

IV-17

公共プロジェクトの代替案選択における主成分分析の適用に関する研究

株式会社日本総合研究所 正会員 龍田和紀
 日本大学理工学部 正会員 藤井敬宏
 日本大学総合科学研究所 正会員 長尾義三

1. はじめに

公共プロジェクトの代替案選択にあたり問題となるのは、総合評価の過程で生じる不確実性の処理である。この不確実性は多様であるが、本研究では評価項目の重みに焦点をあて、それを排除した一方法として主成分分析による重み決定法(PCA法)を提案した。そして、過去の事例との比較により有効性を検討した。

2. PCA法の基本的な考え方

本研究では、計画主体によって用意された実行可能な複数の代替案が、複数の評価項目によって評価される場合の問題を扱う。各代替案は評価項目毎に評価値と重みに差異がある。また、一般に各代替案の評価値に差異のない評価項目は除外されることから、その重みは各代替案の評価値の差異の大きさに比例すると考えることができる。

変動係数による重みづけ(CV法)¹⁾は、この代替案の差異を評価項目別に考慮しているが、評価値マトリックス上には一般にFig. 1に示すように各評価項目毎の差異より大きな合成変量の差異が存在する。提案するPCA法は、その差異を考慮するため主成分分析を用いて代替案の差異が最大となる評価軸を選定し、総合評価を行うものである。

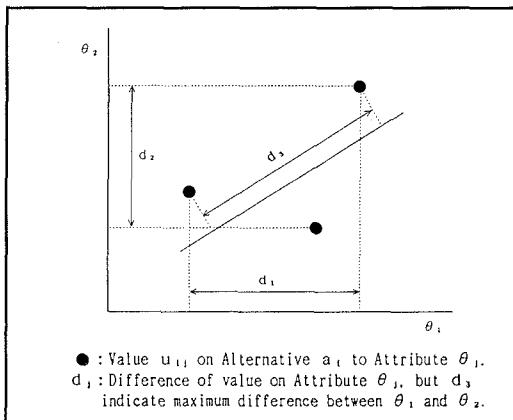


Fig. 1 Difference of Value between Attributes.

3. 代替案の評価と選択

定式化にあたり、次の前提を設けた。

- ① 不確実性は評価値のみに存在するものとし、確率変数として取り扱う。
- ② 各評価項目の重みは、主成分の固有ベクトルで与えられるものとする。
- ③ 主成分得点と評価値マトリックスは、負の相関をもたないものとする。

評価軸は、式(1)に示す主成分式で表される。

$$z_{ih} = \sum_{j=1}^m l_{hj} (p_{ij} - \bar{p}_j) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、

$$\sum_{j=1}^m l_{hj}^2 = 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$p_{ij} = \int_{-\infty}^{\infty} u_{ij} \cdot \phi(u_{ij}) du_{ij} \quad \dots\dots\dots (3)$$

a_i : 代替案 $i=1, 2, \dots, n$

θ_j : 評価項目 $j=1, 2, \dots, m$

h : 主成分 $h=1, 2, \dots, k$

z_{ih} : 代替案 a_i の第 h 主成分得点

l_{hj} : 第 h 主成分における評価項目 θ_j の固有ベクトル

u_{ij} : 代替案 a_i の評価項目 θ_j に対する評価値

p_{ij} : 評価値 u_{ij} の確率的期待値

ϕ_{ij} : 評価値 u_{ij} の確率密度関数

通常、主成分は複数個存在する。複数の主成分を評価の対象とする場合、各主成分の重みが問題となる。ここでは、評価値の差異の大きさに比例するとして主成分の寄与率で与えるものとする。すなわち、代替案 a_i の総合評価値 V_i は、式(4)で表される。

$$V_i = \sum_{h=1}^k \left\{ \frac{\lambda_h}{k} \cdot z_{ih} \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

V_i : 代替案 a_i の総合評価値

λ_h : 第 h 主成分得点の固有値(分散)

また、最終代替案は

$$\text{Max } V_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

となる代替案を選択する。

4. 適用例と考察

P C A法の適用にあたり、Tisza川の水資源開発計画²⁾の事例を用いた。ここでは、Table1に示す5つの代替案と12の評価項目および評価値が選定されている。また、確率変数は正規分布に従うものとし、その大きさは評価値の10%の標準偏差を設定した。

この評価値マトリックスについて主成分分析を行ったところ、評価対象として3つの主成分が得られた。これらの主成分による代替案の主成分得点と寄与率を、Table2に示す。ただし、第3主成分ではいくつかの評価項目との相関はもつものの評価値マトリックス全体では無相関となり、固有ベクトルの符号が一意に決まらないためトレード・オフを考慮した。

総合評価値をTable3に示す。比較検討のため、C V法¹⁾、Keeneyの効用関数法²⁾、L F W法³⁾の結果も併記した。なお、P C A法では先のトレード・オフを考慮して、2通りの総合評価値が得られている。

結果をみると、P C A法ではトレード・オフに関係なく、他の評価法とともに代替案a₁が選考される。また、同じ考え方に基づくC V法に比べて、P C A法の総合評価値の差は明確になっており、代替案の選択がより容易になる。

Table4は、確率変数の大きさによる総合評価値の変化をみたものである。これらの範囲ではいずれの場合もa₁が選好され、不確実性の影響は大きくないことがわかる。

5. 結 論

本研究では、不確実性処理の一方法としてP C A法を提案した。そして、事例適用により次の結論を得た。

- ① 評価値の差異に着目して重みづけを行うため、評価値のみから求めることができ、重みづけの主観を排除できる。
- ② C V法と比較して、合理性を高めるとともに、

Table1 Utility Matrix in Water Resources Planning.

Attribute	Alternative				
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
θ_1	0.489	0.894	0.435	0.637	0.409
θ_2	0.960	0.783	0.251	0.251	0.251
θ_3	0.936	0.815	0.379	0.936	0.638
θ_4	0.610	0.399	0.006	0.067	0.006
θ_5	0.672	0.445	0.263	0.117	0.117
θ_6	0.307	0.638	0.150	0.638	0.998
θ_7	0.200	0.400	0.400	0.800	0.600
θ_8	0.914	0.914	0.791	0.615	0.615
θ_9	0.860	0.695	0.271	0.695	0.500
θ_{10}	0.914	0.791	0.615	0.362	0.615
θ_{11}	0.914	0.791	0.615	0.362	0.615
θ_{12}	0.800	0.800	0.200	0.400	0.200

Table2 Principal Component Value and Eigenvalue Ratio.

Principal Component	Alternative					%
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	
z ₁	1.122	0.430	-0.552	-0.502	-0.498	59.6
z ₂	-0.264	0.414	-0.808	0.262	0.396	29.7
z ₃	① -0.160	0.284	0.076	0.144	-0.344	6.7
	② 0.160	-0.284	-0.076	-0.144	0.344	

① Case of making much of $\theta_1, \theta_3, \theta_8, \theta_{12}$

② Case of making much of θ_{11}

Table3 Synthetic Value

Method	Alternative				
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
PCA	I 0.604	0.415	-0.588	-0.221	-0.211
	II 0.626	0.375	-0.598	-0.241	-0.163
Keeney	0.832	0.831	0.503	0.648	0.512
LFW	0.641	0.000	0.000	0.359	0.000
CV	0.657	0.594	0.183	0.395	0.422

I : Case of making z₃ ① an object in Table2.

II : Case of making z₃ ② an object in Table2.

Table4 Change of Value by Random Variable Size.

S.D. $\sigma=10\%$	Alternative				
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
1/4 σ	0.611	0.405	-0.453	-0.269	-0.293
1/2 σ	0.648	0.354	-0.510	-0.144	-0.347
σ	0.604	0.415	-0.588	-0.221	-0.211
2 σ	0.439	0.090	-0.621	0.294	-0.202

さらに代替案の差異を大きくすることができる。

したがって、総合評価値の差異がより明確になり、計画者に有力な情報を与える。

- ③ 今回の事例では総合評価値に大きな変化がみられなかったが、抽出する主成分によりトレード・オフを考慮して代替案を選好することができる。
- ④ 本研究で対象とした評価値のもつ不確実性が、代替案の選好に与える影響はあまり大きくない。

参考文献

- 1) 龍田和紀・長尾義三・藤井敬宏：評価項目の差に着目した計画代替案選択における評価項目の重みづけに関する研究、平成3年度日本大学理工学部学術講演会論文集 pp.261～262、1991年
- 2) R.L.Keeney and E.F.Wood: An Illustrative Example of the Use of Multiattribute Utility Theory for Water Resources Planning, Water Source Research Vol.13 No.4 pp.705～712、1977
- 3) 長尾義三・浅岡顕・若井郁次郎：評価項目の重み未知の場合の代替案総合評価法、土木学会論文報告集第313号 pp.89～100、1981年