującego się na szczycie hierarchicznej struktury decyzyjnej. Cel nadrzędny zdefiniowany jest jako stan docelowy, o największym stopniu ogólności, wynikający z pomyślnego rozwiązania problemu decyzyjnego, np. uzyskania zadowalającego stanu bezpieczeństwa lub jakości. Jest on wynikiem realizacji celów głównych, przyczyniających się do realizacji celu nadrzędnego. Cele główne składają się z celów cząstkowych (pomocniczych), które w przypadku ocen bezpieczeństwa stanowią specyficzne atrybuty jakościowe rozważanych wariantów, odpowiadające pożądanym własnościom wpływającym na poziom bezpieczeństwa.

Ograniczenie obliczeń w metodzie AHP do algebry liniowej i rachunku wektorowego ułatwia implementację komputerową oraz stosowanie metody w praktyce decyzyjnej. Potwierdzają to liczne zastosowania metody do rozwiązywania różnych problemów decyzyjnych (Saaty 1994, 1996).

Metoda AHP wykazuje swoją przydatność szczególnie w sytuacjach, kiedy:

- występuje hierarchia kryteriów oceny, reprezentujących różny poziom szczegółowości, związana z hierarchią celów lub oczekiwanych korzyści;
- większość kryteriów oceny wariantów nie ma charakteru ilościowego lecz jakościowy, a ponadto znaczna część ocen jest obciążonych subiektywnością oceniającego (decydenta);
- występuje pełna porównywalność wariantów, a więc np. gdy porównanie i ocena odbywają się na zbiorze wariantów należących do tej samej klasy.

Metoda AHP znajduje zastosowanie w sytuacjach decyzyjnych, z którymi wiąże się różny poziom ryzyka niepowodzenia (Saaty 1994, 1996; Arbel 1990), np. w rozwiązywaniu problemów alokacji zasobów, oceny zatrudnienia i decyzji płacowych, zarządzania jakością, formułowania strategii marketingowych, wycen wartości, wyboru wariantów, predykcji wyników, planowania, wspomaganie decyzji zespołowych, analizy korzyści/kosztów, wartościowania rozwiązań konstrukcyjnych, zarządzania produkcją, formułowania i wartościowania zasad strategicznych, wartościowania zmian organizacyjnych, oceny dostawców, analiz kredytowych itp..

W codziennej praktyce analitycy i badacze bardzo często nie są zdolni jasno uzasadnić wybór wykorzystanej przez nich metody MCDA. Wybór ten jest najczęściej podyktowany stopniem znajomości danej metody i powodzeniem w rozwiązaniu poprzednich

problemów decyzyjnych (Guitouni 1998). Powoduje to, że często modelowanie problemu decyzyjnego wykonywane jest pod kotem jednej, wybranej wcześniej metody. Takie podejście jest błędne gdyż zamyka analityka w sztywnych ramach jednej metody, która nie dla każdego problemu decyzyjnego może okazać się prawidłowa.

Rozwiązanie problemu wyboru metody MCDA wskazuje Guitouni (1998) proponując listę wytycznych mających wspomóc analityka w wyborze metody analizy wielokryterialnej odpowiedniej do analizowanej przez niego sytuacji decyzyjnej. Wytyczne proponowane przez Guitouni mają charakter ogólny i ich celem jest usystematyzowanie procesu poszukiwania właściwej metody. Poszukiwania metody według tych wytycznych może doprowadzić do wyselekcjonowania grupy metod spełniających wymagania stawiane przez analityka, co w dalszym ciągu pozostawia go przed decyzją wyboru ostatecznej metody. Dlatego innym zastosowaniem dla tych wytycznych może być zweryfikowanie czy proponowana przez analityka metoda MCDA może być zastosowana do rozwiązania problemu.

Wytyczne zaproponowane przez Guitouni (1998) mają następującą postać:

Wytyczna 1: Określ uczestników procesu decyzyjnego. Jeżeli występuje wielu decydentów należy uwzględnić wyłącznie metody zapewniające wsparcie grupowemu podejmowaniu decyzji.

Wytyczna 2: Uwzględnij sposób myślenia i postępowania decydenta zaangażowanego w sytuację decyzyjną. Np. jeżeli bardziej naturalne dla niego się porównanie wariantów parami niż ocena bezpośrednia należy odpowiednio ograniczyć zbiór proponowanych metod.

Wytyczna 3: Określ problematykę decyzyjną występującą w analizowanej sytuacji decyzyjnej.

Wytyczna 4: Dobierz taką procedurę agregacji ocen, która właściwie obsłuży dostępną informację wejściową i dla której decydent jest w stanie łatwo takie informacje dostarczyć. Głównym czynnikiem determinującym wybór konkretnej metody jest jakościowy lub ilościowy charakter dostępnych informacji.

Wytyczna 5: Założenia i hipotezy wybranej metody powinny być potwierdzone i zweryfikowane. W przeciwnym przypadku metodę należy odrzucić.

Wytyczna 6: Istnienie dostępnej implementacji jest bardzo ważnym aspektem wymagającym rozpatrzenia przy wyborze metody MCDA. W szczególności jest to istotne w przypadku istnienia ograniczeń czasowych, które narzucają konieczności szybkiego rozwiązania problemu decyzyjnego.

Postępując według powyższych wytycznych można zweryfikować prawidłowość wyboru metody AHP do rozwiązania postawionego w pracy problemu wyboru wariantu konsorcjum projektowego. W przypadku pozytywnego zweryfikowania wszystkich sześciu wytycznych będzie można stwierdzić, iż nie istnieją przesłanki wskazujące na błąd w wyborze metody rozwiązania problemu.

Zestawienie problemu decyzyjnego z metodą AHP przygotowane według wytycznych Guitouni przedstawiono w tabeli 3.6. Natomiast w tabeli 3.7 znajduje się zestawienie najpopularniejszych metod MCDA.

Tabela 3.6. Weryfikacja prawidłowości doboru metody rozwiązania problemu

Wytuczna	Problem badawczy	Metoda AHP
1	Pojedynczy koordynator projektu	Pojedynczy lub grupowy decydent
2	Brak przeciwwskazań w zastosowaniu techniki porównania parami, która według literatury jest dla decydentów naturalna i intuicyjna (Saaty 1980, 1990; Roy 2005; Figueira i in. 2005)	Porównanie wariantów parami z wykorzystaniem 9. stopniowej skali dominacji
3	Problem wyboru	Problematyka wyboru lub porządkowania
4	Agregacja ocen uzyskanych dla zróżnicowanych kryteriów (jakościowych i ilościowych o różnorodnych skalach)	Pojedynczego zszyntetyzowane kryterium umożliwiające agregowanie kryteriów jakościowych i ilościowych. Istniejące publikacje weryfikują zastosowanie metody AHP w tym obszarze, np. (Perego i Rangone 1996; Saaty 1990)
5	nie dotyczy	Założenia metody potwierdzone w wielu publikacjach, np. (Perego i Rangone 1996; Saaty 1990; Al.-Harbi 2001; Byun 2001)
6	nie dotyczy	Duża liczba istniejących implementacji, np. Export Choice

Przeprowadzona analiza poprawności zastosowania metody AHP do rozwiązania postawionego w pracy problemu wyboru wariantu konsorcjum wskazuje na brak przesłanek pozwalających stwierdzić, że dokonany wybór metody był niesłuszny.

Tabela 3.7. Zestawienie wybranych metod MCDA

Metoda	Określanie preferencji	Struktura preferencji	Problematyka decyzyjna	Rodzaj informacji			Cechy informacji	
				Porz.	Kard.	Miesz.	Deter.	Nie deter.
<i>Metody elementarne</i>								
Suma warzona	Bezpośrednia ocena	{P, I}	α		+		+	
Metoda leksykograficzna	Bezpośrednia ocena	{P, I}	α	+	+	+	+	
Metoda max-min	Bezpośrednia ocena	{P, I}	α	+	+		+	
<i>Pojedyncze zsyntetyzowane kryterium</i>								
TOPSIS (<i>technique for order by similarity to ideal solution</i>)	Bezpośrednia ocena	{P, I}	α		+		+	
MAVT (<i>multi-attribute value theory</i>)	Substytucja	{P, I}	α		+		+	
UTA (<i>utility theory additive</i>)	Substytucja	{P, I}	α	+			+	
SMART (<i>simple multi-attribute rating technique</i>)	Substytucja i rating	{P, I}	α		+		+	
MAUT (<i>multi-attribute utility theory</i>)	Substytucja i loterie	{P, I}	α		+			+
AHP (<i>analytic hierarchy process</i>)	Porównania parami	{P, I}	α, γ	+	+	+	+	+
EVAMIX	Bezpośrednia ocena	{P, I}	α, γ	+	+	+	+	
Rozmyta suma warzona	Bezpośrednia ocena	{P, I}	α	+	+	+		+
Rozmyte max-min		{P, Q, I}	α	+	+		+	+

Tabela 3.7. Zestawienie wybranych metod MCDA, c.d.

<i>Metody przewyższania</i>								
ELECTRE I	Porównania parami	{S, R}	α	+	+	+	+	
ELECTRE IS	Porównania parami	{S, R}	α	+	+	+	+	
ELECTRE II	Porównania parami	{S ¹ , S ² , R}	γ	+	+	+	+	
ELECTRE III	Porównania parami	{S, R}	γ	+	+	+	+	
ELECTRE IV	Porównania parami	{S ¹ , S ¹ , S ¹ , S ¹ , S ¹ , R}	γ	+	+	+	+	
PROMETHEE I	Porównania parami	{P, I, R}	β	+	+	+	+	
PROMETHEE II	Porównania parami	{P, I}	γ	+	+	+	+	
MELCHIOR	Porównania parami	{S, R}	γ	+			+	
ORESTE	Porównania parami	{P, I, R}	γ	+			+	
REGIME	Porównania parami	{S, R}	γ	+			+	
NAIADE (<i>novel approach to imprecise assessment and decision environment</i>)	Porównania parami	{S, R}	γ	+	+	+	+	+
<i>Metody mieszane</i>								
QUALIFLEX	Porównania parami	{S, R}	γ	+			+	
Metoda Martela i Zarasa	Porównania parami	{S, R}	γ	+	+	+		+

4. Metoda podziału nakładów czasu pracy pomiędzy uczestników projektu

4.1. Problem podziału budżetu na koszty osobowe w projekcie

Przedstawiona w poprzednim rozdziale metoda przyporządkowania zespołów do pakietów prac w projekcie wyłania w procesie modelowania preferencji wariant konsorcjum najbardziej satysfakcjonujący koordynatora z punktu widzenia przyjętych przez niego kryteriów decyzyjnych. Przez przyporządkowanie zespołu do pakietu prac rozumiane jest tu przekazanie wybranemu zespołowi odpowiedzialności za wykonanie danego pakietu prac projektu badawczego. Całość przyporządkowań zasobów ludzkich do zadań w teorii zarządzania projektem określana jest przez Macierz Przypisań Odpowiedzialności – MPO (ang. *Responsibility Assignment Matrix* – RAM). Standard PMBOK precyzyjnie definiuje rolę MPO oraz wskazuje na jej kluczowe znaczenie w procesie planowania i zarządzania zasobami ludzkimi w projekcie (PMI 2004; Grucza i in. 2002).

Jedną z najczęściej wykorzystywanych technik tworzenia MPO jest technika diagramów RACI. Nazwa tej techniki jest akronimem pochodzącym od angielskich słów *Responsible, Accountable, Consulted, Informed*. Diagramy RACI definiują cztery typy ról jakie pełnić mogą uczestnicy projektu w poszczególnych zadaniach. Są to:

- Odpowiedzialny (ang. *responsible*) – osoba lub zespół odpowiedzialna za wykonanie całości prac związanych z zadaniem. Dopuszczalne jest kilka zasobów ludzkich w tej roli dla jednego zadania.
- Nadzorujący (ang. *accountable*) – osoba lub zespół ostatecznie odpowiedzialna za prawidłowe przeprowadzenie i zakończenie prac. Dla pojedynczego zadania dopuszczalny jest dokładnie jeden nadzorujący.
- Konsultujący (ang. *consulted*) – osoby lub zespoły, których opinie i konsultacje są istotne z punktu widzenia prawidłowości przeprowadzania prac związanych z zadaniem.
- Informowany (ang. *informed*) – osoby lub zespoły, które muszą być na bieżąco informowane o postępach w pracach związanych z zadaniem.

Powyższe role definiowane przez diagramy RACI w zależności od przyjętego poziomu szczegółowości struktury podziału prac mogą być przypisywane całemu zespołowi lub pojedynczym osobom. Natomiast, z punktu widzenia zakresu prac projektu role te mogą być określone dla pojedynczych i elementarnych zadań lub dla całych pakietów prac określanych na najwyższym poziomie szczegółowości struktury podziału prac.

Opracowana w pracy metoda przyporządkowania wskazuje wyłącznie pojedynczy zespół dla jednego pakietu prac. Zatem w świetle techniki diagramów RACI, która definiuje aż cztery role możliwe do obsadzenia dla jednego pakietu prac może wydawać się ona niewystarczająca. Spośród ról RACI, odpowiednia dla takiego jednoznacznego przypisania wydaje się być rola nadzorującego, gdyż dla pojedynczego zadania/pakietu prac można określić wyłącznie jedną rolę tego typu oraz to na „nadzorującym” spoczywa największa

odpowiedzialność za pomyślne zrealizowanie zadań. Jednocześnie, w literaturze dla tego tematu (PMI 2004; Grucza i in. 2002) podkreślane jest, że w praktyce role „nadzorującego” oraz „odpowiedzialnego” za wykonanie prac są powierzane tej samej jednostce. Zgodne jest to z obserwacjami wykonanymi dla naukowych projektów badawczych, w których koordynator pakietu prac (czyli „nadzorujący” z punktu widzenia techniki RACI) jest zarazem głównym wykonawcą pakietu (czyli „odpowiedzialnym” w nomenklaturze RACI) posiadającym do swojej dyspozycji z reguły większość z planowanego nakładu czasu pracy dla pakietu. Przyjmując powyższy tok rozumowania, można zatem przyjąć, iż zespół przyporządkowany do pakietu przez metodę przedstawioną w rozdziale 3 jest **nadzorującym** oraz **odpowiedzialnym** za zrealizowanie większości związanych z nim prac. W celu uproszczenia stosowanego nazewnictwa, w dalszych rozważaniach taki wiodący zespół określany będzie jako **koordynator pakietu prac** (KPP).

Stosując zaprojektowaną metodę wyboru koordynatorów pakietów prac możliwe jest wytypowanie zespołów, które obejmą wiodące role w przydzielonych im częściach projektu i zajmą się ich koordynacją. Jednakże w celu dokładnego określenia podziału nakładów czasu pracy pomiędzy zespoły projektowe, a co za tym idzie także oszacowania budżetu przewidzianego na koszty osobowe w projekcie konieczne jest oprócz tego określenie dla każdego pakietu prac wkładu w postaci czasu pracy zespołów nie będących w nim koordynatorem. Jak stwierdzono już wcześniej, powszechną praktyką naukowych projektów badawczych jest przydzielanie znacznej części planowanego nakładu czasu pracy koordynatorowi pakietu. Pozostała część nakładów czasu pracy zawiera pracę zespołów współpracujących przy pakiecie jako dodatkowi „odpowiedzialni” lub „konsultujący”. Ten pozostały wkład pracy musi być podzielony pomiędzy współpracujące zespoły i dopiero na tej podstawie możliwe jest dokładne określenie podziału części budżetu projektu związanej z kosztami osobowymi.

Przyjmując taki model określania podziału czasu pracy można przyjąć, że łączny nakład czasu pracy n_i dla i -tego pakietu prac składa się z nakładu czasu pracy związanego z koordynacją zadań wchodzących w skład tego pakietu n_i^K oraz nakładu czasu pracy potrzebnego na wykonanie wszystkich zadań pakietu n_i^W . Nakłady czasu pracy na koordynację pakietów prac n_i^K są przydzielane zespołom na podstawie wybranego przez koordynatora projektu wariantu konsorcjum v^* . Natomiast przydzielenie nakładów czasu pracy na wykonanie pakietów poszczególnym zespołom nie jest już tak jednoznaczne. Wynika to z szeregu powodów:

- wiele zespołów może posiadać takie same lub podobne kompetencje do wykonania tych samych zadań;
- wiele zespołów może być zainteresowanych realizacją tych samych zadań.

Przed określeniem podziału nakładów czasu pracy pomiędzy zespoły należy w pierwszej kolejności oszacować nakłady czasu pracy potrzebne do zrealizowania poszczególnych pakietów prac projektu. W naukowych projektach badawczych, podobnie jak w innych rodzajach projektów, wykonywane jest to przez koordynatora projektu z wykorzystaniem powszechnie stosowanych technik planowania czasu pracy, takich jak np. (PMI 2004):

- **Ocena ekspercka** – czas trwania zadań jest często ciężki do oszacowania ze względu na wpływ dużej liczby czynników, takich jak np. dostęp do zasobów lub ich wydajność. Ocena ekspercka wspomagana przez dane historyczne może być do tego celu

wykorzystywana jak tylko jest to możliwe. Ocena ekspercka może być także wspomagana przez informacje przekazywane przez uczestników projektu.

- **Szacowanie przez analogię** – oznacza to określenie czasu trwania na podstawie wcześniej zrealizowanych podobnych zadań. Technika ta jest często wykorzystywana w przypadku gdy brak jest dokładnych informacji, na bazie których można wykonać oszacowanie (np. we wczesnej fazie planowania projektu).
- **Szacowanie parametryczne** – wykonywane jest przez obliczanie czasu trwania poprzez mnożenie oszacowanej ilości pracy przez wskaźnik produktywności. Technika sprawdza się dla prostych i typowych zadań jednakże nie nadaje się do zastosowania w przypadku zadań polegających na rozwiązaniu złożonych problemów intelektualnych.
- **Szacowanie trójpunktowe** – technika polega na poprawianiu oszacowanego czasu trwania przez uwzględnienie ryzyka. Sprowadza się do określenia trzech oszacowań: prawdopodobnego, optymistycznego i pesymistycznego. Czas trwania zadania może być określony na podstawie średnie wyciągniętej z tych trzech oszacowań.
- **Analiza rezerw i ewentualności** – polega na uwzględnienie dodatkowego czasu na wystąpienie nieprzewidzianych ewentualności. Rezerwa ta może być określona jako pewien procent oszacowanego łącznego czasu trwania. Następnie rezerwa ta może być w miarę potrzeb wykorzystywana bądź zredukowana.

W skali całego projektu zdefiniowane składowe nakłady czasu pracy można zapisać w postaci wektorowej:

$$\mathbf{n} = \mathbf{n}^K + \mathbf{n}^W \quad (4.1)$$

gdzie:

$\mathbf{n} = (n_1, n_2, \dots, n_I)$ - wektor nakładów czasu pracy dla pakietów prac projektu

$\mathbf{n}^K = (n_1^K, n_2^K, \dots, n_I^K)$ - wektor nakładów czasu pracy na koordynację pakietów prac

$\mathbf{n}^W = (n_1^W, n_2^W, \dots, n_I^W)$ - wektor nakładów czasu prac na wykonanie zadań wchodzących w skład pakietów prac

Na podstawie nakładów dla pojedynczych pakietów prac możliwe jest określenie łącznych nakładów dla całego projektu:

$$\mathbf{n} = \mathbf{n}^K + \mathbf{n}^W = \sum_{i=1}^I n_i^K + \sum_{i=1}^I n_i^W \quad (4.2)$$

Określenie dokładnego podziału budżetu związanego z kosztami osobowymi projektu wymaga w pierwszej kolejności określenia łącznych nakładów czasu dla każdego z zespołów wchodzących w skład wskazanego przez podejmującego decyzję wariantu porządkowania v^* . Na jego podstawie można zbudować **macierz koordynacji** K wskazującą jednoznacznie koordynatorów pakietów prac:

$$K = [k_{ji}]$$

gdzie:

$$k_{ji} = \begin{cases} 1, & \text{gdy zespół } z_j \text{ jest koordynatorem pakietu } p_i \\ 0, & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^I k_{ji} = 1,$$

$$\sum_{j=1}^J k_{ji} \geq 1.$$

Oprócz macierzy koordynacji można także skonstruować macierz wskazującą zespoły, które posiadają jakiekolwiek kompetencje wymagane do uczestnictwa w wybranym pakiecie prac. Macierz taką można skonstruować na bazie danych uzyskanych w trakcie analizy kryterium kosztu rozszerzania kompetencji. Mianowicie, gdy dla danego zespołu z_j możliwe jest określenie wartości funkcji kosztu rozszerzenia kompetencji do poziomu określonego przez zbiór kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_i . Znalezienie tej wartości jest możliwe gdy w grafie reprezentującym przestrzeń kompetencji związanych z pakietem prac p_i możliwe jest wyznaczenie drogi łączącej wierzchołki reprezentujące kompetencje zespołu z_j ze wszystkimi wierzchołkami reprezentującymi kompetencje wymagane dla pakietu p_i , w przeciwnym przypadku wartość funkcji kosztu jest nieokreślona.

W związku z powyższym macierz posiadania kompetencji można zdefiniować następująco:

$$Q = [q_{ji}]$$

gdzie:

$$q_{ji} = \begin{cases} 1, & c_{ji} \geq 0 \\ 0, & c_{ji} \text{ jest nieokreślony} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^I q_{ji} \geq 1,$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ji} \geq 1.$$

Podsumowując macierz koordynacji K wskazuje jednoznacznie koordynatora dla pakietów prac, natomiast macierz posiadania kompetencji Q wskazuje dla każdego pakietu prac zespoły które posiadają jakiekolwiek kompetencje wymagane do jego zrealizowania.

Przygotowanie wniosku o finansowanie projektu badawczego wymaga dokładnego zaplanowania kosztów personelu realizującego projekt. Ich obliczenie na podstawie oszacowania łącznego nakładu czasu pracy dla całego projektu jest możliwe tylko w przypadku gdy wszystkie zespoły wchodzące w skład konsorcjum kalkulowałyby swoje koszty w oparciu o taką samą stawkę za przepracowaną jednostkę czasu. W przypadku naukowych projektów badawczych, w których zespoły tworzące konsorcjum pochodzą z różnych uniwersytetów i instytucji badawczych stawki te są najczęściej zróżnicowane. Jeszcze bardziej różnice te są widoczne w przypadku projektów międzynarodowych, w których wysokości stawek ze względu na różnice w kosztach pracy w różnych krajach, mogą się między

sobą różnić nawet kilkukrotnie. Konieczne jest zatem dokładne określenie nakładów czasu pracy przypadających na poszczególne zespoły projektowe. Możliwe jest to do zrealizowania na podstawie oszacowań nakładów czasu pracy dla pakietów oraz ról jakie odgrywać będą w nich poszczególne zespoły.

Dla nakładów prac przypadających na zespoły projektowe przyjęto następujące oznaczenia:

$$\varphi = \varphi^K + \varphi^W \quad (4.3)$$

gdzie:

$\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_I)$ - wektor nakładów czasu pracy zespołów projektowych

$\varphi^K = (\varphi_1^K, \varphi_2^K, \dots, \varphi_I^K)$ - wektor nakładów czasu pracy zespołów projektowych wypracowanych jako koordynator

$\varphi^W = (\varphi_1^W, \varphi_2^W, \dots, \varphi_I^W)$ - wektor nakładów czasu pracy zespołów projektowych wypracowanych jako wykonawca pakietów prac

$$\sum_{i=1}^I n_i = \sum_{j=1}^J \varphi_j, \quad \sum_{i=1}^I n_i^K = \sum_{j=1}^J \varphi_j^K, \quad \sum_{i=1}^I n_i^W = \sum_{j=1}^J \varphi_j^W$$

Na bazie nakładów prac określonych dla zespołów projektowych oraz ich stawek określających koszty pracy możliwe jest oszacowanie wartości budżetu projektu na koszty osobowe.

$$b = \sum_{j=1}^J \sigma_j \cdot \varphi_j = \sum_{j=1}^J \sigma_j \cdot (\varphi_j^K + \varphi_j^W) \quad (4.4)$$

gdzie:

σ_j - stawka kosztu jednostki czasu pracy dla zespołu p_j

Obliczenie nakładów czasu pracy na koordynację pakietów dla poszczególnych zespołów jest zadaniem bardzo prostym, gdyż równają się one sumie nakładów na koordynację dla wszystkich przyporządkowanych zespołom pakietów prac:

$$\varphi_j^K = \sum_{i=1}^I n_i^K \cdot k_{ji} \quad (4.5)$$

Obliczenie nakładów czasu pracy zespołów związanych z realizacją prac w pakietach nie jest już tak proste, gdyż prace tą są dzielone pomiędzy różne zespoły i przydziały nie są tutaj tak jednoznacznie wyznaczone jak w przypadku koordynacji pakietów.

Określenie podziału nakładów czasu pracy zespołów związanych z realizacją prac w pakietach można przeprowadzić z wykorzystaniem różnorodnych technik przedstawionych wcześniej przy opisie określania nakładu czasu pracy. Techniki te opierają się głównie o ocenę ekspercką lub szacowanie na podstawie podobieństwa do przeszłych zadań tego typu (PMI 2004, Kerzner 2001). W niniejszej pracy autor proponuje metodę pozwalającą

jąca na określenie podziału nakładu czasu pracy z wykorzystaniem ilościowych metod oceny kompetencji zespołów.

Kluczowe w przypadku takiego podejścia jest określenie ilościowe wkładu kompetencji zespołu projektowego do pakietu prac. Przez pojęcie wkładu kompetencji rozumiane tu jest ilościowe wyrażenie wnoszonej wiedzy i umiejętności przydatnych w rozwiązywaniu problemów na danym etapie realizacji projektu. Przyjęto założenie, iż rola jaką odgrywa zespół w pakiecie prac określana przez nakład pracy tego zespołu jest proporcjonalna do wkładu kompetencji tego zespołu do pakietu prac. Wartość ta może być obliczona na podstawie porównania kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu do maksymalnego kosztu rozszerzenia kompetencji dla danego pakietu wykonanego przy użyciu technik analizy kosztu rozszerzania kompetencji przedstawionych w rozdziale 2 pracy i zastosowanych w rozdziale 3 do analizy kryteriów czasu i kosztu podniesienia kompetencji. W ten sposób znaleziona może zostać wartość względnego współczynnika wkładu kompetencji zespołu do pakietu prac. Współczynnik ten może być interpretowany jako stopień w jakim kompetencje zespołu pokrywają się z kompetencjami wymaganymi do zrealizowania danego pakietu prac. Zdefiniowany został on w sposób następujący:

$$w_{ji} = \frac{c_i^{\text{MAX}} - c_{ji}}{c_i^{\text{MAX}}} \cdot q_{ji} \quad (4.6)$$

gdzie:

c_i^{MAX} - maksymalny koszt uzyskania kompetencji wymaganych dla i -tego pakietu prac.

Wartości kosztów c_{ji} , czyli kosztów spełnienia przez j -ty zespół wymagań kompetencyjnych określonych dla i -tego pakietu prac są obliczane z wykorzystaniem charakterystycznej dla danego zespołu funkcji kosztu $\delta^C(\alpha)$ określającej rodzaj zależności monotonicznej kosztu od siły kompetencji. W przypadku obliczania współczynnika wkładu kompetencji różnorodność funkcji kosztów, które odzwierciedlają charakter ekonomiczny otoczenia, w którym funkcjonuje dany zespół powoduje, iż niemożliwe staje się bezpośrednie porównanie współczynników wkładu obliczonych dla różnych zespołów. Spowodowane jest to różnorodnością skal wartości oraz typów zależności monotonicznej kosztu od siły kompetencji. W związku z tym, aby zapewnić porównywalność współczynników wkładu kompetencji należałoby przyjąć jedną wspólną funkcję kosztu, np. najprostszą liniową zależność $\delta^C = 1 \cdot \alpha$. Obliczone w ten sposób wartości kosztu rozszerzenia kompetencji można potraktować jako ujednoliconą miarę niedopasowania kompetencji zespołu do stawianych mu wymagań z pominięciem wszelkich aspektów ekonomicznych otoczenia, w którym on funkcjonuje. W związku powyższym, można wprowadzić nowy wzór na wartość współczynnika wkładu kompetencji:

$$w_{ji} = \frac{c_i^{\text{MAX}} - c_{ji}^{\text{U}}}{c_i^{\text{MAX}}} \cdot q_{ji} \quad (4.7)$$

gdzie:

c_{ji}^{U} - koszt rozszerzenia kompetencji j -tego zespołu do poziomu wymaganego do zrealizowania i -tego pakietu prac projektu, obliczony z wykorzystaniem ujednoliconej funkcji kosztu $\delta^C(\alpha)$

Wyznaczenie wartości współczynników wkładu kompetencji dla wszystkich zespołów i pakietów prac oprócz obliczenia wszystkich ujednoczonych wartości kosztu c_{ji}^U wymaga także znalezienia wartości maksymalnych kosztów uzyskania wymaganych kompetencji c_i^{MAX} dla każdego z pakietów prac. c_i^{MAX} jest wykorzystywana jako wartość odniesienia przy określaniu stopnia w jakim zespół posiada kompetencje wymagane do zrealizowania zadania. Wartość c_i^{MAX} jest wyznaczana przez najmniejszy możliwy zbiór kompetencji Sk^{MIN} zawierający się w dziedzinie charakterystycznej HD pakietu prac z_i , dla którego możliwe jest wyznaczenie kosztu rozszerzenia kompetencji do poziomu określonego przez zbiór kompetencji wymaganych $Tr(z_i)$. Przez stwierdzenie „najmniejszy zbiór” nie rozumie się tutaj jego liczebności. Mianem najmniejszego zbioru kompetencji w omawianym kontekście określany jest zbiór, którego rozszerzenie do postaci takiej, że pokrywałby on w całości zbiór $Tr(z_i)$, wymaga największego kosztu spośród wszystkich podzbiorów zbioru kompetencji określonych przez rozpatrywaną dziedzinę charakterystyczną HD .

W związku z tym:

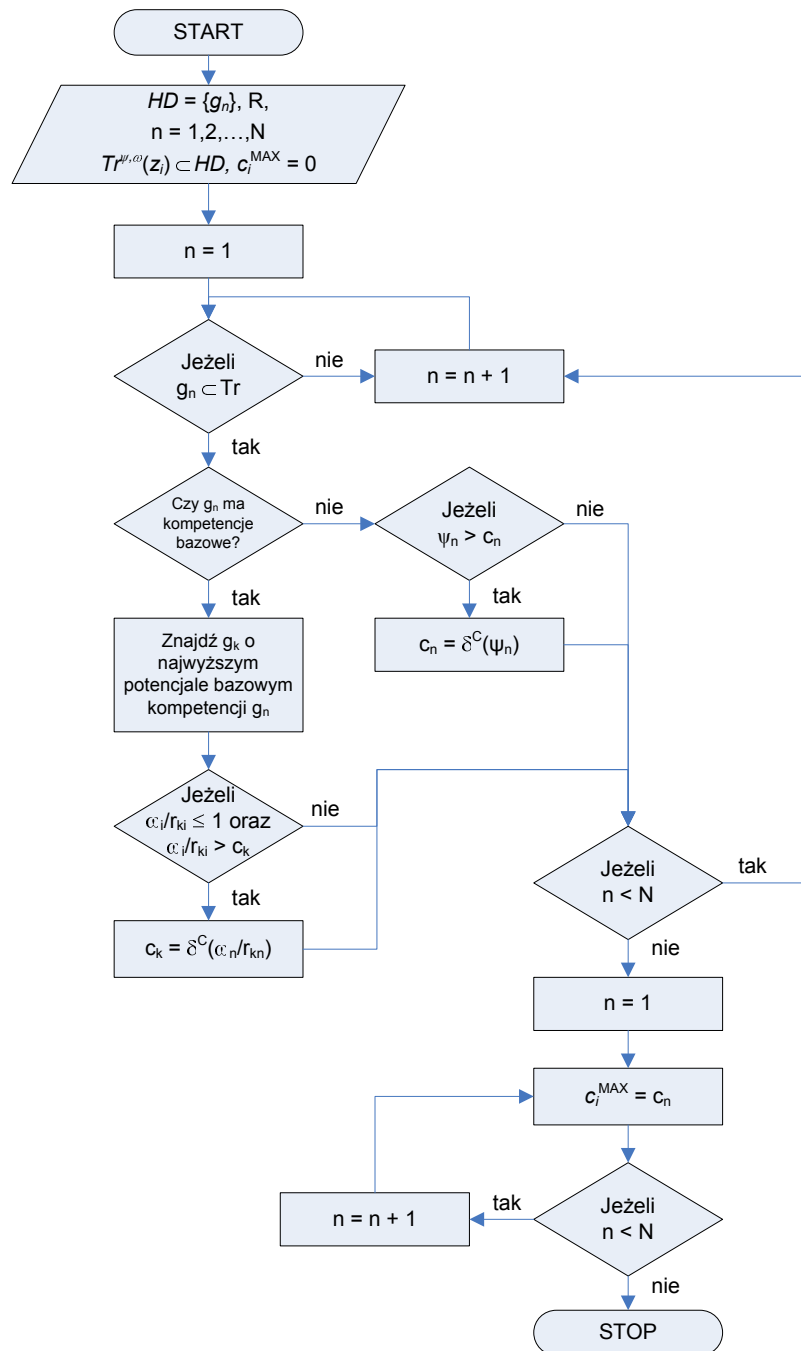
$$c_i^{MAX} = c(Sk^{MIN}, Tr(z_i))$$

gdzie:

$$Sk^{MIN} = \left\{ g_k^{\alpha_k} : g_k^{\alpha_k} \in HD; Sk^{MIN} \subset HD; c(Sk^{MIN}, Tr^{\psi, \omega}(E)) = \underset{Sk \subset HD}{MAX}; Sk^{MIN} \neq \emptyset; k = 1, 2, \dots \right\}$$

Znalezienie wartości kosztu c_i^{MAX} poprzez wyznaczenie zbioru Sk^{MIN} jest zadaniem optymalizacyjnym o wieloetapowej strukturze i w związku z tym musi być rozwiązywane metodami programowania dynamicznego.

Zamiast rozwiązywania złożonego zadania programowania dynamicznego autor w niniejszej pracy proponuje algorytm heurystyczny pozwalający na znalezienie wartości c_i^{MAX} . Wartość kosztu maksymalnego znaleziona za pomocą algorytmu nie spełnia kryteriów założonej optymalności i może być traktowana wyłącznie jako rozwiązanie quasi optymalne. Jednakże znalezione w ten sposób rozwiązanie może być wykorzystane do obliczania współczynnika wkładu kompetencji jako wartość odniesienia. Algorytm przedstawiono na poniższym rysunku 4.1.



Rysunek 4.1. Heurystyczny algorytm znajdowania maksymalnej wartości kosztu uzyskania wymaganych kompetencji do realizacji pakietu prac (opracowanie własne)

Opracowany algorytm heurystyczny znajdowania wartości c_i^{MAX} polega na sumowaniu kosztów potrzebnych do wzmocnienia sił kompetencji zawartych w zbiorze kompetencji wymaganych $Tr(z_i)$ do poziomów określonych przez wektor ψ (patrz rozdział 2.4.4). Ponadto, w przypadku gdy kompetencje ze zbioru kompetencji wymaganych posiadają kompetencje bazowe to w algorytmie sumowane są także koszty związane z wzmocnieniem kompetencji bazowych w stopniu zapewniającym przekroczenie poziomu krytycznego potencjału uzyskania kompetencji określonego w wektorze ω .

Wszystkie obliczone wartości współczynnika wkładu kompetencji tworzą macierz wkładów kompetencji zespołów do projektu:

$$W = [w_{ji}]$$

4.2. Metoda podziału czasu pracy wykorzystująca teorię gier

Uczestnictwo zespołów badawczych w projekcie naukowym ma charakter dobrowolny. Każdy z zespołów składających się na konsorcjum projektowe jest jednostką autonomiczną i jego uczestnictwo w projekcie jest najczęściej wynikiem osobistego zaangażowania jego członków w tematykę badań bądź podyktowane jest ono potrzebą realizacji konkretnych celów naukowych. W odróżnieniu od projektów realizowanych wewnątrz organizacji, w których skład grupy projektowej oraz warunki uczestnictwa są określane przez jednostki odpowiedzialne za zarządzanie projektem, w naukowych projektach badawczych zespoły samodzielnie decydują się na uczestnictwo w zależności od proponowanych im warunków. Warunki uczestnictwa ustalane są na drodze rozmów i wewnętrznych ustaleń zespołów uczestniczących z zespołem wiodącym. Z tego względu wśród zespołów może pojawiać się niezadowolenie z proponowanych im warunków, prowadzące niekiedy nawet do rezygnacji z uczestnictwa w projekcie. Rozwiązania tak trudnych sytuacji, w których pojedyncze zespoły wyrażają swoje niezadowolenie z proponowanych warunków znajdują się na drodze negocjacji i znajdowania kompromisów.

Podłoże niezadowolenia zespołów może w najogólniejszej postaci wynikać z trzech grup czynników:

- tematycznych,
- materialnych,
- ambicjonalnych.

W przypadku *tematycznych* powodów niezadowolenia zespoły kierując się swoimi zainteresowaniami i profilem naukowym mogą krytycznie odnosić się do zadań przyznaných im do koordynacji i wykonania ze względu na niską, ich zdaniem, wartość tych zadań w sensie poznawczym i naukowym. W związku z tym, z punktu widzenia ich preferencji występuje nieadekwatność tematyki przyznaných pakietów prac do aktualnych naukowych obszarów zainteresowań zespołu. Jednostka taka może w wyniku tego tracić zainteresowanie i motywację do uczestnictwa w projekcie. W tym przypadku argumentem pozwalającym na przekonanie zespołów do danego przyporządkowania zadań jest oparcie się o formalną metodę, tak jak np. przedstawiona w rozdziale 3 metoda wyboru wariantu konsorcjum projektowego. Metoda ta wykorzystując analizę specyfiki programu finansowania badań, aparat modelowania preferencji oraz metodę wspomagającą wielokryterialne podejmowanie decyzji wskazuje słuszny z punktu widzenia zastosowanych kryteriów wariant przyporządkowania zadań do pakietów prac projektu. Odrzucając proponowany podział zadań zespoły zmniejszyłyby więc swoją szansę na uzyskanie grantu dla projektu i zniweczyłyby cały swój dotychczasowy wysiłek związany z budowaniem konsorcjum.

Druga typowa przyczyna niezadowolenia zespołów z warunków uczestnictwa ma charakter *materialny*. Mianowicie ilość przydzielonego czasu pracy na realizację zadań przekłada się bezpośrednio na ilość środków finansowych przekazanych zespołowi z

otrzymanego grantu. Kierując się taką motywacją niektóre zespoły chcąc zwiększyć przydzieloną im część budżetu będą starały się maksymalizować ilość przyznanego im czasu pracy na realizację zadań. Charakterystyczne tu jest, iż manipulacja podziałem czasu pracy nie wpływa na postać macierzy przypisań i odpowiedzialności MPO, a co za tym idzie na kształt konsorcjum projektowego i jego zakładane powodzenie w otrzymaniu finansowania. Zespoły kierujące się taką strategią będą podkreślać swoją wartość na tle innych zespołów w celu uzasadnienia przyznania im wyższych nakładów czasu pracy na wykonanie pakietów prac. Najsilniejszym argumentem w takim przypadku jest posiadanie unikatowych kompetencji, takich które nie mogą być zastąpione przez inne zespoły. Zespół, który posiada takie kompetencje może próbować dyktować swoje warunki uczestnictwa mając świadomość swojej kluczowej pozycji z punktu widzenia pomyślnej realizacji całości zadań projektu.

Takie same mechanizmy wymuszania zwiększenia czasu pracy na wykonanie pakietów prac mogą być stosowane z powodów *ambicjonalnych*. Wynikają one z chęci zwiększenia swojego udziału w pracach w celu narzucenia swojej wizji projektu poprzez zdominowanie innych uczestniczących w nim zespołów.

Przyjmując opisane powyżej zachowania, które mogą wystąpić w momencie negocjowania przez zespoły sposobu podziału nakładów czasu pracy, zastosowanie np. podziału proporcjonalnego do współczynników wkładu określonych przez macierz W może okazać się niewystarczające. Podział określony proporcjonalnie do wnoszonych przez zespoły kompetencji do projektu może niedostatecznie odzwierciedlać jednostkowe preferencje zespołów i przez to stać się podstawą do zerwania współpracy. Zachodzi tu więc konieczność zastosowania modelu odzwierciedlającego możliwe scenariusze zachowań zespołów oraz rozbieżności pomiędzy użytecznością globalną całego konsorcjum (powodzenie całego projektu), a jednostkowymi preferencjami zespołów (maksymalizacja swojego wkładu pracy). Mając na uwadze powyższe wymagania odnośnie metody rozwiązania badanego problemu odpowiednim sposobem podejścia do tego zagadnienia jest wykorzystanie teorii gier. Uwzględniając powyższe założenia istniejące rozwiązania w obszarze kooperacyjnych gier N -osobowych, które skupiają się na zagadnieniu podziału wypłat pomiędzy członków koalicji (Owen 1975, Maławski i in. 2004; Straffin 2001) stanowią właściwe narzędzie do zamodelowania problemu rozpatrywanego w niniejszym rozdziale pracy.

Teoria N -osobowych gier kooperacyjnych w podejściu zaproponowanym przez Von Neumana i Morgensterna (1944) w celu odpowiedzi na pytanie o podział wypłat pomiędzy członków koalicji skupia się wyłącznie na wysokości wygranej każdej z możliwych koalicji graczy pomijając szczegółową analizę konkretnych strategii. W związku z tym zamiast przedstawiać grę w postaci normalnej (zbiór wszystkich strategii i odpowiadające im wypłaty) wprowadzono podejście przedstawiania gry w postaci funkcji charakterystycznej (Straffin 2001).

Gra w postaci funkcji charakterystycznej opisywana jest przez zbiór graczy (w przypadku analizowanego problemu będzie to zbiór wszystkich zespołów P składających się na konsorcjum) i funkcję v , która każdemu podzbiorowi $S \subseteq P$ przypisuje liczbę $v(S)$. Wartość funkcji $v(S)$ interpretuje się jako wartość wygranej, którą łącznie osiągną gracze współpracując w ramach koalicji S . Natomiast sama funkcja v nazywana jest funkcją charakterystyczną gry. Tradycyjnie przyjmuje się, że wartość pustej koalicji \emptyset wynosi 0 oraz że funkcja charakterystyczna spełnia warunek superaddytywności, tj. $v(S \cup T) \geq v(S) + v(T)$ (Maławski i in. 2004; Straffin 2001).

Istotą gry w postaci funkcji charakterystycznej jest określenie w jaki sposób wygrana koalicji zostanie podzielona pomiędzy jej członków (Von Neumann i Morgenstern

1944). Kwestią zasadniczą dla każdego gracza jest jego wypłata na końcu gry, natomiast wejście w jakąś koalicję jest środkiem do osiągnięcia tego celu. Von Neumann i Morgenstern zaproponowali więc, aby skoncentrować się przede wszystkim na podziale wypłaty pomiędzy wszystkich graczy biorących udział w grze. W związku z tym wynikiem gry jest wektor liczb (zwany imputacją) określających wysokość wygranej każdego z graczy.

W przypadku rozpatrywanego problemu podziału środków na koszty pracy konsorcjum projektowego dzieloną wygraną jest część budżetu projektu pochodząca z przyznanego grantu przeznaczona na koszty osobowe. Kwota przydzielona zespołowi powinna być uzależniona od wartości wnoszonych przez niego kompetencji do projektu określających jego zdolność do realizacji zadań projektowych. W związku z tym funkcję charakterystyczną dla analizowanego problemu sformułowano w sposób następujący:

$$v(S) = \begin{cases} \sum_{p_j \in S} \sum_{i=1}^I w_{ji} \cdot \frac{n_i^w}{n^w} & \Leftrightarrow \forall_{z_i \in Z} \exists_{p_j \in S} q_{ji} = 1 \\ 0 & \text{w p.p.} \end{cases} \quad (4.9)$$

gdzie:

$S \subseteq P$ - jest koalicją zespołów projektowych

Funkcja charakterystyczna gry została skonstruowana w taki sposób, żeby określała łączną wartość wkładu kompetencji koalicji S do projektu. Suma wartości współczynników wkładu kompetencji zespołu obliczana jest z wykorzystaniem wag określających pracochłonność poszczególnych pakietów prac. Wagi obliczane są na podstawie ilorazu planowanego nakładu czasu pracy wykonania i -tego pakietu prac n_i^w i planowanego nakładu czasu pracy dla całego projektu n^w . Powoduje to, że kompetencje potrzebne do zrealizowania bardziej pracochłonnych pakietów prac mają większą wartość od kompetencji związanych z pakietami prac o niskiej pracochłonności. Funkcja charakterystyczna posiada wartość większą od zera tylko dla koalicji, które zapewniają sukces w realizacji projektu. Sukces rozumiany jest tutaj przez posiadanie przez koalicję kompetencji do zrealizowania wszystkich pakietów prac projektu. Realizowane jest to przez warunek sprawdzający czy dla każdego z pakietów prac w danej koalicji istnieje przynajmniej jeden zespół posiadający kompetencje do jego realizacji. W przypadku gdy warunek ten nie jest spełniony funkcja charakterystyczna przyjmuje wartość 0.

Wybór metody rozwiązania gry

Rozwiązanie tego problemu wymaga wybrania jednej z wielu istniejących koncepcji rozwiązania gier N -osobowych w postaci funkcji charakterystycznej. Z głównych wymienić można: zbiory stabilne von Neumanna i Morgensterna, rdzeń, wartość Shapleya, nukleolus oraz zbiory przetargowe Baumanna-Maschlera. Żadna z nich nie nadaje się na uniwersalną teorię rozwiązania wszystkich gier, ale każda pozwala zobaczyć problem z innej perspektywy oraz odpowiedzieć na pewne pytania dotyczące poszczególnych gier (Straffin 2001).

Dwie pierwsze koncepcje – *zbiory stabilne* oraz *rdzeń* – opierają się na podziałach funkcji charakterystycznej $v(N)$, które mogą wynikać z negocjacji koalicyjnych. Obie te koncepcje wyprowadzone są z pojęcia dominacji (rdzeń jest zbiorem imputacji niezdominowanych, natomiast zbiór stabilny definiowany jest poprzez warunki wewnętrznej i zewnętrznej stabilności) i rozwiązaniem jest zbiór imputacji, rzadko jednoelementowy. Związane jest to z wielką złożonością procesu negocjacji koalicyjnych i co za tym idzie trudnością przewidzenia jego dokładnego wyniku. Ponadto, w niektórych przypadkach koncepcje te nie dają żadnego rozwiązania.

Innym podejściem jest rozwiązanie zaproponowane przez Shapleya, które zawsze daje jedno, jednoznaczne rozwiązanie określane jako sprawiedliwe (Shapley 1953). W celu zdefiniowania pojęcia „sprawiedliwości” Shapley sformułował trzy aksjomaty, które jego zdaniem oddają ideę sprawiedliwości podziału wypłat. Przyjmując, że rozwiązaniem n -osobowej gry o funkcji charakterystycznej v jest imputacja $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ aksjomaty Shapleya wyglądają następująco:

1. Imputacja x powinna zależeć wyłącznie od v oraz powinna oddawać każdą symetrię w v . Jeżeli więc gracze i oraz j odgrywają symetryczne role w grze, to $x_i = x_j$.
2. Jeżeli $v(S) = v(S - i)$ dla wszystkich koalicji $S \subseteq P$, czyli gracz i jest graczem *nieistotnym*, niedodającym wartości żadnej koalicji, to $x_i = 0$. Ponadto, dodanie do gry nieistotnego gracza nie zmienia w tej grze wartości x_j dla żadnego gracza j .
3. Jeżeli jest sprawiedliwe, by gracz i dostał wypłatę $x_i[v]$ w grze v oraz $x_i[w]$ w grze w , to sprawiedliwość wymaga aby w grze $v + w$ dostał sumę tych dwóch wartości:

$$x[v + w] = x[v] + x[w]$$

Ponadto, Shapley udowodnił, że istnieje tylko jeden sposób przypisania imputacji x w grze (P, v) , które spełnia wszystkie trzy powyższe aksjomaty.

Rozwiązanie wskazane przez wartość Shapleya może nigdy nie pojawić się jako wynik konkurencji pomiędzy koalicjami, jednakże możliwe byłoby jego wprowadzenie przez zewnętrznego arbitra, uwzględniającego względną siłę poszczególnych koalicji (wartość Shapleya nazywana jest często indeksem siły). Cecha to sprawia, że wartość Shapleya jest wykorzystywana do pomiaru siły głosu w różnego rodzaju głosowaniach. Wartość Shapleya opiera się więc na pojęciu sprawiedliwości, a nie na analizie procesu negocjacji koalicyjnych.

Inną koncepcją pozwalającą znaleźć pojedyncze rozwiązanie dla gier o pustym rdzeniu jest *nukleolus*. Wskazuje on rozwiązanie najbliższe spełnienia warunków istnienia rdzenia. Ponadto, *nukleolus* pozwala na wskazanie jednego rozwiązania w przypadku gdy rdzeń istnieje i posiada wiele imputacji. Koncepcją podobną do *nukleolusa* jest koncepcja *punktów Gately'ego*.

Koncepcja *zbiorów przetargowych* jest odmienna od wcześniej wymienionych, gdyż zakłada możliwość, iż w wyniku gry zawiąże się koalicja złożona z podzbioru pierwotnego zbioru graczy i podzieli pomiędzy siebie zyski z kooperacji z pominięciem odrzuconych graczy.

Niemożliwe jest więc wskazanie jednej, najlepszej koncepcji znalezienia rozwiązania N -osobowej gry kooperacyjnej. Stosowalność koncepcji zależy silnie od charakteru gry i przyjętych założeń. Dlatego też po przeanalizowaniu cech wymienionych podejść do rozwiązania N -osobowej gry kooperacyjnej w postaci funkcji charakterystycznej do analizowanego w rozprawie problemu podziału czasu pracy zespołów składających się na kon-

sorcjum realizujące naukowy projekt badawczy wybrano metodę znajdowania rozwiązania w oparciu o wartość Shapleya. Zdecydowały o tym jej następujące właściwości (Straffin 2001; Owen 1975; Malawski i in. 2004):

- wskazywanie jednoznacznego rozwiązania w przypadku każdej gry,
- bazowanie na zdefiniowanym pojęciu sprawiedliwości, które czyni tę metodę użyteczną w przypadku podejmowania decyzji o podziale przez zewnętrznego arbitra (koordynatora projektu),
- wartość gry dla danego gracza zależy od częstości jego występowania w koalicjach wygrywających, co w przypadku funkcji charakterystycznej sformułowanej dla analizowanego problemu odzwierciedla unikalność kompetencji zespołu projektowego.
- łatwość wykonania implementacji procedury obliczenia wartości Shapleya.

Rozwiązanie sformułowanej gry w oparciu o wartość Shapleya znajduje się z wykorzystaniem następującej procedury (Straffin 2001):

$$x_j = \frac{1}{J!} \sum_{p_j \in S} (s-1)(J-s)! [v(S) - v(S - p_j)] \quad (4.10)$$

gdzie:

$s = |S|$ - liczba zespołów wchodzących w skład koalicji S ,

$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_J)$ - imputacja będąca wynikiem gry.

Imputacja otrzymana w wyniku przeprowadzenia procedury obliczania wartości Shapleya może być potraktowana jako wzorzec według, którego przeprowadzony zostanie podział nakładu czasu pracy, a co za tym idzie podział środków z grantu przyznanego konsorcjum. Wektor nakładów czasu pracy na wykonanie pakietów prac obliczyć można na podstawie znormalizowanego wektora imputacji otrzymanego przez podzielenie każdego elementu przez sumę wszystkich elementów i następnie pomnożenie przez łączny planowany nakład czasu pracy dla projektu:

$$\boldsymbol{\varphi}^w = \frac{\mathbf{x}}{x} \cdot n^w \quad (4.11)$$

gdzie:

$x = \sum_{j=1}^J x_j$ - suma wartości wszystkich elementów wektora imputacji.

5. Przykład demonstrujący opracowaną metodę

Na potrzeby przykładu wybrano realizowany w latach 2003-2006 projekt naukowy o oficjalnym tytule: *Implementacja jakości w otwartym i zdalnym nauczaniu w wielokulturowym środowisku europejskim*. Projekt finansowany był ze źródeł europejskiego programu Socrates-Minivera, którego procedury aplikacyjne w pełni odpowiadają założeniom przyjętym przez autora w trakcie projektowania metody wspomagania podejmowania decyzji wyboru wariantu konsorcjum projektowego.

W projekcie uczestniczyło siedem zespołów badawczych z pięciu krajów. Z Francji były to: koordynator projektu – European University Pole of Montpellier and Languedoc-Roussillon oraz University of Montpellier 2, z Hiszpanii: Open University of Catalonia, z Finlandii: University of Tampere, ze Szwajcarii: University of Applied Sciences of Valais oraz Lausanne University, z Polski: Politechnika Szczecińska. Oprócz wymienionych zespołów do uczestnictwa w projekcie kandydowała także belgijska firma ATiT (Audiovisual Technologies, Informatics and Telecommunications). Oficjalną skróconą nazwą projektu było „e-Quality” i ta nazwa będzie wykorzystywana w dalszej części przykładu w odniesieniu do projektu.

Koordynatorem zespołu Politechniki Szczecińskiej był prof. dr hab. inż. Oleg Zai-kin, na co dzień pracownik Wydziału Informatyki PS oraz promotor niniejszej pracy. W związku z tym autor miał możliwość bezpośredniego zebrania wszelkich informacji niezbędnych do pełnego zamodelowania danych wejściowych wymaganych przez opracowany model.

Celem zamieszczenia obszernego przykładu zastosowania metody było, oprócz zademonstrowania, poddanie jej weryfikacji poprzez zestawienie jej z wynikiem rzeczywistej selekcji konsorcjum wykonanej w opisywanym projekcie. Projekt e-Quality był projektem pomyślnym. Podjęte przez koordynatora decyzje doprowadziły w pierwszej kolejności do otrzymania finansowania, a następnie pomyślnego zrealizowania wszystkich zakładanych celów badawczych. Potwierdzeniem słuszności podejmowanych decyzji jest także pozytywna ocena końcowa projektu oraz wysokie noty przyznane przez oceniających ekspertów. Projekt ten, a raczej podejmowane w nim decyzje dotyczące składu konsorcjum można uznać za wzorzec, według którego można poddać ocenie zaproponowaną w pracy metodę wspomagania podejmowania decyzji. Odtworzenie warunków istniejących w początkowej fazie planowania projektu e-Quality i wykorzystanie ich jako dane wejściowe metody pozwoli zweryfikować, czy podjęte z jej udziałem decyzje są zbierze z decyzjami w rzeczywistości podjętymi przez koordynatora.

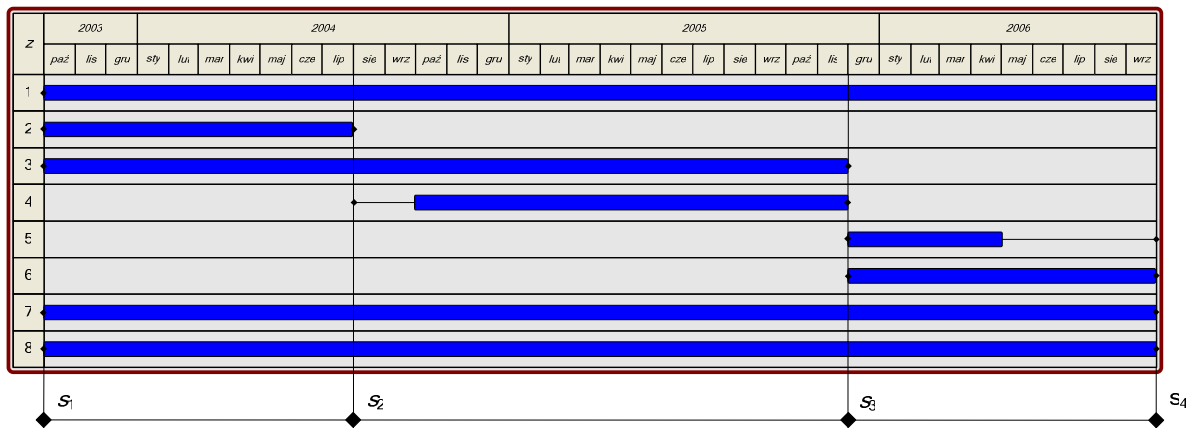
5.1. Opis struktury podziału prac analizowanego projektu

Tematyka projektu e-Quality dotyczyła zagadnień jakości w otwartym i zdalnym nauczaniu. *Całość* zakresu projektu została podzielona na osiem pakietów prac:

- p_1 – zarządzanie i monitorowanie projektu
- p_2 – proces jakości w środowisku wielokulturowym
- p_3 – opracowanie głównych dokumentów i zasobów
- p_4 – zaprojektowanie materiałów szkoleniowych
- p_5 – sesje szkoleniowe i ewaluacja
- p_6 – walidacja opracowanej metodologii
- p_7 – komunikacja i rozpowszechnianie rezultatów
- p_8 – ewaluacja projektu

Ostatni pakiet prac „ewaluacja projektu” dotyczył ewaluacji zewnętrznej projektu. Specjalnie do tego celu została zatrudniona zewnętrzna firma komercyjna. Wybór podwykonawcy uzależniony był od innych kryteriów (przede wszystkim ceny zrealizowania usługi) niż w przypadku zwykłych zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie. W związku z tym wykonawcę tego pakietu prac nie można uznać za zwykłego członka konsorcjum projektowego, a pakiet prac p_8 został usunięty z dalszych rozważań.

Całkowity czas trwania projektu określony był przez wytyczne programu Socrates/Minerva i wynosił 3 lata. Jego szczegółowy harmonogram przedstawiono na wykresie Gantta znajdującym się na rysunku 5.1.



Rysunek 5.1. Diagram Gantta przedstawiający harmonogram projektu e-Quality

Ponieważ do realizacji niektórych pakietów prac wymagane są wyniki uzyskane w pakietach je poprzedzających wyznaczono zbiór relacji istniejących pomiędzy tymi pakietami. Wszystkie relacje oraz ich typy przedstawiono w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Zależności pomiędzy pakietami prac w projekcie

Pakiet prac	Zależny od	Rodzaj zależności
p_1	p_2	start-start
p_1	p_3	start-start
p_1	p_5	koniec-koniec
p_1	p_6	koniec-koniec
p_4	p_3	koniec-koniec
p_4	p_2	koniec-start
p_5	p_4	koniec-start
p_5	p_3	koniec-start
p_6	p_4	koniec-start
p_6	p_3	koniec-start
p_7	p_2	start-start
p_7	p_3	start-start
p_7	p_5	koniec-koniec
p_7	p_6	koniec-koniec

Pakiety p_1 „zarządzanie i monitorowanie projektu” oraz p_7 „komunikacja i rozpowszechnianie rezultatów” ze względu na charakter prac nie mają ściśle określonego *a priori* czasu trwania, jest on wyznaczany przez czasy rozpoczęcia i zakończenia innych pakietów prac na podstawie istniejących pomiędzy nimi relacji typu *start-start* i *koniec-koniec*. Związane jest to z tym, iż w tych pakietach realizowane są zadania związane wyłącznie z zarządzaniem przedsięwzięciem badawczym, takie jak kontrolowanie, monitorowanie, komunikowanie itp. Z wykresu Gantta wynika, iż rozciągają się one na cały projekt, a ich czasy trwania określone są na podstawie ścieżki krytycznej projektu wyznaczonej dla pakietów prac od p_2 do p_6 .

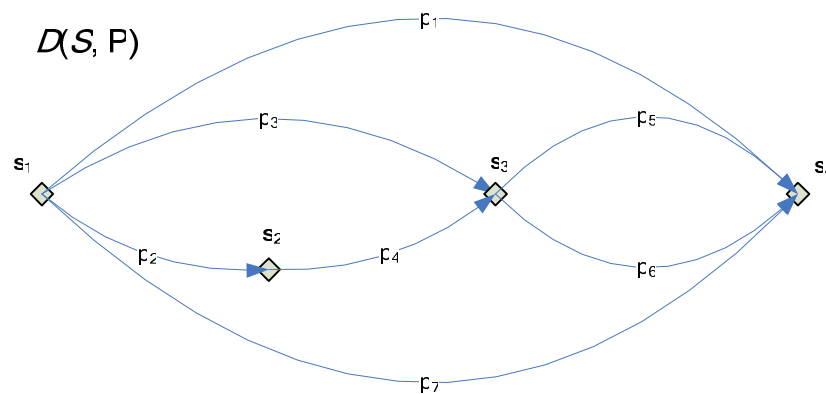
Momenty zakończenia oraz rozpoczęcia poszczególnych pakietów prac wyznaczają zbiór stanów projektu S . Powiązania stanów projektu z jego pakietami prac przedstawiono w tabeli 5.2. Natomiast w tabeli 5.3 wyznaczono zbiory pakietów prac bezpośrednio poprzedzających i następujących po stanach projektu (odpowiednio $A^-(s_k)$ i $A^+(s_k)$) oraz zbiory stanów bezpośrednio poprzedzających i następujących po poszczególnych stanach projektu (odpowiednio $N^-(s_k)$ i $N^+(s_k)$). Wszystkie te zależności można zaobserwować na rysunku 5.2 przedstawiającym graficzną reprezentację grafu stanów projektu $D(S, P)$.

Tabela 5.2. Stany początkowe i końcowe pakietów prac składających się na projekt

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7
init(p_i)	s_1	s_1	s_1	s_2	s_3	s_3	s_1
ter(p_i)	s_4	s_2	s_3	s_3	s_4	s_4	s_4

Tabela 5.3. Zależności pomiędzy stanami i pakietami prac projektu

s_k	$A^-(s_k)$	$A^+(s_k)$	$N^-(s_k)$	$N^+(s_k)$
s_1	\emptyset	p_1, p_2, p_3, p_7	\emptyset	s_2, s_3
s_2	p_2	p_4	s_1	s_3
s_3	p_3, p_4	p_5, p_6	s_1, s_2	s_4
s_4	p_1, p_5, p_6, p_7	\emptyset	s_3	\emptyset



Rysunek 5.2. Postać graficzna grafu stanów projektu

5.2. Przyjęte ograniczenia i kryteria decyzyjne

Liczba wszystkich teoretycznie możliwych wariantów przyporządkowania ośmiu kandydujących zespołów do siedmiu pakietów prac równa się liczbie siedmiowyrazowych wariacji z powtórzeniami zbioru ośmioelementowego i wynosi:

$$|V| = \bar{V}_8^7 = 8^7 = 2097152$$

Oczywiście dla tak dużej liczby wariantów decyzyjnych konieczne jest wprowadzenie ograniczeń redukujących liczbę wariantów decyzyjnych do rozsądnej wartości.

W związku z tym na potrzeby przykładu przyjęto pięć następujących ograniczeń dla wariantów przyporządkowania zespołów do pakietów prac:

$c^k(v^n) \leq 20$ – łączny koszt uzyskania wymaganych kompetencji dla całego konsorcjum nie może przekroczyć wartości 20

$t^k(v^n) \leq 12$ – łączny czas uzyskania wymaganych kompetencji dla całego konsorcjum nie może przekroczyć wartości 12 dni

$l(v^n) \geq 5$ – konsorcjum musi składać się przynajmniej z 5 zespołów

$k(z_j) \leq 2$ – jeden zespół projektowy może koordynować maksymalnie 2 pakiety prac

oraz w każdym dopuszczonym wariantcie przyporządkowania pojedynczy zespół nie może koordynować równoległe trwających pakietów prac.

Podjęcie decyzji o wyborze wariantu przyporządkowania o najwyższej preferencji z punktu widzenia decydenta zależy od szeregu kryteriów. Na potrzeby przykładu wybrano następujące:

k_1 – Kryterium kosztu uzyskania wymaganych kompetencji

k_2 – Kryterium czasu uzyskania wymaganych kompetencji

k_3 – Kryterium dostępności konsorcjum

k_4 – Kryterium rozproszenia geograficznego zespołów projektowych

k_5 – Kryterium balansu płci uczestników konsorcjum projektowego

Wagi dla przyjętych kryteriów decyzyjnych zgodnie z metodą AHP zostały określone przez ich porównanie parami i znalezienie przybliżonego wektora własnego macierzy porównań (tab. 5.4).

Tabela 5.4. Macierz porównań kryteriów decyzyjnych A

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
k_1	1	1/2	1/6	1/3	3/1
k_2	2/1	1	1/5	1/2	4/1
k_3	6/1	5/1	1	2/1	5/1
k_4	3/1	2/1	1/2	1	5/1
k_5	1/3	1/4	1/5	1/5	1
Σ	12,33	8,75	2,07	4,03	18,00

Tabela 5.5. Znormalizowana macierz porównań kryteriów decyzyjnych B

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	w
k_1	0,08	0,06	0,08	0,08	0,17	0,094
k_2	0,16	0,11	0,10	0,12	0,22	0,144
k_3	0,49	0,57	0,48	0,50	0,28	0,463
k_4	0,24	0,23	0,24	0,25	0,28	0,248
k_5	0,03	0,03	0,10	0,05	0,06	0,052
						$\Sigma = 1,000$

Zgodnie z metodą AHP opracowaną przez Satty (1990) wektor wag kryteriów w , będący przybliżonym wektorem własnym macierzy A , został obliczony przez znalezienie wartości średnich elementów znajdujących się w poszczególnych wierszach znormalizowanej macierzy porównań B (tabela 5.5). Znaleziony wektor wag wymaga weryfikacji na podstawie obliczonego dla macierzy porównań współczynnika spójności.

W tym celu obliczamy przybliżoną wartość własną macierzy porównań λ_{\max} :

$$A \cdot w = \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,17 & 0,33 & 3 \\ 2 & 1 & 0,2 & 0,5 & 4 \\ 6 & 5 & 1 & 2 & 5 \\ 3 & 2 & 0,5 & 1 & 5 \\ 0,33 & 0,25 & 0,2 & 0,2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,094 \\ 0,144 \\ 0,463 \\ 0,248 \\ 0,052 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,480 \\ 0,754 \\ 2,498 \\ 1,306 \\ 0,261 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{M} \left(\sum_{m=1}^M \frac{(Aw)_m}{w_m} \right) = \frac{\frac{0,480}{0,094} + \frac{0,754}{0,144} + \frac{2,498}{0,463} + \frac{1,306}{0,248} + \frac{0,261}{0,052}}{5} =$$

$$= \frac{5,125 + 5,239 + 5,393 + 5,267 + 5,065}{5} = 5,218$$

Wskaźnik spójności CI dla macierzy porównań wynosi:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} = \frac{5,218 - 5}{4} = 0,054$$

Natomiast współczynnik spójności CR określony na podstawie standaryzowanego wskaźnika spójności $RI(5) = 1,12$ dla badanej macierzy porównań wynosi:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,054}{1,12} = 0,049 < 0,1$$

Znaleziony współczynnik spójności jest mniejszy od przyjętej za próg wartości 0,1. W związku z tym można stwierdzić, iż oceny eksperta zebrane w macierzy porównań są spójne, a otrzymany wektor wag można wykorzystać w dalszej analizie decyzyjnej.

5.3. Charakterystyka zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie

Określenie wartości funkcji kryterialnych dla poszczególnych wariantów konsorcjum wymaga dokładnej charakterystyki wszystkich zespołów kandydującej. Oprócz kryteriów k_1 i k_2 związanych z kompetencjami zespołów kandydujących, którym to poświęcony został odrębny podrozdział, informacje potrzebne do określenia wartości funkcji kryterialnych są stosunkowo standardowe i łatwo dostępne. Najtrudniejsza sytuacja pod względem dostępności informacji występuje w przypadku kryterium dostępności konsorcjum, gdyż jej określenie wymaga uzyskania często poufnych i niechętnie udostępniane przez zespoły badawcze informacji.

Oprócz informacji potrzebnych do określenia wartości funkcji kryterialnych do pełnej charakterystyki zespołów kandydujących wymagane jest także określenie współczynników kosztowych i czasowych rozszerzania kompetencji. W niniejszym przykładzie współczynniki kosztowe zostały określone na podstawie stawek godzinowych dla krajów europejskich określonych w dokumencie regulującym wymagania finansowe uczestnictwa w programie Sokrates.

Charakterystyki zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie zawarte są w poniższej tabeli 5.6.

Tabela 5.6. Charakterystyka zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie

	Kraj	Status polityczny	Liczebność zespołu (kob./męż.)	Bieżące obciążenie innymi pracami	$c^k(a)$	$t^k(a)$	Oznaczenie
z_1	Francja	kraj członkowski	2 (1/1)	1 realizowany projekt 2 wykładowców	$2,66 \cdot a$	$7 \cdot a$	FR1
z_2	Francja	kraj członkowski	4 (3/1)	2 realizowane projekty 2 wykładowców	$2,66 \cdot a$	$5 \cdot a$	FR2
z_3	Hiszpania	kraj członkowski	2 (0/2)	3 realizowane projekty 1 wykładowca	$1,97 \cdot a$	$5 \cdot a$	ES
z_4	Finlandia	kraj członkowski	4 (2/2)	3 realizowane projekty	$2,26 \cdot a$	$6 \cdot a$	FI
z_5	Polska	kraj kandydujący*	6 (1/5)	6 wykładowców 3 przewody doktorskie	$1 \cdot a$	$5 \cdot a$	PL
z_6	Szwajcaria	kraj stowarzyszony	2 (0/2)	1 realizowany projekt 1 wykładowca	$3,18 \cdot a$	$5 \cdot a$	CH1
z_7	Szwajcaria	kraj stowarzyszony	3 (2/1)	2 realizowane projekty 2 wykładowców	$3,18 \cdot a$	$7 \cdot a$	CH2
z_8	Belgia	kraj członkowski	3 (2/1)	3 realizowane audyty	$2,60 \cdot a$	$6 \cdot a$	BE

* stan na rok 2003

Dla powyżej przedstawionych zespołów kandydujących w projekcie e-Quality rzeczywiste konsorcjum decyzją koordynatora przyjął następujący wariant przyporządkowania zespołów do pakietów prac: $v^R = (z_1, z_3, z_2, z_4, z_5, z_6, z_7)$.

5.4. Analiza kompetencji zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie

Określenie wartości funkcji kryterialnych dla kryterium k_1 i k_2 zrealizowane zostało z wykorzystaniem metody ilościowej oceny kompetencji zespołu do wykonania zadania projektowego przedstawionej w rozdziale 2.5. Metoda ta składa się z trzech głównych etapów:

- 1) Identyfikacja zbioru kompetencji wymaganych do realizacji zadania
- 2) Identyfikacja zbioru kompetencji posiadanych przez zespół
- 3) Określenie kosztu uzyskania brakujących kompetencji wymaganych do realizacji zadania

Trój etapowa procedura tej metody została przeprowadzona dla każdego pakietu prac składającego się na projekt oraz dla każdego zespołu kandydującego.

Określenie kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_1

W przypadku pierwszego pakietu prac „Zarządzanie i monitorowanie projektu” kompetencje wymagane zostały określone na podstawie opisu zakresu prac znajdującego się w specyfikacji projektu e-Quality oraz z wykorzystaniem modelu umiejętności z zakresu zarządzania projektem stworzonym przez *Project Management Institute* (PMI 2004). Opis zakresu prac dla tego pakietu oraz zidentyfikowane kompetencje przedstawiono w tabeli 5.7.

Tabela 5.7. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_1

p_1 – Zarządzanie i monitorowanie projektu	
Zakres prac:	<ul style="list-style-type: none"> • Opracowanie procedur monitorowania projektu i zapewnienia jakości • Opracowanie wydajnych zasad i procedur raportowania finansowego • Planowanie i monitorowanie harmonogramu projektu • Planowanie, organizowanie i prowadzenie spotkań organizacyjnych • Zarządzanie relacjami pomiędzy partnerami projektu • Zarządzanie sytuacjami wyjątkowymi: rozwiązywanie konfliktów, ostrzeżenie partnerów w przypadku zaistnienia sytuacji wyjątkowych, itp. • Zarządzanie realizacją projektu: zapewnienie terminowego dostarczania rezultatów prac przez wszystkich partnerów • Zarządzanie budżetem projektu • Nadzór nad komunikacją wewnątrz konsorcjum projektowego • Utrzymywanie kontaktów z organem finansującym projekt – Komisją Europejską
Wymagane kompetencje $Tr(p_1)$	<ul style="list-style-type: none"> $g_{1.4}$ – kierowanie i zarządzanie wykonaniem projektu $g_{1.5}$ – monitorowanie i kontrolowanie prac projektowych $g_{1.6}$ – zintegrowane kontrolowanie zmian $g_{1.7}$ – finalizowanie projektu $g_{2.4}$ – weryfikowanie zakresu projektu $g_{2.5}$ – kontrolowanie zakresu projektu $g_{3.6}$ – kontrolowanie harmonogramu $g_{4.3}$ – kontrolowanie kosztów $g_{5.2}$ – zapewnianie jakości $g_{5.3}$ – kontrolowanie jakości $g_{6.3}$ – zapewnianie rozwoju zespołu projektowego $g_{6.4}$ – zarządzanie zespołem projektowym $g_{7.2}$ – rozpowszechnianie informacji $g_{7.3}$ – raportowanie postępów $g_{7.4}$ – zarządzanie kontaktami z instytucją finansującą $g_{8.6}$ – monitorowanie i kontrolowanie ryzyka $g_{9.3}$ – zbieranie ofert od dostawców i podwykonawców $g_{9.4}$ – dobór dostawców i podwykonawców $g_{9.5}$ – administrowanie umowami z dostawcami i podwykonawcami $g_{9.6}$ – finalizowanie umów z dostawcami i podwykonawcami

Przykład uwzględnia osiem zespołów z_1, z_2, \dots, z_8 kandydujących do objęcia roli koordynatora wykonawczego projektu. Dla każdego z nich, na podstawie modelu kompetencji dla zarządzania projektem zaprezentowanego w rozdziale 2.3, określono siły kompetencji związanych z zarządzaniem projektem. Analizę kosztów rozszerzenia kompetencji wykonano z wykorzystaniem metody opracowanej przez Wang i Wang (1998), szczerzej zaprezentowanej w rozdziałach 2.4.3 i 2.4.4.

Tabela 5.8. Analiza kompetencji w dziedzinie zarządzania projektem

Kompetencja	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_2)$	$\alpha(z_3)$	$\alpha(z_4)$	$\alpha(z_5)$	$\alpha(z_6)$	$\alpha(z_7)$	$\alpha(z_8)$	ψ	ω
$g_{1.1}$	0,8	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	-	-
$g_{1.2}$	0,8	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	-	-
$g_{1.3}$	0,7	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	-	-
$g_{1.4}$	0,7	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,7	0,6
$g_{1.5}$	0,6	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,7	0,5
$g_{1.6}$	0,6	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,7	0,5
$g_{1.7}$	0,7	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,7	0,4
$g_{2.1}$	0,6	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{2.2}$	0,7	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{2.3}$	0,6	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{2.4}$	0,6	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3
$g_{2.5}$	0,5	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3
$g_{3.1}$	0,6	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{3.2}$	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{3.3}$	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{3.4}$	0,5	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{3.5}$	0,6	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{3.6}$	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3
$g_{4.1}$	0,8	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{4.2}$	0,9	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{4.3}$	0,7	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4
$g_{5.1}$	0,8	0,0	0,3	0,5	0,0	0,5	0,0	0,2	-	-
$g_{5.2}$	0,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,2	0,6	0,8
$g_{5.3}$	0,5	0,0	0,1	0,4	0,0	0,5	0,0	0,2	0,6	0,5
$g_{6.1}$	0,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{6.2}$	0,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{6.3}$	0,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,6	0,4
$g_{6.4}$	0,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,5
$g_{7.1}$	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{7.2}$	0,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3
$g_{7.3}$	0,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3
$g_{7.4}$	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3
$g_{8.1}$	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	-	-
$g_{8.2}$	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	-	-
$g_{8.3}$	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	-	-
$g_{8.4}$	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	-	-
$g_{8.5}$	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	-	-
$g_{8.6}$	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,8
$g_{9.1}$	0,5	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{9.2}$	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
$g_{9.3}$	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
$g_{9.4}$	0,2	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4
$g_{9.5}$	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4
$g_{9.6}$	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4

W tabeli 5.8 przedstawione zostały poziomy kompetencji dla poszczególnych zespołów kandydujących do objęcia roli koordynatora projektu oraz poziomy siły oraz wartości progowe potencjałów uzyskania dla kompetencji wymaganych. Wszystkie wartości sił kompetencji w tej tabeli zostały określone na drodze oceny eksperckiej.

Poprzez porównanie wymagań co do kompetencji oraz poszczególnych zespołów kandydujących można sklasyfikować ich kompetencje według trzech typów określonych w rozdziale 2.4.3 (tabela 5.9). Oprócz tego do analizy kosztów rozszerzenia kompetencji do poziomu określonego przez wymagania konieczne jest jeszcze określenie relacji pomiędzy poszczególnymi kompetencjami, które podobnie jak poziomy sił kompetencji określane są przez eksperta (tabela aneksie 1). Ze względu na rozmiar tabela relacji pomiędzy kompetencjami pakietu p_1 zamieszczona została w aneksie 1 do niniejszej pracy.

Tabela 5.9. Analiza typów kompetencji posiadanych przez poszczególnych kandydatów

Zespół	Kompetencje
z_1	typ (1): $g_{1.4}, g_{1.7}, g_{2.4}, g_{3.6}, g_{6.4}, g_{7.2}, g_{7.3}$
	typ (2): $g_{1.5}, g_{1.6}, g_{2.5}, g_{4.3}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{6.3}, g_{7.4}, g_{9.3}, g_{9.4}$
	typ (3): $g_{8.6}, g_{9.5}, g_{9.6}$
z_2	typ (1): $g_{9.4}, g_{9.5}, g_{9.6}$
	typ (2): $g_{4.3}, g_{9.3}$
	typ (3): $g_{1.4}, g_{1.5}, g_{1.6}, g_{1.7}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{3.6}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{8.6}$
z_3	typ (1): $g_{6.3}, g_{6.4}, g_{9.3}, g_{9.4}$
	typ (2): $g_{1.4}, g_{1.5}, g_{1.6}, g_{1.7}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{3.6}, g_{4.3}, g_{5.3}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{8.6}, g_{9.5}, g_{9.6}$
	typ (3): $g_{5.2}$
z_4	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{5.2}, g_{5.3}$
	typ (3): $g_{1.4}, g_{1.5}, g_{1.6}, g_{1.7}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{3.6}, g_{4.3}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{8.6}, g_{9.3}, g_{9.4}, g_{9.5}, g_{9.6}$
z_5	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{1.4}, g_{1.5}, g_{1.6}, g_{1.7}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{3.6}$
	typ (3): $g_{4.3}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{8.6}, g_{9.3}, g_{9.4}, g_{9.5}, g_{9.6}$
z_6	typ (1): $g_{5.2}$
	typ (2): $g_{5.3}, g_{6.3}$
	typ (3): $g_{1.4}, g_{1.5}, g_{1.6}, g_{1.7}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{3.6}, g_{4.3}, g_{6.4}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{8.6}, g_{9.3}, g_{9.4}, g_{9.5}, g_{9.6}$
z_7	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{8.6}$
	typ (3): $g_{1.4}, g_{1.5}, g_{1.6}, g_{1.7}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{3.6}, g_{4.3}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{9.3}, g_{9.4}, g_{9.5}, g_{9.6}$
z_8	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{1.4}, g_{1.5}, g_{1.6}, g_{1.7}, g_{5.2}, g_{5.3}$
	typ (3): $g_{2.4}, g_{2.5}, g_{3.6}, g_{4.3}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{8.6}, g_{9.3}, g_{9.4}, g_{9.5}, g_{9.6}$

Przegląd wyróżnionych zbiorów kompetencji typu (1), (2) i (3) zebranych w tabeli 5.9 oraz tabeli w aneksie 1 zawierającej wartości relacji pomiędzy kompetencjami w dziedzinie zarządzanie projektem wskazuje, iż do dalszej analizy kosztów rozszerzenia kompetencji koniecznych do zarządzania realizacją projektu mogą być dopuszczone wyłącznie zespoły z_1 oraz z_3 . Pozostałe zespoły w swoich zbiorach kompetencji posiadają przewagę elementów typu (3), do których uzyskania wymagane jest podniesienie poziomu kompetencji bazowych. Zespoły $z_2, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8$ posiadają przynajmniej jedną kompetencję typu (3), dla której nie posiadają ani jednej bezpośredniej kompetencji bazowej i w związku z tym uzyskanie przez nich tej kompetencji w prosty sposób jest niemożliwe. Niemniej jednak, uzyskanie tych kompetencji jest wykonalne poprzez uzyskiwanie kompetencji pośrednich jednakże koszt z tym związany byłby nieracjonalnie wysoki. W związku z tym zespoły kandydujące $z_2, z_4, z_5, z_6, z_7, z_8$ można usunąć z dalszych rozważań i przyjąć, iż nie są one kompetentne do koordynowania zadań związanych z zarządzaniem projektem (pakiet p_1).

Po wyeliminowaniu sześciu zespołów można przystąpić do analizy kosztów osiągnięcia wymaganych kompetencji przez pozostałe dwa zespoły kandydujące, tj. z_1 i z_3 . W pierwszej kolejności należy obliczyć koszt związany ze wstępną fazą rozszerzania polegającą na zwiększaniu siły kompetencji typu (2), czyli kompetencji, które należą do zbiorów kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące lecz nie posiadają odpowiednio wysokiej siły α .

Dla zespołów kandydujących przyjęto następujące funkcje kosztów:

$$z_1: \quad c(\alpha) = 2,66 \cdot \alpha; \quad t(\alpha) = 7 \cdot \alpha$$

$$z_3: \quad c(\alpha) = 1,97 \cdot \alpha; \quad t(\alpha) = 5 \cdot \alpha$$

Tabela 5.10. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji typu (2)

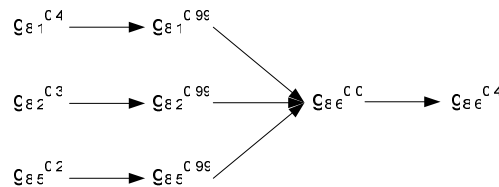
Kompetencja	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_3)$	ψ	$c(\psi) - c(\alpha(z_1))$	$t(\psi) - t(\alpha(z_1))$	$c(\psi) - c(\alpha(z_3))$	$t(\psi) - t(\alpha(z_3))$
$g_{1.4}$	0,7	0,2	0,7	0	0	0,985	2,5
$g_{1.5}$	0,6	0,1	0,7	0,266	0,7	1,182	3
$g_{1.6}$	0,6	0,1	0,7	0,266	0,7	1,182	3
$g_{1.7}$	0,7	0,2	0,7	0	0	0,985	2,5
$g_{2.4}$	0,6	0,2	0,6	0	0	0,788	2
$g_{2.5}$	0,5	0,2	0,6	0,266	0,7	0,788	2
$g_{3.6}$	0,5	0,1	0,5	0	0	0,788	2
$g_{4.3}$	0,7	0,6	0,8	0,266	0,7	0,394	1
$g_{5.2}$	0,5	0,0	0,6	0,266	0,7	n.d.	n.d.
$g_{5.3}$	0,5	0,1	0,6	0,266	0,7	0,985	2,5
$g_{6.3}$	0,5	0,6	0,6	0,266	0,7	0	0
$g_{6.4}$	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0
$g_{7.2}$	0,6	0,3	0,6	0	0	0,591	1,5
$g_{7.3}$	0,7	0,2	0,6	0	0	0,788	2
$g_{7.4}$	0,5	0,1	0,6	0,266	0,7	0,985	2,5
$g_{8.6}$	0,0	0,2	0,4	n.d.	n.d.	0,394	1
$g_{9.3}$	0,2	0,3	0,3	0,266	0,7	0	0
$g_{9.4}$	0,2	0,3	0,3	0,266	0,7	0	0
$g_{9.5}$	0,0	0,1	0,3	n.d.	n.d.	0,394	1
$g_{9.6}$	0,0	0,1	0,3	n.d.	n.d.	0,394	1
Razem				2,66	7	11,623	29,5

Analiza kosztów wstępnej fazy rozszerzania zebrana została w tabeli 5.10.

Po wykonaniu analizy kosztów wstępnej fazy rozszerzania należy następnie obliczyć koszty uzyskania kompetencji typu (3). Dla zespołu z_1 są to kompetencje $g_{8.6}$, $g_{9.5}$, $g_{9.6}$; natomiast dla zespołu z_3 jest to jedna kompetencja $g_{5.2}$. Tabele 5.11, 5.12, 5.13, 5.14 zawierają analizy kosztu dla tych kompetencji.

Tabela 5.11. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_1 o kompetencję $g_{8.6}$

$\psi(g_{8.6}) = 0,4; \gamma(g_{8.6}) = 0,8$						
Kompetencja bazowa – g_i	$\alpha(g_i)$	$r_{8.6,i}$	$\alpha(g_i) \cdot r_{8.6,i}$	$\gamma(g_{8.6})/r_{8.6,i}$	c	t
$g_{1.4}$	0,7	0,3	0,21	2,67	-	-
$g_{1.5}$	0,7	0,4	0,28	2,00	-	-
$g_{1.6}$	0,7	0,3	0,21	2,67	-	-
$g_{8.1}$	0,4	0,5	0,2	1,60	-	-
$g_{8.2}$	0,3	0,7	0,21	1,14	-	-
$g_{8.3}$	0,3	0,4	0,12	2,00	-	-
$g_{8.4}$	0,3	0,4	0,12	2,00	-	-
$g_{8.5}$	0,2	0,6	0,12	1,33	-	-
$g_{8.2} \oplus g_{8.5}$	0,2	0,76	0,15	1,05	-	-
$g_{8.2} \oplus g_{8.5} \oplus g_{8.1}$	0,2	0,81	0,16	0,99	6,57	17,29
$g_{8.2} \oplus g_{8.5} \oplus g_{8.1} \oplus g_{1.5}$	0,2	0,85	0,17	0,94	6,80	17,88
$g_{8.2} \oplus g_{8.5} \oplus g_{8.1} \oplus g_{1.5} \oplus g_{8.3}$	0,2	0,91	0,18	0,88	7,65	20,13
$g_{8.2} \oplus g_{8.5} \oplus g_{8.1} \oplus g_{1.5} \oplus g_{8.3} \oplus g_{8.4}$	0,2	0,95	0,19	0,85	8,71	22,92
$g_{8.2} \oplus g_{8.5} \oplus g_{8.1} \oplus g_{1.5} \oplus g_{8.3} \oplus g_{8.4} \oplus g_{1.4}$	0,2	0,97	0,19	0,83	8,79	23,12
$g_{8.2} \oplus g_{8.5} \oplus g_{8.1} \oplus g_{1.5} \oplus g_{8.3} \oplus g_{8.4} \oplus g_{1.4} \oplus g_{1.6}$	0,2	1,00	0,20	0,80	8,51	22,40



Rysunek 5.3. Optymalny proces uzyskania kompetencji $g_{8.6}$ przez zespół p_1

Wyniki analizy zebrane w tabeli 5.11 wskazują, że najniższy koszt rozszerzenia zbioru kompetencji zespołu z_1 występuje dla złożonej kompetencji bazowej $g_{8.2} \oplus g_{8.5} \oplus g_{8.1}$. Składają się na niego koszty zwiększania poziomów kompetencji składowych do wartości 0,99 aby osiągnąć wartość progową uzyskania kompetencji $\gamma(g_{8.6}) = 0,8$ oraz koszt zwiększenia kompetencji $g_{8.6}$ do wymaganego poziomu 0,4.

$$c = c(0,99) - c(0,4) + c(0,99) - c(0,3) + c(0,99) - c(0,2) + c(0,4) = 6,57$$

$$t = t(0,99) - t(0,4) + t(0,99) - t(0,3) + t(0,99) - t(0,2) + t(0,4) = 17,29$$

Tabela 5.12. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_1 o kompetencję $g_{9.5}$

$\psi(g_{9.5}) = 0,3; \gamma(g_{9.5}) = 0,4$						
Kompetencja bazowa – g_i	$\alpha(g_i)$	$r_{9.5,i}$	$\alpha(g_i) \cdot r_{9.5,i}$	$\gamma(g_{9.5})/r_{9.5,i}$	c	t
$g_{1.4}$	0,7	0,2	0,14	2	-	-
$g_{9.1}$	0,5	0,6	0,30	0,67	1,25	3,29
$g_{9.2}$	0,4	0,6	0,24	0,67	1,50	3,97
$g_{9.3}$	0,3	0,6	0,18	0,67	1,77	4,67
$g_{9.4}$	0,3	0,4	0,12	1,00	2,66	7,00
$g_{9.1} \oplus g_{9.2}$	0,4	0,73	0,29	0,55	1,30	3,44
$g_{9.1} \oplus g_{9.2} \oplus g_{9.3}$	0,4	0,87	0,35	0,46	1,40	3,67
$g_{9.1} \oplus g_{9.2} \oplus g_{9.3} \oplus g_{9.4}$	0,2	0,96	0,19	0,42	1,48	3,88
$g_{9.1} \oplus g_{9.2} \oplus g_{9.3} \oplus g_{9.4} \oplus g_{1.4}$	0,2	1,00	0,20	0,40	1,33	3,50

$$c = c(0,67) - c(0,5) + c(0,3) = 1,25$$

$$t = t(0,67) - t(0,5) + t(0,3) = 3,29$$

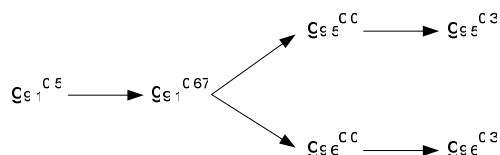
Tabela 5.13. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_1 o kompetencję $g_{9.6}$

$\psi(g_{9.6}) = 0,3; \gamma(g_{9.6}) = 0,4$						
Kompetencja bazowa – g_i	$\alpha(g_i)$	$r_{9.6,i}$	$\alpha(g_i) \cdot r_{9.6,i}$	$\gamma(g_{9.6})/r_{9.6,i}$	c	t
$g_{1.4}$	0,7	0,2	0,14	2,00	-	-
$g_{9.1}$	0,67	0,6	0,40	0,67	0,80	2,10
$g_{9.2}$	0,4	0,5	0,20	0,80	1,86	4,90
$g_{9.3}$	0,3	0,3	0,09	1,33	-	-
$g_{9.4}$	0,3	0,3	0,09	1,33	-	-
$g_{9.5}$	0,3	0,6	0,18	0,67	1,77	4,67

$$c = c(0,3) = 0,80$$

$$t = t(0,3) = 2,1$$

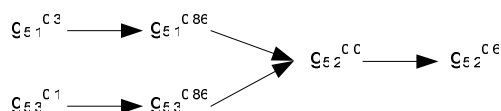
Uzyskanie kompetencji $g_{9.5}$ i $g_{9.6}$ z najmniejszym kosztem i czasem uzyskuje się w obu przypadkach rozszerzając tę samą kompetencję bazową $g_{9.1}$. Wystarczające jest podniesienie poziomu tej kompetencji bazowej do wartości 0,67 aby uzyskać obie brakujące kompetencje. Zaobserwować to można dokładnie na rysunku 5.4



Rysunek 5.4. Optymalny proces uzyskania kompetencji $g_{9.5}$ i $g_{9.6}$ przez zespół z_1

Tabela 5.14. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_3 o kompetencję $g_{5.2}$

$\psi(g_{5.2}) = 0,6; \gamma(g_{5.2}) = 0,8$						
Kompetencja bazowa – g_i	$\alpha(g_i)$	$r_{5.2,i}$	$\alpha(g_i) \cdot r_{5.2,i}$	$\gamma(g_{5.2})/r_{5.2,i}$	c	t
$g_{1.4}$	0,2	0,2	0,04	4,00	-	-
$g_{5.1}$	0,3	0,7	0,21	1,14	-	-
$g_{5.3}$	0,1	0,7	0,07	1,14	-	-
$g_{5.1} \oplus g_{5.3}$	0,1	0,93	0,09	0,86	3,78	9,60
$g_{5.1} \oplus g_{5.3} \oplus g_{1.4}$	0,1	1,00	0,10	0,80	4,73	12,00



Rysunek 5.5. Optymalny proces uzyskania kompetencji $g_{5.2}$ przez zespół z_1

$$c = c(0,86) - c(0,3) + c(0,86) - c(0,1) + c(0,6) = 3,78$$

$$t = t(0,86) - t(0,3) + t(0,86) - t(0,1) + t(0,6) = 9,6$$

Obliczenia kosztu rozszerzenia zbioru kompetencji zespołu z_3 o brakującą kompetencję $g_{5.2}$ wymaga podniesienia siły bazowej kompetencji $g_{5.1} \oplus g_{5.3}$ co uzyskiwane jest przez podniesienie poziomu sił obu kompetencji składowych do wartości 0,86.

Łączne koszty wypełnienia przez kandydujące zespoły wymagań odnośnie ich kompetencji do zarządzania projektem zebrane zostały w tabeli 5.15. Składają się na nie koszty tzw. wstępnej fazy rozszerzania kompetencji, czyli koszty zwiększenia sił posiadanych przez zespoły kompetencji typu (2) do poziomów pozwalających na przekształcenie w kompetencje typu (1). Drugim składnikiem kosztu rozszerzenia kompetencji są koszty związane z uzyskaniem brakujących kompetencji typu (3) poprzez zwiększanie sił kompetencji.

Tabela 5.15. Łączne koszty i czasy rozszerzenia kompetencji przez zespoły kandydujące

	Rozszerzenie kompetencji typu (2)		Rozszerzenie kompetencji typu (3)		Łącznie	
	c	t	c	t	c	t
z_1	2,66	7,00	6,48	22,68	9,14	48,6
z_2	1,60	3,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_3	11,62	29,50	3,78	9,6	15,4	39,1
z_4	0,90	2,40	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_5	3,50	17,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_6	1,27	2,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_7	0,64	1,40	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_8	8,06	18,60	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

n.o. – koszt nieokreślony

Określenie kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_2

W przypadku drugiego pakietu prac projektu e-Quality zakres prac obejmuje zagadnienia, dla których nie istnieją standardy bądź normy, którymi można by wesprzeć się w trakcie identyfikacji kompetencji wymaganych do jego zrealizowania. W związku z tym kompetencje zostały wyróżnione na drodze analizy eksperckiej zakresu planowanych prac w pakiecie.

Tabela 5.16. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_2

p_2 – Proces jakości w środowisku wielokulturowym	
Zakres prac	<ul style="list-style-type: none"> • Wykonanie analizy porównawczej jakości oraz zagadnień oceny w procesie edukacji w różnych kontekstach kulturowych (z ograniczeniem do szkolnictwa wyższego) • Określenie wpływu kontekstu kulturowego na implementację procesu jakości w usługach ODL (otwartego zdalnego nauczania) • Zidentyfikowanie czynników blokujących implementację jakości w usługach ODL • Zidentyfikowanie zbioru najlepszych praktyk • Zamodelowanie głównych procesów jakości w ODL z uwzględnieniem różnych kontekstów kulturowych i organizacyjnych oraz istniejących opracowań stworzonych przez światowe i europejskie instytucje standaryzujące • Zidentyfikowanie kryteriów i wskaźników jakości dla każdego z etapów modelowanego procesu (wejścia, wyjścia, zasobów)
Wymagane kompetencje $Tr(p_2)$	$g_{2.1}$ – wykonywanie analizy porównawczej $g_{2.2}$ – znajomość procesów edukacyjnych $g_{2.3}$ – znajomość zagadnień związanych z jakością $g_{2.4}$ – znajomość standardów i norm związanych z jakością $g_{2.5}$ – znajomość zagadnień ODL $g_{2.6}$ – modelowanie procesów $g_{2.7}$ – tworzenie baz najlepszych praktyk

Oprócz zidentyfikowania samych kompetencji na drodze analizy eksperckiej określono relacje pomiędzy nimi (tabela 5.17) oraz wymagane poziomy siły ψ i potencjału uzyskania ω (tabela 5.18).

Tabela 5.17. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_2)$

	$g_{2.1}$	$g_{2.2}$	$g_{2.3}$	$g_{2.4}$	$g_{2.5}$	$g_{2.6}$	$g_{2.7}$
$g_{2.1}$	1	0	0	0	0	0,1	0,1
$g_{2.2}$	0	1	0	0	0,4	0,1	0
$g_{2.3}$	0	0	1	0,6	0	0	0
$g_{2.4}$	0	0	0,6	1	0	0	0
$g_{2.5}$	0	0,4	0	0	1	0	0
$g_{2.6}$	0,1	0,1	0	0	0	1	0
$g_{2.7}$	0,1	0	0	0	0	0	1

Tabela 5.18. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_2)$ dla wszystkich zespołów kandydujących

Kompetencja	$\alpha(p_1)$	$\alpha(p_2)$	$\alpha(p_3)$	$\alpha(p_4)$	$\alpha(p_5)$	$\alpha(p_6)$	$\alpha(p_7)$	$\alpha(p_8)$	ψ	ω
$g_{2.1}$	0,1	0,6	0,6	0,4	0,1	-	-	-	0,7	0,2
$g_{2.2}$	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,8	0,6
$g_{2.3}$	0,1	0,7	0,8	0,4	0,4	0,5	0,1	0,5	0,7	0,7
$g_{2.4}$	-	0,8	0,8	0,4	0,2	0,3	-	0,3	0,6	0,3
$g_{2.5}$	0,6	0,7	0,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,8	0,3
$g_{2.6}$	0,1	0,4	0,5	0,1	0,1	-	-	0,2	0,5	0,5
$g_{2.7}$	0,1	0,5	0,4	0,4	-	-	-	0,1	0,5	0,2

W tabeli 5.18 oprócz wymaganych poziomów i potencjałów uzyskania kompetencji zawarto także poziomy kompetencji wymaganych w zbiorach kompetencji wszystkich zespołów kandydujących. Na tej podstawie poprzez porównanie istniejących poziomów kompetencji z wymaganiami możliwe jest określenie typu kompetencji posiadanych przez zespoły (patrz rozdział 3.4.3). Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące przedstawiono w tabeli 5.19.

Tabela 5.19. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_2

Zespół	Kompetencje
z_1	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{2.1}, g_{2.2}, g_{2.3}, g_{2.5}, g_{2.6}, g_{2.7}$
	typ (3): $g_{2.4}$
z_2	typ (1): $g_{2.3}, g_{2.4}, g_{2.7}$
	typ (2): $g_{2.1}, g_{2.2}, g_{2.5}, g_{2.6}$
	typ (3): \emptyset
z_3	typ (1): $g_{2.2}, g_{2.3}, g_{2.4}, g_{2.6}$
	typ (2): $g_{2.1}, g_{2.5}, g_{2.7}$
	typ (3): \emptyset
z_4	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{2.1}, g_{2.2}, g_{2.3}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{2.6}, g_{2.7}$
	typ (3): \emptyset
z_5	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{2.1}, g_{2.2}, g_{2.3}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{2.6}$
	typ (3): $g_{2.7}$
z_6	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{2.2}, g_{2.3}, g_{2.4}, g_{2.5}$
	typ (3): $g_{2.1}, g_{2.6}, g_{2.7}$
z_7	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{2.2}, g_{2.3}, g_{2.5}$
	typ (3): $g_{2.1}, g_{2.4}, g_{2.6}, g_{2.7}$
z_8	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{2.2}, g_{2.3}, g_{2.4}, g_{2.5}, g_{2.6}, g_{2.7}$
	typ (3): $g_{2.1}$

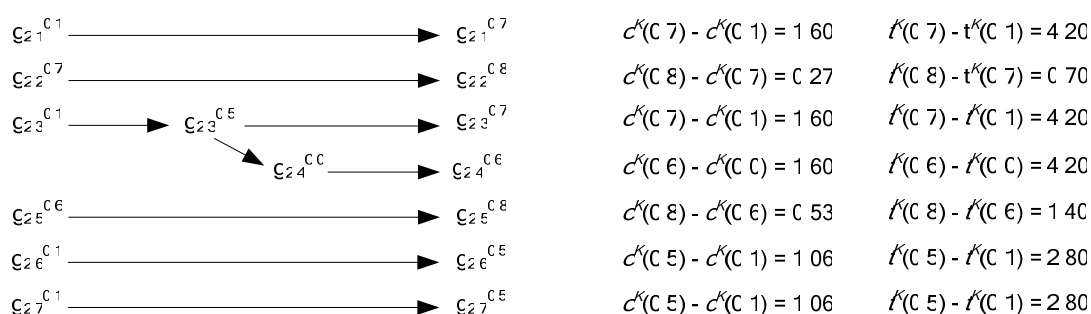
Z przeglądu zbiorów kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące wynika, iż w przypadku zespołów z_5, z_6, z_7, z_8 niemożliwe jest uzyskanie wszystkich kompetencji wymaganych. Wynika to z faktu, iż kompetencje typu (3) nie mogą być osiągnięte ze względu na brak relacji pomiędzy tymi kompetencjami a kompetencjami posiadanymi przez zespoły. Przyjmując interpretację zbioru kompetencji jako grafu skierowanego to uzasadnieniem tego faktu będzie niemożność wyznaczenia drogi łączącej którykolwiek z wierzchołków odzwierciedlający kompetencje typu (1) lub typu (2) z wierzchołkiem będącym kompetencją typu (3).

Obliczenia kosztu oraz czasu uzyskania wymaganych poziomów kompetencji typu (2) dla zespołów z_1, z_2, z_3, z_4 przedstawiono w tabeli 5.20.

Tabela 5.20. Analiza kosztu uzyskania kompetencji typu (2)

g_i	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_2)$	$\alpha(z_3)$	$\alpha(z_4)$	ψ	$c^K(z_1)$	$t^K(z_1)$	$c^K(z_2)$	$t^K(z_2)$	$c^K(z_3)$	$t^K(z_3)$	$c^K(z_4)$	$t^K(z_4)$
$g_{2.1}$	0,1	0,6	0,6	0,4	0,7	1,60	4,20	0,27	0,50	0,20	0,50	0,68	1,80
$g_{2.2}$	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,27	0,70	0,27	0,50	0,00	0,00	0,45	1,20
$g_{2.3}$	0,1	0,7	0,8	0,4	0,7	1,60	4,2	0,00	0	0,00	0	0,68	1,8
$g_{2.4}$	-	0,8	0,8	0,4	0,6	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	1,20
$g_{2.5}$	0,6	0,7	0,6	0,3	0,8	0,53	1,40	0,27	0,50	0,39	1,00	1,13	3,00
$g_{2.6}$	0,1	0,4	0,5	0,1	0,5	1,06	2,80	0,27	0,50	0,00	0,00	0,90	2,40
$g_{2.7}$	0,1	0,5	0,4	0,4	0,5	1,06	2,80	0,00	0,00	0,20	0,50	0,23	0,60
					$\Sigma =$	6,12	16,10	1,06	2,00	0,79	2,00	4,52	12,00

Spośród czterech zespołów będących w stanie uzyskać wszystkie wymagane kompetencje do zrealizowania pakietu prac p_2 tylko zespół z_1 posiada jedną kompetencję typu (3), którą jest kompetencja $g_{2.4}$ „znajomość standardów i norm związanych z jakością”. Jej uzyskanie możliwe jest w drodze podniesienia potencjału uzyskania tej kompetencji do wymaganego poziomu $\omega = 0,3$. Można to uzyskać poprzez wzmocnienie poziomu kompetencji $g_{2.3}$ z którą kompetencja $g_{2.4}$ jest w silnej relacji. Szczegóły procesu uzyskania kompetencji dla zespołu z_1 przedstawiono na rysunku 5.6.



Rysunek 5.6. Proces uzyskania kompetencji $Tr(p_2)$ przez zespół z_1

Podsumowanie wszystkich obliczeń znajduje się w tabeli 5.21 zawierającej wartości kosztu i czasu spełnienia wymagań odnośnie kompetencji koniecznych do zrealizowania pakietu prac p_2 .

Tabela 5.21. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_2

	Rozszerzenie kompetencji typu (2)		Rozszerzenie kompetencji typu (3)		Łącznie	
	c^K	t^K	c^K	t^K	c^K	t^K
z_1	6,12	16,10	1,60	4,20	7,71	20,30
z_2	1,06	2,00	0,00	0,00	1,06	2,00
z_3	0,79	2,00	0,00	0,00	0,79	2,00
z_4	4,52	12,00	0,00	0,00	4,52	12,00
z_5	2,20	11,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_6	3,82	6,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_7	4,13	9,10	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_8	4,94	11,40	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

Procedura obliczenia kosztów i czasów uzyskania kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietów prac p_3, p_4, p_5, p_6 i p_7 jest we wszystkich tych przypadkach analogiczna do procedury przedstawionej dla pakietu p_2 . W związku z tym, dla pozostałych pakietów prac projektu, autor ograniczy się do zamieszczenia wyłącznie tabel z danymi bez dodatkowych opisów i komentarzy, gdyż wszystkie czynności powtarzają się w sposób analogiczny.

Określenie kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_3

Tabela 5.22. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_3

p_3 – Opracowanie głównych dokumentów i zasobów	
Zakres prac	<ul style="list-style-type: none"> Wykonanie wewnętrznej ewaluacji rezultatów pakietu p_2 Stworzenie wspólnej platformy metodologicznej uwzględniającej różnice kulturowe w procesie edukacyjnym Zaprojektowanie systemu e-LUP (e-Learning Unified Process) Stworzenie Ogólnego Diagramu Procesu Jakości oraz wytycznych do jego implementacji Zaprojektowanie i zaimplementowanie bazy najlepszych praktyk
Wymagane kompetencje	$g_{3.1}$ – ewaluacja wyników prac projektowych $g_{3.2}$ – znajomość procesów edukacyjnych $g_{3.3}$ – znajomość zagadnień związanych z jakością $g_{3.4}$ – znajomość standardów i norm związanych z jakością $g_{3.5}$ – znajomość zagadnień ODL $g_{3.6}$ – modelowanie procesów $g_{3.7}$ – implementowanie baz najlepszych praktyk $g_{3.8}$ – projektowanie systemów informatycznych

Tabela 5.23. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_3)$

	$g_{3.1}$	$g_{3.2}$	$g_{3.3}$	$g_{3.4}$	$g_{3.5}$	$g_{3.6}$	$g_{3.7}$	$g_{3.8}$
$g_{3.1}$	1	0	0	0	0	0	0	0
$g_{3.2}$	0	1	0	0	0,4	0,1	0	0
$g_{3.3}$	0	0	1	0,6	0	0	0	0
$g_{3.4}$	0	0	0,6	1	0	0	0	0
$g_{3.5}$	0	0,4	0	0	1	0	0	0,1
$g_{3.6}$	0	0,1	0	0	0	1	0	0
$g_{3.7}$	0	0	0	0	0	0	1	0,2
$g_{3.8}$	0	0	0	0	0,1	0	0,2	1

Tabela 5.24. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_3)$ dla wszystkich zespołów kandydujących

Kompetencja	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_2)$	$\alpha(z_3)$	$\alpha(z_4)$	$\alpha(z_5)$	$\alpha(z_6)$	$\alpha(z_7)$	$\alpha(z_8)$	ψ	ω
$g_{3.1}$	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2
$g_{3.2}$	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,8	0,6
$g_{3.3}$	0,1	0,7	0,8	0,4	0,4	0,5	0,1	0,5	0,6	0,7
$g_{3.4}$	-	0,8	0,8	0,4	0,2	0,3	-	0,3	0,7	0,3
$g_{3.5}$	0,6	0,7	0,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,8	0,3
$g_{3.6}$	0,1	0,4	0,5	0,1	0,1	-	-	0,2	0,3	0,5
$g_{3.7}$	0,2	0,6	0,3	0,2	-	-	-	0,1	0,5	0,5
$g_{3.8}$	0,1	0,5	0,2	0,3	0,7	0,3	0,6	-	0,7	0,7

Tabela 5.25. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_3

Zespół	Kompetencje
z_1	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{3.1}, g_{3.2}, g_{3.3}, g_{3.5}, g_{3.6}, g_{3.7}, g_{3.8}$
	typ (3): $g_{3.4}$
z_2	typ (1): $g_{3.1}, g_{3.3}, g_{3.4}, g_{3.5}, g_{3.6}, g_{3.7}$
	typ (2): $g_{3.2}, g_{3.8}$
	typ (3): \emptyset
z_3	typ (1): $g_{3.1}, g_{3.2}, g_{3.3}, g_{3.4}, g_{3.6}$
	typ (2): $g_{3.5}, g_{3.7}, g_{3.8}$
	typ (3): \emptyset
z_4	typ (1): $g_{3.1}$
	typ (2): $g_{3.2}, g_{3.3}, g_{3.4}, g_{3.5}, g_{3.6}, g_{3.7}, g_{3.8}$
	typ (3): \emptyset
z_5	typ (1): $g_{3.8}$
	typ (2): $g_{3.1}, g_{3.2}, g_{3.3}, g_{3.4}, g_{3.5}, g_{3.6}$
	typ (3): $g_{3.7}$
z_6	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{3.1}, g_{3.2}, g_{3.3}, g_{3.4}, g_{3.5}, g_{3.8}$
	typ (3): $g_{3.6}, g_{3.7}$
z_7	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{3.1}, g_{3.2}, g_{3.3}, g_{3.5}, g_{3.8}$
	typ (3): $g_{3.4}, g_{3.6}, g_{3.7}$
z_8	typ (1): $g_{3.1}$
	typ (2): $g_{3.2}, g_{3.3}, g_{3.4}, g_{3.5}, g_{3.6}, g_{3.7}$
	typ (3): $g_{3.8}$

Tabela 5.26. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_3

	Rozszerzenie kompetencji typu (2)		Rozszerzenie kompetencji typu (3)		Łącznie	
	c^k	t^k	c^k	t^k	c^k	t^k
z_1	5,32	14,00	1,86	4,90	7,18	18,90
z_2	0,80	1,50	0,00	0,00	0,80	1,50
z_3	1,77	4,50	0,00	0,00	1,77	4,50
z_4	4,75	12,60	0,00	0,00	4,75	12,60
z_5	1,50	7,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_6	5,41	8,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_7	4,45	9,80	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_8	4,42	10,20	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

Określenie kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_4

Tabela 5.27. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_4

p_4 – Zaprojektowanie materiałów szkoleniowych	
Zakres prac	<ul style="list-style-type: none"> • Wykonanie wewnętrznej ewaluacji rezultatów pakietu p_3 • Stworzenie dwóch zestawów materiałów szkoleniowych oraz wydanie ich w formie elektronicznej i drukowanej, obejmujących: <ul style="list-style-type: none"> - bazujące na e-LUP podręczniki nt. jakości w ODL - podręcznik dla prowadzących szkolenia przygotowany w oparciu o Ogólny Diagram Procesu Jakości
Wymagane kompetencje	$g_{4.1}$ – ewaluacja wyników prac projektowych $g_{4.2}$ – znajomość procesów edukacyjnych $g_{4.3}$ – znajomość zagadnień związanych z jakością $g_{4.4}$ – znajomość standardów i norm związanych z jakością $g_{4.5}$ – znajomość zagadnień ODL $g_{4.6}$ – opracowywanie treści materiałów szkoleniowych $g_{4.7}$ – redagowanie materiałów szkoleniowych

Tabela 5.28. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_4)$

	$g_{4.1}$	$g_{4.2}$	$g_{4.3}$	$g_{4.4}$	$g_{4.5}$	$g_{4.6}$	$g_{4.7}$
$g_{4.1}$	1	0	0	0	0	0	0
$g_{4.2}$	0	1	0	0	0,4	0,2	0,3
$g_{4.3}$	0	0	1	0,6	0	0	0
$g_{4.4}$	0	0	0,6	1	0	0	0
$g_{4.5}$	0	0,4	0	0	1	0,2	0,2
$g_{4.6}$	0	0,2	0	0	0,2	1	0,6
$g_{4.7}$	0	0,3	0	0	0,2	0,6	1

Tabela 5.29. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_4)$ dla wszystkich zespołów kandydujących

Kompetencja	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_2)$	$\alpha(z_3)$	$\alpha(z_4)$	$\alpha(z_5)$	$\alpha(z_6)$	$\alpha(z_7)$	$\alpha(z_8)$	ψ	ω
$g_{4.1}$	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2
$g_{4.2}$	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
$g_{4.3}$	0,1	0,7	0,8	0,4	0,4	0,5	0,1	0,5	0,5	0,7
$g_{4.4}$	-	0,8	0,8	0,4	0,2	0,3	-	0,3	0,3	0,3
$g_{4.5}$	0,6	0,7	0,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3
$g_{4.6}$	-	0,3	0,1	0,5	-	-	-	-	0,8	0,4
$g_{4.7}$	-	0,1	0,1	0,5	-	-	-	-	0,7	0,2

Tabela 5.30. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_4

Zespół	Kompetencje
z_1	typ (1): $g_{4.2}, g_{4.5}$
	typ (2): $g_{4.1}, g_{4.3}$
	typ (3): $g_{4.4}, g_{4.6}, g_{4.7}$
z_2	typ (1): $g_{4.1}, g_{4.2}, g_{4.3}, g_{4.4}, g_{4.5}$
	typ (2): $g_{4.6}, g_{4.7}$
	typ (3): \emptyset
z_3	typ (1): $g_{4.1}, g_{4.2}, g_{4.3}, g_{4.4}, g_{4.5}$
	typ (2): $g_{4.6}, g_{4.7}$
	typ (3): \emptyset
z_4	typ (1): $g_{4.1}, g_{4.2}, g_{4.4}$
	typ (2): $g_{4.3}, g_{4.5}, g_{4.6}, g_{4.7}$
	typ (3): \emptyset
z_5	typ (1): $g_{4.2}, g_{4.5}$
	typ (2): $g_{4.1}, g_{4.3}, g_{4.4}$
	typ (3): $g_{4.6}, g_{4.7}$
z_6	typ (1): $g_{4.2}, g_{4.3}, g_{4.4}, g_{4.5}, g_{4.6}, g_{4.7}$
	typ (2): $g_{4.1}$
	typ (3): $g_{4.6}, g_{4.7}$
z_7	typ (1): $g_{4.2}, g_{4.5}$
	typ (2): $g_{4.1}, g_{4.3},$
	typ (3): $g_{4.4}, g_{4.6}, g_{4.7}$
z_8	typ (1): $g_{4.1}, g_{4.2}, g_{4.3}, g_{4.4}, g_{4.5}$
	typ (2): \emptyset
	typ (3): $g_{4.6}, g_{4.7}$

Tabela 5.31. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_4

	Rozszerzenie kompetencji typu (2)		Rozszerzenie kompetencji typu (3)		Łącznie	
	c^K	t^K	c^K	t^K	c^K	t^K
z_1	1,33	3,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_2	2,93	5,50	0,00	0,00	2,93	5,50
z_3	2,56	6,50	0,00	0,00	2,56	6,50
z_4	1,81	4,80	0,00	0,00	1,81	4,80
z_5	0,30	1,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_6	0,32	0,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_7	1,59	3,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_8	0,00	0,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

Określenie kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_5

Tabela 5.32. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_5

p_5 – Sesje szkoleniowe i ewaluacja	
Zakres prac	<ul style="list-style-type: none"> • Wykonanie wewnętrznej ewaluacji rezultatów pakietu z_4 • Zorganizowanie pilotażowych sesji szkoleniowych w każdym z krajów uczestniczących w konsorcjum projektowym • Opracowanie raportu na temat pytań lub niejasności powstałych w trakcie szkoleń • Ocena wyników wszystkich wykonanych sesji szkoleniowych
Wymagane kompetencje	$g_{5.1}$ – ewaluacja wyników prac projektowych $g_{5.2}$ – znajomość procesów edukacyjnych $g_{5.3}$ – znajomość zagadnień związanych z jakością $g_{5.4}$ – znajomość standardów i norm związanych z jakością $g_{5.5}$ – znajomość zagadnień ODL $g_{5.6}$ – przeprowadzanie ankiet $g_{5.7}$ – analiza danych otrzymywanych z ankiet $g_{5.8}$ – prowadzenie szkoleń w sposób klasyczny $g_{5.9}$ – prowadzenie szkoleń w sposób zdalny

Tabela 5.33. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_5)$

	$g_{5.1}$	$g_{5.2}$	$g_{5.3}$	$g_{5.4}$	$g_{5.5}$	$g_{5.6}$	$g_{5.7}$	$g_{5.8}$	$g_{5.9}$
$g_{5.1}$	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$g_{5.2}$	0	1	0	0	0,4	0	0	0,1	0,1
$g_{5.3}$	0	0	1	0,6	0	0	0	0	0
$g_{5.4}$	0	0	0,6	1	0	0	0	0	0
$g_{5.5}$	0	0,4	0	0	1	0	0	0,1	0,1
$g_{5.6}$	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0
$g_{5.7}$	0	0	0	0	0	0,5	1	0	0
$g_{5.8}$	0	0,1	0	0	0,1	0	0	1	0,5
$g_{5.9}$	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,5	1

Tabela 5.34. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_5)$ dla wszystkich zespołów kandydujących

Kompetencja	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_2)$	$\alpha(z_3)$	$\alpha(z_4)$	$\alpha(z_5)$	$\alpha(z_6)$	$\alpha(z_7)$	$\alpha(z_8)$	ψ	ω
$g_{5.1}$	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2
$g_{5.2}$	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
$g_{5.3}$	0,1	0,7	0,8	0,4	0,4	0,5	0,1	0,5	0,4	0,7
$g_{5.4}$	-	0,8	0,8	0,4	0,2	0,3	-	0,3	0,4	0,3
$g_{5.5}$	0,6	0,7	0,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
$g_{5.6}$	-	-	-	-	-	0,2	-	0,3	0,5	0,4
$g_{5.7}$	-	-	-	-	0,5	0,1	-	0,5	0,5	0,5
$g_{5.8}$	-	0,5	0,6	0,5	0,3	0,3	-	0,4	0,6	0,3
$g_{5.9}$	-	0,6	0,8	0,6	0,1	0,2	-	0,4	0,6	0,3

Tabela 5.35. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_5

Zespół	Kompetencje
z_1	typ (1): $g_{5.2}, g_{5.5}$
	typ (2): $g_{5.1}, g_{5.3}$
	typ (3): $g_{5.4}, g_{5.6}, g_{5.7}, g_{5.8}, g_{5.9}$
z_2	typ (1): $g_{5.1}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{5.4}, g_{5.5}, g_{5.9}$
	typ (2): $g_{5.8}$
	typ (3): $g_{5.6}, g_{5.7}$
z_3	typ (1): $g_{5.1}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{5.4}, g_{5.5}, g_{5.8}, g_{5.9}$
	typ (2): \emptyset
	typ (3): $g_{5.6}, g_{5.7}$
z_4	typ (1): $g_{5.1}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{5.4}, g_{5.9}$
	typ (2): $g_{5.5}, g_{5.8}$
	typ (3): $g_{5.6}, g_{5.7}$
z_5	typ (1): $g_{5.2}, g_{5.3}, g_{5.5}, g_{5.7}$
	typ (2): $g_{5.1}, g_{5.4}, g_{5.8}, g_{5.9}$
	typ (3): $g_{5.6}$
z_6	typ (1): $g_{5.2}, g_{5.3}, g_{5.5}$
	typ (2): $g_{5.1}, g_{5.4}, g_{5.6}, g_{5.7}, g_{5.8}, g_{5.9}$
	typ (3): \emptyset
z_7	typ (1): $g_{5.2}, g_{5.5}$
	typ (2): $g_{5.1}, g_{5.3}$
	typ (3): $g_{5.4}, g_{5.6}, g_{5.7}, g_{5.8}, g_{5.9}$
z_8	typ (1): $g_{5.1}, g_{5.2}, g_{5.3}, g_{5.5}, g_{5.7}$
	typ (2): $g_{5.4}, g_{5.6}, g_{5.8}, g_{5.9}$
	typ (3): \emptyset

Tabela 5.36. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_5

	Rozszerzenie kompetencji typu (2)		Rozszerzenie kompetencji typu (3)		Łącznie	
	c^K	t^K	c^K	t^K	c^K	t^K
z_1	1,06	2,80	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_2	0,27	0,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_3	0,00	0,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_4	0,45	1,20	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_5	1,10	5,50	0,80	4,00	1,90	9,50
z_6	5,09	8,00	0,00	0,00	5,09	8,00
z_7	1,27	2,80	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_8	1,82	4,20	0,00	0,00	1,82	4,20

Określenie kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_6

Tabela 5.37. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_6

p_6 – Walidacja metodologii	
Zakres prac	<ul style="list-style-type: none"> Wykonanie wewnętrznej ewaluacji rezultatów pakietu z_5 Ocena wpływu materiałów szkoleniowych oraz szkoleń na poprawę jakości zdalnego nauczania Ocena możliwości zastosowania w rzeczywistości opracowanych metodologii i narzędzi
Wymagane kompetencje	$g_{6.1}$ – ewaluacja wyników prac projektowych $g_{6.2}$ – znajomość procesów edukacyjnych $g_{6.3}$ – znajomość zagadnień związanych z jakością $g_{6.4}$ – znajomość standardów i norm związanych z jakością $g_{6.5}$ – znajomość zagadnień ODL $g_{6.6}$ – przeprowadzanie ankiet $g_{6.7}$ – analiza danych otrzymywanych z ankiet $g_{6.8}$ – walidacja metod w oparciu o ankietowanie

Tabela 5.38. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_6)$

	$g_{6.1}$	$g_{6.2}$	$g_{6.3}$	$g_{6.4}$	$g_{6.5}$	$g_{6.6}$	$g_{6.7}$	$g_{6.8}$
$g_{6.1}$	1	0	0	0	0	0	0	0
$g_{6.2}$	0	1	0	0	0,4	0	0	0
$g_{6.3}$	0	0	1	0,6	0	0	0	0
$g_{6.4}$	0	0	0,6	1	0	0	0	0
$g_{6.5}$	0	0,4	0	0	1	0	0	0
$g_{6.6}$	0	0	0	0	0	1	0,5	0,2
$g_{6.7}$	0	0	0	0	0	0,5	1	0,4
$g_{6.8}$	0	0	0	0	0	0,2	0,4	1

Tabela 5.39. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_6)$ dla wszystkich zespołów kandydujących

Kompetencja	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_2)$	$\alpha(z_3)$	$\alpha(z_4)$	$\alpha(z_5)$	$\alpha(z_6)$	$\alpha(z_7)$	$\alpha(z_8)$	ψ	ω
$g_{6.1}$	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,2
$g_{6.2}$	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6
$g_{6.3}$	0,1	0,7	0,8	0,4	0,4	0,5	0,1	0,5	0,3	0,7
$g_{6.4}$	-	0,8	0,8	0,4	0,2	0,3	-	0,3	0,2	0,3
$g_{6.5}$	0,6	0,7	0,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3
$g_{6.6}$	-	-	-	-	-	0,2	-	0,3	0,5	0,4
$g_{6.7}$	-	-	-	-	0,5	0,1	-	0,5	0,5	0,5
$g_{6.8}$	-	-	-	-	0,1	0,8	-	-	0,8	0,3

Tabela 5.40. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_6

Zespół	Kompetencje
z_1	typ (1): $g_{6.2}, g_{6.5}$
	typ (2): $g_{6.1}, g_{6.3}$
	typ (3): $g_{6.4}, g_{6.6}, g_{6.7}, g_{6.8}$
z_2	typ (1): $g_{6.1}, g_{6.2}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{6.5}$
	typ (2): \emptyset
	typ (3): $g_{6.6}, g_{6.7}, g_{6.8}$
z_3	typ (1): $g_{6.1}, g_{6.2}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{6.5}$
	typ (2): \emptyset
	typ (3): $g_{6.6}, g_{6.7}, g_{6.8}$
z_4	typ (1): $g_{6.1}, g_{6.2}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{6.5}$
	typ (2): \emptyset
	typ (3): $g_{6.6}, g_{6.7}, g_{6.8}$
z_5	typ (1): $g_{6.2}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{6.5}, g_{6.7}$
	typ (2): $g_{6.1}, g_{6.8}$
	typ (3): $g_{6.6}$
z_6	typ (1): $g_{6.2}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{6.5}, g_{6.8}$
	typ (2): $g_{6.1}, g_{6.6}, g_{6.7}$
	typ (3): \emptyset
z_7	typ (1): $g_{6.2}, g_{6.5}$
	typ (2): $g_{6.1}, g_{6.3}, g_{6.8}$
	typ (3): $g_{6.4}, g_{6.6}, g_{6.7}$
z_8	typ (1): $g_{6.1}, g_{6.2}, g_{6.3}, g_{6.4}, g_{6.5}, g_{6.7}$
	typ (2): $g_{6.6}$
	typ (3): $g_{6.8}$

Tabela 5.41. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_6

	Rozszerzenie kompetencji typu (2)		Rozszerzenie kompetencji typu (3)		Łącznie	
	c^K	t^K	c^K	t^K	c^K	t^K
z_1	0,80	2,10	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_2	0,00	0,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_3	0,00	0,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_4	0,00	0,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_5	0,80	4,00	0,67	3,35	1,47	7,35
z_6	2,54	4,00	0,00	0	2,54	4,00
z_7	3,50	7,70	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_8	0,52	1,20	2,60	6	3,12	7,20

Określenie kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_7

Tabela 5.42. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_7

p_7 – Komunikacja i rozpowszechnianie rezultatów	
Zakres prac	<ul style="list-style-type: none"> • Stworzenie strategii rozpowszechniania rezultatów projektu dążącej do podniesienia świadomości nt. zagadnień jakości w ODL w Europie. • Rozpowszechnianie wyników poprzez stronę internetową zawierającą dział FAQ (najczęściej zadawane pytania) oraz forum dyskusyjne nt. jakości w ODL. Wszystkie rezultaty projektu będą dostępne w języku angielskim i francuskim.
Wymagane kompetencje	$g_{7.1}$ – planowanie komunikacji zewnętrznej $g_{7.2}$ – prowadzenia komunikacji zewnętrznej $g_{7.3}$ – produkcja materiałów informacyjnych $g_{7.4}$ – projektowanie internetowych serwisów informacyjnych $g_{7.5}$ – tworzenie internetowych serwisów informacyjnych

Tabela 5.43. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_7)$

	$g_{7.1}$	$g_{7.2}$	$g_{7.3}$	$g_{7.4}$	$g_{7.5}$
$g_{7.1}$	1	0,7	0,3	0,3	0
$g_{7.2}$	0,7	1	0,3	0,2	0
$g_{7.3}$	0,3	0,3	1	0,1	0
$g_{7.4}$	0,3	0,2	0,1	1	0,4
$g_{7.5}$	0	0	0	0,4	1

Tabela 5.44. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_7)$ dla wszystkich zespołów kandydujących

Kompetencja	$\alpha(z_1)$	$\alpha(z_2)$	$\alpha(z_3)$	$\alpha(z_4)$	$\alpha(z_5)$	$\alpha(z_6)$	$\alpha(z_7)$	$\alpha(z_8)$	ψ	ω
$g_{7.1}$	0,3	-	0,2	-	-	-	0,6	0,3	0,5	0,5
$g_{7.2}$	0,3	-	0,1	-	-	-	0,7	0,2	0,5	0,4
$g_{7.3}$	0,6	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,8	0,4	0,6	0,4
$g_{7.4}$	-	0,2	0,1	0,7	0,8	0,1	0,5	0,2	0,4	0,5
$g_{7.5}$	0,1	-	0,1	0,7	0,8	-	0,7	-	0,4	0,7

Tabela 5.45. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_7

Zespół	Kompetencje
z_1	typ (1): $g_{7.3}$
	typ (2): $g_{7.1}, g_{7.2}, g_{7.5}$
	typ (3): $g_{7.4}$
z_2	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{7.3}, g_{7.4}$
	typ (3): $g_{7.1}, g_{7.2}, g_{7.5}$
z_3	typ (1): \emptyset
	typ (2): $g_{7.1}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{7.5}$
	typ (3): \emptyset

z_4	typ (1):	$g_{7.4}, g_{7.5}$
	typ (2):	$g_{7.3}$
	typ (3):	$g_{7.1}, g_{7.2}$
z_5	typ (1):	$g_{7.4}, g_{7.5}$
	typ (2):	$g_{7.3}$
	typ (3):	$g_{7.1}, g_{7.2}$
z_6	typ (1):	\emptyset
	typ (2):	$g_{7.3}, g_{7.4}$
	typ (3):	$g_{7.1}, g_{7.2}, g_{7.5}$
z_7	typ (1):	$g_{7.1}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}, g_{7.5}$
	typ (2):	\emptyset
	typ (3):	\emptyset
z_8	typ (1):	\emptyset
	typ (2):	$g_{7.1}, g_{7.2}, g_{7.3}, g_{7.4}$
	typ (3):	$g_{7.5}$

Tabela 5.46. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_7

	Rozszerzenie kompetencji typu (2)		Rozszerzenie kompetencji typu (3)		Łącznie	
	c^K	t^K	c^K	t^K	c^K	t^K
z_1	1,86	4,90	2,39	6,30	4,26	11,20
z_2	1,33	2,50	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_3	3,15	8,00	0,00	0,00	3,15	8,00
z_4	0,23	0,60	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_5	0,20	1,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_6	1,91	3,00	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
z_7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
z_8	2,34	5,40	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

5.5. Preselekcja zespołów do zadań

Zawarte w poprzednim podrozdziale obliczenia kosztów oraz czasów uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiety prac projektu wykonane dla każdego zespołu wykazały, iż nie każdy z zespołów jest w stanie podjąć się koordynacji każdego pakietu prac. Wynika to z niemożności określenia kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych dla danego pakietu prac. Wszystkie wartości kosztów dla danego zadania zebrane są w tabeli 5.47 natomiast wartości czasów znajdują się w tabeli 5.48.

Tabela 5.47. Koszty uzyskania kompetencji potrzebnych do zrealizowania poszczególnych pakietów prac projektu – $c^K(Sk(z_j), Tr(p_i))$

	$Tr(p_1)$	$Tr(p_2)$	$Tr(p_3)$	$Tr(p_4)$	$Tr(p_5)$	$Tr(p_6)$	$Tr(p_7)$
$Sk(z_1)$	11,28	7,71	7,18	n.o.	n.o.	n.o.	4,26
$Sk(z_2)$	n.o.	1,06	0,80	2,93	n.o.	n.o.	n.o.
$Sk(z_3)$	15,41	0,79	1,77	2,56	n.o.	n.o.	3,15
$Sk(z_4)$	n.o.	4,52	4,75	1,81	n.o.	n.o.	n.o.
$Sk(z_5)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,90	1,47	n.o.
$Sk(z_6)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	5,09	2,54	n.o.
$Sk(z_7)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,00
$Sk(z_8)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,82	3,12	n.o.

Tabela 5.48. Czasy uzyskania kompetencji potrzebnych do zrealizowania poszczególnych pakietów prac projektu – $t^K(Sk(z_j), Tr(p_i))$

	$Tr(p_1)$	$Tr(p_2)$	$Tr(p_3)$	$Tr(p_4)$	$Tr(p_5)$	$Tr(p_6)$	$Tr(p_7)$
$Sk(z_1)$	29,68	20,03	18,90	n.o.	n.o.	n.o.	11,20
$Sk(z_2)$	n.o.	2,00	1,50	5,50	n.o.	n.o.	n.o.
$Sk(z_3)$	39,10	2,00	4,50	6,50	n.o.	n.o.	8,00
$Sk(z_4)$	n.o.	12,00	12,60	4,80	n.o.	n.o.	n.o.
$Sk(z_5)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	9,50	7,35	n.o.
$Sk(z_6)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	8,00	4,00	n.o.
$Sk(z_7)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,00
$Sk(z_8)$	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	4,20	7,20	n.o.

Na podstawie danych zebranych w tabelach 5.47 i 5.48 możliwe jest określenie liczby wszystkich możliwych wariantów utworzenia konsorcjum projektowego z uwzględnieniem zdolności poszczególnych zespołów kandydujących do wykonania zadań związanych z danym pakietem prac. Do pakietu prac może być przyporządkowany wyłącznie zespół dla którego możliwe było znalezienie określonej wartości funkcji czasu i kosztu uzyskania kompetencji. W związku z tym dla pakietu z_1 istnieją tylko dwa możliwe przyporządkowania, dla z_2 cztery, z_3 cztery, z_4 trzy, z_5 trzy, z_6 trzy i z_8 także trzy. Łącznie daje to $2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = 2.592$ możliwe warianty utworzenia konsorcjum projektowego. Jest to znaczna redukcja w porównaniu do 2.097.152 pierwotnych wariantów.

5.6. Redukcja liczby wariantów konsorcjum

Pomimo zredukowania liczby możliwych wariantów przyporządkowania w wyniku preselekcji zespołów do zadań liczba wszystkich możliwych wariantów utworzenia konsorcjum jest w dalszym ciągu bardzo duża z punktu możliwości wykorzystania metody AHP wymagającej porównania wszystkich wariantów parami ze sobą. Wykonanie z udziałem decydenta 2592^2 porównań wariantów decyzyjnych jest bardzo pracochłonne i niemożliwe do wykonania w rozsądnie krótkim czasie. Stwarza to w związku z tym konieczność dalszej redukcji liczby wariantów decyzyjnych.

Zgodnie z zaprezentowaną w rozdziale 3.4 metodą redukcja liczby wariantów może być wykonana w oparciu o zbiór ograniczeń. Odpowiednio dobrany zbiór ograniczeń, który ponadto odzwierciedla wymagania stawiane projektom w danym programie finansowania, umożliwia znaczną redukcję liczby możliwych wariantów konsorcjum.

Na potrzeby przykładu wybrano pięć ograniczeń. Pierwsze dwa z nich wymagają obliczenia łącznego kosztu i czasu uzyskania wymaganych kompetencji dla wariantów przyporządkowania. Można to zrealizować wykorzystując model obliczania kosztu i czasu przedstawiony w rozdziale 2.4.4 oraz dane z tabelach 5.47 i 5.48.

Wszystkie koszty i czasy przedstawione w tabelach 5.47 i 5.48 obliczone zostały dla zbiorów kompetencji zespołów $Sk(z_j, s_1)$ w pierwszym, początkowym stanie projektu, czyli określonych przed fazą realizacji projektu. Dokładne obliczenia kosztu i czasu wymaga jednak uwzględnienia zjawiska rozszerzania się zbiorów kompetencji zespołów w

trakcie realizacji projektu. W powyższym przykładzie zbiory kompetencji wymaganych $Tr(z_i)$ nie są rozłączne. Przegląd tych zbiorów wykazuje, iż część tych samych kompetencji występuje w większości pakietów prac. Przykładowo można wyróżnić grupę składającą się z czterech kompetencji („znajomość procesów edukacyjnych”, „znajomość zagadnień związanych z jakością”, „znajomość standardów i norm związanych z jakością”, „znajomość zagadnień ODL”), która powtarza się w pięciu ze wszystkich siedmiu pakietów prac. Szczegółowo nierozłączność zbiorów kompetencji wymaganych przedstawiono na rysunku 5.7.

$Tr(p_2)$	$Tr(p_3)$	$Tr(p_4)$	$Tr(p_5)$	$Tr(p_6)$
$g_{2.1}$	$g_{3.1} = g_{4.1} = g_{5.1} = g_{6.1}$			
$g_{2.2} = g_{3.2} = g_{4.2} = g_{5.2} = g_{6.2}$				
$g_{2.3} = g_{3.3} = g_{4.3} = g_{5.3} = g_{6.3}$				
$g_{2.4} = g_{3.4} = g_{4.4} = g_{5.4} = g_{6.4}$				
$g_{2.5} = g_{3.5} = g_{4.5} = g_{5.5} = g_{6.5}$				
$g_{2.6} = g_{3.6}$		$g_{4.6}$	$g_{5.6} = g_{6.6}$	
$g_{2.7}$	$g_{3.7}$	$g_{4.7}$	$g_{5.7} = g_{6.7}$	
	$g_{3.8}$		$g_{5.8}$	$g_{6.8}$
			$g_{5.9}$	

Rysunek 5.7. Ilustracja nierozłączności zbiorów kompetencji wymaganych

W związku z posiadaniem części wspólnych przez zbiory $Tr(p_i)$ do obliczania łącznego kosztu i czasu uzyskania kompetencji dla danego wariantu składu konsorcjum należy użyć model uwzględniający zmiany zbiorów kompetencji w poszczególnych stanach projektu (patrz rozdział 3.5).

Znalezienie zbiorów kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące we wszystkich stanach projektu i dla wszystkich rozpatrywanych wariantów wiąże się z dużą ilością dodatkowych obliczeń. W związku z tym warto przeanalizować zależności pomiędzy pakietami pracy w celu ograniczenia liczby koniecznych obliczeń.

Jak wynika z rysunku 5.7 można wyróżnić cztery odrębne przekroje dla wszystkich siedmiu zbiorów $Tr(p_i)$:

- 1) $Tr(p_3) \cap Tr(p_4) \cap Tr(p_5) \cap Tr(p_6) \neq \emptyset$
- 2) $Tr(p_2) \cap Tr(p_3) \cap Tr(p_4) \cap Tr(p_5) \cap Tr(p_6) \neq \emptyset$
- 3) $Tr(p_2) \cap Tr(p_3) \neq \emptyset$
- 4) $Tr(p_5) \cap Tr(p_6) \neq \emptyset$

Następnie przeanalizujemy sytuację w kolejnych stanach projektu.

Analiza zmiany zbiorów kompetencji zespołów w stanie s_2

W stanie s_2 kończy się pakiet prac p_2 i rozpoczyna p_4 . Zbiory kompetencji wymagane do zrealizowania tych zadań posiadają część wspólną złożoną z czterech kompetencji, w związku z tym w przypadkach gdyby koordynację tych pakietów prac powierzono temu samemu zespołowi należy obliczyć nową wartość kosztu $c^K(Sk(z_j), Tr(p_4))$ oraz czasu $t^K(Sk(z_j), Tr(p_4))$ z uwzględnieniem zmiany poziomu kompetencji wspólnych. Z ograni-

czenia określoności kosztu i czasu uzyskania kompetencji wynika, iż oba te pakiety prac mogą być przekazane do wyłącznej koordynacji tylko zespołom z_2, z_3 lub z_4 (tabela 5.47 i 5.48). W przypadku zespołów z_2 i z_3 poziomy kompetencji ze zbioru wspólnego spełniają wymagania określone dla pakietu prac p_4 (czyli są kompetencjami typu (1)). W związku z tym ewentualne wzmocnienie poziomu tych kompetencji w trakcie realizacji wcześniejszego pakietu prac p_2 nie wpłynie na koszt uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_4 . Sytuacja taka nie występuje jednak w przypadku zespołu z_4 . Konieczne jest więc określenie zbioru kompetencji tego zespołu w stanie s_2 i ponowne obliczenie czasu i kosztu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_4 .

W stanie s_1 zbiór kompetencji zespołu z_4 przedstawia się następująco:

$$Sk(z_4, s_1) = (g_{2,1}^{0,4}, g_{2,2}^{0,6}, g_{2,3}^{0,4}, g_{2,4}^{0,4}, g_{2,5}^{0,3}, g_{2,6}^{0,1}, g_{2,7}^{0,4})$$

W stanie s_2 w przypadku zrealizowania pakietu prac p_2 zbiór ten „wzmacnia się” w wyniku spełnienia wymagań określonych przez zbiór $Tr(p_2)$:

$$Sk(z_4, s_2) = (g_{2,1}^{0,7}, g_{2,2}^{0,8}, g_{2,3}^{0,7}, g_{2,4}^{0,6}, g_{2,5}^{0,8}, g_{2,6}^{0,5}, g_{2,7}^{0,5})$$

Wzmocniony zbiór $Sk(z_4, s_2)$ należy użyć do obliczenia nowych wartości kosztu i czasu uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_4 :

$$c^K(Sk(z_4), Tr(p_4)) = 1,13$$

$$t^K(Sk(z_4), Tr(p_4)) = 3,00$$

Analiza zmiany zbiorów kompetencji zespołów w stanie s_3

W stanie s_3 rozpoczynają się dwa pakiety prac p_5 i p_6 . W czasie poprzedzającym stan s_3 zrealizowane zostały pakiety prac p_2, p_3 i p_4 . Należy więc sprawdzić czy w wyniku zrealizowania pakietów prac poprzedzających stan s_3 ulegają wzmocnieniu którekolwiek z kompetencji wspólnych z pakietami następującymi po tym stanie. Pakiety prac p_5 i p_6 mogą być koordynowane przez zespoły z_5, z_6 lub z_8 . W związku z tym, że zespoły te nie mogą koordynować żadnego z pakietów prac poprzedzających stan s_3 to do tego czasu ich kompetencji nie mogą w żaden sposób ulec zmianie i obliczenie korekt kosztu i czasu nie jest potrzebne.

Podsumowując powyższe rozważania można wywnioskować, iż dla większości wariantów utworzenia konsorcjum projektowego łączny koszt i czas rozszerzania kompetencji może być obliczony z wykorzystaniem wartości cząstkowych zebranych w tabelach 5.47 i 5.48. Tylko w przypadku wariantów, w których za koordynację pakietów pracy p_2 i p_4 odpowiada zespół z_4 należy użyć odrębnych wartości $c^K(Sk(z_4), Tr(p_4))$ i $t^K(Sk(z_4), Tr(p_4))$.

Obliczenie łącznych wartości kosztów i czasów uzyskania wymaganych kompetencji oraz porównanie ich w z przyjętymi wartościami progowymi $C_{max}^K = 20$ i $T_{max}^K = 12$, a następnie nałożenie pozostałych trzech ograniczeń redukuje liczbę wszystkich możliwych przyporządkowań zespołów do pakietów prac do ośmiu wariantów (tabela 5.49).

Tabela 5.49. Zredukowany zbiór wariantów przyporządkowania zespołów do pakietów prac

	$v(p_1)$	$v(p_2)$	$v(p_3)$	$v(p_4)$	$v(p_5)$	$v(p_6)$	$v(p_7)$	C^k	T^k
v^1	z_1 (fr1)	z_2 (fr2)	z_3 (es)	z_4 (fi)	z_8 (be)	z_5 (pl)	z_7 (ch2)	19,21	11,85
v^2	z_1 (fr1)	z_3 (es)	z_2 (fr2)	z_4 (fi)	z_5 (pl)	z_8 (be)	z_7 (ch2)	19,70	8,70
v^3	z_1 (fr1)	z_3 (es)	z_2 (fr2)	z_4 (fi)	z_5 (pl)	z_6 (ch1)	z_7 (ch2)	19,12	5,50
v^4	z_1 (fr1)	z_3 (es)	z_2 (fr2)	z_4 (fi)	z_8 (be)	z_5 (pl)	z_7 (ch2)	17,97	8,85
v^5	z_1 (fr1)	z_3 (es)	z_2 (fr2)	z_4 (fi)	z_8 (be)	z_6 (ch1)	z_7 (ch2)	19,04	5,50
v^6	z_1 (fr1)	z_3 (es)	z_2 (fr2)	z_3 (es)	z_5 (pl)	z_6 (ch1)	z_7 (ch2)	19,87	5,50
v^7	z_1 (fr1)	z_3 (es)	z_2 (fr2)	z_3 (es)	z_8 (be)	z_5 (pl)	z_7 (ch2)	18,72	8,85
v^8	z_1 (fr1)	z_3 (es)	z_2 (fr2)	z_3 (es)	z_8 (be)	z_6 (ch1)	z_7 (ch2)	19,79	5,50

Następnie dla każdego z wariantów decyzyjnych konieczne jest określenie wartości wszystkich funkcji kryterialnych. Opis funkcji kryterialnych przedstawiono w podrozdziale 5.2. Wartości funkcji kryterialnych dla wszystkich ośmiu wariantów decyzyjnych ze zredukowanego zbioru wariantów przedstawiono w tabeli 5.50.

Tabela 5.50. Wartości funkcji kryterialnych dla rozpatrywanych wariantów przyporządkowania

	$e_1(v)$	$e_2(v)$	$e_3(v)$	$e_4(v)$	$e_5(v)$
v^1	19,21	11,85	2	1	11/13
v^2	19,70	8,70	2	1	11/13
v^3	19,12	5,50	1	2	9/14
v^4	17,97	8,85	2	1	11/13
v^5	19,04	5,50	2	7	10/10
v^6	19,87	5,50	3	5	9/14
v^7	18,72	8,85	6	4	11/13
v^8	19,79	5,50	6	9	10/10

Posiadając wartości funkcji kryterialnych dla wszystkich wariantów decyzyjnych możliwe jest określenie użyteczności tych wariantów z punktu widzenia preferencji decydenta. Zgodnie z metodą AHP użyteczności wariantów dla każdego z kryteriów jest otrzymywane przez porównanie parami wartości funkcji kryterialnych dla poszczególnych wariantów i określenie ich stopnia dominacji w dziewięciostopniowej skali Satty (1990). W tabelach 5.51 – 5.55 przedstawiono macierze porównań wariantów oraz obliczone wektory użyteczności wariantów dla wszystkich pięciu kryteriów decyzyjnych. Tabelach tych znajdują się także wartość przybliżonej maksymalnej wartości własnej macierzy porównań λ_{max} , wartość wskaźnika spójności CI , użyta wartość standaryzowanego wskaźnika spójności RI oraz użyta do sprawdzenia spójności macierzy porównań wartość współczynnika spójności CR .

Tabela 5.51. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_1

	$e_1(v^1)$	$e_1(v^2)$	$e_1(v^3)$	$e_1(v^4)$	$e_1(v^5)$	$e_1(v^6)$	$e_1(v^7)$	$e_1(v^8)$	u^1
$e_1(v^1)$	1	2,00	0,50	0,20	0,33	4,00	0,25	3,00	0,073
$e_1(v^2)$	0,50	1	0,33	0,17	0,25	3,00	0,20	2,00	0,050
$e_1(v^3)$	2,00	3,00	1	0,25	0,50	5,00	0,33	4,00	0,108
$e_1(v^4)$	5,00	6,00	4,00	1	3,00	8,00	2,00	7,00	0,327
$e_1(v^5)$	3,00	4,00	2,00	0,33	1	6,00	0,50	5,00	0,157
$e_1(v^6)$	0,25	0,33	0,20	0,13	0,17	1	0,14	0,50	0,024
$e_1(v^7)$	4,00	5,00	3,00	0,50	2,00	7,00	1	6,00	0,227
$e_1(v^8)$	0,33	0,50	0,25	0,14	0,20	2,00	0,17	1	0,034
									$\Sigma = 1,000$

$\lambda_{\max} = 8,292$; $CI = 0,042$; $RI = 1,41$; $CR = 0,029 < 0,1$

Tabela 5.52. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_2

	$e_2(v^1)$	$e_2(v^2)$	$e_2(v^3)$	$e_2(v^4)$	$e_2(v^5)$	$e_2(v^6)$	$e_2(v^7)$	$e_2(v^8)$	u^2
$e_2(v^1)$	1	0,33	0,25	0,50	0,25	0,25	0,50	0,25	0,040
$e_2(v^2)$	3,00	1	0,50	2,00	0,50	0,50	2,00	0,50	0,104
$e_2(v^3)$	4,00	2,00	1	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	0,183
$e_2(v^4)$	2,00	0,50	0,33	1	0,33	0,33	1,00	0,33	0,062
$e_2(v^5)$	4,00	2,00	1,00	3,00	1	1,00	3,00	1,00	0,183
$e_2(v^6)$	4,00	2,00	1,00	3,00	1,00	1	3,00	1,00	0,183
$e_2(v^7)$	2,00	0,50	0,33	1,00	0,33	0,33	1	0,33	0,062
$e_2(v^8)$	4,00	2,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1	0,183
									$\Sigma = 1,000$

$\lambda_{\max} = 8,044$; $CI = 0,006$; $RI = 1,41$; $CR = 0,004 < 0,1$

Tabela 5.53. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_3

	$e_3(v^1)$	$e_3(v^2)$	$e_3(v^3)$	$e_3(v^4)$	$e_3(v^5)$	$e_3(v^6)$	$e_3(v^7)$	$e_3(v^8)$	u^3
$e_3(v^1)$	1	1,00	0,50	1,00	1,00	2,00	5,00	5,00	0,147
$e_3(v^2)$	1,00	1	0,50	1,00	1,00	2,00	5,00	5,00	0,147
$e_3(v^3)$	2,00	2,00	1	2,00	3,00	3,00	6,00	6,00	0,269
$e_3(v^4)$	1,00	1,00	0,50	1	1,00	2,00	5,00	5,00	0,147
$e_3(v^5)$	1,00	1,00	0,33	1,00	1	2,00	5,00	5,00	0,141
$e_3(v^6)$	0,50	0,50	0,33	0,50	0,50	1	4,00	4,00	0,088
$e_3(v^7)$	0,20	0,20	0,17	0,20	0,20	0,25	1	1,00	0,030
$e_3(v^8)$	0,20	0,20	0,17	0,20	0,20	0,25	1,00	1	0,030
									$\Sigma = 1,000$

$\lambda_{\max} = 8,114$; $CI = 0,016$; $RI = 1,41$; $CR = 0,011 < 0,1$

Tabela 5.54. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_4

	$e_4(v^1)$	$e_4(v^2)$	$e_4(v^3)$	$e_4(v^4)$	$e_4(v^5)$	$e_4(v^6)$	$e_4(v^7)$	$e_4(v^8)$	u^4
$e_4(v^1)$	1	1,00	2,00	1,00	7,00	5,00	4,00	9,00	0,228
$e_4(v^2)$	1,00	1	2,00	1,00	7,00	5,00	4,00	9,00	0,228
$e_4(v^3)$	0,50	0,50	1	0,50	5,00	4,00	3,00	8,00	0,145
$e_4(v^4)$	1,00	1,00	2,00	1	6,00	5,00	4,00	9,00	0,224
$e_4(v^5)$	0,14	0,14	0,20	0,17	1	0,33	0,25	2,00	0,029
$e_4(v^6)$	0,20	0,20	0,25	0,20	3,00	1	0,50	4,00	0,053
$e_4(v^7)$	0,25	0,25	0,33	0,25	4,00	2,00	1	5,00	0,074
$e_4(v^8)$	0,11	0,11	0,13	0,11	0,50	0,25	0,20	1	0,019
									$\Sigma = 1,000$

$$\lambda_{\max} = 8,249; \quad CI = 0,035; \quad RI = 1,41; \quad CR = 0,025 < 0,1$$

Tabela 5.55. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_5

	$e_5(v^1)$	$e_5(v^2)$	$e_5(v^3)$	$e_5(v^4)$	$e_5(v^5)$	$e_5(v^6)$	$e_5(v^7)$	$e_5(v^8)$	u^5
$e_5(v^1)$	1	1,00	4,00	1,00	0,50	4,00	1,00	0,50	0,123
$e_5(v^2)$	1,00	1	4,00	1,00	0,50	4,00	1,00	0,50	0,123
$e_5(v^3)$	0,25	0,25	1	0,25	0,20	1,00	0,25	0,20	0,035
$e_5(v^4)$	1,00	1,00	4,00	1	0,50	4,00	1,00	0,50	0,123
$e_5(v^5)$	2,00	2,00	5,00	2,00	1	5,00	2,00	1,00	0,219
$e_5(v^6)$	0,25	0,25	1,00	0,25	0,20	1	0,25	0,20	0,035
$e_5(v^7)$	1,00	1,00	4,00	1,00	0,50	4,00	1	0,50	0,123
$e_5(v^8)$	2,00	2,00	5,00	2,00	1,00	5,00	2,00	1	0,219
									$\Sigma = 1,000$

$$\lambda_{\max} = 8,055; \quad CI = 0,007; \quad RI = 1,41; \quad CR = 0,005 < 0,1$$

Posiadając obliczone wszystkie cząstkowe wektory użyteczności wariantów można znaleźć zagregowany wektor użyteczności wariantów:

$$\begin{aligned}
u &= \sum_{m=1}^M w_m \cdot u^m = w_1 \cdot u^1 + w_2 \cdot u^2 + w_3 \cdot u^3 + w_4 \cdot u^4 + w_5 \cdot u^5 = \\
&= 0,094 \cdot \begin{bmatrix} 0,073 \\ 0,050 \\ 0,108 \\ 0,327 \\ 0,157 \\ 0,024 \\ 0,227 \\ 0,034 \end{bmatrix} + 0,144 \cdot \begin{bmatrix} 0,040 \\ 0,104 \\ 0,183 \\ 0,062 \\ 0,183 \\ 0,183 \\ 0,062 \\ 0,183 \end{bmatrix} + 0,463 \cdot \begin{bmatrix} 0,147 \\ 0,147 \\ 0,269 \\ 0,147 \\ 0,141 \\ 0,088 \\ 0,030 \\ 0,030 \end{bmatrix} + 0,248 \cdot \begin{bmatrix} 0,228 \\ 0,228 \\ 0,145 \\ 0,224 \\ 0,029 \\ 0,053 \\ 0,074 \\ 0,019 \end{bmatrix} + 0,052 \cdot \begin{bmatrix} 0,123 \\ 0,123 \\ 0,035 \\ 0,123 \\ 0,219 \\ 0,035 \\ 0,123 \\ 0,219 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,144 \\ 0,151 \\ 0,198 \\ 0,170 \\ 0,125 \\ 0,084 \\ 0,069 \\ 0,060 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

Z otrzymanego zagregowanego wektora użyteczności wynika, iż najwyższe preferencje decydenta posiada wariant $v^3 = (z_1, z_3, z_2, z_4, z_5, z_6, z_7)$ i można go uznać za najbardziej satysfakcjonujący z punktu widzenia wszystkich przyjętych kryteriów decyzyjnych. Ponadto, wybrany przy pomocy proponowanej metody wariant przyporządkowania zespołów do pakietów prac jest identyczny z wariantem w rzeczywistości wybranym w projekcie e-Quality. Tym samym fakt ten stwarza podstawy do stwierdzenia, że zaprojektowana metoda zapewnia skuteczny wybór wariantu konsorcjum. O skuteczności w tym przypadku świadczy pozytywna weryfikacja wniosku składanego dlatego konsorcjum w ramach rzeczywistego projektu oraz pozytywne zrealizowanie celu projektu przez to konsorcjum. Drugim wnioskiem płynącym z przykładu jest potwierdzenie, że metoda pozwala na dokładne zamodelowanie i odwzorowanie preferencji decydenta. Potwierdza to, taki sam wybór dla przypadku rzeczywistego, dokonany w sposób całkowicie intuicyjny oraz dla formalnej metody wykorzystującej podejście wielokryterialnej i modelowanie preferencji.

5.7. Podział nakładów czasu pracy i określenie podziału budżetu

Na potrzeby zademonstrowania zaprojektowanego podejścia do określania podziału środków z budżetu projektu przeznaczonych na koszty osobowe posłużono się ponownie danymi uzyskanymi z projektu e-Quality. Danymi wejściowymi dla obu metod są wartości kosztów rozszerzenia kompetencji do poziomów wymaganych znajdujące się w tabeli 5.47. Wszystkie przeprowadzone tam obliczenia zostały wykonane z użyciem odpowiedniej dla każdego z zespołów funkcji kosztu zwiększania siły kompetencji $\delta^c(\alpha)$. W celu sprowadzenia wartości kosztów do ujednocionej skali porównawczej obliczenia te musiały zostać powtórzone z wykorzystaniem ujednocionej funkcji kosztu $\delta^c = 1 \cdot \alpha$. Tabela 5.56 zawiera wartości kosztów rozszerzenia kompetencji obliczone z wykorzystaniem różnych funkcji kosztu zwiększania siły kompetencji, natomiast w tabeli 4.2 zebrano wartości ujednocnione. Wartości n.o. w tabeli informują, że dany zespół nie posiada żadnych kompetencji do zrealizowania pakietu prac i w związku z tym wartość kosztu jest nie określona.

Tabela 5.56. Ujednolicone wartości kosztu uzyskania kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietów prac, $\delta^c(\alpha) = 1 \cdot \alpha$

c_{ji}^U	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7
p₁	4,24	2,90	2,70	n.o.	n.o.	n.o.	1,60
p₂	n.o.	0,40	0,30	1,10	n.o.	n.o.	n.o.
p₃	7,82	0,40	0,90	1,30	n.o.	n.o.	1,60
p₄	n.o.	2,00	2,10	0,80	n.o.	n.o.	n.o.
p₅	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,90	1,47	n.o.
p₆	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	1,60	0,80	n.o.
p₇	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	0,00

Na podstawie tabeli 5.56 możliwe jest skonstruowanie macierzy posiadania kompetencji:

$$Q = [q_{ji}] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Natomiast posługując się wybranym w rozdziale 5.6 wariantem przyporządkowania możliwe jest określenie macierzy koordynacji projektu:

$$K = [k_{ji}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Przed przystąpieniem do obliczenia wartości współczynników wkładu kompetencji należy jeszcze obliczyć wartości maksymalne kosztu uzyskania kompetencji dla każdego z pakietów prac. Wartości te znaleziono z wykorzystaniem algorytmu heurystycznego przedstawionego na rysunku 4.1.

Tabela 5.57. Wartości maksymalne kosztu uzyskania kompetencji dla każdego z pakietów prac

c_1^{MAX}	c_2^{MAX}	c_3^{MAX}	c_4^{MAX}	c_5^{MAX}	c_6^{MAX}	c_7^{MAX}
15,28	5,60	5,00	4,85	5,65	4,95	3,46

Wartości współczynnika wkładu kompetencji obliczone na podstawie formuły (4.6) przedstawiają się następująco:

$$W = [w_{ji}] = \begin{bmatrix} 0,72 & 0,48 & 0,46 & 0 & 0 & 0 & 0,54 \\ 0 & 0,93 & 0,94 & 0,77 & 0 & 0 & 0 \\ 0,49 & 0,93 & 0,82 & 0,73 & 0 & 0 & 0,54 \\ 0 & 0,64 & 0,58 & 0,83 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,66 & 0,70 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,72 & 0,84 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1,00 \end{bmatrix}$$

W projekcie e-Quality podział nakładów czasu pracy został określony wyłącznie dla pakietów prac od z_2 do z_6 gdyż całość realizacji pakietów prac z_1 – „zarządzanie i monitorowanie projektu” oraz z_7 – „komunikacja i rozpowszechnianie rezultatów” zostały przekazane na wyłączność pojedynczym zespołom. Nakłady czasu pracy dla pakietów, których wykonanie dzielone było pomiędzy zespoły (łącznie 46 osobomiesiące) przedstawiono w tabeli 5.58.

Tabela 5.58. Planowane nakłady czasu pracy dla pakietów wykonywanych wspólnie – n_i^W [osobomiesiące]

n_1^W	n_2^W	n_3^W	n_4^W	n_5^W	n_6^W	n_7^W	n^W
0,00	7,5	16	7,5	7,5	7,5	0,00	46,00

Zaproponowane podejście wykorzystujące teorię gier wymaga określenia wartości funkcji charakterystycznej (4.9) opisanej na wszystkich podzbiorach zbioru zespołów badawczych składających się na konsorcjum projektowe. Wartości te przedstawiono w tabeli 5.59, w której do oznaczenia zespołów użyto symbolicznego oznaczenia krajów, z których one pochodzą.

Tabela 5.59. Wartości funkcji charakterystycznej gry

koalicja S			$v(S)$	koalicja S			$v(S)$			
fr1			0,00	fr2	es	pl	1,38			
fr2			0,00	fr2	es	ch1	1,41			
es			0,00	fr2	fi	pl	1,26			
fi			0,00	fr2	fi	ch1	1,29			
pl			0,00	fr2	pl	ch1	1,07			
ch1			0,00	es	fi	pl	1,22			
fr1	fr2		0,00	es	fi	ch1	1,25			
fr1	es		0,00	es	pl	ch1	1,03			
fr1	fi		0,00	fi	pl	ch1	0,91			
fr1	pl		0,00	fr1	fr2	es	fi	0,00		
fr1	ch1		0,00	fr1	fr2	es	pl	1,62		
fr2	es		0,00	fr1	fr2	es	ch1	1,65		
fr2	fi		0,00	fr1	fr2	fi	pl	1,50		
fr2	pl		0,82	fr1	fr2	fi	ch1	1,53		
fr2	ch1		0,85	fr1	fr2	pl	ch1	1,31		
es	fi		0,00	fr1	es	fi	pl	1,46		
es	pl		0,78	fr1	es	fi	ch1	1,49		
es	ch1		0,81	fr1	es	pl	ch1	1,27		
fi	pl		0,66	fr1	fi	pl	ch1	1,15		
fi	ch1		0,69	fr2	es	fi	pl	1,82		
pl	ch1		0,00	fr2	es	fi	ch1	1,85		
fr1	fr2	es	0,00	fr2	es	pl	ch1	1,63		
fr1	fr2	fi	0,00	fr2	fi	pl	ch1	1,51		
fr1	fr2	pl	1,06	es	fi	pl	ch1	1,47		
fr1	fr2	ch1	1,09	fr1	fr2	es	fi	pl	2,06	
fr1	es	fi	0,00	fr1	fr2	es	fi	ch1	2,09	
fr1	es	pl	1,02	fr1	fr2	es	pl	ch1	1,87	
fr1	es	ch1	1,05	fr1	fr2	fi	pl	ch1	1,75	
fr1	fi	pl	0,90	fr1	es	fi	pl	ch1	1,71	
fr1	fi	ch1	0,93	fr2	es	fi	pl	ch1	2,07	
fr1	pl	ch1	0,00	fr1	fr2	es	fi	pl	ch1	2,31
fr2	es	fi	0,00							

Wartości funkcji charakterystycznej zgromadzone w tabeli 5.59 zostały wykorzystane do obliczenia wartości Shapleya z wykorzystaniem procedury 4.10. Otrzymana na tej podstawie imputacja przedstawia się następująco:

$$\mathbf{x} = (108,8; 324,84; 305,64; 248,04; 333,84; 350,04)$$

Dzieląc każdy element otrzymanego wektora przez ich sumę otrzymujemy imputację w postaci znormalizowanej, którą możemy traktować jako wzorzec podziału nakładu pracy:

$$\mathbf{x} = (0,061; 0,195; 0,184; 0,149; 0,201; 0,210)$$

Wektor nakładów czasu pracy przeznaczzonego na wspólne wykonanie zadań określony na bazie otrzymanej imputacji i wskazujący liczbę osobomiesięcy przypisanych każdemu z zespołów przedstawiono poniżej w tabeli 5.60.

Tabela 5.60. Nakłady czasu pracy na wspólną realizację pakietów przydzielone poszczególnym zespołom – φ_j^w [osobomiesiące]

φ_1^w	φ_2^w	φ_3^w	φ_4^w	φ_5^w	φ_6^w	φ_7^w	φ^w
2,788	8,984	8,453	6,860	9,233	9,681	0,00	46,00

Zakończenie

Aktualna sytuacja finansowania badań i rozwoju w Europie sprzyja prowadzeniu przedsięwzięć badawczo-rozwojowych i naukowych. Jak wykazała przeprowadzona w rozdziale pierwszym analiza programów finansujących badania oraz polityki Unii Europejskiej sytuacja ta jest wynikiem dążenia do ciągłego podnoszenia jakości i innowacyjności prowadzonych w Europie badań wyrażonych w ambitnych postanowieniach Strategii Lizbońskiej. Bardzo duże środki przeznaczane na B+R oraz dążenie do wspomnianych strategicznych celów rozwoju stwarzają duże zapotrzebowanie na różnego rodzaju przedsięwzięcia badawcze.

Z przeglądu form prowadzenia badań wynika, iż obecnie najpopularniejszą z nich jest projekt realizowany przez współpracujące ze sobą zespoły. Ma to swoje odzwierciedlenie w programach finansujących, które promują tego typu współpracę. Jednakże pomimo wielu istniejących źródeł otrzymanie finansowania dla projektu nie jest łatwe. Instytucje wspierające przeznaczają środki tylko i wyłącznie na dobrze zaplanowane i ambitne przedsięwzięcia realizowane przez dobrze przygotowane, kompetentne zespoły. Uzyskanie dofinansowania projektu wymaga więc wcześniejszego planowania i przygotowania wniosku zgodnie z wymogami stawianymi przez instytucję finansującą.

Sytuacja ta stwarza zapotrzebowanie na różnego rodzaju metody wspomagające jednostki ubiegające się o dofinansowanie w przygotowaniu wniosku i zwiększenia swoich szans na uzyskanie grantu, co powoduje, że metody tego typu mają bardzo duże znaczenie praktyczne. Jak wykazano w rozdziale pierwszym pracy o zwiększeniu szans na uzyskanie finansowania decydować może odpowiedni dobór partnerów tworzących konsorcjum projektowe. Koordynator przygotowując się do złożenia wniosku musi więc podjąć odpowiednie decyzje odnośnie:

- doboru partnerów,
- przydzielenia partnerom zadań do realizacji
- określenia nakładów czasu pracy.

Cel badawczy postawiony na początku rozprawy został sformułowany w następujący sposób:

Opracowanie metody wspomagającej podejmowanie decyzji o doborze kompetentnych partnerów do projektu badawczego w oparciu o metody wielokryterialnej analizy decyzyjnej, teorię grafów i teorię gier

Cel ten został osiągnięty przez zaproponowanie w pracy metody wspierającej koordynatora projektu w tworzeniu konsorcjum projektowego. Metoda to obejmuje wspomaganie decyzji odnośnie wyboru zbioru partnerów tworzących konsorcjum projektowe, przydzielenia im odpowiedzialności za realizację konkretnych pakietów prac oraz podzielenia pomiędzy nich łącznych nakładów czasu pracy planowanych dla projektu. Do tego celu zaproponowano hierarchiczny model decyzyjny uwzględniający szereg kryteriów decyzyjnych o charakterze ilościowym jak i jakościowym. Do rozwiązania postawionego wielokryterialnego problemu wykorzystano metodę AHP. W rozdziale 3.6.3 pracy przeprowadzono szczegółową dyskusję uzasadniającą wybór tej metody spośród wielu istniejących metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej.

Problem podziału nakładów czasu pracy rozwiązano przez jego zamodelowanie jako n -osobowej gry kooperacyjnej w postaci funkcji charakterystycznej. Wykorzystanie teorii gier poparte jest spostrzeżeniem, że zespoły chcące przystąpić do konsorcjum kierują się indywidualną racjonalnością i często negocjują warunki uczestnictwa. Użycie teorii gier umożliwia odzwierciedlenie tych procesów i zmniejsza ryzyko rezygnacji z uczestnictwa zespołu, którego indywidualne preferencje nie zostały w żaden sposób uwzględnione. Ponadto przyjęto tu założenie, iż podział nakładu czasu pracy na realizację projektu pomiędzy zespoły projektowe powinien być uzależniony od ilościowo wyrażonych kompetencji tych zespołów. Do rozwiązania sformułowanej gry wykorzystano procedurę obliczania wartości Shapleya. Uzasadnienie wyboru tej metody rozwiązania zawarto w rozdziale 4.2.

Do określania kompetencji zespołów wykorzystano w pracy rozmyte zbiory kompetencji. Podejście to wykorzystuje zbiory rozmyte oraz teorię grafów do przeprowadzania analizy kosztów rozszerzania kompetencji wykorzystywanych w pracy jako miara przygotowania zespołu do realizacji zadania projektowego. Teoria grafów zostało ponadto użyta w zaproponowanym w rozdziale 3.5.1 modelu agregacji kosztów rozszerzania kompetencji w projekcie.

Na początku pracy przyjęto następującą tezę badawczą:

Przy określonym celu projektu, zbiorze zespołów kandydujących do uczestnictwa i posiadanych przez nie kompetencjach, wykorzystanie metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej, teorii gier i teorii grafów umożliwia skuteczny dobór grupy zespołów realizującej projekt oraz określenie ról zespołów w projekcie

Zakładana w powyższej tezie skuteczność doboru rozumiana jest jako sukces w uzyskaniu finansowania dla stworzonego konsorcjum projektowego oraz pomyślne zrealizowanie przez to konsorcjum całego zakresu prac projektu. Natura tego zagadnienia powoduje, że skuteczność doboru zespołów do konsorcjum nie może być określona w sposób ilościowy. Skuteczność możemy rozpatrywać tutaj wyłącznie w kategorii sukcesu i porażki. Przy czym sukces, jak już wspomniano, oznacza przyznanie konsorcjum finansowania oraz pomyślne zrealizowanie projektu, natomiast porażka oznacza nieprzyznanie finansowania lub przyznanie finansowania i niepowodzenie w fazie realizacji.

Wpływ na skuteczność metody może mieć przyjęcie prawidłowych założeń odnośnie konstrukcji metody. Kluczowy może być tutaj dobór odpowiednich kryteriów decyzyjnych oraz wybór metod rozwiązania problemu. Jak już wspomniano wybór metod rozwiązania problemów składających się na całość zagadnienia budowania konsorcjum (metoda AHP, wartość Shapleya, rozmyte zbiory kompetencji) został uzasadniony w odpowiednich rozdziałach pracy (odpowiednio: 3.6.3, 4.2, 2.4). Natomiast zaproponowane w modelu decyzyjnym kryteria zostały dobrane w wyniku dokładnej analizy procedur programów finansowania badań ze szczególnym naciskiem położonym na 7. Program Ramowy (rozdział 1.1.3).

Ponadto, skuteczność metody została zweryfikowana zawartym w pracy obszernym przykładem jej zastosowania. Przykład ten został opracowany z wykorzystaniem danych uzyskanych z rzeczywistego projektu. Projekt ten uzyskał finansowanie oraz został pomyślnie ukończony co poparte zostało pozytywnymi ocenami przyznanymi w trakcie jego końcowej oceny. W związku z tym można stwierdzić, że utworzone na jego potrzeby konsorcjum zapewniło sobie sukces. Na podstawie danych historycznych odtworzono sytuację decyzyjną istniejącą w fazie przygotowywania tego projektu. Zastosowanie opracowanej w pracy metody do odtworzonej rzeczywistej sytuacji decyzyjnej doprowadziło do takiej samej decyzji na temat składu konsorcjum jak miało to miejsce w warunkach rzeczywi-

stych. Dla tego przykładu można więc stwierdzić, że opracowana metoda umożliwiła skuteczny dobór grupy zespołów do konsorcjum.

Powyższe rozważania pozwalają więc stwierdzić, że postawiona w pracy teza badawcza została udowodniona.

Podsumowując wszystkie rozwiązania zaproponowane w rozprawie można wśród nich wyróżnić następujące elementy nowości:

- Wykorzystano matematyczne modele kompetencji i dostarczane przez nie metody analizy kosztu rozszerzania kompetencji do określania przygotowania zespołu do realizacji zadania projektowego.
- Opracowano model agregacji kosztów rozszerzenia kompetencji dla całego projektu uwzględniający strukturę podziału prac projektu (WBS) oraz nierozłączność zbiorów kompetencji wymaganych do zrealizowania poszczególnych pakietów prac projektu.
- Opracowano podejście wykorzystania ilościowego modelu kompetencji do sformułowania kryterium w wielokryterialnym modelu decyzyjnym.
- Opracowano hierarchiczny model decyzyjny na potrzeby wyboru wariantu konsorcjum projektowego uwzględniający różnorodny charakter kryteriów decyzyjnych oraz możliwość jego dostosowania do istniejących programów finansowania projektów badawczych.
- Opracowano metodę podziału nakładów czasu pracy pomiędzy zespoły konsorcjum projektowego wykorzystującą przedstawienie tego problemu jako n -osobową grę kooperacyjną w postaci funkcji charakterystycznej.

W trakcie badań stwierdzono, iż istnieje możliwość dalszego rozwijania zaproponowanej metody wspomagającej podejmowanie decyzji o doborze partnerów do projektu badawczego. Głównym obszarem, w którym istnieje możliwość dalszych badań jest ocena zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie pod kątem zidentyfikowania u nich wymaganych kompetencji. Co prawda zagadnienie to wybiega poza informatyczny charakter niniejszej pracy i umocowane jest raczej w dziedzinie zarządzania zasobami ludzkimi, jednakże bez wiarygodnych opisów kompetencji zespołów niemożliwy jest ich skuteczny dobór. W związku z tym powinno się w tym miejscu rozważyć dokładną analizę istniejących metod identyfikowania kompetencji w celu wyboru lub zarekomendowania rozwiązań skutecznych i możliwych do wykorzystania na potrzeby selekcji partnerów do projektu.

Spis tablic

1.1. Liczba otrzymanych zgłoszeń na zaproszenie do składania koncepcji projektów w 7. PR	10
1.2. Przykładowe kryteria szczegółowe dla zaproszenia	19
1.3. Poziomy określania treści zaproszeń do składania wniosków	24
2.1. Poziomy certyfikacji National Qualifications Framework	43
2.2. Grupy procesów zarządzania projektem	46
3.1. Zestawienie wybranych wielokryterialnych procedur agregacji ocen.....	67
3.2. Charakterystyka sytuacji decyzyjnej	71
3.3. Wykorzystywane modele agregacji kosztów rozszerzenia kompetencji.....	75
3.4. Oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP	83
3.5. Wartości standaryzowanego wskaźnika spójności RI	84
3.6. Weryfikacja prawidłowości doboru metody rozwiązania problemu	89
3.7. Zestawienie wybranych metod MCDA	90
5.1. Zależności pomiędzy pakietami prac w projekcie.....	107
5.2. Stany początkowe i końcowe pakietów prac składających się na projekt.....	107
5.3. Zależności pomiędzy stanami i pakietami prac projektu.....	107
5.4. Macierz porównań kryteriów decyzyjnych A	109
5.5. Znormalizowana macierz porównań kryteriów decyzyjnych B	109
5.6. Charakterystyka zespołów kandydujących do uczestnictwa w projekcie	111
5.7. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_1	112
5.8. Analiza kompetencji w dziedzinie zarządzania projektem.....	113
5.9. Analiza typów kompetencji posiadanych przez poszczególnych kandydatów.....	114
5.10. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji typu (2)	115
5.11. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_1 o kompetencję $g_{8,6}$	116
5.12. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_1 o kompetencję $g_{9,5}$	116
5.13. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_1 o kompetencję $g_{9,6}$	117
5.14. Analiza kosztu rozszerzenia kompetencji zespołu z_3 o kompetencję $g_{5,2}$	117
5.15. Łączne koszty i czasy rozszerzenia kompetencji przez zespoły kandydujące.....	118
5.16. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_2	119
5.17. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_2)$	119
5.18. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_2)$ dla wszystkich zespołów kandydujących	119
5.19. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_2	120

5.20. Analiza kosztu uzyskania kompetencji typu (2)	121
5.21. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_2	121
5.22. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_3	122
5.23. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_3)$	122
5.24. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_3)$ dla wszystkich zespołów kandydujących.....	122
5.25. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_3	123
5.26. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_3	123
5.27. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_4	124
5.28. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_4)$	124
5.29. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_4)$ dla wszystkich zespołów kandydujących...	124
5.30. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_4	125
5.31. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_4	125
5.32. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_5	126
5.33. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_5)$	126
5.34. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_5)$ dla wszystkich zespołów kandydujących.....	126
5.35. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_5	127
5.36. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_5	127
5.37. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_6	128
5.38. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_6)$	128
5.39. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_6)$ dla wszystkich zespołów kandydujących.....	128
5.40. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_6	129
5.41. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_6	129
5.42. Identyfikacja kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietu prac p_7	130
5.43. Macierz relacji R pomiędzy kompetencjami ze zbioru $Tr(p_7)$	130
5.44. Poziomy kompetencji ze zbioru $Tr(p_7)$ dla wszystkich zespołów kandydujących.....	130
5.45. Typy kompetencji posiadanych przez zespoły kandydujące do koordynacji pakietu prac p_7	130
5.46. Koszty i czasy uzyskania kompetencji wymaganych przez pakiet prac p_7	131
5.47. Koszty uzyskania kompetencji potrzebnych do zrealizowania poszczególnych pakietów prac projektu.....	131
5.48. Czasy uzyskania kompetencji potrzebnych do zrealizowania poszczególnych pakietów prac projektu.....	132
5.49. Zredukowany zbiór wariantów przyporządkowania zespołów do pakietów prac	135

5.50. Wartości funkcji kryterialnych dla rozpatrywanych wariantów przyporządkowania	135
5.51. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_1	136
5.52. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_2	136
5.53. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_3	136
5.54. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_4	137
5.55. Macierz porównań oraz znaleziony wektor użyteczności wariantów dla kryterium k_5	137
5.56. Ujednolicone wartości kosztu uzyskania kompetencji wymaganych do zrealizowania pakietów prac, $\delta^c(\alpha) = 1 \cdot \alpha$	139
5.57. Wartości maksymalne kosztu uzyskania kompetencji dla każdego z pakietów prac	140
5.58. Planowane nakłady czasu pracy dla pakietów wykonywanych wspólnie	140
5.59. Wartości funkcji charakterystycznej gry	141
5.60. Nakłady czasu pracy na wspólną realizację pakietów przydzielone poszczególnym zespołom	142

Spis rysunków

1.1. Ewolucja budżetów programów ramowych UE	9
1.2. Wskaźniki sukcesu wniosków składanych w 6. PR przez poszczególne kraje UE	11
1.3. Struktura budżetu 7. Programu Ramowego	15
1.4. Procedura przygotowywania wniosku o finansowanie projektu w ramach PR.....	27
1.5. Procedura oceny i wyboru wniosku do finansowania	28
1.6. Model decyzyjny dla procedury przygotowywania wniosku o finansowanie.....	34
2.1. Zintegrowany model oceny kompetencji.....	39
2.2. Struktura systemu NTIS.....	42
2.3. Obszary wiedzy i procesy zarządzania projektem	45
2.4. Model procesu analizowania kompetencji do wykonania zadania	57
3.1. Etapy metoda wyboru wariantu przyporządkowania zespołów do pakietów prac w projekcie	72
3.2. Przykład diagramu Gantta z zaznaczonymi stanami projektu	76
3.3. Przykładowy graf stanów i zależności projektu	78
3.4. Schemat struktury hierarchicznej w metodzie AHP	86
4.1. Heurystyczny algorytm znajdowania maksymalnej wartości kosztu uzyskania wymaganych kompetencji do realizacji pakietu prac	99
5.1. Diagram Gantta przedstawiający harmonogram projektu e-Quality	106
5.2. Postać graficzna grafu stanów projektu	108
5.3. Optymalny proces uzyskania kompetencji $g_{8,6}$ przez zespół p_1	116
5.4. Optymalny proces uzyskania kompetencji $g_{9,5}$ i $g_{9,6}$ przez zespół z_1	117
5.5. Optymalny proces uzyskania kompetencji $g_{5,2}$ przez zespół z_1	117
5.6. Proces uzyskania kompetencji $Tr(p_2)$ przez zespół z_1	121
5.7. Ilustracja nierozłączności zbiorów kompetencji wymaganych	133

Literatura

- [1] Aho E. (2006), *Creating an Innovative Europe – Report of the Independent Expert Group on R&D and Innovation appointed following the Hampton Court Summit and chaired by Mr. Esko Aho.*
- [2] Al-Harbi K.M. Al-S. (2001), Application of the AHP in project management, *International Journal of Project Management*, 19, 19-27.
- [3] Aloysius J.A. (1999), Membership in a research consortium: the project selection game, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 40, 325-336.
- [4] American Mathematical Society (2000), *Mathematics Subject Classification*, <http://www.ams.org/msc/classification.pdf>
- [5] APM (2000), *Body of knowledge*, Association for Project Management, High Wycombe, UK.
- [6] Boyatzis R.E. (1982), *The competent manager: a model for effective performance.* New York: Wiley.
- [7] Byun D.-H. (2001), The AHP approach for selecting an automobile purchase model, *Information & Management* 38, 289-297.
- [8] Cardy R.L., T.T. Selvarajan (2006), Competencies: Alternative frameworks for competitive advantage, *Business Horizons* 49, p. 235-245.
- [9] Caron G., P. Hansen, B. Jaumard (1999), The assignment problem with seniority and job priority constraints, *Operations Research* 47 (3), 449–454.
- [10] Chen T.-Y. (2001), Using competence sets to analyze the consumer decision problem, *European Journal of Operational Research* 128, 98-118
- [11] Chen T.-Y. (2002), Expanding competence sets for the consumer decision problem, *European Journal of Operational Research* 138, 622–648.
- [12] Chen T.-Y., Hsin-Li Chang, Gwo-Hshiung Tzeng (2002), Using fuzzy measures and habitual domains to analyze the public attitude and apply to the gas taxi policy, *European Journal of Operational Research* 137, 145-161.
- [13] Chruściński Z. (2001), *Zarządzanie projektem*, C.H. Beck, Warszawa.
- [14] Combs K.L. (2005), The welfare effects of research and production joint ventures, *Journal of Technology Transfer*, 30, p. 227-239.
- [15] Council of Europe (1997), *Key competencies for Europe*, Report of the Symposium in Berne 27-30 March 1996, Council of Europe, Strasbourg.
- [16] Crawford L. (2005), Senior management perceptions of project management competence, *International Journal of Project Management* 23 (2005), p. 7–16.
- [17] D’Aspremont C., A. Jacquemin (1998), Cooperative and noncooperative R&D in Duopoly and Spillovers, *The American Economic Review* 78, 1133-1137.
- [18] De Fraja G., D.B. Silipo (2002), Product market competition, R&D and Welfare, *Research in Economics* 56, 381-397.

- [19] Directorate-General for Research of the European Union (2004a), *Monitoring 2003 – Implementation of Activities Under the EC and Euratom Framework and Corresponding Specific Programmes*.
- [20] Directorate-General for Research of the European Union (2004b), *PARTICIPATING IN EUROPEAN RESEARCH: Guide for applicants under the Sixth Framework Programme for European Research & Technological Development (2002-2006)*, Bruksela.
- [21] Directorate-General for Research of the European Union (2005a), *Innovation in FP6 – Guidelines for FP6 applicants, participants and evaluators of FP6 research projects / proposals*, Bruksela.
- [22] Directorate-General for Research of the European Union (2005b), *Monitoring 2004 – Implementation of Activities Under the EC and Euratom Framework Programmes and Corresponding Specific Programmes*.
- [23] Directorate-General for Research of the European Union (2006a), Rules for submission of proposals, and the related evaluation, selection and award procedures.
- [24] Directorate-General for Research of the European Union (2006b), *EU-founded research – FP7 Tomorrow's answers start today*, Prezentacja informacyjna: http://ec.europa.eu/research/fp7/pdf/fp7_press_launch.pdf
- [25] Directorate-General for Research of the European Union (2006c), *Monitoring 2005 – Implementation of Indirect Research Activities of the Sixth Framework Programmes of the European Community and of the European Atomic Energy Community*.
- [26] Downarowicz, O., J Krause, M. Sikowski, W. Stachowski (2002), Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego, W: Downarowicz (red.), *Wybrane metody ergonomii i nauki o eksploatacji*, Wyd. Zarz. i Ekon. PG, Gdańsk, 7-42.
- [27] Dulewicz V. (1989), Assessment centers as the route to competence, *Personnel Management*, 21(11), p. 56-59.
- [28] Dyrekcja Generalna Edukacja i Kultura Komisji Europejskiej (2007a), LIFELONG LEARNING PROGRAMME: Part I – PRIORITIES OF THE 2007 GENERAL CALL FOR PROPOSALS (EAC/61/2006), wersja ostateczna z dn. 15.02.2007, Bruksela.
- [29] Dyrekcja Generalna Edukacja i Kultura Komisji Europejskiej (2007b), LIFELONG LEARNING PROGRAMME GENERAL CALL FOR PROPOSALS 2007 Part II: Administrative and financial information, wersja ostateczna z dn. 15.02.2007, LLP/54/2006, Bruksela.
- [30] Dz. Urz. UE C 313/42 z dnia 20.12.2006, Zaproszenie do składania wniosków — DG EAC/61/06: PROGRAM UCZENIE SIĘ PRZEZ CAŁE ŻYCIE.
- [31] Dz. Urz. UE C 321 E z dnia 29.12.2006, Wersje skonsolidowane Traktatu o Unii Europejskiej i Traktatu ustanawiającego Wspólnotę Europejską.
- [32] Dz. Urz. UE L 232/1 z dnia 29.08.2002, DECISION No 1513/2002/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 June 2002 concerning the sixth framework programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities, contributing to the creation of the European Research Area and to innovation (2002 to 2006).

- [33] Dz. Urz. UE L 327/45, DECYZJA NR 1720/2006/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 15 listopada 2006 r. ustanawiająca program działań w zakresie uczenia się przez całe życie
- [34] Dz. Urz. UE L 391/1 z dnia 30.12.2006, ROZPORZĄDZENIE (WE) NR 1906/2006 PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 18 grudnia 2006 r. ustanawiające zasady uczestnictwa przedsiębiorstw, ośrodków badawczych i uczelni wyższych w działaniach prowadzonych w ramach siódmego programu ramowego oraz zasady upowszechniania wyników badań (2007-2013).
- [35] Dz. Urz. UE L 400/224 z dnia 30.12.2006, DECYZJA RADY NR 2006/972/WE z dnia 19 grudnia 2006 r. dotycząca programu szczegółowego „Pomysły”, wdrażającego siódmy program ramowy Wspólnoty Europejskiej w dziedzinie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (2007–2013).
- [36] Dz. Urz. UE L 400/252 z dnia 30.12.2006, DECYZJA RADY NR 2006/973/WE z dnia 19 grudnia 2006 r. dotycząca programu szczegółowego „Ludzie”, wdrażającego siódmy program ramowy Wspólnoty Europejskiej w dziedzinie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (2007–2013).
- [37] Dz. Urz. UE L 400/281 z dnia 30.12.2006, DECYZJA RADY NR 2006/974/WE z dnia 19 grudnia 2006 r. dotycząca programu szczegółowego „Możliwości”, wdrażającego siódmy program ramowy Wspólnoty Europejskiej w dziedzinie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (2007–2013).
- [38] Dz. Urz. UE L 412/1 z dnia 30.12.2006, DECYZJA NR 1982/2006/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 18 grudnia 2006 r. dotycząca siódmego programu ramowego Wspólnoty Europejskiej w zakresie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (2007-2013).
- [39] Dz. Urz. UE L 54/30 z dnia 22.02.2007, DECYZJA RADY NR 2006/971/WE z dnia 19 grudnia 2006 r. dotycząca programu szczegółowego „Współpraca”, wdrażającego siódmy program ramowy Wspólnoty Europejskiej w dziedzinie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji (2007–2013).
- [40] Evaristo R., P.C. van Fenema (1999), *A typology of project management: emergence and evolution of new forms*, International Journal of Project Management Vol. 17, No. 5, pp. 275-281.
- [41] Feng J.W., P.L. Yu (1998), Minimum Spanning Table and Optimal Expansion of Competence Set, *Journal of Optimizations Theory and Applications*, vol. 99, No. 3, 655-679.
- [42] Figueira J., S. Greco, M. Ehrgott (red.) (2005), *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*, Springer.
- [43] Filipowicz G. (2004), *Zarządzanie kompetencjami zawodowymi*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- [44] Grucza B., Ogonek K., Trocki M. (2002), *Zarządzanie projektami*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- [45] Guitouni A., J.-M. Martel (1998), Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method, *European Journal of Operational Research* 109, 501-521.
- [46] Heywood L, Gonczi A, Hager P. (1992) *A guide to development of competency standards for professions*. Canberra, Australian Government Publishing Service.

- [47] Hitt M.A., R.D. Ireland, R.E. Hoskisson (2005), *Strategic management: Competitiveness and globalization* (6th ed.). Versailles.
- [48] Hofrichter D.A., L.M. Spencer (1996), Competencies: The right foundation for effective human resource management, *Compensation and Benefits Review*, 28(6), p. 21-24.
- [49] Hu Y.-Ch. (2007), Grey relational analysis and radial basis function network for determining costs in learning sequences, *Applied Mathematics and Computation* 184, 291-299.
- [50] Hu Y.-Ch., Gwo-Hshiung Tzeng, Chin-Mi Chen (2004), Deriving two-stage learning sequences from knowledge in fuzzy sequential pattern mining, *Information Sciences* 159, 69–86
- [51] Hu Y.-Ch., Ruey-Shun Chen, Gwo-Hshiung Tzeng, Yu-Jing Chiu (2003), Acquisition of Compound Skills and Learning Costs for Expanding Competence Sets, *Computers and Mathematics with Applications* 46, 831-848.
- [52] Huang Jih-Jeng, Gwo-Hshiung TZENG, Chornng-Shyong ONG (2006), Optimal fuzzy multi-criteria expansion of competence sets using multi-objectives evolutionary algorithms, *Expert Systems with Applications* 30, 739–745.
- [53] Ignasiak E. (red.) (2001), *Badania operacyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- [54] ISO 10006:2003, *System Zarządzania Jakością – Wytyczne dla zarządzania jakością w projektach*.
- [55] ISO 9000:2005, *Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia*.
- [56] Jankowska A. (2005), Fundusze Unii Europejskiej w okresie programowania 2007 – 2013, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- [57] Kałuski J. (2002), *Teoria gier*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [58] Kamien M.I., E. Muller, I. Zang (1992), Research Joint Ventures and R&D Cartels, *The American Economic Review* 82, 1293-1306.
- [59] Kasvi J.J.J., M. Vartiainen, M. Hailikari (2003), Managing knowledge and knowledge competences in projects and project organizations, *International Journal of Project Management* 21, p. 571–582.
- [60] Kerzner H. (2001), *Project management: A systems approach to planning, scheduling and controlling*, John Wiley & Sons, New York.
- [61] Kok W. (red.) (2004), *Facing the challenge – The Lisbon strategy for growth and employment*, Report from the High Level Group chaired by Wim Kok, Office for Official Publications of the European Communities, Luksemburg.
- [62] Komisja Europejska (2000), *Towards a European research area*, COM (2000) 6, Bruksela.
- [63] Komisja Europejska (2004a), REPORT FROM THE COMMISSION: Interim evaluation report on the results achieved and on the qualitative and quantitative aspects of the implementation of the second phase of the Community action programme in the field of education ‘Socrates’, COM(2004)153, Bruksela.

- [64] Komisja Europejska (2004b), *COMMISSION STAFF WORKING PAPER: Statistics on the implementation of the second phase of the Community action programme in the field of education 'Socrates'*, SEC(2004)230, Bruksela.
- [65] Komisja Europejska (2004c), *SZÓSTY PROGRAM RAMOWY – Wytyczne w zakresie Procedur Oceny i Wyboru Wniosków*, COM C/2004/1855.
- [66] Komisja Europejska (2007), *Siódmy program ramowy (7PR) – Wysuwanie badań europejskich na pierwszy plan*, Broszura informacyjna z serii: Badania europejskie w działaniu.
- [67] Levi D., Ch. Slem (1995), Team work in research and development organizations: The characteristics of successful teams, *International Journal of Industrial Ergonomics* 16, 29-42.
- [68] Li H.-L. (1999), Incorporating competence sets of decision makers by deduction graphs, *Operations Research*, Mar/Apr 47(2), 209-220.
- [69] Li J.-M., Ch.-I Chiang, P.-L. Yu (2000), Optimal multiple stage expansion of competence set, *European Journal of Operational Research* 120, 511-524.
- [70] Lin Ch.-Ch. (2006), Competence set expansion using an efficient 0-1 programming model, *European Journal of Operational Research* 170, 950–956.
- [71] Lin Ch.-M. (2006), Multiobjective fuzzy competence set expansion problem by multistage decision-based hybrid genetic algorithms, *Applied Mathematics and Computation* 181, 1402-1416.
- [72] Małachowski B. (2005a), Human competence representation models, w: *Problemy zarządzania bezpieczeństwem systemów złożonych*, Wydawnictwo Rosyjskiego Państwowego Uniwersytetu Humanistycznego, Rosja, Moskwa 2005, s. 403-406.
- [73] Małachowski B. (2005b), Metoda doboru kompetentnych uczestników konsorcjum realizującego naukowy projekt badawczy, w: *Roczniki Informatyki Stosowanej Wydziału Informatyki Politechniki Szczecińskiej Nr 9*, Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej, s. 235-243.
- [74] Małachowski B. (2006), The formal approach to project team members selection, w: *Problemy regionalnego i miejskiego zarządzania*, Wydawnictwo Rosyjskiego Państwowego Uniwersytetu Humanistycznego, Rosja, Moskwa, s. 359-361.
- [75] Małachowski B. (2007), Model of decision support system for consortium members selection in scientific research project, w: *Problemy sterowania bezpieczeństwem systemów złożonych*, Vol. II, Wydawnictwo Rosyjskiego Państwowego Uniwersytetu Humanistycznego, Rosja, Moskwa, p. 104-106.
- [76] Małachowski B., Zaikin O., Kushtina E. (2004), Uczestnictwo w projekcie badawczym: kooperacyjna gra doboru kompetentnych partnerów, w: *Roczniki Informatyki Stosowanej Wydziału Informatyki Politechniki Szczecińskiej Nr 6*, Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej, s. 354.
- [77] Malawski M, A. Wieczorek, H. Sosnowska (2004), *Konkurencja i kooperacja: Teoria gier w ekonomii i naukach społecznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [78] Mansfield R.S. (1996), Building competency models: Approaches for HR professionals, *Human Resource Management*, 35(1), 7-18.

- [79] Marimon R. (2004), *Evaluation of the effectiveness of the New Instruments of Framework Programme 6* - Report of a High-level Expert Panel chaired by Professor Ramon Marimon.
- [80] Maruszewski T. (2001), *Psychologia poznania*, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Sopot.
- [81] National Training Information Service, 21 listopad 2007 r., <http://www.ntis.gov.au/>
- [82] OECD (2001), *Defining and Selecting Key Competencies*, OECD, Paris.
- [83] Owen G. (1975), *Teoria gier*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- [84] Paelinck J. (1978), Qualiflex – a flexible multiple criteria method, *Economic Lett.* 3, 193-197.
- [85] Partington D., S. Pellegrinelli, M. Young (2005), Attributes and levels of programme management competence: an interpretive study, *International Journal of Project Management* 23, p. 87–95.
- [86] Pawlak M. (2007), *Zarządzanie projektami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [87] Pentico D.W. (2007), Assignment problems: A golden anniversary survey, *European Journal of Operational Research* 176, 775-793.
- [88] Perego A., A. Rangone (1996), On integrating tangible and intangible measures in AHP applications: A reference framework, W: *1996 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 3, 1836-1841.
- [89] Perrenoud P. (1997), Construire des compétences dès l'école, *Pratiques et enjeux pédagogiques*, ESF éditeur, Paris.
- [90] PMI (2004), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, Project Management Institute, Newton Square.
- [91] Poyago-Theotoky J. (1997), Research Joint Ventures and Product Innovation: Some Welfare Aspects, *Economics of Innovation and New Technology* 5, 51-73.
- [92] Qualifications and Curriculum Authority (2006), *The National Qualifications Framework: Helping learners make informed decisions*, <http://www.qca.org.uk/libraryAssets/media/qca-06-2298-nqf-web.pdf>
- [93] Romainville M. (1996), L'irrésistible ascension du terme compétence en éducation, *Enjeux*, no. 37/38.
- [94] Roy B. (1996), *Multicriteria Methodology for Decision Aiding, volume 12 of Non-convex Optimization and its Applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [95] Roy B. (2005), MCDA – paradigms and challenges, w: *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*, J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, Springer, p. 3-24.
- [96] Saaty T.L. (1980), *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.
- [97] Saaty T.L. (1985), *Decision making for leaders*. Belmont, California: Life Time Learning Publications.
- [98] Saaty T.L. (1990), How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- [99] Saaty T.L. (1999), *Fundamentals of the analytic network process*, ISAHP, Kobe, Japan.

- [100] Saaty T.L. (2001), The seven pillars of the analytic hierarchy process. W: M. Köksalan, S. Zionts (red.), *Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium*, Springer.
- [101] Saaty T.L. (2005), The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making, w: Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys, J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, Springer, pp. 345-405.
- [102] Sanchez R. (2004), Understanding competence-based management. Identifying and managing five modes of competence, *Journal of Business Research* 57, 518– 532.
- [103] Scottish credit and qualifications framework – <http://www.sqa.org.uk>
- [104] Scottish Qualifications Authority (2005), *Catalogue of National Qualifications - Session 2005/2006*, Scottish Qualifications Authority, Glasgow.
- [105] Shapley L. (1953), A value for n-person games, s. 307-317, w: Kuhn, Tucker (red.), *Contributions to the Theory of Games*, II, Princeton University Press.
- [106] Shi D.S., P.L. YU (1999), Optimal Expansion of Competence Sets with Intermediate Skills and Compound Nodes, *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 102, No. 3, 643-657.
- [107] Siciński M. (2003), Kwalifikacje czy kompetencje?, *Edukacja i Dialog*, nr 9 (152), Zarząd Główny Społecznego Towarzystwa Oświatowego.
- [108] Siemaszko A., J. Supel (2006), *Uczestnictwo polskich zespołów w Programach Ramowych Badań, Rozwoju Technologii i Wdrożeń UE*, Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych UE, Warszawa.
- [109] Simon H.A. (1958), *Administrative behavior*, Macmillan, New York.
- [110] Sławiński A. (2006), *Analiza statystyczna zgłoszeń polskich koncepcji i tematów przyszłych projektów badawczych 7. Programu Ramowego*, Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych Unii Europejskiej, Warszawa.
- [111] Smoczyńska A. (2005), *Kompetencje kluczowe: Realizacja koncepcji na poziomie szkolnictwa obowiązkowego*, Eurydice, Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji, Warszawa.
- [112] Sosnowska A., K. Poznańska, S. Łobesko, J. Brdulak, K. Chinowska (2003), *Systemy wspierania innowacji i transferu technologii w krajach Unii Europejskiej i w Polsce*, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa.
- [113] Sosnowska H. (2003), Jak różnią się indeksy sił?, *Opere et Studio pro Oeconomia* 1, Wyższa Szkoła Handlu i Finansów Międzynarodowych, Warszawa.
- [114] Spencer L.M.J., Spencer S.M. (1993), *Competence at work: models for superior performance*, Wiley, New York.
- [115] Steyn H. (2002), Project management applications of the theory of constraints beyond critical chain scheduling, *International Journal of Project Management* 20, 75-80.
- [116] Straffin Ph.D. (2001), *Teoria gier*, Wydawnictwo Naukowe „Scholar”, Warszawa.
- [117] Stretton A. (1995), *Australian competency standards*, *International Journal of Project Management*, Vol. 13, No. 2, p. 119-123.

- [118] Supel J., A. Siemaszko (2006a), *Udział Polski w 6. Programie Ramowym Wspólnoty Europejskiej – Statystyki*, Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych UE, Warszawa.
- [119] Supel J., M. Klepka, K. Trojanowski (2006b), *Nowy program ramowy badań i rozwoju Unii Europejskiej*, Krajowy Punkt Kontaktowy Programów Badawczych Unii Europejskiej, Warszawa.
- [120] Szultka S., P. Tamowicz (2004), *Gospodarka oparta na wiedzy w założeniach strategii lizbońskiej*, Polskie Forum Strategii Lizbońskiej, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową.
- [121] Thornton G.C., W.C. Byham (1982), *Assessment centers and managerial performance*, Academic Press, New York.
- [122] Trzaskalik T. (red.) (2006), *Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- [123] Turner D., Crawford M. (1994), Managing current and future competitive performers: The role of competency, w: Hamel G., Heene A. (Eds.), *Competency-based competition: Strategic management series*, Wiley, Chichester, England, p. 241-254.
- [124] Tzeng G.-H., T.-Y. Chen, J.-Ch. Wang (1998), A weight-assessing method with habitual domains, *European Journal of Operational Research* 110, 342-367
- [125] Von Neumann J., Morgenstern O. (1967), *Theory of Games and Economic Behavior*, (wyd. oryg. 1944).
- [126] Votaw D.F., A. Orden (1952), The personnel assignment problem, W: Symposium on Linear Inequalities and Programmng, SCOOP 10, US Air Force, 155–163.
- [127] Wang H.-F., C.-H. Wang (1998), Modelling of Optimal Expansion of a Fuzzy Competence Set, *International Transactions in Operational Research*, Vol. 5, No. 5, 413-424.
- [128] Whiddett S., S. Hollyforde (2003), *Modele kompetencyjne w zarządzaniu zasobami ludzkimi*, Oficyna ekonomiczna, Kraków.
- [129] Woodruffe, C. (1992). What is meant by competency?, w: R. Boam, P. Sparrow (Eds.), *Designing and achieving competency*, New York, McGraw-Hill.
- [130] Yu P.L. (1990), *Forming winning strategies: An integrated theory of habitual domains*, Springer-Verlag, New York.
- [131] Yu P.L. (1991), Habitual Domains, *Operations Research*, Nov/Dec 1991; 39(6), p. 869-876.
- [132] Yu P.L., Zhang D. (1989), Competence set analysis for effective decision making, *J. Control Theory Adv. Technol.*, 5(4), p. 523-547.
- [133] Yu P.L., Zhang D. (1990), A Foundation for competence set analysis, *Mathematical Social Sciences* 20, p. 251-299.
- [134] Zadeh L.A. (1965), *Fuzzy sets*, *Control* 8, p. 338-353.
- [135] Zaikin O., B. Małachowski (2006), Metoda doboru uczestników konsorcjum realizującego projekt badawczy, w: *Badania Operacyjne i Systemowe 2006 – Wiedza systemowa dla rozwoju regionów i przedsiębiorstw w Polsce*, J. Stachowicz, A. Straszak, S. Walkiewicz (Ed.), Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, s. 133-144.

- [136] Zaikin O., Małachowski B. (2005), Project team formation method based on competence model, w: *Image analysis, computer graphics, security systems and artificial intelligence*, Materiały Międzynarodowej Konferencji ACS,05, vol. II, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Białymstoku, p. 271-279.
- [137] Zaikin O., Małachowski B., Pesikov E. (2007), *AHP based method for consortium members selection in scientific research projects*, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 16, No. 5B, p. 357-360.
- [138] Zakarian A, Kusiak A (1999), Forming teams: an analytical approach, *IIE Transactions* 31, 85-97.

ANEKS 1

Macierz