IV-141 間隔重み法による代替案の総合評価手法

長岡技術科学大学 正会員 松本昌二

1、はじめに

道路、鉄道、宅地開発等の公共土木計画では、計画の目的または評価基準が多次元であり、その間にはトレードオフが存在するが通常である。近年、多属性を考慮した総合評価あるいは多基準意思決定に関する手法が多数提案されている。そのなかで、目的関数の連続性を仮定しない場合は、複数の代替案のなかから（1人または複数の）意思決定者が最良と判断する代替案を選択決定する問題であり、土木計画においても応用が非常に広いと考えられる。この代替案の総合評価手法をサーベイしてみると、大きく以下の2つに分類することができる．

① 評価主体（意思決定者）の主観的価値判断を客観的尺度に直接定式化し、その数学モデルによって代替案を自動的に順序づけようとする方法である。特に、価値観の測定方法としては、Keeney-Raiffa の多属性効用理論、集団に対するトレードオフ法、サーストンの間隔尺度など一対比較法が用いられる。

② 用意された代替案集合に対して、意思決定者との対話を通して、あるいは一定の評価基準を採用して，最良な代替案を選択決定しようとする方法である。例えば、長尾・浅岡・若井によるゲーム論的アプローチ[1]、Zeleny による Displaced Ideal 理論あるいは ADAM[2] などがある。

前者①のなかで、多属性効用理論は数学的に精緻化されてきたが、幾つかの問題点、一例えば、意思決定者が属性の独立性や単一属性効用関数の評価をすることは非常に難しい、評価の客観的ないし分析的基準が存在しない、スケール定数（ウェイト）は用意された代替案集合の性質になんら依存しない、意思決定の過程や機構を表現していない等を、指摘することができる。

2、提案手法の概要

本報告では、前述の②に属する一手法を提案するが、その特徴あるいは仮定は以下の通りである．

① 各属性値は目標値に近いほど望ましいとし、加法的ウェイトによって総合評価する。

② 意思決定者は、最大限の努力によって、ウェイトのおおまかな間隔（インターバル）と順序関係を設定することができる。

③ 用意された代替案集合の評価をばらつかせるようなウェイトは、片よった恣意的な価値判断を意味するので、ウェイト全体からみて特異的であり、考慮の対象から除去することができる．

④ 代替案の相対的な比較は、評価値の分布（つまり、平均値と分散）によって行う。

このように、本手法は、ウエイトの間隔と順序関係をインプットとして、意思決定者との対話を通じて，より制約の強くなったウエイトの間隔と決定代替案をアウトプットとするので、間隔重み法（インターバル・ウエイト法）と呼ぶことにする．

3、間隔重み法（インターバル・ウエイト法）による評価過程

3－1 代替案の距離マトリックスの作成

実行可能な代替案集合Xは、N個の代替案 x_j ($j=1,\cdots,N$) で構成される。x_j は、M個の属性によって評価され、属性その物理的な予測結果を $z_i(x_j)$ とする。$z_i(x_j)$ は最大化が望ましいと仮定して、$z_i(x_j)$ が目標値 z_i^* に近接している測度を距離 d_{ij} ($0\leq d_{ij}\leq 1$, $i\in M, j\in N$) と定義する。属性間のトレードオフを考慮して、ウエイト w_i の線型結合であるスコア f_j を目的関数とする。すなわち、

$$\mathrm{MIN}\ f_j=\sum_{i=1}^{M} w_i d_{ij} \quad ただし \sum_{i=1}^{M} w_i=1 \ ,\ 0\leq w_i\leq 1 \ ,\ j=1,\cdots,N$$

3－2 制約条件下での極値ウエイトの算出

意思決定者は、最大限の努力によって、ウエイト w_i のおおまかな間隔と順序関係を設定できると仮定する。

その条件下において、代替案x_jのスコアf_jを最大、最小にするようなウェイトを計算し、それぞれを極値ウェイトw_{ij}^*, w_{ij*}と表わす。極値ウェイトの計算アルゴリズムの基本は以下の通りである。

(1) 間隔制約下 ： $f_j = \Sigma w_i d_{ij} \rightarrow max$ and min

$s.t.\ 0 \leqq \underline{w}_i \leqq w_i \leqq \overline{w}_i \leqq 1\ ,\ \Sigma w_i = 1$

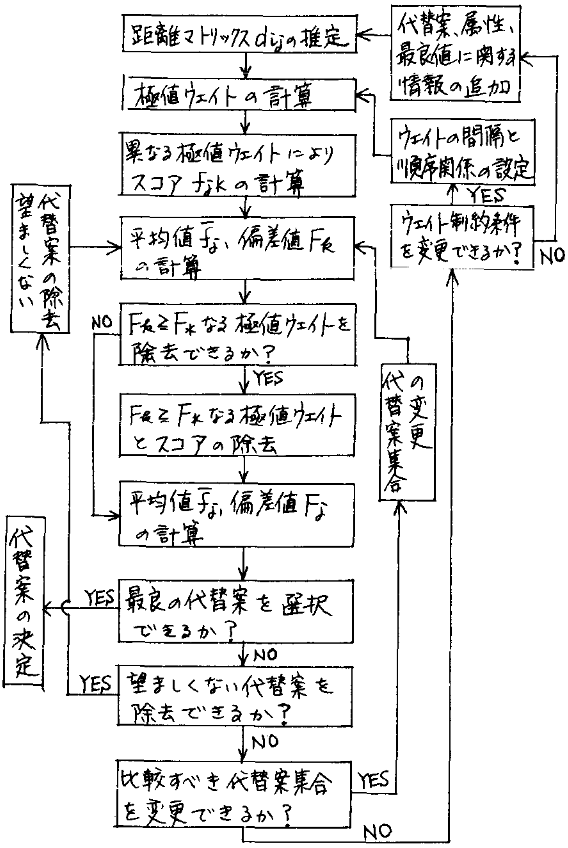
簡単なナップザック問題であり、$max\ (min)$のときはd_{ij}の大きい(小さい)順に、制約条件の範囲内でw_iを配分する。

(2) 順序関係制約下 ： あらかじめ属性の順序がウェイトの大きい順に並びかえられたとすれば、

$f_j = \Sigma w_i d_{ij} \rightarrow max$ and min

$s.t.\ 1 \geqq w_1 \geqq w_2 \geqq \cdots \geqq w_M \geqq 0\ ,\ \Sigma w_i = 1$

属性1から$m\ (\leqq M)$までについて、$\Sigma_{i=1}^{m} d_{ij}/m$を計算し、それが最大(最小)になる属性を$m^*\ (m_*)$とすれば、$max\ (min)$のときは属性1から$m^*(m_*)$までに、同一のウェイト$1/m^*\ (1/m_*)$を配分する。[1)]



3-3 極値ウェイトの除去と代替案の相対評価

極値ウェイトのなかには同一のものが含まれているので、あらためてP個の異なる極値ウェイトw_{ik} $(k=1, \cdots, P)$を抽出し、すべてのスコア$f_{jk} = \Sigma_{i=1}^{M} w_{ik} d_{ij}$ $(j=1, \cdots, N\ ;\ k=1, \cdots, P)$を計算する。次に、代替案$x_j$のスコア$f_{jk}$の間隔(最大値と最小値)を縮小するために、以下の仮定を前提する。

[仮定] ウェイトは間隔と順序関係という制約下にあるとはいっても、用意された代替案集合のスコアを極度にばらつかせるような極値ウェイトは、片よった恣意的な価値判断を意味するので、ウェイト全体からみて特異的であり、考慮の対象から除去することができる。

具体的には、代替案スコアの平均値$\bar{f}_j = \Sigma_{k=1}^{P} f_{jk}/P$に関して、ウェイト別の偏差値$F_k = \Sigma_{j=1}^{N} |f_{jk} - \bar{f}_j|/N$ $(k=1, \cdots, P)$を計算する。そして、意思決定者は偏差値F_kが特に大きな値になっている1個または複数個の極値ウェイトw_{ik}を除去することを意図して、偏差値の下限F_*を設定する。つまり、意思決定者は条件$F_k \geqq F_*$を満たす極値ウェイトw_{ik}、およびそれに対応する全ての代替案スコアf_{jk} $(j \in N)$を除去する。こうして代替案スコアの間隔が縮小された後に、残った代替案スコアの平均値$\bar{f}_j$および偏差値$F_j = \Sigma_{k=1}^{P} |f_{jk} - \bar{f}_j|/P$にもとづいて、代替案の相対的評価を行う。

上図は、間隔重み法による評価過程を示したものである。代替案の除去や入れ替え、ウェイトの制約条件の変更といったフィードバックを通して、だんだんと極値ウェイトと代替案が除去されていき、最後に最良な代替案の決定と、そのときのウェイト間隔がアウトプットされる。

なお、間隔重み法の具体的な例題は講演時に発表する。

(参考文献)

1) 長尾義三他、「総合評価の不確実性と代替案の決定」、土木計画学研究発表会講演集、第1回、1979.1.

2) Milan Zeleny, "The Attribute-Dynamic Attitude Model (ADAM)", Management Science Vol. 23, No. 1, September, 1976.