

IV-10

重みと評価値の不確実性を考慮した代替案総合評価法

※日本大学大学院 学生員 龍田 和紀
 日本大学理工学部 正 員 長尾 義三
 日本大学理工学部 正 員 藤井 敬宏

1. はじめに

土木施設計画の代替案総合評価において問題となるのは、その作業過程で発生する様々な不確実性の混入である。本研究は、その中で評価モデルで解決できると思われる重みと評価値という定量的な不確実性に着目し、これを考慮した代替案評価手法を提案した。そして、過去の事例の結果との比較により、その有用性について検討した。

2. 重みと評価値の不確実性の考慮

本研究では、重みと評価値の不確実性を確率変数として扱うことで考慮する。また、評価値はKeeneyの多属性効用理論¹⁾から算出するが、重みについては次の3つの方法から求めることにする。

I. Keeneyの方法を用いる。

II. 各評価項目における代替案間の評価値の標準偏差を用いる。これは代替案間の評価値の変動が大きければ、その評価項目にかかる重みも大きくなるという考えによる。

III. IとIIの相乗値を用いる。これは評価項目の選好程度と評価値の変動程度の両方を同時に考慮した重みとして取り扱うものである。

3. 本研究の総合評価モデル

定式化にあたり、次の6つの前提を設けた。

- ① 本方法で取り扱う不確実性は、重みおよび評価値の計測誤差によるもののみであり、その他の不確実性は存在しない。
- ② 重みおよび評価値の不確実性は、それらを確率変数として取り扱う。
- ③ 各代替案の各評価項目に対する評価値は、評価指標値と評価関数、重みは意識調査等による推測または評価項目の標準偏差から算出する。
- ④ 各代替案の総合評価値は、各評価項目の重みと評価値の確率的期待値より算出する。
- ⑤ 評価者は、総合評価値が最大となる代替案を最適代替案として選択する。
- ⑥ 評価者は1人もしくは1つのグループと考え、

複数の評価者の存在は考慮しない。したがって、この評価法では、複数の評価者による利害対立、および調整、補償の問題については言及しない。次に、定式化した評価モデルを表1に示す。

表1 本研究における総合評価モデル

総合評価値の算出式	
$V_i(\lambda_j, u_{ij} a_i, \theta_j) = \int \cdots \int \phi_{ij}(u_{ij} a_i, \theta_j) \cdot \psi_j(\lambda_j \theta_j) d\lambda_j du_{ij}$ ただし、$u_{ij} = x_j(x_{ij})$ a_i : 代替案 $i=1, 2, \dots, n$ θ_j : 評価項目 $j=1, 2, \dots, m$ V_i : 代替案a_iの総合評価値 x_{ij} : 代替案a_iの評価θ_jに対する評価指標値 u_{ij} : 評価関数x_jにより変換される評価指標値の評価値 $0 \leq u_{ij} \leq 1$ x_j : θ_jの評価関数 λ_j : 評価項目θ_jの重み $0 \leq \lambda_j \leq 1$ ϕ_{ij} : 評価値u_{ij}の確率密度関数 ψ_j : 重みλ_jの確率密度関数	
1) 選好独立、効用独立が成立する場合	
$V_i(\lambda_j, u_{ij} a_i, \theta_j) = \prod \int \int \phi_{ij}(u_{ij} a_i, \theta_j) \cdot \psi_j(\lambda_j \theta_j) d\lambda_j du_{ij}$ ただし、$\sum \lambda_j = 1$	
2) 選好独立が成立し、効用独立が成立しない場合	
$V_i(\lambda_j, u_{ij} a_i, \theta_j) = \sum \int \int \phi_{ij}(u_{ij} a_i, \theta_j) \cdot \psi_j(\lambda_j \theta_j) d\lambda_j du_{ij}$ ただし、$\sum \lambda_j = 1$	

4. 事例による検討

定式化した評価モデルの適用にあたり、Keeneyの例を用いた。これはDanube川の支川 Tisza川流域の水資源開発計画問題¹⁾であり、表2に示す5つの代替案と12の評価項目、さらに評価指標値および評価値（効用値）が選定されている。また、重みは2で

述べた3種類を表3に示した。なお、重みおよび評価値の確率変数は正規分布に従うものとし、その標準偏差を0.005とした。

評価の結果を表4に示す。参考にKeeneyの方法およびLFW法²⁾の結果も併記した。

IはKeeneyの重みを用いたものである。確率変数として扱ったこの方法では、代替案間の総合評価値の差が明確になり、最適代替案の選択が容易になった。ただし、表5の結果から確率変数の影響は小さくなく、計測誤差という微小範囲の不確実性では代替案の優先順位はあまり影響を受けないといえる。

IIでは、代替案の優先順位はIと同じ結果が得られた。Keeneyの方法による重みはあくまでも専門家の意見や意識調査等からの推測であり不確実性を伴うが、この方法ではこれを避けることができる。

IIIでは代替案の優先順位は先のI、IIと同じだが、総合評価値はIIの場合に近くなり、標準偏差が与える影響は意外に大きいといえる。

5. 結論と今後の課題

本研究では、重みと評価値の不確実性を考慮した評価法を提案した。その結果、次の結論を得た。

- ① 計測誤差という微小範囲の不確実性が代替案の優先順位に与える影響はあまり大きくない。
- ② 重みを評価値の標準偏差とする方法は、従来の推測という不確実性を避けることができるうえ、総合評価値の劣る代替案を削除するひとつの目安となる。

しかし、この評価法で不確実性に関するすべての問題が解決されたわけではなく、次の課題が残される。

（方法論に関する課題）

- ① 重みと評価値のみに限らず、あらゆるものに混入する不確実性の処理方法
- ② 正規分布に従うものとした確率変数の実際の分布
- ③ 確率変数の標準偏差がさらに大きい場合の総合評価値の感度

（適用に関する課題）

- ① 標準偏差を用いた重みに評価者の意志を反映させる方法
- ② 他の事例に標準偏差を重みとする本方法を適用した場合の有用性

表2 水資源開発計画における評価値マトリックス

Attribute		Alternative				
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
cost	θ_1	99.6	85.7	101.1	95.1	101.8
		0.489	0.894	0.435	0.637	0.409
water shortage	θ_2	4	19	50	50	50
		0.960	0.783	0.251	0.251	0.251
water quality	θ_3	80	60	20	80	40
		0.936	0.815	0.379	0.936	0.638
energy	θ_4	0.70	0.50	0.01	0.10	0.01
		0.610	0.399	0.006	0.067	0.006
recreation	θ_5	80	60	40	20	20
		0.672	0.445	0.263	0.117	0.117
flood protection	θ_6	100	200	67	200	500
		0.307	0.638	0.150	0.638	0.998
land and forest use	θ_7	90	80	80	60	70
		0.200	0.400	0.400	0.800	0.600
social impact	θ_8	80	80	60	40	40
		0.914	0.914	0.791	0.615	0.615
environment	θ_9	80	60	20	60	40
		0.860	0.695	0.270	0.695	0.500
international cooperation	θ_{10}	80	60	40	20	40
		0.914	0.791	0.615	0.362	0.615
development possibility	θ_{11}	80	60	40	20	40
		0.914	0.791	0.615	0.362	0.615
flexibility	θ_{12}	80	80	20	40	20
		0.800	0.800	0.200	0.400	0.200

上段：評価指標値／下段：評価値（効用値）

表3 各評価項目の重み

Attribute	Weight			Attribute	Weight		
	I	II	III		I	II	III
θ_1	0.150	0.200	0.030	θ_7	0.090	0.228	0.021
θ_2	0.243	0.346	0.084	θ_8	0.165	0.150	0.025
θ_3	0.189	0.236	0.045	θ_9	0.132	0.226	0.030
θ_4	0.090	0.273	0.025	θ_{10}	0.189	0.209	0.040
θ_5	0.132	0.237	0.031	θ_{11}	0.034	0.209	0.007
θ_6	0.200	0.330	0.066	θ_{12}	0.034	0.303	0.010

表4 各代替案の総合評価値

method		Alternative				
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
Proposed method	I	409.305	574.013	0.004	0.943	0.044
	II	206.974	293.874	0.002	0.480	0.023
	III	149.012	210.388	0.002	0.343	0.017
LFW		0.386	0.614	0.000	0.000	0.000
Keeney		0.832	0.831	0.503	0.648	0.521

(I×10⁻¹⁶, II×10⁻¹², III×10⁻²³)

表5 感度分析の結果

standard deviation ($\sigma=0.005$)	Alternative				
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
$\sigma/4$	408.250	577.784	0.004	0.942	0.045
$\sigma/2$	408.206	578.072	0.004	0.941	0.045
σ	409.305	574.013	0.004	0.943	0.044
2σ	403.623	571.298	0.004	0.931	0.044

(×10⁻¹⁶)

—参考文献—

- 1) R.L. Keeney and E.F. Wood: An Illustrative Example of the Use of Multiattribute Utility Theory for Water Resource Planning. Water Resources Research Vol. 13 No. 4 1977.8
- 2) 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 1981.9