

Bożena Nadolna

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny

ANALIZA DECYZYJNA METODĄ AHP Z WYKORZYSTANIEM KOSZTÓW RELEWANTNYCH

Streszczenie: W obecnych warunkach gospodarowania proces decyzyjny wymaga stosowania analiz wielokryterialnych. Do problemów z zakresu decyzji operacyjnych często stosuje się dyskretne metody wielokryterialne, do których należy metoda AHP. Typowym kryterium decyzyjnym są koszty, najczęściej ustalane według zasad rachunkowości finansowej. Ich przydatność w procesie decyzyjnym jest ograniczona. Stąd propozycja wykorzystania kosztów relewantnych jako kryterium decyzyjnego w metodzie AHP.

Słowa kluczowe: metoda wielokryterialna AHP, koszty relewantne

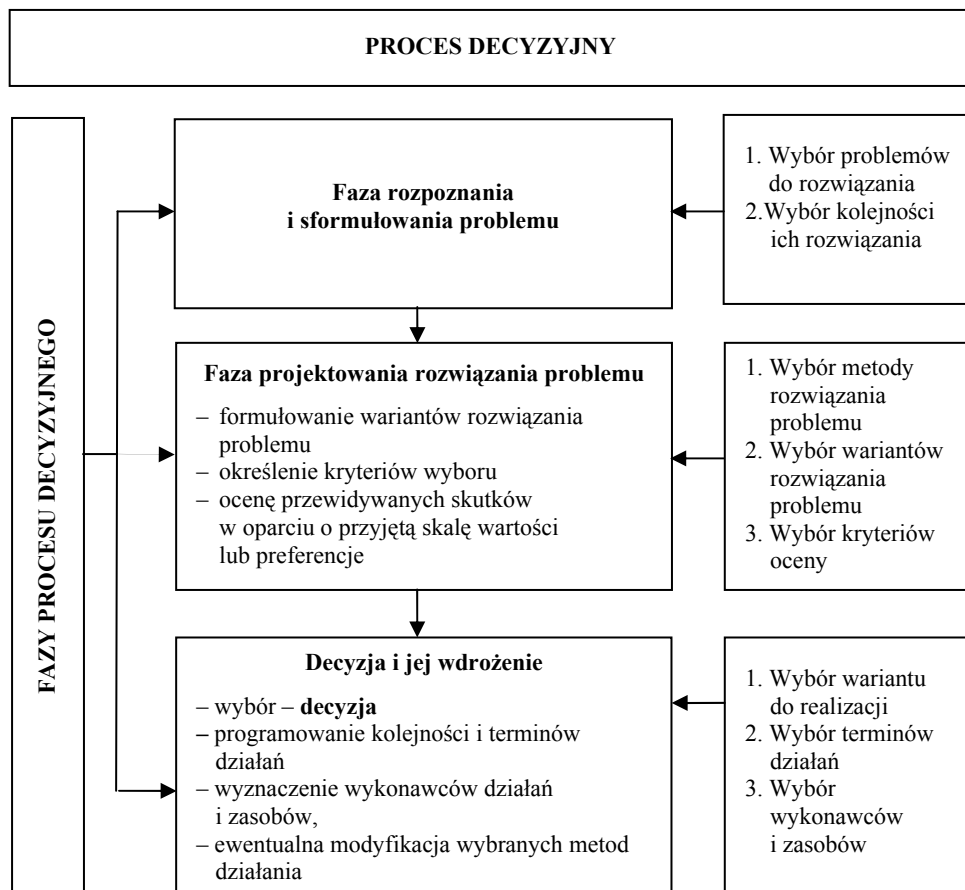
1. Wstęp

Skuteczne podejmowanie decyzji w stale zmieniającej się rzeczywistości wymaga stosowania jakościowych i wartościowych ocen wielokryterialnych. W tego rodzaju decyzjach wykorzystuje się różne metody. Ich dobór do rozwiązania konkretnego problemu decyzyjnego zależy od wielu czynników, z których najistotniejszymi są: cel podejmowania decyzji, rodzaj rozpatrywanego problemu, sytuacja decyzyjna czy stopień strukturyzacji problemu. W wypadku gdy zbiór wariantów decyzyjnych jest skończony, można zastosować dyskretne metody wielokryterialne, do których należy metoda AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Jednym z typowych kryteriów decyzyjnych stosowanych w metodach są koszty. Tradycyjny sposób ich pomiaru w rachunkowości ogranicza jednak ich użyteczność w procesie decyzyjnym. Stąd propozycja włączenia do zestawu parametrów decyzyjnych kosztów relewantnych, koncentrujących się wyłącznie na informacjach istotnych z punktu widzenia danej decyzji. Celem artykułu jest przedstawienie możliwości ich zastosowania jako kryterium decyzyjnego w metodzie wielokryterialnej AHP.

2. Znaczenie kryteriów decyzyjnych w procesie podejmowania decyzji

Podejmowanie decyzji to proces rozpoznawania problemów, poszukiwania możliwych wariantów ich rozwiązania, wartościowania tych rozwiązań i dokonywania



Rys. 1. Proces decyzyjny

Źródło: opracowanie własne.

wyborów zgodnych z celami i preferencjami decydentów. Wynika z tego, że podjęcie decyzji powinno być poprzedzone analizą decyzyjną, która wymaga przeprowadzenia następujących działań badawczych [Shim, Warkentin, Courtney, Power, Sharada 2002, s. 115]:

- postrzegania, uświadamiania, systematyzacji i sformułowania, istniejących w przedsiębiorstwie problemów,
- wykorzystania opracowanych metod rozwiązywania problemów, formułowania wariantów decyzyjnych w języku modeli, generowania nowych rozwiązań,
- analizowania wariantów, symulacji, dokonywania wyboru spośród postawionych wariantów (analizy wykonalności, optymalizacji, kontrolowania realizacji).

W tym ujęciu proces decyzyjny to ciąg następujących po sobie wyborów, które determinują finalną decyzję. Są one dokonywane na każdym etapie tego procesu, co zostało przedstawione na rysunek 1.

Problemy decyzyjne mogą dotyczyć teraźniejszości lub przyszłości. Ich ranga może być różna. Decydent często dokonuje wyboru między problemem ważnym a pilnym oraz bieżąco steruje kolejnością ich rozwiązywania.

W kolejnym etapie procedury podejmowania decyzji decydent powinien wybrać kryterium¹ wartościowania rzeczywistości. Określa ono z punktu widzenia jakiej wartości obecny stan rzeczy nie satysfakcjonuje decydenta lub jaki przyszły stan byłby na tyle wartościowy, że warto dążyć do jego osiągnięcia [Bolesta-Kukuła 2003, s. 47]. Istotnym dla prawidłowego przebiegu procesu decyzyjnego jest wybór związany z generowaniem możliwych wariantów rozwiązania problemu. Skutecznych sposobów rozwiązania problemu może być kilka. W tej sytuacji konieczne jest wprowadzenie dodatkowych kryteriów (parametrów) wyboru. Szczególnego znaczenia nabiera więc wybór kryteriów, które stanowią swoiste wskaźniki będące podstawą wartościowania poszczególnych wariantów. P. Betlej określa je jako kryteria optymalności, które są jednoznacznie sformułowaną miarą (wskaźnikiem), umożliwiającą klasyfikację poszczególnych rozwiązań na lepsze oraz gorsze [Betlej]. Z kolei S.P. Robbins i D.A. Decenzo [Robbins, Decenzo 2002, s. 177] uważają, że kryteria są odzwierciedleniem tego, co decydent uznaje za „istotne w swojej decyzji”. H. Bieniok, H. Halama i M. Ingram [Bieniok, Halama, Ingram 2002, s. 48–49] twierdzą, iż niemożliwe jest przystąpienie do wyboru wariantu optymalnego bez uprzedniego sprecyzowania konkretnych kryteriów oceny, według których wartościowane będą wszystkie przygotowane warianty decyzji. Kryterium oznacza więc przyporządkowanie każdej decyzji ilościowej bądź jakościowej ocenie korzyści wynikającej z jej podjęcia.

Kryteria powinny podlegać weryfikacji w trakcie całego procesu decyzyjnego pod względem ich zgodności z celami, do których dąży decydent. W przypadku braku tej zgodności, poszukuje się nowego kryterium. Z powyższego wynika, że w trakcie analizy decyzyjnej jest możliwa zmiana rankingu preferowanych wariantów.

Współcześnie wiele decyzji w jednostkach gospodarczych wymaga ustalenia kilku konkurencyjnych kryteriów (parametrów) oceny wariantów decyzyjnych. Kryteria te stanowią podstawę do oceny przyjętych wariantów z punktu widzenia ich dopuszczalności oraz zgodności z preferencjami decydenta. Włączenie preferencji do wyznaczania i późniejszych ocen wariantów decyzyjnych wprowadza elementy subiektywne do procesu decyzyjnego. W tych warunkach decyzje są obarczone osądami ludzi, które mają charakter relatywny, zależny od aktualnego systemu warto-

¹ Słowo to pochodzi od łacińskiego słowa *criterium* i oznacza „sprawdzian, probierz, miernik, miarę oceny”, <http://encyklopedia.pwn.pl/lista.php?co>. Kryterium określa się również jako „zasadę wyznaczająca sposób osądzania czegoś pod względem obecności, braku lub stopnia posiadania pewnych cech, jakości [Encyklopedia... 1990, s. 417].

ści, zajmowanej roli i charakterystyki oceniającego [Saaty 1990, s. 24]. W procesie decyzyjnym preferencje te ujawniają się głównie w postaci wag nadawanych poszczególnym kryteriom przez decydentów.

3. Metoda AHP w strukturze metod wielokryterialnych

Celem wszystkich metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej jest dostarczenie decydentowi narzędzi, umożliwiających rozwiązanie problemu przy wielu często konfliktowych kryteriach decyzyjnych. W literaturze najczęściej metody te dzieli się na dwie grupy [Trzaskalik 2006, s. 54]:

- metody wielocelowego podejmowania decyzji (MODM, *Multi-Objective Decision Making*),
- metody wieloatrybutowego podejmowania decyzji (MADM, *Multi-Attribute Decision Making*).

Metody wielocelowego podejmowania decyzji są wykorzystywane do badania problemów decyzyjnych, w których zbiór wszystkich dopuszczalnych decyzji jest ciągły, zawierający nieskończoną liczbę możliwych wariantów rozwiązania. Natomiast metody wieloatrybutowe skupiają się na problemach, w których zbiór wszystkich dopuszczalnych decyzji jest dyskretny, zawierający skończoną liczbę kryteriów i wariantów decyzyjnych.

Rozwiązywanie dyskretnych problemów wielokryterialnego podejmowania decyzji wymaga stosowania określonej procedury, na którą składa się [Roy 1990, s. 48]:

- identyfikacja problemu decyzyjnego,
- strukturyzacja problemu decyzyjnego,
- wyznaczenie i modelowanie preferencji,
- agregacja preferencji przy wykorzystaniu określonych metod i technik.

Identyfikacja problemu decyzyjnego polega na rozpoznaniu przeszkód lub możliwości w procesie wyboru celów operacyjnych jednostki gospodarczej albo na drodze realizacji tych celów [Bielski 2002, s. 187]. W tej fazie na podstawie dostępnych informacji precyzuje się problem. Ustala się również jego istotę, zakres występowania, czas, w jakim powstał lub jakiego dotyczy, wraz z analizą przyczyn jego powstania, a także możliwości rozwiązania.

Strukturyzacja problemu koncentruje się głównie na wyznaczeniu dla zbioru dostępnych wariantów decyzyjnych spójnych kryteriów ich oceny oraz możliwych do zastosowania miar i skali do tej oceny. Przy doborze kryteriów powinno się uwzględnić ich hierarchiczną strukturę. Niejednorodność problemów decyzyjnych wymaga ustalania odmiennych miar i skali dla różnych kryteriów (na przykład skali lingwistycznej czy stochastycznej).

Kolejnym etapem jest wyznaczenie i modelowanie preferencji, polegające na określeniu wektora wag, umożliwiających uporządkowanie wariantów decyzyjnych według ich ważności dla decydenta. W tym procesie należy ustalić formy przedsta-

wiania kryteriów w modelu (kryteria prawdziwe, pseudokryteria czy quasi-kryteria) oraz wyznaczyć ich wartości zgodnie z przyjętą miarą i skalą.

Postać strukturyzacji problemu i sposób modelowania preferencji determinują metodę ich agregacji. W metodach wieloatrybutowych wykształciły się trzy główne kierunki agregowania preferencji [Kulikowski, Kacprzyk, Słowiński 2004, s. 67]:

- agregacja do funkcji użyteczności (model funkcjonalny),
- agregacja do systemu relacyjnego (model relacyjny),
- zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych (model regułowy).

Model funkcjonalny wywodzi się z amerykańskiej szkoły wielokryterialnej analizy decyzyjnej. W podejściu tym rozwiązanie problemu sprowadza się do wyznaczenia analitycznej funkcji użyteczności, a następnie określenia wariantu, dla którego funkcja ta przyjmuje wartość maksymalną. Podstawą metodyczną jest tutaj wieloatrybutowa teoria użyteczności (ang. MAUT, *Multiattribute Utility Theory*) opracowana przez Keeneya i Raiffa [Trzaskalik 2006, s. 44]. Za podstawowe wady metod opartych na teorii użyteczności uznaje się nieuwzględnianie przez nie zmienności i nieprecyzyjności ocen decydenta oraz niepewności, niedokładności i nieokreśloności możliwej do wystąpienia w danych, które są podstawą analizy. Do metod, w których występuje agregacja preferencji, do pojedynczego kryterium zalicza się między innymi metodę UTA (ang. *Utility Theory Additive*), metodę SMART (ang. *Simple Multi-Attribute Ranking Technique*), metodę WSM (ang. *Weighted Sum Model*), metodę AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*).

W modelu relacyjnym opracowanym przez europejską (głównie francuską) szkołę wielokryterialnej analizy decyzyjnej starano się uniknąć wad podejścia szkoły amerykańskiej, dążąc do tego, aby uwzględnił on sytuacje równoważności, preferencji słabej i silnej oraz nieporównywalności. Starając się możliwie najbardziej realistycznie odwzorować problem decyzyjny, wprowadza się wartości progowe równoważności i preferencji w celu budowy relacji przewyższania [Roy, Słowiński 2006, s. 291–292]. Relacja ta reprezentuje ściśle określone preferencje decydenta. Do metod wykorzystujących relację przewyższania należą metody z grupy ELECTRE (fr. *ELimination Et Choix Traduisant la REalite*), metody PROMETHE (ang. *Preference Ranking METHod for Enrichment Evaluation*), Biopolar i inne. Koncepcje sposobu agregacji preferencji w podejściu szkoły amerykańskiej i europejskiej są coraz częściej łączone.

Trzecim podejściem jest model regułowy, w którym preferencje są wyrażone za pomocą formuł logicznych w postaci reguł decyzyjnych. W modelu tym warianty decyzyjne przyporządkowuje się do określonych z góry klas decyzyjnych z przypisanymi rangami. Reguły decyzyjne konstruuje się na podstawie wiedzy uzyskanej z analizy zbioru uczącego, a następnie rozszerza się ją na cały zbiór rozpatrywanych obiektów [Greco, Matarazzo, Słowiński 2004, s. 272]. Analiza ta wykorzystuje teorię zbiorów rozmytych, co wiąże się z możliwością modelowania sytuacji decyzyjnej w warunkach niedokładności i nieprecyzyjności informacji.

Jedną z najczęściej stosowanych metod wielokryterialnego wspomagania procesów decyzyjnych jest metoda hierarchicznej analizy procesu (analiza hierarchicznego procesu), nazywana w skrócie metodą wielokryterialną AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*). Metoda ta wspomaga podejmowanie decyzji w sytuacji występowania wielu kryteriów dla dyskretnych problemów decyzyjnych. Porównuje się w niej parami warianty decyzyjne oraz kryteria z wykorzystaniem specjalnie skonstruowanej pięcio- lub dziewięciostopniowej skali, co pozwala na utworzenie rankingu rozpatrywanych wariantów decyzyjnych. Uwzględnianie preferencji decydenta w agregacji ocen wariantów decyzyjnych wykorzystuje psychologiczne procesy wartościowania. Zakres tych ocen przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Podstawowe oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP

Ocena liczbowa	Ocena werbalna
1	porównywane warianty decyzyjne są równoważne
3	niewielka przewaga wariantu decyzyjnego pierwszego nad drugim
5	duża przewaga wariantu decyzyjnego pierwszego nad drugim
7	bardzo silna, istotna przewaga wariantu decyzyjnego pierwszego nad drugim
9	ogromna, krytyczna przewaga wariantu decyzyjnego pierwszego nad drugim
2, 4, 6, 8	uwrażliwienie skali (wartości pośrednie), stosuje się w razie konieczności

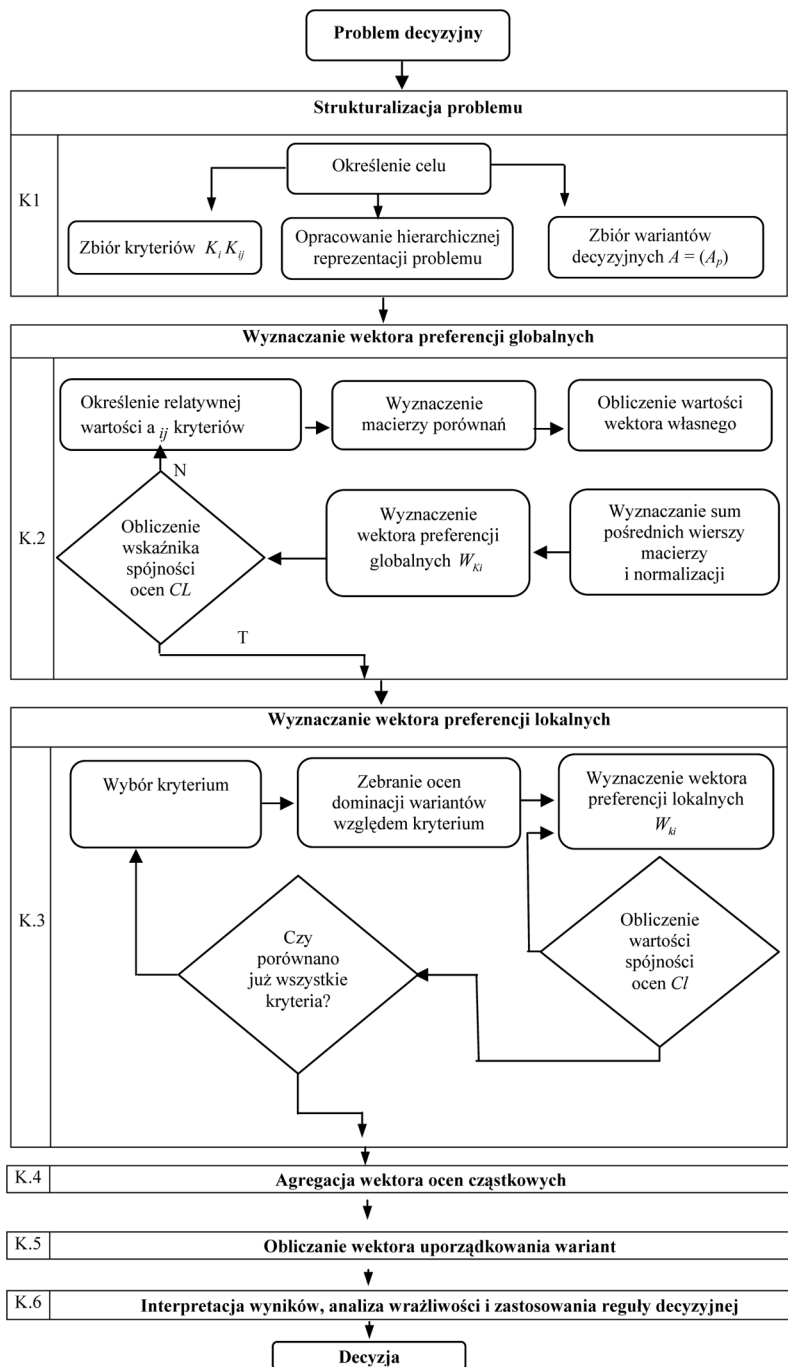
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Trzaskalik 2006, s. 69].

Metoda AHP służy przede wszystkim do porównania wariantów decyzyjnych, chociaż możliwe jest dokonywanie ocen o charakterze diagnostycznym. Przydatność jej jest największa, gdy [Downarowicz 2001, s. 25–34]:

- znaczna część kryteriów ma charakter jakościowy, a doświadczenie oceniającego stanowi główne źródło ocen, mających charakter subiektywny,
- występuje hierarchia kryteriów oceny, reprezentujących różny poziom szczegółowości, związana z hierarchią celów lub oczekiwanych korzyści,
- nie jest znana zależność funkcyjna między elementami problemu decyzyjnego, opisanego w postaci hierarchii czynników, natomiast jest możliwy do oszacowania efekt występowania danych własności,
- występuje pełna porównywalność wariantów, a więc gdy porównanie i ocena odbywają się w zbiorze wariantów należących do tej samej klasy.

Analiza problemu decyzyjnego metodą AHP odbywa się w czterech fazach, które obejmują [Saaty 1990, s. 15]:

- opracowanie hierarchicznej reprezentacji problemu,
- wygenerowanie ocen z wzajemnego porównania parami kryteriów oraz wariantów decyzyjnych przy zastosowaniu względnej skali dominacji, przyjętej w metodzie AHP,



Rys. 2. Procedura decyzyjna w metodzie AHP

Źródło: [Wątróbski 2006, s. 35].

- wyznaczenie preferencji globalnych i lokalnych, określenie wzajemnych priorytetów w odniesieniu do kryteriów i wariantów decyzyjnych,
- klasyfikacja wariantów decyzyjnych, uporządkowanie wariantów ze względu na ich udział w realizacji celu nadrzędnego.

Przedstawiona na rysunku 2 procedura jest szczegółowo opisana przez twórcę metody AHP – T.L. Saaty’ego [Saaty, Hill 1990, s. 121–125] oraz w bardzo wielu artykułach. Posiada ona uogólnioną postać nazywaną ANP (*Analytic Network Process*) [Saaty 1999, s. 1–14].

Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu metody AHP jako narzędzia wspomagającego podjęcie decyzji należy uwzględnić również jej ograniczenia, do których należą [Downarowicz, Krause, Sikorski, Stachowski 2000, s. 8]:

- założenie pełnej porównywalności danych w poszczególnych wariantach,
- konieczność uzyskania spójności macierzy ocen,
- wyłącznie hierarchiczne zależności między kryteriami,
- utrudnienia w uwzględnieniu zależności między cząstkowymi funkcjami celu,
- duże uproszczenia w modelowaniu analizowanego problemu, dające jednak korzyści praktyczne w postaci uproszczonego postępowania w procesie decyzyjnym,
- zalecenie współpracy zewnętrznego analityka-konsultanta, który powinien być także „organizatorem” procesu decyzyjnego.

4. Możliwości wykorzystania kosztów relewantnych w analizie wielokryterialnej i AHP

Głównym celem działania jednostki gospodarczej jest osiągnięcie zadanej efektywności we wszystkich obszarach jej funkcjonowania. W związku z tym decyzje powinny być ukierunkowane na realizację tego celu. Do najczęściej stosowanych wymiarów szeroko rozumianej efektywności zalicza się: jakość, czas, elastyczność i koszty. Jednym z najistotniejszych parametrów wyboru w wielu analizach decyzyjnych są koszty. Tradycyjny ich pomiar, nastawiony na kalkulację zysku księgowego, posiada ograniczoną przydatność w procesie decyzyjnym, szczególnie w odniesieniu do decyzji krótkookresowych. Mając to na względzie, proponuje się wykorzystanie kosztów relewantnych jako kryterium decyzyjnego w rachunkach krótkookresowych. Koszty te są akceptowanymi przyszłymi kosztami, które różnią poszczególne warianty działania. Charakteryzują się one następującymi cechami [Sojak 2003, s. 348–349; Nadolna 2007, s. 419]:

- dotyczą przeszłości,
- są niezaangażowane, czyli nie wynikają z dotychczasowych zaangażowań (umów, przepisów),
- zmieniają się w zależności od wyboru wariantu działania,
- wyznacza się je jako różnicę między kosztami poszczególnych wariantów decyzyjnych,

- pomiar ich jest uzależniony od kierunku i sposobu wykorzystania zasobu; mogą być wycenione według wartości bieżącej czy kosztów odtworzenia,
- w szczególnych sytuacjach kosztami tymi mogą być hipotetyczne, utracone wpływy gotówkowe z tytułu niewybrania optymalnej opcji działania.

Koszty relewantne są identyfikowane w momencie porównania jednego wariantu decyzyjnego z najlepszym wariantem z punktu widzenia korzyści w zakresie realizacji celu decyzji. Różnice w kosztach i korzyściach między tymi wariantami stanowią wielkości istotne (relewantne) dla danej decyzji. Przyrostowe koszty/korzyści wyboru określonej alternatywy stają się „oszczędzonymi kosztami” i „utraconymi korzyściami” niepodjętego alternatywnego przedsięwzięcia [Jaruga, Nowak, Szychta 2001, s. 118]. Na koszty relewantne składają się więc koszty przyrostowe, obejmujące również koszty utraconych korzyści. W tym ujęciu są to dodatkowe koszty i przychody, które powstaną lub będą do uniknięcia na skutek podjęcia decyzji o wyborze określonej opcji działania [Horngren, Foster, Datar 2000, s. 234]. Natomiast koszty utraconych korzyści stanowią miarę korzyści, które mogą być utracone lub których trzeba się będzie wyrzec w sytuacji ograniczonych zasobów, kiedy wybór jednej możliwości działania wymaga rezygnacji z innych. Pozwalają one zmierzyć to, co się straci, odrzucając alternatywny wariant działania. S. Sojak odróżnia koszty utraconych korzyści od kosztów utraconych możliwości. Te pierwsze oznaczają utracone dochody, które już istniały, natomiast drugie to utracone dochody możliwe do osiągnięcia w przyszłości [Sojak 2003, s. 352].

Analiza decyzyjna przy pomocy kosztów relewantnych jest ważnym elementem procesu decyzyjnego, gdyż dokonuje selekcji istotnych z punktu widzenia decyzji informacji już na etapie formułowania możliwych wariantów działania. Pozwala na identyfikację czynników mających wpływ na zmiany w uzyskiwanych korzyściach ekonomicznych w postaci przepływów pieniężnych netto lub marż brutto związanych z daną decyzją w odniesieniu do poszczególnych wariantów decyzyjnych.

Powyższe rozważania wskazują, że koszty relewantne należy uwzględniać w procesie podejmowania decyzji głównie operacyjnych. Problemy decyzyjne, występujące w tym obszarze, należy rozpatrywać odrębnie w warunkach pełnego lub niepełnego wykorzystania zdolności produkcyjnych oraz ograniczeń w innych zasobach. W sytuacji pełnego ich wykorzystania każda decyzja o dodatkowym działaniu będzie generowała koszty utraconych korzyści.

Dla części problemów operacyjnych można wyznaczyć skończoną liczbę wariantów ich rozwiązania. Często są to problemy z dwoma wariantami typu „podjąć jedno działanie czy drugie”. Do tego typu decyzji należą na przykład:

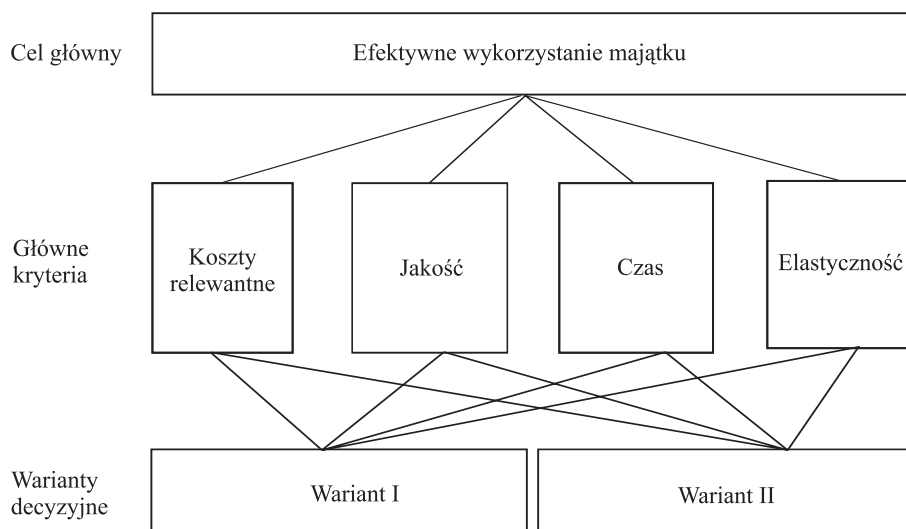
- wytworzyć czy kupić komponent do produkcji,
- rozpocząć produkcję według wariantu A lub B,
- wymienić stary środek trwały na nowy,
- przyjąć czy odrzucić dodatkowe zamówienie itd.

Skończona liczba wariantów decyzyjnych oraz porównywalność zawartych w nich wielkości stwarza możliwość zastosowania w analizie decyzyjnej dyskrét-

nych metod wielokryterialnych, w tym metody AHP. Pierwszym elementem procedury występującej w tej metodzie jest budowa modelu hierarchicznego kryteriów wpływających na rozwiązanie problemu. Na najwyższym poziomie znajduje się cel nadrzędny, natomiast na najniższym – warianty wyboru. Między tymi poziomami znajdują się kryteria decyzyjne, których istotność opisuje ich rolę w realizacji celu nadrzędnego. Przykładowo, dla problemów związanych z wykorzystaniem zdolności produkcyjnych mogą to być następujące kryteria:

- cel główny: efektywne wykorzystanie majątku jednostki gospodarczej jako stan docelowy,
- kryteria główne: koszty relewantne, jakość, czas, elastyczność,
- postulowane warianty (wybór między dwoma wariantami).

Prostą strukturę hierarchiczną problemów typu „podjąć jedno działanie czy drugie” przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Struktura hierarchiczna problemów typu „podjąć jedno działanie czy drugie”

Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiony na rysunku 3 hierarchiczny schemat decyzyjny można rozbudowywać, wprowadzając w ramach kryteriów głównych – kryteria pośrednie. Przykładowo, można podzielić koszty relewantne na koszty utraconych korzyści i inne koszty przyrostowe. Odmiennym rozwiązaniem w analizowanym przykładzie może być uszczegółowienie kryteriów głównych pośrednimi. Na przykład, można wyróżnić grupę kryteriów: ekonomicznych, organizacyjnych, motywacyjnych. W tym ujęciu koszty relewantne mogą stanowić jedno z kryteriów ekonomicznych.

Mając powyższe na względzie, można stwierdzić, że hierarchiczny schemat decyzyjny jest konstruowany przez rozkład problemu decyzyjnego na czynniki składo-

we. Stopień jego szczegółowości zależy od struktury problemu i potrzeb informacyjnych decydenta. Cel główny, kryteria główne i kryteria pośrednie powinny być wzajemnie powiązane. Stanowi to punkt wyjścia do porównań parami ich ważności na każdym poziomie hierarchii, wykorzystując do tego skalę ocen Saaty'ego przedstawioną w tabeli 1. Wyniki porównań zestawia się w macierz porównań. Następnie sprawdza się ich poprawność z wykorzystaniem wskaźnika zgodności stopnia wzajemnych porównań ważności CR (ang. *Consistency Ratio*). Wskaźnik ten ocenia błądność osądów w porównaniach parami. Wyznaczany jest on według wzoru 1.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

gdzie: CI – oznacza współczynnik niespójności ocen.

Obliczany jest według wzoru 2:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

gdzie: λ_{\max} – największa wartość własna macierzy priorytetów,

n – liczba charakterystyk,

RI – indeks losowej zgodności, którego wartość jest zależna od liczby porównywalnych n elementów, który jest średnią CI dla każdej liczby losowo wygenerowanych macierzy porównań.

Zaleca się, aby wskaźnik CR przyjmował wartości mniejsze lub równe 10%, gdyż wówczas uznaje się oceny za zgodne. Jeżeli wskaźnik ten jest poprawny, można obliczyć wektory własne macierzy porównań, które określają względną ważność elementów decyzyjnych (kryteriów i wariantów decyzyjnych) na każdym poziomie hierarchii, czyli tzw. lokalne priorytety. Wskazują one udział danego elementu decyzji w osiągnięciu celu (kryterium) na poziomie bezpośrednio wyższym. Natomiast priorytety globalne danego poziomu reprezentują udział każdego elementu decyzji w osiągnięciu celu głównego. Wybiera się ten wariant decyzyjny, dla którego priorytet globalny jest najwyższy. Procedurę podejmowania decyzji w metodzie AHP z uwzględnieniem kosztów relewantnych przedstawia przykład 1.

Przykład 1

Etap 1

1.1. Problem decyzyjny (cel analizy):

Zakupić komponent do produkcji wyrobu czy wyprodukować go we własnym zakresie?

Opis sytuacji decyzyjnej: Jednostka może wyprodukować komponent do produkcji wyrobu gotowego lub go zakupić. Cena zakupu 1 sztuki komponentu wynosi 45 zł. Planowana wielkość zakupu to 10 000 sztuk. W przypadku wytworzenia komponentu-

tu we własnym zakresie będą potrzebne 4 rodzaje materiałów – A, B, C, D. Materiał A jest niezbędny w ilości 6000 sztuk. Znajduje się on w magazynie, ale jest przeznaczony na realizację innego kontraktu, który rozpocznie się za 2 miesiące. Gdy będzie wykorzystany do produkcji komponentu, trzeba będzie go odkupić. Materiał B jest potrzebny w ilości 8000 sztuk, ale jednostka go nie posiada, więc również będzie musiała go zakupić. Materiał C, którego potrzeba 10 000 sztuk, znajduje się w magazynie w ilości 7000 sztuk. Materiał ten nie zostanie wykorzystany do innego projektu, więc istnieje możliwość jego sprzedaży. Brakującą ilość materiału C jednostka zakupi. Potrzebny do produkcji komponentu materiał D w ilości 2000 sztuk w całości znajduje się w magazynie. Materiał C nie posiada innego wykorzystania, ale materiał D może być użyty do innego projektu jako substytut 3000 sztuk materiału E o koszcie bieżącym 15 zł/sztukę. Szczegółowe informacje dotyczące ilości i cen materiałów zawiera tabela 2. Do produkcji komponentu niezbędne będzie zatrudnienie 2 wykwalifikowanych osób na umowę zlecenie oraz przesunięcie jednego zbędnego pracownika z innego projektu, który jest zatrudniony w jednostce na etacie. Planowane wynagrodzenie pracowników zewnętrznych wyniesie 40 000 zł, natomiast pracownika etatowego 10 000 zł. Do produkcji komponentu jednostka wykorzystywała maszynę produkcyjną, którą używa do bieżącej działalności. Szacuje się, że wykorzystanie tej maszyny do produkcji komponentu spowoduje straty we wpływach pieniężnych z bieżącej działalności w wysokości 5000 zł. Amortyzacja maszyny w czasie jej wykorzystania do produkcji komponentu wyniesie 10 000 zł, a pozostałe koszty są stałe i kształtują się na poziomie 50 000 zł. Kierownictwo jednostki dąży do uzyskania wysokiej jakości produktu podstawowego, więc komponent powinien również być bardzo dobry. Jednostka nie posiada wysoko specjalistycznych maszyn do jego produkcji, co może mieć wpływ na obniżenie jego jakości. Miejsce produkcji komponentu byłaby filia zakładu odległego o 50 km od siedziby firmy, gdzie wytwarza się produkt podstawowy. Siedziba zewnętrznego producenta komponentu znajduje się w odległości 150 km od jednostki.

Tabela 2. Charakterystyki zapotrzebowania materiałów

Materiał	Zapotrzebowanie	Zapasy	Cena nabycia/ zakupu w zł/szt.	Cena sprzedaży netto w zł/szt.	Koszt odtworzenia w zł/szt.
A	6 000	10 000	12	12,5	15
B	8 000				16
C	10 000	7 000	13	12,5	14
D	2 000	2 000	14,5	16	19

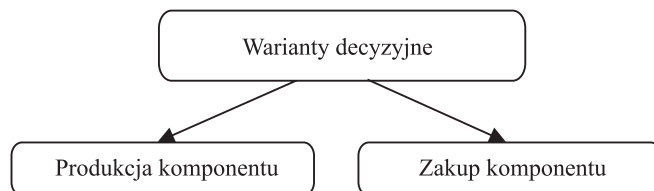
Źródło: opracowanie własne.

1.2. Wyznaczenie kryteriów decyzyjnych:

1. koszty pozyskania komponentu ustalone według zasad rachunkowości finansowej (nazywane w przykładzie – koszty tradycyjne),

2. koszty pozyskania komponentu ustalone według analizy kosztów relevantnych (nazywane w przykładzie – koszty relevantne),
3. jakość komponentu,
4. terminowość dostaw komponentu.

1.3. Wyznaczenie wariantów decyzyjnych (rysunek 4),



Rys. 4. Warianty decyzyjne

Źródło: opracowanie własne.

- 1.4. Szacowanie wartości kosztów pozyskania komponentu w poszczególnych wariantach decyzyjnych ustalone według:
 - a) tradycyjnego rachunku kosztów (tabela 3),

Tabela 3. Koszty pozyskania komponentu ustalone według tradycyjnego rachunku kosztów

Wyszczególnienie	Koszty produkcji komponentu w zł	
	1	2
Zakup komponentu	0	
Materiał A	6 000 szt. x 12 zł/szt.	72 000
Materiał B	8 000 szt. x 16 zł/szt.	128 000
Materiał C	7 000 szt. x 13 zł/szt.	91 000
	3 000 szt. x 14 zł/szt.	42 000
Materiał D	2 000 szt. x 14,5 zł/szt.	29 000
Wynagrodzenia		50 000
Amortyzacja		10 000
Pozostałe koszty stałe		50 000
Razem		472 000

Źródło: opracowanie własne.

- b) analizy kosztów relevantnych (tabela 4)

W analizie kosztów relevantnych wyceniono materiały A według ich kosztu odtworzenia, czyli 15 zł/szt. Wynika to z faktu, że materiały te trzeba będzie ponownie zakupić, aby podjąć produkcję nowego zlecenia. Materiały B zostaną wycenione również według kosztu odtworzenia, czyli po 16 zł/szt. Pobrane z magazynu materiały C zostaną wycenione według ceny sprzedaży netto, ponieważ gdybyśmy nie podjęli decyzji o ich wykorzystaniu do produkcji komponentu, można by je sprzedać

Tabela 4. Koszty pozyskania komponentu ustalone na podstawie analizy kosztów relewantnych

Wyszczególnienie	Przepływy pieniężne			Koszty relewantne
		Produkcja komponentu	Brak produkcji	
	1	2	3	4 = 2 – 3
Materiał A	6 000 szt. × 15 zł/szt.	-90 000		-90 000
Materiał B	8 000 szt. × 16 zł/szt.	-128 000		-128 000
Materiał C	3 000 szt. × 14 zł/szt.	-42 000		-42 000
Sprzedaż materiału C Koszty utraconych korzyści	7 000 szt. × 12,5 zł/szt.	-	+87 500	-87 500
Materiał D	3 000 × 15 zł/szt	-45 000		-45 000
Wynagrodzenia		-40 000		-40 000
Środki trwałe Koszty utraconych korzyści			+5 000	-5 000
Pozostałe koszty stałe		-50 000	-50 000	0
Razem wydatki		-395 000	42 500	-437500

Źródło: opracowanie własne.

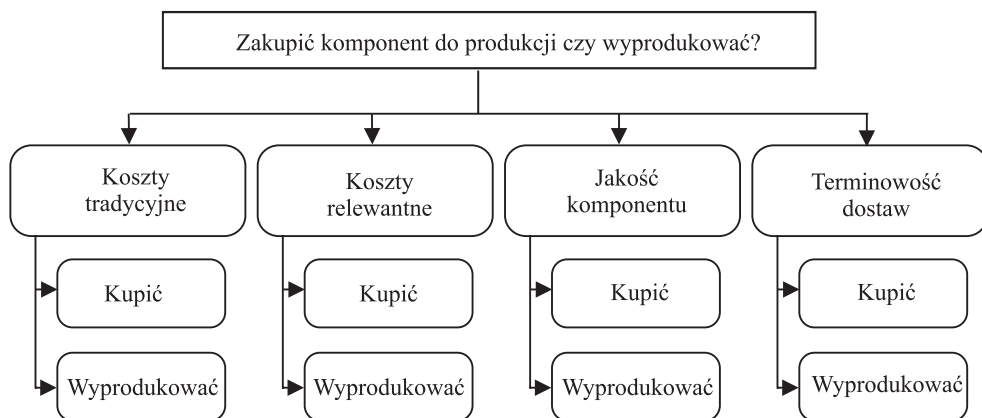
za tą właśnie cenę. Wartość ta będzie stanowiła koszt utraconych korzyści. Pozostałą część materiałów C należy zakupić. Do ich wyceny zastosowano koszt odtworzenia – 14 zł/szt. Z kolei materiały D mogą być użyte na potrzeby innego kontraktu jako substytut 3000 sztuk materiału E o koszcie bieżącym 15 zł/sztukę, więc należy wycenić je według tej wartości.

W analizie kosztów relewantnych zostaną uwzględniane tylko koszty dodatkowo zatrudnionych pracowników z zewnątrz (40 000 zł), gdyż pracownik na etacie będzie otrzymywał wynagrodzenie bez względu na produkcję komponentu.

Amortyzacja maszyny jest w tej analizie kosztem nieistotnym (utraconym), ponieważ jest ona skutkiem decyzji podjętych w przeszłości. Natomiast kosztem istotnym są utracone dochody ze sprzedaży wyrobów, które mogłyby być wytworzone, gdyby maszyny nie wykorzystano do produkcji komponentu, w kwocie 5000 zł. Koszty stałe są nieistotne dla decyzji, gdyż będą ponoszone bez względu na dokonywany wybór.

Przedstawiona analiza wykazała, że według tradycyjnego rachunku kosztów mniej będzie jednostkę kosztował zakup komponentu, gdyż koszt jednostkowy produkcji 1 sztuki komponentu wynosi 47,20 zł, a cena jego nabycia z zewnątrz – 45 zł za sztukę. Natomiast według analizy kosztów relewantnych korzystniejszym rozwiązaniem będzie wytwarzanie komponentu we własnym zakresie. Jednostkowe koszty relewantne wynoszą bowiem 43,75 zł.

1.5. Budowa modelu hierarchicznego problemu decyzyjnego (rysunek 5)



Rys. 5. Hierarchizacja problemu decyzyjnego

Źródło: opracowanie własne.

Etap 2. Wyznaczenie ważności kryteriów

2.1. Opis prac ekspertów

W procesie decyzyjnym wykorzystano opinie 5 ekspertów z jednej firmy produkcyjnej. W skład grupy eksperckiej wchodził: kierownik produkcji, jego zastępca, kierownik działu controllingu, analityk – pracownik działu controllingu oraz mistrz zmianowy. Eksperti na zebraniu podjęli dyskusję nad przedstawionym problemem decyzyjnym. Następnie indywidualnie dokonywali oceny ważności kryteriów decyzyjnych względem siebie oraz względem wariantów decyzyjnych. Po dyskusji uzgodnili wspólne stanowisko w tym zakresie, co przedstawili w ankiecie². Eksperti w ankiecie uzasadniali przesłanki, którymi się kierowali przy wyznaczaniu wag zarówno dla kryteriów, jak i wariantów według nich ocenianych.

2.2. Konstrukcja macierzy względnej ważności kryteriów (tabela 5)

Po opracowaniu hierarchicznego modelu problemu przez porównanie parami została określona relatywna istotność kryteriów (czynników), wskazująca na stopień ich wzajemnej dominacji. Zakres dozwolonych wartości dominacji opiera się na skali Likerta (por. tabela 1). Do przeprowadzenia obliczeń zgodnie z procedurami metody wielokryterialnej AHP zastosowano program Expert Choice.

² Założono równoważność ocen ekspertów. W sytuacji braku takiego założenia, można przeprowadzić wartościowanie opinii ekspertów, czyli określić liczbowo stopień istotności (ważności) opinii poszczególnych ekspertów.

Tabela 5. Macierz względnej ważności kryteriów

Kryteria decyzyjne	Koszty tradycyjne	Koszty relewantne	Jakość komponentu	Terminowość dostaw
Koszty tradycyjne	1/1	1/5	1/3	3/1
Koszty relewantne	5/1	1/1	5/1	7/1
Jakość komponentu	3/1	1/5	1/1	3/1
Terminowość dostaw	1/2	1/7	1/3	1/1

Terminowość dostaw jest 7-krotnie mniej ważna niż koszty relewantne

Jakość komponentu jest 3-krotnie bardziej ważna niż terminowość dostaw

Źródło: opracowanie własne na podstawie ocen ekspertów.

2.3. Obliczenie współczynnika zgodności wag:

$$CR = 0,09$$

Otrzymana wartość współczynnika zgodności wskazuje na spójność wag ekspertów wobec kryteriów decyzyjnych (jest mniejszy niż 0,1), czyli potwierdza ich wiarygodność.

2.4. Obliczenie ważności kryteriów (tabela 6)

Tabela 6. Ważność kryteriów wyliczona z ocen ekspertów

Koszty tradycyjne	Koszty relewantne	Jakość komponentu	Terminowość dostaw
0,115	0,622	0,202	0.061

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyliczeń programu Expert Choice.

Przedstawiony w tabeli 6 wektor opisuje preferowaną przez ekspertów istotność kolejnych kryteriów związanych z danym problemem decyzyjnym. Z punktu widzenia rozstrzyganego problemu eksperci za najistotniejsze kryterium uznali koszty relewantne, natomiast za najmniej istotne – terminowość dostaw.

Etap 3. Wyznaczenie przez ekspertów preferencji wariantów względem każdego kryterium

W przeprowadzonym badaniu ankietowym eksperci określili preferencje wariantów względem każdego kryterium, które zostały przedstawione w tabeli 6.

Przedstawione w punkcie 1.4 szacunki kosztów według analizy kosztów relewantnych i tradycyjnego rachunku kosztów stanowiły podstawę do nadania wag wariantom względem kryteriów kosztowych. O nadaniu większej preferencji kryterium „jakość komponentu” w wariantcie jego zakupu zadecydowała możliwość wytworzenia tego komponentu na bardziej nowoczesnych maszynach u dostawcy zewnętrznego. Natomiast niewielka preferencja na rzecz wariantu „produkcja komponentu”

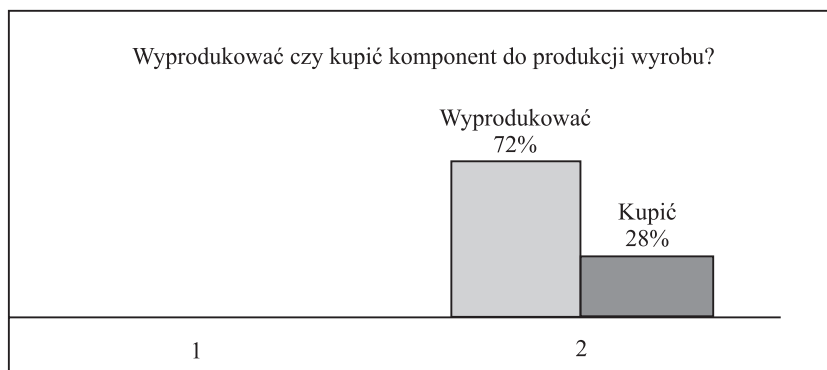
Tabela 6. Wagi preferencji wariantów względem wyznaczonych kryteriów

Kryterium decyzyjne	Kupić	Wyprodukować
Koszty rzeczywiste pozyskania komponentu	7	1
Koszty relewantne pozyskania komponentu	1	7
Jakość komponentu	5	1
Terminowość dostaw komponentu	1	3

Źródło: opracowanie własne na podstawie wycień programu Expert Choice.

przy kryterium „terminowość dostaw” była skutkiem większych możliwości sterowania dostawami komponentu w ramach własnej jednostki. Eksperti uznali również, że podpisane umowy z kontrahentami zewnętrznymi mogą skutecznie zabezpieczać przed nieterminowością dostaw.

Etap 4. Rozwiązanie problemu i jego interpretacja

**Rys. 6.** Rozwiązanie problemu decyzyjnego „wyprodukować czy kupić komponent do produkcji”

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku przeprowadzonej analizy decyzyjnej stwierdzono, że z punktu widzenia przyjętego celu oraz wybranych kryteriów oceny i dostępnych wariantów jego realizacji korzystniejszym rozwiązaniem będzie produkcja komponentu we własnym zakresie. W ocenie ekspertów kryterium, które miało największy wpływ na wybór wariantu decyzyjnego dotyczącego rozpatrywanego problemu decyzyjnego, były koszty relewantne.

Rangę kosztów relewantnych w procesie decyzyjnym potwierdziły dokonane przez autorkę badania w 42 produkcyjnych i usługowych przedsiębiorstwach województwa zachodniopomorskiego i kujawsko-pomorskiego. Badania ankietowe, wspomagane wywiadami, przeprowadzone z 71 pracownikami kadry zarządzającej

szczebla wykonawczego, kierownikami działów controllingu (analiz) oraz właścicielami przedsiębiorstw wskazały na potrzebę stosowania odmiennych niż tradycyjne metod pomiaru kosztów w procesie decyzyjnym. Ankietowanym (ekspertom) przedstawiono 5 prostych problemów decyzyjnych z opisem sytuacji, kryteriami oraz wariantami ich rozwiązania. Zadaniem ankietowanego (lub ich grupy) było ustalenie relacji między poszczególnymi kryteriami (ocena ważności kryteriów względem siebie) oraz określenie preferencji wariantów względem każdego kryterium. Przy czym dla czterech z pięciu problemów decyzyjnych najpierw ankietowani nadawali wagi kryteriom, spośród których jedynym kryterium kosztowym były koszty tradycyjne. Następnie powtarzali procedurę nadawania wag dla tego samego problemu, gdy kryterium kosztowym były tylko koszty relewantne. Dobór pozostałych kryteriów pozostawał bez zmian. Analiza ankiet wykazała, że eksperci w 78% nadali większe wagi kosztom relewantnym niż kosztom tradycyjnym w odniesieniu do pozostałych kryteriów decyzyjnych. Zmiana rankingu kryteriów powodowała również zmiany w wyznaczaniu preferencji wariantów względem każdego kryterium. W uzasadnieniu przyczyn zmian w preferencjach wykazywano, że po uwzględnieniu na przykład kosztów utraconych korzyści wariant, który według tradycyjnego pomiaru kosztów był korzystny (mniejsze koszty), stawał się niekorzystny, gdy przeprowadzono analizę w rachunku kosztów relewantnych lub odwrotnie.

W ankiecie przy rozwiązywaniu piątego problemu decyzyjnego wprowadzono dwa kryteria kosztowe: tradycyjne oraz relewantne. Przy takiej strukturze kryteriów również większą wagę nadawano kosztom relewantnym. Porównując kryteria kosztowe między sobą, aż 87% ankietowanych przypisało większą wagę kosztom relewantnym (przykład 1). Część ankietowanych podkreślała bardziej „intuicyjny”, „zrozumiały”, „naturalny” pomiar kosztów dokonywany za pomocą analizy kosztów relewantnych.

Wnioski z przeprowadzonych badań ankietowych są znacznie szersze. Ich prezentacja będzie przedmiotem kolejnej publikacji.

5. Podsumowanie

Proces podejmowania decyzji wielokryterialnych polega na kompleksowej ewaluacji (wartościowaniu) poszczególnych wariantów decyzyjnych w celu wyboru ze skończonego ich zbioru tego, który zapewni „jak najlepsze” osiągnięcie preferowanych celów przez decydenta. Do oceny wariantów formułuje się kryteria decyzyjne. W decyzjach operacyjnych znaczącym kryterium są koszty, gdyż stanowią one istotny element rachunku ekonomicznego. Tradycyjny sposób ich pomiaru stosowany w rachunkowości jest niewystarczający na potrzeby podejmowania decyzji. Stąd propozycja włączenia do wielokryterialnej analizy decyzyjnej kosztów relewantnych, które ulegają zmianom w poszczególnych wariantach decyzyjnych. Są więc one

istotne z punktu widzenia rozwiązania danego problemu. Implementacja tych kosztów do krótkoterminowej analizy decyzyjnej z wykorzystaniem metody AHP jest możliwa dzięki strukturze problemów rozwiązywanych w ramach zarządzania operacyjnego. Na korzyść tej metody przemawia również jej prostota oraz ujmowanie parametrów trudno mierzalnych.

Literatura

- Betlej B., *Wprowadzenie do badań operacyjnych*, http://www.wsiz.rzeszow.pl/pbetlej/materialy/bo/bo_wprowadzenie_do_badan_operacyjnych.doc.
- Bielski M., *Podstawy teorii organizacji i zarządzania*, C.H. Beck, Warszawa 2002.
- Bieniok H., Halama H., Ingram M., *Podjęcie decyzji menedżerskich*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2002.
- Bolesta-Kukuła K., *Decyzje menadżerskie*, PWE, Warszawa 2003.
- Downarowicz O., Krause J., Sikorski M., Stachowski W., *Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa zoczonego obiektu technicznego*, w: *Wybrane metody ergonomii i nauki o eksploatacji*, Wydaw. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2000.
- Downarowicz O., *Przyczynek do metody względnego wielokryterialnego wartościowania wariantów*, w: *Ergonomia i eksploatacja w edukacji menedżerskiej*, red. O. Downarowicz, Wydaw. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2001.
- Encyklopedia popularna*, PWN, Warszawa 1990.
- Greco S., Matarazzo B., Słowiński R., *Axiomatic characterization of a general utility function and its particular cases in terms of conjoint measurement and rough-set decision rules*, „European Journal of Operational Research” 2004, no. 158 (2).
- Hornigren C.T., Foster G., Datar S.M., *Cost accounting: A managerial emphasis, issue 2.10*, Prentice Hall Inc., Upper Saddle River 2000.
- Jaruga A., Nowak W.A., Szychta A., *Rachunkowość zarządcza. Koncepcje i zastosowania*, Społeczna Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania w Łodzi, Łódź 2001.
- Kulikowski M., Kacprzyk K., Słowiński R., *Badania operacyjne i systemowe. Podjęcie decyzji – podstawy metodyczne i zastosowania*, Exit, Warszawa 2004.
- Kwiesielewicz M., *Analityczny hierarchiczny proces decyzyjny. Nierozmyte i rozmyte porównania parami*, IBS PAN, Seria: Badania systemowe, t. 29, Warszawa 2002.
- Nadolna B., *Decyzje operacyjne a analiza kosztów relewantnych*, w: *Rachunkowość w zarządzaniu jednostkami gospodarczymi*, ZN Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2007.
- Robbins S.P., Decenzo D.A., *Podstawy zarządzania*, PWE, Warszawa 2002.
- Roy B., *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*, WNT, Warszawa 1990.
- Saaty T.L., *Fundamentals of the analytic network process*, ISAHP, Kobe, Japan, August 1999.
- Saaty T.L., *The analytic hierarchy process*, Mc-Graw Hill, New York 1990.
- Sathy T.L., Hu G., *Ranking by eigenvector versus other methods in the analytic herarchy process*, „Appl. Math. Letters” 1990, vol. 11, no. 4.
- Shim J.P., Warkentin M., Courtney J.F., Power D.J., Sharda R., Carlssen Ch., *Past, present and future of decision support technology*, „Decision Support Systems” 2002, vol. 33, issue 2.
- Sojak S., *Rachunkowość zarządcza*, Dom Organizatora, Toruń 2003.
- Trzaskalik T., *Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym*, PWE, Warszawa 2006.
- Wątróbski J., *Strategie informatyzacji przedsiębiorstw o niepotokowej organizacji produkcji*, rozprawa doktorska, Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2006.

ANALYSIS OF DECISION-MAKING BY AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) WITH THE USE OF RELEVANT COSTS

Summary: Effective decision making in the constantly changing world requires the use of a multicriteria evaluation. Helpful in making choices with multiple, often competing objectives may be the use of multicriteria discrete methods, which include the method of AHP. One of the most common decision criteria is cost, whose value is determined in accordance with rules of the financial accounting. This article aims to present the possibilities of use relevant costs as a criterion for decision-making in the multicriteria method AHP.