CZASOPISMO TECHNICZNE B
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

z. 1-B/2008
ISSN 0011-4561
ISSN 1897-628X

AGNIESZKA DZIADOSZ*

OCENA I SELEKCJA INWESTYCJI BUDOWLANYCH Z WYKORZYSTANIEM ANALITYCZNEGO PROCESU HIERARCHICZNEGO (AHP)

ESTIMATION AND SELECTION OF BUILDING INVESTMENT USING THE AHP

Streszczenie

Głównym celem artykułu jest przedstawienie procedury selekcji inwestycji budowlanych, która pozwoli na wieloaspektową analizę wyszczególnionych przez inwestora wariantów, prowadząc do wyboru najlepszego rozwiązania ze względu na przyjęte kryteria. Zaproponowana procedura oparta została na metodologii AHP, dzięki której możliwe było uwzględnienie w analizie kryteriów ilościowych oraz jakościowych.

Słowa kluczowe: *selekcja projektów, analityczny proces hierarchiczny*, *analiza BOCR* (*korzyści – benefits* (*B*), *możliwości – opportunities* (*O*), *koszty – costs* (*C*) *oraz ryzyka – risks* (*R*))

Abstract

This paper presents the Analytical Hierarchy Process (AHP) as a potential decision making method for use in building investment selection. Hierarchical structure project selection problem is constructed for the benefits and costs, separately. Partial results were aggregated in the step fallowing. Sensitivity analysis is performed to check the sensitivity of the final decisions.

Keywords: *project selection*, *analytical hierarchy process*, *BOCR analysis* (*benefits* (*B*), *opportunities* (*O*), *costs* (*C*) *and risks* (*R*))

*Mgr inż. Agnieszka Dziadosz, Instytut Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Zarówno literatura przedmiotu, jak i praktyka wskazują na ogromne znaczenie fazy przygotowania inwestycji, w której inwestor dokonuje wyboru jednej z możliwości inwestowania. Faza ta obejmuje również działania mające na celu wyszczególnienie realnych wariantów planowanego przedsięwzięcia, alternatyw rozwiązań poszczególnych elementów procesu inwestycyjnego oraz uściślenie ostatecznego wariantu realizacji inwestycji z punktu widzenia możliwości, wymagań i preferencji inwestora. Działania podejmowane w fazie przedinwestycyjnej nie wymagają stosunkowo wielkich nakładów, natomiast błędy i zaniedbania popełnione w tym czasie, jak również brak kompleksowego podejścia do planowania inwestycji budowlanej może pociągać za sobą znaczne wydatki w kolejnych etapach procesu inwestycyjnego.

Celem niniejszego artykułu jest omówienie problematyki selekcji wariantów inwestycji budowlanej z punktu widzenia inwestora oraz przedstawienie procedury wspomagającej proces decyzyjny w tym zakresie, stosując analizę BOCR (analizę korzyści – benefits (B), możliwości – opportunities (O), kosztów – costs (C) oraz ryzyka – risks (R)) zaproponowaną przez T.L. Saaty'ego, a także wyróżnienie czynników wpływających na ostateczny wybór.

1. Istota selekcji inwestycji budowlanych

Problem selekcji przedsięwzięć inwestycyjnych wynika w głównej mierze z ich charakteru i specyfiki. Ocena danej inwestycji budowlanej powinna być wieloaspektowa, a jednocześnie uwzględniać indywidualny charakter przedsięwzięcia. Wybór rozwiązań realizacyjnych poszczególnych elementów procesu inwestycyjnego występuje we wszystkich fazach, a konieczność wariantowania rozwiązań dotyczy w głównej mierze tych elementów, które są głównymi determinantami powodzenia projektu [16]. Literatura przedmiotu kładzie główny nacisk na analizę finansową planowanych przedsięwzięć [13]. Niemniej jednak uwzględnienie w analizie czynników technicznych, technologicznych, społecznych, organizacyjnych, ekologicznych pozwala rozpatrzyć problem wielowymiarowo. Należy zauważyć, że część czynników (kryteriów wyboru) ma charakter ilościowy, m.in. zysk z inwestycji, całkowity koszt wykonania, powierzchnia użytkowa itp. Inne natomiast mają charakter jakościowy, jak: prestiż inwestycji, stopień atrakcyjności lokalizacji, otoczenie obiektu, komunikacja, dostęp do nowoczesnej technologii, możliwość etapowania itp. Mogą mieć one istotny wpływ na podejmowaną decyzję w zakresie wyboru ostatecznego wariantu planowanej inwestycji. Problematykę selekcji przedsięwzięć budowlanych, zwłaszcza ich wielokryterialnej oceny na podstawie opinii ekspertów podejmują autorzy [24, 26, 27].

Zadaniem selekcji jest po pierwsze hierarchizacja wariantów rozwiązań według ustalonych przez decydenta kryteriów, po drugie wybór najodpowiedniejszego wariantu. Ważne jest uwzględnienie w procedurze zarówno ilościowych, jak i jakościowych czynników odzwierciedlających wymagania samego inwestora. Możliwość zapewnienia inwestorowi odpowiednich metod i procedur ułatwiających podejmowanie racjonalnych decyzji na etapie przygotowania inwestycji pozwoli na dogłębną i wielokryterialną analizę wyodrębnionych rozwiązań, zapewniających uwzględnienie dodatkowych czynników wewnętrznych i zewnętrznych decydujących o efektywności i wykonalności inwestycji. Opracowane metody uproszczą schemat decyzyjny, dostarczając jednocześnie dodatkowych przesłanek decydujących o wyborze konkretnego rozwiązania.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2. Podstawowe kryteria wyboru

Etap pierwszy, niezależnie od przyjętej procedury selekcji, zawsze powinien zaczynać się od wyszczególnienia możliwych alternatyw oraz określenia zbioru kryteriów, według których będą one oceniane. Przykładowe kryteria zostały przedstawione w tab. 1. Część spośród nich jest stała, tzn. niezależnie od rodzaju przedsięwzięcia będzie brana pod uwagę, np.: zysk, czas realizacji, koszt wykonania itp. Jednak decydent może wyszczególnić dodatkowe kryteria, które mogą ściśle odnosić się do specyfiki przedsięwzięcia, charakteru obiektu, wymogów prawnych czy preferencji samego inwestora. O ile z kryteriami mierzalnymi (np. powierzchnia) nie ma problemu, o tyle dla niemierzalnych decydent powinien sam ustalić skalę. Istotną sprawą jest również określenie wielkości wpływu poszczególnych kryteriów na ocenę globalną poprzez ustalenie ich ważności. Rodzaj kryteriów stosowanych przy wyborze ostatecznego wariantu realizacji inwestycji budowlanej w systemie deweloperskim oraz ich istotność (wynikającą z liczby udzielonych odpowiedzi) przedstawiono w pracy [6].

Tabela 1

Przykładowe grupy kryteriów i podkryteriów w związku z realizacją budynku wielorodzinnego

Kryteria	Podkryteria
Ekonomiczne	– spodziewany zysk z inwestycji – koszt realizacji (budowy 1 m^2 powierzchni użytkowej) – koszt przygotowania terenu pod budowę
Społeczne	– preferencje i potrzeby potencjalnych nabywców – otoczenie inwestycji (sąsiedztwo, możliwość oprotestowania)
Organizacyjne	– wykwalifikowana kadra w zakresie organizacji procesu inwestycyjnego itp.
Prawno-administracyjne	– prawne uregulowanie stanu własnościowego działki – miejscowe wymagania wynikające z planu zagospodarowania przestrzennego itp.
Techniczne i technologiczne	– standard wykończenia inwestycji – doświadczenie w stosowaniu danej technologii – czas realizacji (wynikający z przyjętej technologii) – możliwość etapowania inwestycji – posiadana baza sprzętowa i maszynowa – tempo wykonania robót – wykorzystanie powierzchni zabudowy (intensywność wykorzystania terenu) itp.
Inne	– możliwość ograniczenia ryzyka finansowego – prestiż inwestycji (np. inwestycja jako wizytówka firmy deweloperskiej) – struktura mieszkań w ofercie

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

3. Procedura selekcji

W niniejszym artykule przedstawiono procedurę opartą na metodologii Analitycznego Procesu Hierarchicznego (AHP), uwzględniającą podział kryteriów na korzystne i niekorzystne z punktu widzenia decydenta (inwestora). Rozwinięta przez Saaty'ego metoda AHP ma uszeregować rozpatrywane warianty od najlepszego do najgorszego [1–3, 6, 10, 11, 14, 17–20, 22]. Autor AHP wprowadził 9-stopniową skalę do porównywania parami, przy czym wartość 1 oznacza równoważność dwóch kryteriów (czynników, alternatyw itp.), zaś 9 – absolutną przewagę jednego kryterium nad drugim. Dla ułatwienia obliczeń rozpatrywane pary zestawia się w macierzy, porównując kolejno elementy z kolumny pierwszej z elementami górnego wiersza. Należy pamiętać, że porównując kryterium K1 z K2, przypiszemy wartość np. 5 (zasadnicza przewaga kryterium K1 nad K2), a porównując K2 z K1 w komórce zapiszemy wartość 1/5.

Natomiast podział kryteriów ze względu na ich charakter oraz uwzględnienie w procedurze selekcji kryteriów, które są przeciwstawne w stosunku do innych zaproponowali autorzy prac [17–19]. Kryteria uszeregowane są w 4 grupach, mianowicie: korzyści – *benefits* (B), możliwości – *opportunities* (O), koszty – *costs* (C) oraz ryzyka – *risks* (R). Dla każdej z wymienionych grup przypisana jest również ranga zgodnie z ideą AHP. Następnie po wykonaniu stosownych obliczeń cząstkowe wyniki są agregowane w całość, w ostateczną ocenę inwestycji budowlanej zgodnie ze wzorem: bB + oO – Cc – rR, gdzie b, o, c, r są to wagi grup, natomiast B, O, C, R to dane uzyskane z analizy dla każdej rozpatrywanej alternatywy otrzymane w wyniku porównania metodą AHP. Mamy 3 możliwości połączenia otrzymanych wyników B, O, C, R z odpowiednimi znormalizowanymi wagami b, o, c, r – aczkolwiek autorzy [12] wymieniają 4 – mianowicie:

– bB + oO + c (1/C) + r (1/R),
– bB + oO + c (1 – C) + r (1 – R),
– bB + oO – cC – rR.

Natomiast wymieniany jako czwarta możliwość stosunek BO/CR nie uwzględnia znormalizowanych wag b, o, c, r.

Procedura selekcji inwestycji budowlanych:

1. Sporządzenie macierzy porównań parami dla kryteriów w celu ustalenia ich wzajemnej ważności oraz dla alternatyw względem danego kryterium.
2. Porównanie alternatyw parami względem poszczególnych kryteriów zgodnie z ideą AHP.
3. Obliczenia prowadzące do wyliczenia wektora ważności (wag).
4. Obliczenie λ_{max} (maksymalna wartość własna macierzy).
5. Obliczenie wskaźnika zgodności (*Consistency Index* – CI = $\lambda_{max} - n/n - 1$).
6. Wybór odpowiedniej wartości wskaźnika zgodności losowej (*Random Consistency Ratio* – RI) [2, 11].
7. Obliczenie stosunku zgodności (*Consistency Ratio* – CR = CI/RI).
8. Sprawdzenie zgodności macierzy porównań parami (czy porównania w macierzy są spójne czy nie; dopuszcza się niespójność macierzy na poziomie 0,1, CR < 0,1).
9. Agregacja wyników zgodnie ze wzorem bB + c (1 – C) oraz wyliczenie stosunku B/C.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4. Przykład zastosowania procedury decyzyjnej

W zamieszczonym przykładzie przeprowadzono ocenę inwestycji budowlanych ze względu na dwie grupy: korzyści – B oraz koszty – C. Decydent ma trzy możliwe do realizacji inwestycje budowlane na trzech różnych działkach, przy czym każda z nich charakteryzuje się innymi parametrami (wielkość obiektu, standard wykończenia, możliwość wykorzystania powierzchni zabudowy itp.). Ponadto koszt przygotowania terenu, koszt przygotowania dokumentacji itp. są odmienne. Do dalszej analizy ze względu na korzyści i koszty zostały wykorzystane przykładowe dane.

Kolejność obliczeń:

1. Podział kryteriów na korzyści i koszty ze względu na ich charakter.
2. Wyliczenie wag dla każdego kryterium zgodnie z ideą AHP.
3. Porównanie alternatyw parami względem poszczególnych kryteriów zgodnie z ideą AHP (przykład dla kryterium – stopień wykorzystania powierzchni zabudowy, tab. 2).
4. Agregacja wyników z analizy korzyści i kosztów pozwalająca na uszeregowanie alternatyw od najlepszej do najgorszej (tab. 4).

Analizę korzyści i kosztów związanych z daną inwestycją budowlaną wykonano zgodnie z ideą AHP, kierując się maksymalną wartością własną macierzy zaproponowaną w [1, 17–19]. Metoda ta ma wiele zalet, m.in. pozwala rozłożyć proces w strukturę hierarchiczną, wyodrębnić podkryteria w ramach danego kryterium z możliwością zagregowania wyników z poszczególnych porównań parami oraz uwzględnić w analizie zarówno ilościowe, jak i jakościowe kryteria. Ze względu na pewne usterki tej metody, wymieniane głównie w pracach autorstwa Barzilaiego [4, 5], proponowane są inne metody obliczenia wektora uszeregowania wariantów, mianowicie obok metody maksymalnej wartości własnej wymieniana jest także metoda najmniejszych kwadratów oraz logarytmicznych najmniejszych kwadratów. Metodykę tę wykorzystuje także autor [15], który dokonał analizy zagadnienia szeregowania czynników w sensie AHP z danymi ostrymi i rozmytymi, uwzględniając sytuację związaną z brakiem danych. Natomiast autor [24] zwraca uwagę na brak w omawianej metodzie założenia o możliwości wystąpienia nieporównywalności pomiędzy kryteriami, nie wprowadza progów dyskryminacji dla modelowania preferencji w odniesieniu do danego kryterium. Metoda AHP nie uwzględnia również zależności pomiędzy kryteriami, podkryteriami oraz rozpatrywanymi alternatywami oraz sprzężeń pomiędzy poszczególnymi grupami, na co pozwala natomiast ANP (*Analytical Network Process*), także autorstwa Saaty'ego. Jednak ze względu na swój potencjał jest chętnie wykorzystywana w finansach, przy alokacji zasobów [20], wyborze wykonawcy [3, 10], konfliktach [6], wyborze sposobu realizacji przedsięwzięcia [2], selekcji systemów ogrzewania [7], do ustalenia wag dla poszczególnych czynników ryzyka [21], analizy cech położenia budynków wielorodzinnych [14], określenia wydajności w zależności od przyjętej technologii wykonania budynku [11], ustalenia wag i uszeregowania kryteriów charakteryzujących sytuację finansową przedsięwzięć budowlanych [12], selekcji przedsięwzięć związanych ze środkami transportu (m.in. szybka kolej) [22] itp.

Wyszczególnione na podstawie przeprowadzonych badań pilotażowych [8] kryteria wyboru zostały podzielone na dwie grupy ze względu na ich charakter, mianowicie na korzyści oraz koszty. W przeprowadzonej przykładowej analizie wariantów realizacji inwestycji zostały rozpatrzone również scenariusze wartości wag dla korzyści i kosztów (tab. 5 i 6) w celu zasygnalizowania zmienności ostatecznego wyniku uszeregowania w zależności od przyjętego scenariusza.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 2

Porównanie alternatyw względem stopnia wykorzystania powierzchni zabudowy

Stopień wykorzystania powierzchni zabudowy	Alternatywa A	Alternatywa B	Alternatywa C	Wektor ważności (wagi)
Alternatywa A	1	2	4	0,57
Alternatywa B	0,50	1	2	0,29
Alternatywa C	0,25	0,5	1	0,14

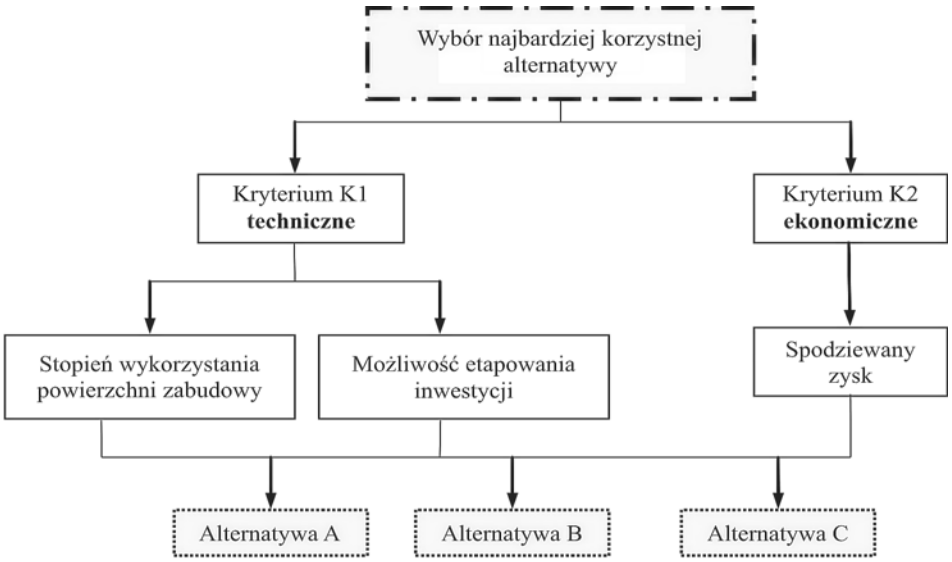
$\lambda_{max} = 3$, CI = 0, RI = 0,58, CR = 0 < 0,1

Tabela 3

Ustalenie wagi globalnej dla kryterium K1

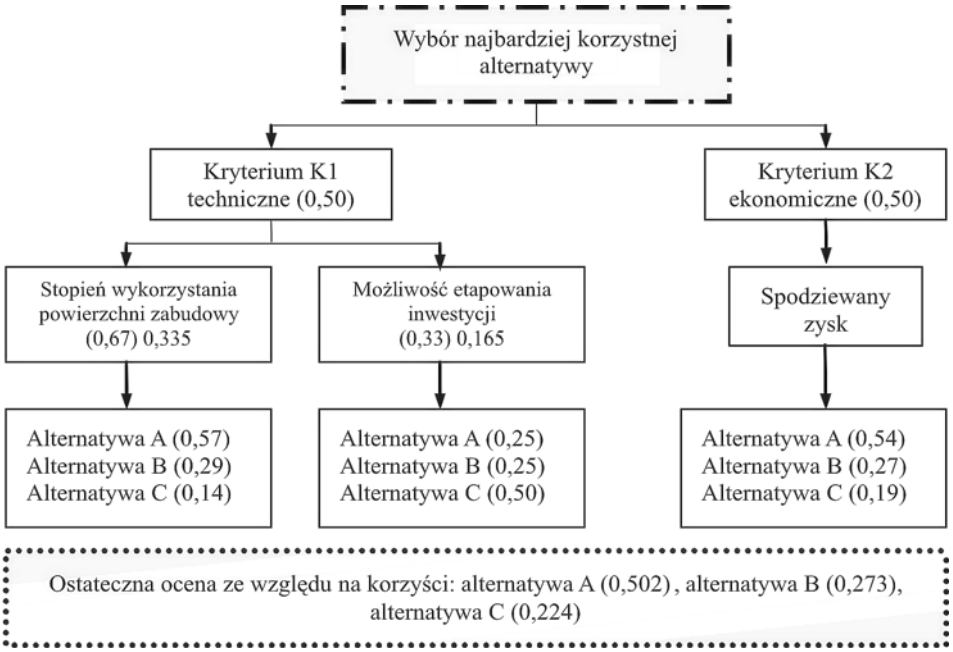
Kryterium	Waga	Podkryteria	Waga lokalna	Waga globalna
Kryterium K1 techniczne	0,50	stopień wykorzystania powierzchni zabudowy	0,67	0,335
		możliwość etapowania inwestycji	0,33	0,165

Niejednokrotnie może być znacznie więcej poszczególnych kryteriów i należy je pogrupować w większe, odrębne grupy, tak aby zachować strukturę hierarchiczną, ustalając wagi globalne dla poszczególnych kryteriów cząstkowych (tab. 3).

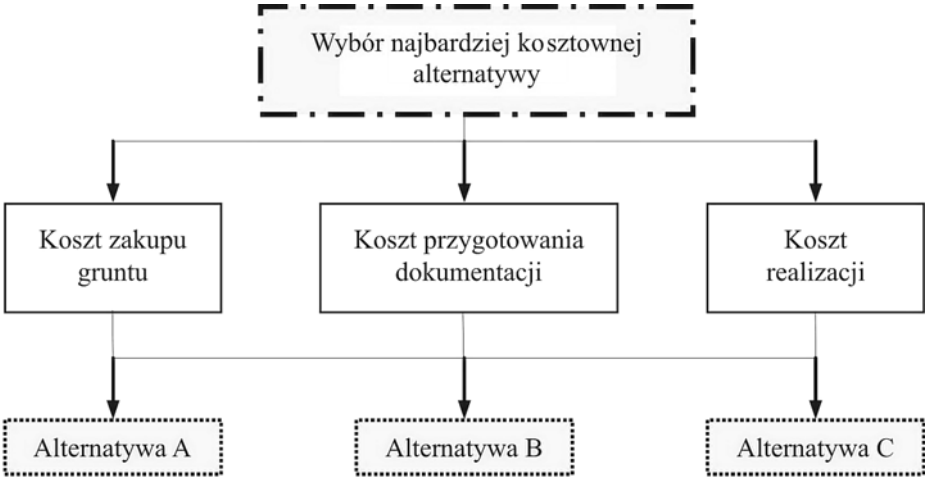


Rys. 1. Struktura hierarchiczna do analizy korzyści (oprac. aut.)
Fig. 1. Profits analysis

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

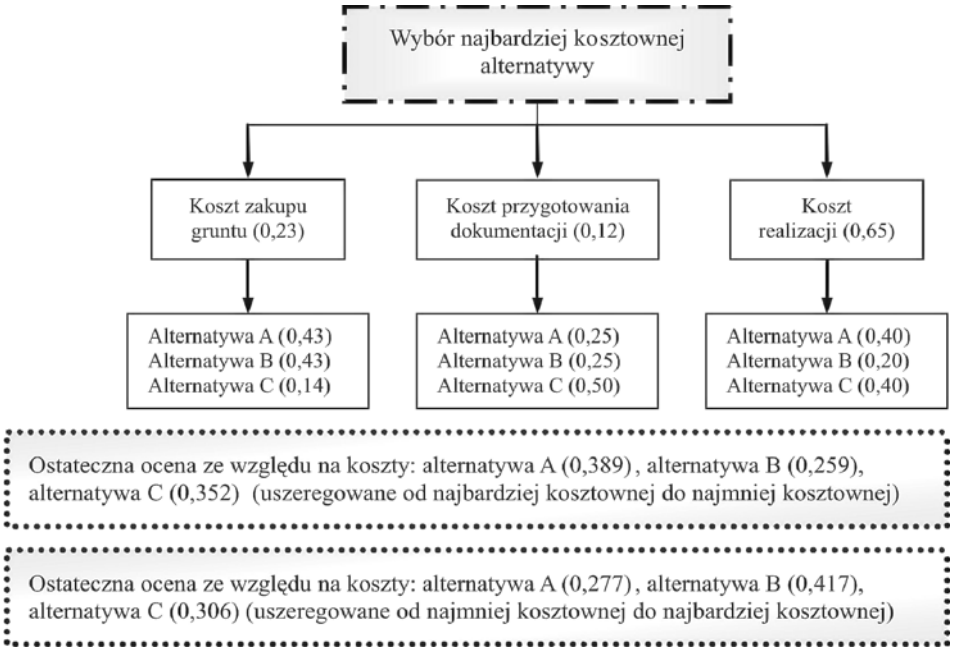


Rys. 2. Zestawienie wyników dla korzyści (oprac. aut.)
Fig. 2. Calculations for profits



Rys. 3. Struktura hierarchiczna do analizy kosztów (oprac. aut.)
Fig. 3. Costs analysis

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rys. 4. Zestawienie wyników dla kosztów (oprac. aut.)
Fig. 4. Calculations for costs

Celem analizy z punktu widzenia kosztu jest określenie, która z rozpatrywanych alternatyw jest najbardziej kosztowna, a następnie uszeregowanie ich od najlepszej (najmniej kosztownej) do najgorszej (najbardziej kosztownej).

Tabela 4

Zestawienie wyników

Alternatywy	B	C	$N_{1/C}$	B/C	Bb + (1 – C)c*	Sumaryczna ocena ($B + N_{1/C}$)
A	0,502	0,389	0,277	1,29	0,546	0,779
B	0,273	0,259	0,416	1,05	0,460	0,690
C	0,224	0,352	0,306	0,64	0,394	0,530

* Przy założeniu, że b = 0,60, zaś c = 0,40, według wzoru bB + oO + c (1 – C) + r (1 – R).

Analizując tab. 4, zawierającą zestawienie wyników, warto zauważyć, że najlepiej w ocenie wypadła alternatywa A. Alternatywa C natomiast powinna zostać odrzucona ze względu na wysoki poziom kosztów, w końcowej ocenie, związanych z realizacją tej inwestycji budowlanej w stosunku do korzyści.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 5

Scenariusze wartości wag b i c

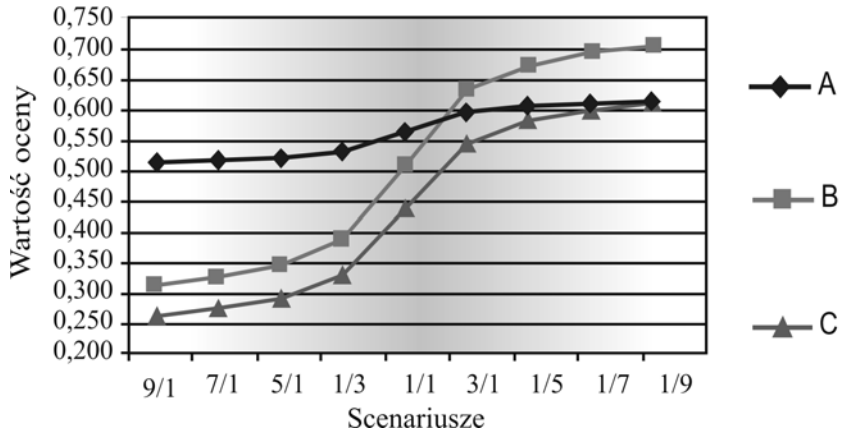
	Scenariusze								
	9/1	**7/1**	**5/1**	**3/1**	**1/1**	**1/3**	**1/5**	**1/7**	**1/9**
b	0,900	0,875	0,833	0,750	0,500	0,250	0,167	0,125	0,100
c	0,100	0,125	0,167	0,250	0,500	0,750	0,833	0,875	0,900

W dalszej części należy założyć udział w globalnej ocenie poszczególnych składników, tzn. rozpatrywanych w przykładzie korzyści i kosztów. Wagi b i c również zostały określone zgodnie z metodologią AHP.

Tabela 6

Analiza wyników w zależności od przyjętego scenariusza wag b i c

	Scenariusze								
	9/1	**7/1**	**5/1**	**3/1**	**1/1**	**1/3**	**1/5**	**1/7**	**1/9**
A	0,513	0,516	0,520	0,529	0,557	0,584	0,593	0,597	0,600
B	0,320	0,332	0,351	0,390	0,507	0,624	0,663	0,683	0,694
C	0,266	0,277	0,295	0,330	0,436	0,542	0,577	0,595	0,606



Rys. 5. Wpływ wartości wag b i c na wynik analizy
Fig. 5. Influence of b and c for solution

Jak wynika z analizy alternatywa A jest najkorzystniejsza głównie z punktu widzenia kryterium zysku oraz większej możliwości wykorzystania powierzchni zabudowy. Jednak jeśli koszty są bardziej istotne dla decydenta, to alternatywa B wydaje się korzystniejsza. Przyjmując, że inwestor kieruje się minimalizacją kosztów, wówczas właściwsza jest inwestycja B przy stosunkowo niskim poziomie ryzyka, ale też przy średnich korzyściach. Tak więc różne decyzje mogą być podejmowane na podstawie tych samych danych, ale mogą zależeć od preferencji i wymagań decydenta w stosunku do poszczególnych składowych analizy BOCR i istnienia dodatkowych warunków.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

5. Podsumowanie

Reasumując, kompleksowa ocena rozważanych alternatyw pozwala inwestorowi zminimalizować ryzyko podjęcia niewłaściwej decyzji. Zastosowanie procedury selekcji pozwala na uniknięcie przypadkowości i chaotyczności w procesie podejmowania decyzji, umożliwia uwzględnienie wymagań i preferencji decydenta oraz pozwala rozpatrzyć inwestycję wielowymiarowo. Wykorzystując metodę BOCR, możliwa jest wszechstronna analiza alternatyw z wyodrębnieniem tych czynników, które są dla inwestora najistotniejsze. Warto wspomnieć, że na ostateczny wynik selekcji ma wpływ przyjęta przez decydenta strategia: maksymalizacja zysku lub minimalizacja kosztów. Jak wykazała przeprowadzona analiza odnośnie do wpływu wag na końcową ocenę, w przypadku maksymalizacji zysku powinna zostać wybrana alternatywa A, zaś kiedy celem jest minimalizacja kosztów, najlepiej spełnia go alternatywa B. Zatem znaczenie wag w końcowej agregacji cząstkowych wyników jest istotne.

Literatura

[1] Alidi A.S., *Use of analytic hierarchy process to measure the initial viability of industrial projects*, International Journal of Project Management, Vol. 14, No. 4, 1996, 205-208.

[2] Al Khalil M.I., *Selecting the appropriate projects delivery method using AHP*, International Journal of Project Management, Vol. 20, 2002, 469-474.

[3] Al-Subhi Al-Harbi K.M., *Application of the AHP in project management*, International Journal of Project Management, Vol. 19, 2001, 19-27.

[4] Barzilai J., *Deriving weights from pairwise comparison matrices,* Journal of Operational Research Society, Vol. 48, 1997, 1226-1232.

[5] Barzilai J., *On the decomposition value functions,* Operation Research Letters, Vol. 22, 1998, 159-170.

[6] Cheung S., Suen H., *A multi-attribute utility model for dispute resolution strategy selection*, Construction Management and Economics, Vol. 20, 2002, 557-568.

[7] Dytczak M., Ginda G., *Benefits and costs in selecting fuel municipality heating systems with the Analytic Hierarchy Process*, Journal of Systems Science and Systems Engineering, Vol. 15, No. 2, 2006, 165-177.

[8] Dziadosz A., *Realizacja przedsięwzięć na krakowskim rynku budowlanym w opiniach deweloperów*, Przegląd Budowlany, nr 4, 2006, 26-31.

[9] Dziadosz A., *Metoda wyboru wariantu realizacji inwestycji deweloperskiej*, Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Nr 87, Seria: Studia i Materiały, Nr 18, Wrocław 2006, 273-281.

[10] Fong P.S., Choi S.K., *Final contractor selection using analytical hierarchy process*, Construction Management and Economics, Vol. 18, 2000, 547-557.

[11] Ginevicius R., Podvezko V., Andruskevicius A., *Determining of technological effectiveness of building systems by AHP method*, Technological and Economic Development of Economy (Ukio technologinis ir ekonominis vystymas), Vol. 10, No. 4, 2004, 135-141.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

[12] Ginevicius R., Podvezko V., *Assessing the financial state of construction enterprises*, Technological and Economic Development of Economy (Ukio technologinis ir ekonominis vystymas), Vol. 12, No. 3, 2006, 188-194.
[13] Gostkowska-Drzewicka T. (red.), *Projekty inwestycyjne*, *finansowanie*, *metody i procedury oceny*, ODDK, Gdańsk 1999.
[14] Kauko T., *An analysis of housing location attributes in the inner city of Budapest*, *Hungry*, *using expert judgments*, International Journal of Strategic Property Management, Vol. 11, No. 4, 2007, 209-225.
[15] Kwiesielewicz M., *Analityczny hierarchiczny proces decyzyjny*. *Nierozmyte i rozmyte porównania parami*, Instytut Badań Systemowych, PAN, Warszawa 2002.
[16] Nowacki P., *Wybór rozwiązań realizacyjnych i organizacja przedsięwzięć developerskich*, [w:] *Inwestycje i nieruchomości*. *Procedury decyzyjne*, *finansowanie*, *ryzyko*, K. Dziworska, E. Ostrowska (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2000, 286-294.
[17] Saaty T.L., Cho Y., *The decision by the US congress on China's trade status*: *a multicriteria analysis*, Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 35, 2001, 243-252.
[18] Saaty T.L., Ozdemir M., *Negative priorities in the Analytical Hierarchy Process*, Mathematical and Computer Modeling, Vol. 37, 2003, 1063-1075.
[19] Saaty T.L., *Decision making – The Analytic Hierarchy and Network Process (AHP/ANP*), Journal of Systems Science and Systems Engineering, Vol. 13, No. 1, 2004, 1-35.
[20] Saaty T.L., Vargas L.G., Dellmann K., *The allocation of intangible resources*: *the analytic hierarchy process and linear programming*, Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 37, 2003, 169-184.
[21] Skorupka D., *Metoda identyfikacji i kompleksowej oceny ryzyka realizacji przedsięwzięć budowlanych*, [w:] *Metody i modele badań w inżynierii przedsięwzięć budowlanych*, O. Kapliński (red.), PAN, KILiW, IPPT, Studia z zakresu inżynierii, nr 57, Warszawa 2007, 185-204.
[22] Su Ch.-W., Cheng M.-Y., Lin F.-B., *Simulation-enhanced approach for ranking major transport projects*, Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 12, No. 4, 2006, 285-291.
[23] Thiel T., *Wielokryterialne metody podejmowania decyzji*, [w:] *Informatyka stosowana w inżynierii produkcji budowlanej*, O. Kapliński (red.), Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1996, 119-143.
[24] Thiel T., *Metodyczne aspekty wielokryterialnego wspomagania decyzji w inżynierii produkcji budowlanej*, rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, Poznań 1996.
[25] Thiel T., *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w planowaniu przedsięwzięć*, [w:] *Metody i modele badań w inżynierii przedsięwzięć budowlanych*, O. Kapliński (red.), PAN, KILiW, IPPT, Studia z zakresu inżynierii, nr 57, Warszawa 2007, 303-330.
[26] Zavadskas E., Peldschus F., Kaklauskas A., *Multiple criteria evaluation of projects in construction*, VGTU – Technika, Vilnius 1994.
[27] Zavadskas E., *Mehrkriterielle Entscheidungen im Bauwesen*, VGTU – Technika, Vilnius 2000.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ