

# 가중치 산정기법과 Utopian Approach를 결합한 Weighted Utopian Approach의 제안

## Suggestion of Weighted Utopian Approach for Combining Weighting Methods and Utopian Approach

유도근\* · 전환돈\*\* · 정동휘\*\*\* · 김종훈\*\*\*\*

Yoo, Do Guen · Jun, Hwan Don · Jung, Dong Hwi · Kim, Joong Hoon

### Abstract

The most important part in the decision making is to decide the weight of attributes which indicate the relative importance of the properties to be estimated with different criteria respectively. In this study, the new MCDM method which consider typical pre-existing methods all together is proposed. For doing those, Weighted Utopian Approach is newly suggested by combining typical 7 weighting methods and distance-based Utopian Approach which is one of the MCDM methods. The suggested method has the advantage of accomplishing representativeness and universality of the MCDM methods because it incorporates multiple weighting methods of diverse characteristics. It also yields not only the one final result but also the results calculated from each weighting method, broadening the options of the choice to the alternatives. The application of the new model to virtual engineering problems show that we can perform the decision making and the assessment of priority order more objectively with it and that it has high applicability to the practice, giving us simple calculation process.

**Key words** : Multi Criteria Decision Making (MCDM), Priority Order, Weighting Method, Weighted Utopian Approach

### 요 지

의사결정 및 우선순위 결정에 있어 가장 중요한 점은 서로 다른 평가 기준에 따라 판단해야 할 속성의 상대적 중요성을 나타내는 가중치의 결정에 있다. 본 연구에서는 대표적인 기존의 가중치 결정 방법들을 동시에 고려하는 새로운 기법을 제안하였다. 이를 위하여 대표적인 7가지 가중치 산정방법과 다기준의사결정 기법의 하나인 거리척도 기반의 Utopian Approach를 결합한 Weighted Utopian Approach를 제안하였다. 제안된 기법은 다양한 특성을 가진 가중치 도출 기법을 고려하여 다기준 의사결정기법의 대표성과 보편성을 동시에 달성할 수 있는 장점을 가진다. 또한 최종 의사결정자들에게 최종 결과 뿐 만 아니라, 각 가중치 산정 방법별 결과를 제시하여 상황에 따른 대안 선택의 폭을 넓힐 수 있다. 본 모형을 가상의 공학문제에 적용한 결과, 보다 객관적인 의사결정 및 우선순위를 산정할 수 있었으며, 계산과정이 단순하여 실무 적용성이 우수하다고 판단되었다.

**핵심용어** : 다기준의사결정 (MCDM), 우선순위, 가중치도출방법, Weighted Utopian Approach

### 1. 서 론

공학 문제는 의사결정과 우선순위 산정으로 귀결되며, 대부분의 문제는 상충되는 복수의 기준이 고려된다. 이를 해결하기 위하여 의사결정기법 개발에 대한 연구가 지속적으로 이루어졌으며, 각 방법들은 가정 및 공리체계를 달리하여 서로 독립적으로 발전되어 왔다. 의사결정은 의사결정자가 속한 환경과 원하는 해의 종류, 의사결정 결과의 사용 목적 등에 따라 다양한 형태로 구분된다. 그리고 의사결정문제는 다수의

대안과 다양한 속성, 대안의 서로 다른 목표와 속성의 서로 다른 평가 기준 등 상호비교 관계 및 상충 관계에 의해서 구성된다. 특히 다수의 속성과 다수의 목적을 고려한 의사결정을 다기준의사결정이라고 한다.

최초로 제안된 다기준의사결정기법은 점수화의 개념을 이용한 그룹의사결정론으로 의사결정자들이 부여하는 대안들의 순위를 대안들의 가치로 인식하고 최소순위합을 가진 대안을 합의안으로 선택하는 방법이다 (Borda, 1781). 이후 거리척도 최소화 방법 (Kemeny and Snell, 1962)을 비롯하여 Satty

\*고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학부 박사과정

\*\*정회원 · 서울산업대학교 건설공학부 조교수

\*\*\*고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학부 석사과정

\*\*\*\*정회원 · 고려대학교 공과대학 건축·사회환경공학부 교수(교신저자)

(1980, 1990, 1994)가 개발한 AHP (Analytical Hierarchical Process), PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod Enrichment Evaluations, Brans and Vincke, 1985), DEA (Data Envelopment Analysis, Charnes et al., 1978) 및 ELECTRE (ELimination Et Choice Translating REality, Roy, 1991)은 대표적인 다기준의사결정 기법으로 개발되어 공학 문제에 활발히 적용되어 왔다.

거리척도최소화 방법은 의사결정자들이 각 대안에 대하여 선호도를 부여하고 선호도에 대한 합을 이용하여 거리척도를 최소화하는 과정을 통해 그룹의 의사결정을 수행하는 방법으로 접근 방법에 따라 BK method (Borda-Kenall method)와 MV method (Minimum Variance method)등으로 구분할 수 있다. AHP는 다기준의사결정기법들 중 가장 널리 응용되고 있는 기법이며 특히 미국에서 적극적으로 마케팅 해 왔다. 분석 과정이 간단하여 요소나 대안의 중요도 평가 과정에서 쌍대 비교를 함으로써 의사 결정자의 선호 정보를 얻기가 용이하며, 분석 과정의 특성상 정량적 요소와 정성적 요소를 동시에 고려하기가 용이하다. 특히, 정성적 요소에 대한 평가 결과를 정량화하거나 평가 결과를 표준화하는 과정을 거치지 않는다. AHP는 가산 선호도 점수함수에 기초를 두고 있으며 이는 가치함수와 비슷한 수학적 조건을 가지고 있다. 하지만 가중치와 가치평가 방법에 차이를 보이고 있다. PROMETHEE는 선호의 유출량 (Leaving Flow)과 유입량 (Entering Flow)의 개념을 이용하여 여러 대안들의 순위선호 (Outranking)를 산정하는 기법으로, 의사결정자가 비교적 쉽게 이해할 수 있으며 AHP와는 달리 명확한 판단이 어려운 대안들에 대해서는 비교가 불가능한 대안으로 분류한다. DEA는 각 의사결정 단위의 효율성 평가에 적합한 분석 방법으로, 각 의사결정 단위별로 다양한 투입 요소와 산출 요소에 대한 적절한 가중치를 부여함으로써 각 의사결정 단위의 효율성을 측정하는 방법이다. ELECTRE는 순위선호 관계와 유사기준을 기반으로 해서 여러 선호 대안을 선정하는 데 유용하게 사용되어 왔다.

이와 같은 다양한 기법의 특징과 장단점을 비교하기 위한 시도가 시뮬레이션 연구와 현장 연구를 중심으로 수행되어 왔으나 이러한 기법들은 각기 장점 및 단점을 갖고 있어 모든 상황에서 가장 우월한 방법론이 존재한다고 말할 수 없다는 것이 기존 연구의 공통된 결론이다. 이는 각 기법의 기본 가정 및 공리체계가 상이하기 때문이다.

그러나 앞서 소개된 여러 다기준의사결정기법에서 가장 중요한 점이 바로 서로 다른 평가 기준에 따라 판단해야 할 속성의 상대적 중요성을 나타내는 가중치의 선정에 있다. 따라서 이러한 가중치를 계산하는 방법에 대한 연구도 지속적으로 이루어지고 있으며, 여러 형태로 만들어져 제시되고 있다. 그러나 이러한 여러 방법들 역시 의사결정기법들과 마찬가지로 서로간의 우열 및 사용기준은 없다는 것이 기존연구의 결과이다 (Anderson, N.H. et al.(1988), Ashton, R.H. (1980) 등). 일각에서는 의사결정문제의 형태에 따라 적용 가능한 가중치 계산방법이 제시되어 있다고는 하지만 각 방법의 이론적 타당성을 완전히 확보했다고 하기는 어렵다. 따라

서 의사결정 문제의 형태와 속성에 따라 적절한 가중치 계산 방법을 정하고 보다 합리적인 의사결정을 내리는 것이 매우 중요하다.

최근 Xanthopoulos 등 (2000)은 기존의 거리척도최소화 기법의 그룹의사 결정 기법이 다수의 기준을 고려하지 못하는 문제점을 해결할 수 있는 그룹의사결정 기법을 제안하였다. 해만을 선택하고 이들 해중 하나를 다수의 기준하에서 선택하는 방법으로 이상점 (Utopian Point)과의 거리를 최소화하는 Utopian Approach와 중위점 (Ideal Vector)과 대안간 거리를 최소화하는 Median Approach로 구분하였다.

다기준의사결정에 있어서 각 속성에 다른 가중치를 두어, 이상점 (Ideal Point)과의 최소거리를 구해 최적 대안을 선택하는 방법으로 통합 프로그래밍 (Compromise Programming : CP)이 사용되어 왔으며, Zeleny (1982) 공리에 의해 다음을 만족하는 문제로 귀결된다.

$$mind_s = \left\{ \sum_{k=1}^n w_k^s \left( \frac{Z_k^*(x) - Z_k(x)}{Z_k^*(x) - Z_k^{**}(x)} \right)^s \right\}^{\frac{1}{s}} \quad (1)$$

여기서,  $Z_k(x)$ 는 번째 속성의 함수 값이고  $Z_k^*(x)$ 와  $Z_k^{**}(x)$ 는 각 속성들의 최대값과 최소값이다. 매개변수  $n$ 은 속성의 개수를 나타내며  $s$ 는 각 속성에 해당하는 가중치를 의미한다.  $w_k^s$ 는 이상점과의 각 대안의 거리 계산을 위한 매개변수로 그 값이 2일 때 기하학적 거리 즉, Euclidean distance가 되며 CP를 사용한 연구에서 주로  $s$ 의 값은 2를 사용하였다. CP는 그 개념이 이상점과의 최소거리를 이용한다는 점에서 Utopian Approach를 사용한 것이다. 다양한 연구에서 CP로 최적화를 수행하면서 가중치  $w_k^s$ 를 결정하는데 있어 여러 방법이 사용되었는데, 각 연구 목적에 맞는 가중치 적용방법을 선택하여 사용하기보다 적용 가능한 범위 내의 가중치를 임의로 지정 하거나, AHP기법에서 대표적으로 사용하는 설문조사에 의해 얻은 정보를 바탕으로 쌍대비교방법을 사용하여 가중치를 산정해내는 연구들이 대부분이다.

Tkach와 Simonvic (1997)은 GIS 기반 홍수터 관리 방안 연구에 있어 공간적 통합 프로그래밍 (Spatial Compromise Programming : SCP)을 사용하여 복수의 홍수 방어 대안 중 최적안을 선택 하였다. 평가기준을 홍수위, 홍수로 인한 재산 피해액, 상류지역의 홍수로 인한 하류지역의 홍수피해 경감 이익으로 두고, 각 기준에 해당하는 가중치를 3가지 조합으로 지정하여 의사결정을 수행하였다. 여기서, 홍수로 인한 재산 피해액을 가장 중요한 기준으로 고려하여 0.5의 가장 높은 가중치를 유지하였으며 다른 두 기준에 해당하는 가중치는 각기 다른 조합으로 임의 지정하였다. 하지만, 가중치 조합의 수가 3가지로 적을 뿐만 아니라 각 기준의 가중치가 특정 값으로 선정된 이유를 명확히 설명해 주지 못했다.

Ning과 Chang (2001)은 하천 유역 내 최적 수질 모니터링 지점을 설계함에 있어 CP를 사용하고, 두 단계에 걸친 가중치 산정 방법을 제안하였다. 먼저, 가중치 평가위원회를 구성하여 환경 분야의 15명의 전문가로부터 전체 5가지 대안

의 각 기준에 대한 평가를 1-5점 사이의 점수평가법으로 결정하였으며, 그 평균을 정리하였다. 이후 그 결과를 바탕으로 위원회 회의를 거쳐 각 대안의 상호우위를 결정하였다. 최종적으로 각 대안 별 기준들의 평가결과와 상호우위결과를 바탕으로 Goal Programming에 의한 최적화로 가중치를 결정하였다. 이 접근방법은 전문가들이 제안한 여러 가지 가중치를 고려하여 하나의 가중치로 산정, 이용한 것으로 대푯값을 사용함으로써 기간 사업과 같은 큰 이슈가 걸린 문제에 공동 합의로 도출된 의사결정 기준 가중치를 사용한다는 것에는 의의가 있지만, 그렇게 결정된 가중치가 반드시 최적해를 찾아 준다는 보장이 없다.

따라서 본 연구에서는 대표적인 기준의 가중치 결정 방법들을 동시에 고려하는 새로운 기법을 제안하였다. 이를 위하여 대표적인 7가지 가중치 산정방법과 다기준의사결정 기법의 하나인 거리척도 기반의 Utopian Approach를 결합한 Weighted Utopian Approach를 제안하였다.

## 2. Utopian Approach와 가중치 도출방법

### 2.1 Utopian Approach

Utopian Approach는 Xanthopoulos (2000)가 제안한 거리척도 최소화에 기반한 다기준 그룹 의사결정 기법으로 다수의 기준을 고려하는데 효과적인 방법이다. Utopian Approach는 그림 1과 같이 의사결정자들의 선호 대안들이 어느 한 영역에 집중되지 않고 제각각 흩어져 있어 의사결정자들의 의견을 종합하기 어려운 경우에 적당하다.

Utopian Approach는 거리오차를 정규화한 Utilization Index (U)의 개념에서 출발한다. U는 j번째 의사결정자가 선택한 대안의 번째 기준값을  $z_j^i$ , 그리고 이상점의 번째 기준값을  $z_j^*$ 로 나타낼 때, 식 (2)와 식 (3)과 같이 정의될 수 있다. 이 값은 번째 기준에서 평가한 대안값과 이상점과의 오차의 정규화 된 값을 의미하며 최대화 기준일 경우는 식 (2), 최소화 기준일 경우 식 (3)을 적용한다. 따라서 모든 U 값은 0-100의 값을 갖게 된다.

$$U_i^j = 100 \times (z_j^i / z_j^*), \text{ 최대화 기준의 경우} \quad (2)$$

$$U_i^j = 100 \times (z_j^* / z_j^i), \text{ 최소화 기준의 경우} \quad (3)$$

여기서,  
 $i = 1, 2, \dots, k$   $j = 1, 2, \dots, M$

이상과 같이 정의된 U를 이용하여 식 (4)와 같이 Total Utilization Index (TU)를 정의할 수 있다. TU는 기준별 가중치가 동일하다는 가정하에 정의된 것으로 그 값이 큰 대안일수록 이상점과의 거리가 작다는 것을 의미한다. 따라서 가장 큰 TU값을 갖는 대안을 그룹의 합의안으로 선택한다.

$$TU_i = (1/k) \times \sum_{j=1}^k U_i^j, j = 1, 2, \dots, M \quad (4)$$

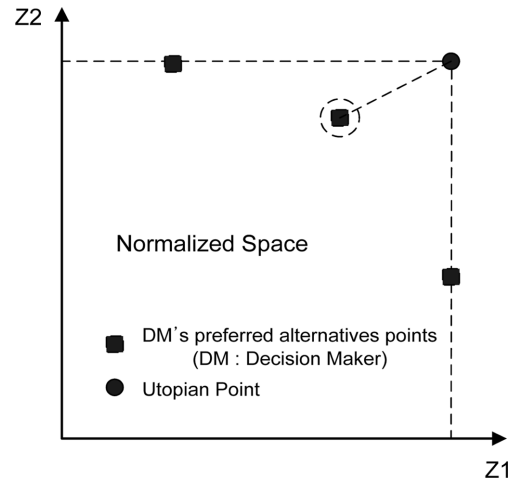


그림 1. Utopian approach diagram

### 2.2 속성의 가중치 도출방법

다기준의사결정방법에 사용되고 있는 각 속성들의 상대적 가중치를 나타내는 방법은 지금까지 많이 연구되어 왔다. 표 1은 지금까지 연구된 대표적인 가중치 계산방법을 보여주고 있다. 이러한 여러 방법들은 서로간의 우열 및 사용기준은 없다는 것이 기존연구의 결과이다. 일각에서는 의사결정문제의 형태에 따라 적용 가능한 가중치 계산방법이 제시되어 있다고는 하지만 각 방법의 이론적 타당성을 완전히 확보했다고 하기는 어렵다. 따라서 의사결정 문제의 형태와 속성에 따라 적절한 가중치 계산방법을 정하고 보다 합리적인 의사결정을 내리는 것이 매우 중요하다.

#### 2.2.1 고유벡터법

고유벡터법은 Satty(1980)에 의해 제안되었으며, 대표적 다기준의사결정기법인 AHP의 가중치산정방법으로 쓰이고 있다. 양의 쌍비교 역수행렬을 A, A의 최대고유치를  $\lambda_{max}$ , 그리고 속성의 가중치를 라고 하자. 이때, 가중치는 식 (5)에 의해 계산된다.

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (5)$$

Satty는 이 방법에 대하여 일관성 비율 CR을 아래 식과 같이 계산하여 피실험자의 응답이 일관성이 있는지를 검사할

표 1. Weighting methods

순번	연구자	방 법
1	Saaty(1980) 등	고유벡터법
2	Knoll and Engelberg(1978)	Churchman-Ackoff법
3	Knoll and Engelberg(1978)	수정 Churchman-Ackoff법
4	Barron and Barret(1996) Canada and Sullivan(1989) 등	순위중심화법
5	Barron and Barret(1996) Canada and Sullivan(1989) 등	역순위법
6	Barron and Barret(1996)	순위합법
7	Eckenrod(1965)	평점법

수 있는 방법을 제공하고 있다. 이때,  $CR \leq 0.10$ 이면 일관성이 있다고 판정한다.

$$CI(Consistency Index) = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad (6)$$

$$CR(Consistency Ratio) = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

식 (7)에 제시된 는 Saaty가 수많은 예제를 적용하여 그 결과를 바탕으로 정리한 값이다. 속성의 수에 따라 의 값을 제시하였으며, 이에 대한 이론적 근거를 정확히 제시하지는 못하고 있지만, 비교적 쉽고 문제 자체의 분석에도 좋아 많이 사용되는 방법 중의 하나이다.

### 2.2.2 Churchman-Ackoff 법

Churchman-Ackoff법은 순위를 기준으로 한 방법으로  $n$ 개의 속성 중  $j$ 번째 속성의 중요도 순위를  $J$ 라고 하면, 가중치는 식 (8)과 같이 산정된다.

$$w_j = \frac{J}{n} = \frac{2J}{n(n+1)} \quad (8)$$

예를 들면 5개의 속성으로 구성된 문제일 경우  $n=5$ 이고,  $\sum_{j=1}^5 J = 15$ 이다. 따라서 속성 1부터 속성 5까지의 순위가 1-5 위일 경우, 각 속성의 가중치는 순차적으로 0.33, 0.27, 0.20, 0.13, 0.07이 된다.

### 2.2.3 수정 Churchman-Ackoff 법

수정 Churchman-Ackoff법은 Knoll과 Engelberg (1978)이 제안한 것으로, 이 방법은 다수의 의사결정자가 참여하여 가중치를 계산할 때 사용할 수 있는 방법이다.

$R_{jk}$ 를 속성  $j(j=1,2,\dots,n)$ 에 대하여 피실험자  $k(k=1,2,\dots,l)$ 명이 할당한 순위라고 한다면, 이때 피실험자  $k$ 명이 속성  $j$ 에 부과한 가중치는 식 (9)와 같으며 이를 이용하여 각 속성의 가중치는 식 (10)과 같이 계산된다.

$$w_{jk} = \frac{2R_{jk}}{n(n+1)} \quad (9)$$

$$w_j = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l w_{jk} = \frac{2 \sum_{k=1}^l R_{jk}}{l \times n(n+1)} \quad (10)$$

### 2.2.4 순위중심화법

순위중심화법은 Barron and Barret (1996), Canada and Sullivan (1989) 등이 제시한 방법으로 순위를 중심으로 한 방법이다. 이 방법에서  $j$ 번째 속성의 가중치는 다음 식 (11)에 의해 구한다.

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_{k=j}^n \frac{1}{k} \quad (11)$$

### 2.2.5 역순위법

역순위법 역시 Barron and Barret (1996), Canada and

Sullivan (1989) 등이 제시한 방법으로 순위를 중심으로 한 방법이다 이 방법에서  $j$ 번째 속성의 가중치는 다음 식 (12)에 의해 구한다.

$$w_j = \frac{\frac{1}{j}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{k}} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (12)$$

### 2.2.6 순위합법

순위합법은 Barron and Barret (1996)이 제시한 방법으로 이 역시 순위를 중심으로 한 방법이다 이 방법에서  $j$ 번째 속성의 가중치는 다음 식 (13)에 의해 계산된다.

$$w_j = \frac{n+1-j}{n} = \frac{2(n+1-j)}{n(n+1)} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (13)$$

### 2.2.7 평점법

평점법은 속성  $j(j=1,2,\dots,n)$ 에 대해서 피실험자  $k$ 의 평점을  $r_{jk}$ 라고 할 때 속성  $j$ 의 가중치를 다음 식 (14)와 같이 계산한다. 이 때 평점의 척도는 0-10점 등으로 임의로 정할 수 있다.

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^l w_{jk}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l w_{jk}} \quad \text{여기서, } w_{jk} = \frac{r_{jk}}{\sum_{j=1}^n r_{jk}} \quad (14)$$

## 3. 모형의 구축 및 적용

### 3.1 Weighted Utopian Approach의 개발

Xanthopoulos (2000)가 제안한 Utopian Approach는 속성의 개수가 다수일 경우에 사용가능하며, 적용이 간편하다는 장점을 가진다. 하지만 각 속성의 가중치를 동일하게 가정하고 계산을 한다는 단점을 가지고 있다. 일반적으로 의사결정 시 속성의 가중치는 같을 수 없으며, 동일한 가중치를 사용하게 될 경우 실제 의사결정자들의 판단 및 현실과 다른 결과를 도출할 수 있다.

본 연구에서는 Utopian Approach에 앞서 설명된 대표적인 다기준의사결정의 가중치도출방법, 즉 총 7가지 방법을 결합한 Weighted Utopian Approach (WUA)를 제안하였다. WUA의 개념도는 그림 2와 같다. 먼저 의사결정을 위한 속성이 Z1과 Z2의 두 개로 이루어져 있다고 생각하면, 그림 2와 같이 Z1, Z2를 두 축으로 하는 좌표평면을 나타낼 수 있다. 다음으로 좌표평면에 각 대안의 속성 값을 0-1의 값으로 정규화 하여 표시하면 그림 2의 왼쪽 그래프와 같다.

각 속성의 가중치를 다기준의사결정의 가중치도출방법을 이용하여 산정한 후, 각 축에 가중치 값을 곱하여 0-1로 분포되었던 대안의 속성과 이상점 값들을 좌표평면 상에 다시 분포시킨다. 예를 들어, 가중치도출방법에 의해 구해진 Z1과 Z2의 가중치가 0.6과 0.4라면, 새롭게 그려지는 그래프의 이

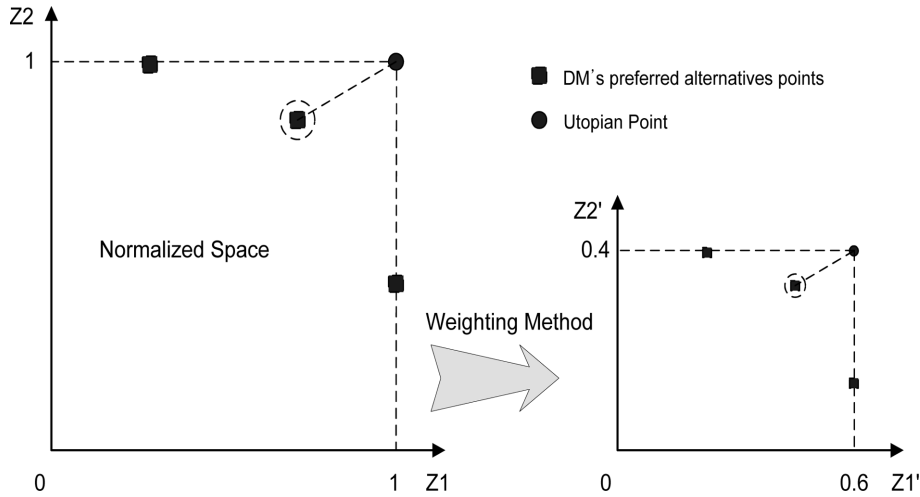


그림 2. Weighted utopian approach

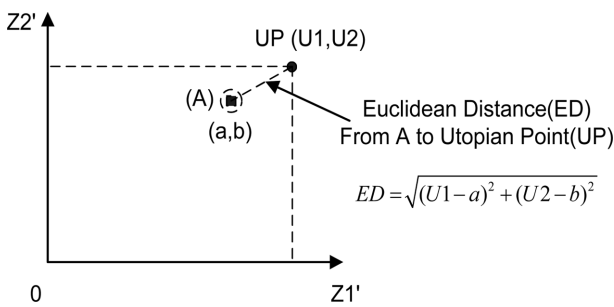


그림 3. Euclidean distance

상점은 (1, 1)에서 (0.6, 0.4)로 바뀌게 된다. 최종적으로 다시 분포시킨 그래프를 이용하여 이상점과 대안사이의 거리를 구한다. 거리를 구하는데 사용되는 거리척도방법은 그림 3과 같이 일반적으로 많이 쓰이는 Euclidean Distance를 사용한다. 결국, 이상점과의 Euclidean Distance가 짧은 순으로 대안의 우선순위는 결정되게 된다.

결국 대안의 우선순위는 각 가중치도출방법별로 결정되게 되며, 각 가중치도출방법별 결과의 평균 순위 값을 오름차순으로 정렬하면 이것이 바로 최종 대안의 우선순위가 된다.

### 3.2 가상 문제의 적용

#### 3.2.1 상수관 개량우선순위 산정 모형

본 모형을 상수관 개량우선순위 산정에 적용하였다. 상수관의 개량을 결정짓는 요소는 상수관 자체의 물리적 노후도와 상수관이 매설된 지역의 특성, 상수관에 흐르는 유량 및 절점의 입력 등이 고려 될 수 있다.

본 적용 예제에서의 상수관의 개수는 총 21개이며, 개량우선순위를 결정하는데 사용된 속성은 총 4가지로, 관체정보 및 매설환경/외부요인에 의한 파괴가능성과 구조적 및 비구조적 파괴에 의한 상대적 중요도이다. 파괴가능성은 물리적 노후도를 의미하며, 구조적파괴는 상수관의 실제 파괴를, 비구조적 파괴는 급격한 수요량의 변화에 의한 압력의 급작스런 변화와 같은 상수관로에 영향을 미치는 파괴를 의미한다. 총 4가지의 속성의 값을 각 관로별로 산정한 결과는 표 2와 같다. 그리고 다기준의사결정의 가중치도출방법을 사용하여 4-

지 속성의 가중치를 산정한다. 본 연구에 사용된 가중치도출 방법은 앞서 설명된 7가지 방법을 적용하였으며 그 결과는 표 3과 같다. 각 방법 별 속성의 가중치는 설문조사 기법에 의하여 계산된다. 즉, 평점법을 제외한 나머지 방법들은 의사결정자들이 네 가지 속성에 대한 순위를 각각 부여하고 이 순위들을 종합하여 전체의사결정자들의 네 가지 속성에 대한 최종순위를 산정한다. 그 후, 속성의 개수와 의사결정자들의 수에 따라 앞서 제시된 각 방법들의 식에 의해 가중치가 산

표 2. The Value of Attributes for the Determination of Rehabilitation Priority Order

Pipe ID	Possibility of Pipe-Failure		Relative Importance	
	Internal Factor	External Factor	Structural Failure	Non Structural Failure
Pipe 1	0.9633	0.0629	0.4410	0.0000
Pipe 2	0.9998	0.2865	0.4410	0.3159
Pipe 3	0.9414	0.5440	0.3499	0.5128
Pipe 4	0.0603	0.5406	0.3499	0.3780
Pipe 5	0.0526	0.2680	0.0789	0.3736
Pipe 6	0.0018	0.5135	0.0874	0.1924
Pipe 7	0.0185	0.2753	0.0212	0.2942
Pipe 8	0.9872	0.4000	0.3499	0.3285
Pipe 9	0.9802	0.0986	0.3499	0.4476
Pipe 10	0.9992	0.0986	0.0036	0.2447
Pipe 11	0.9998	0.2865	0.0789	0.3054
Pipe 12	0.9998	0.2865	0.0789	0.1924
Pipe 13	0.9998	0.2865	0.0789	0.1130
Pipe 14	0.9967	0.5320	0.3499	0.2313
Pipe 15	0.0258	0.5112	0.0278	0.3159
Pipe 16	0.9836	0.0936	0.0161	0.0000
Pipe 17	0.9984	0.5014	0.0117	0.0594
Pipe 18	0.9891	0.5135	0.0011	0.1181
Pipe 19	1.0000	0.0594	0.0095	0.0587
Pipe 20	0.9145	0.5014	0.0066	0.0996
Pipe 21	0.9663	0.2753	0.0180	0.0996

표 3. Weighting factor of attributes depending on weighting methods

Weighting Method	Weighting Factor			
	Internal Factor	External Factor	Structural Failure	Non Structural Failure
Eigenvector(1)	0.202	0.198	0.443	0.158
Churchman-Ackoff(2)	0.300	0.200	0.400	0.100
Modified Churchman-Ackoff(3)	0.264	0.209	0.345	0.182
Rank order centroid(4)	0.271	0.146	0.521	0.063
Rank reciprocal(5)	0.240	0.160	0.480	0.120
Rank sum(6)	0.300	0.200	0.400	0.100
Rating(7)	0.263	0.215	0.316	0.206

정된다. 본 연구에서는 상수관망 분야의 전문가 설문조사를 통하여 각 방법들의 가중치를 산정하였다.

최종적으로 개발된 Weighted Utopian Approach를 적용하여 이상점과의 거리 (거리척도)를 산정한다. 본 적용예제에서의 각 속성들의 값은 1에 가까울수록 노후화된 정도가 크고 중요도가 크다. 따라서 이상점은 각 기준의 가중치 값이 되며 이상점과의 거리 (거리척도)가 짧을수록 개량이 시급한 관

을 의미하며 이에 따라 각 가중치 방법별 상수관망 개량 우선순위를 산정한다. 최종적으로 각 가중치도출방법별 결과의 평균 순위 값을 오름치순으로 정렬하면 이것이 바로 최종 대안의 우선순위가 된다.

### 3.2.2 우선순위 산정 결과

최종적으로 산정된 우선순위의 결과는 표 4와 같다. 표 4의 가중치 도출방법 별 번호는 표 3에 제시된 방법 별 번호와 동일하다. 그 결과를 살펴보면, 가중치 방법의 변화에 따라 개량 우선순위의 변화가 다소 나타나는 것을 알 수 있다. 이 결과는 각기 독립적이고 공리체계가 논리적으로 증명된 가중치 방법들 간의 우열은 판단할 수 없지만, 의사결정 및 우선순위 산정 시에는 이와 같은 가중치 변화의 민감성을 반드시 고려해야 한다는 것을 의미한다. 따라서 제안된 모형은 다양한 특성을 가진 가중치 도출 기법을 고려하여 다기준의 사결정기법의 대표성과 보편성을 동시에 달성할 수 있는 장점을 가진다. 또한 최종 의사결정자들에게 최종 결과 뿐 만 아니라, 각 가중치 산정 방법별 결과를 제시하여 상황에 따른 대안 선택의 폭을 넓힐 수 있다. 즉 의사결정의 환경 및 문제의 특성에 따라 반드시 중요하게 생각해야 할 속성이 있는 경우 본 모형에서 제시하는 최종 우선순위 대신 특정 가중치 방법을 사용한 우선순위도 사용 가능하다.

표 4. Results of Rehabilitation Priority Order

Weighting Method	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	Average of Ranks	Final Rank
Pipe ID	Rank								
Pipe 1	5	5	6	2	3	5	6	4.571	5
Pipe 2	1	1	2	1	1	1	2	1.286	1
Pipe 3	2	2	1	3	2	2	1	1.857	2
Pipe 4	7	7	7	7	7	7	8	7.143	7
Pipe 5	16	19	18	19	19	19	18	18.286	19
Pipe 6	14	18	19	18	18	18	19	17.714	18
Pipe 7	21	21	21	21	21	21	21	21.000	21
Pipe 8	4	4	4	5	5	4	4	4.286	4
Pipe 9	6	6	5	6	6	6	5	5.714	6
Pipe 10	17	15	15	17	15	15	15	15.571	15
Pipe 11	8	8	8	8	8	8	7	7.857	8
Pipe 12	9	9	9	9	9	9	9	9.000	9
Pipe 13	10	10	10	10	10	10	10	10.000	10
Pipe 14	3	3	3	4	4	3	3	3.286	3
Pipe 15	18	20	20	20	20	20	20	19.714	20
Pipe 16	19	16	16	15	16	16	17	16.429	16
Pipe 17	11	11	13	11	11	11	13	11.571	11
Pipe 18	13	13	11	14	13	13	11	12.571	13
Pipe 19	20	17	17	16	17	17	16	17.143	17
Pipe 20	12	12	12	13	12	12	12	12.143	12
Pipe 21	15	14	14	12	14	14	14	13.857	14

## 4. 결 론

본 연구에서는 대부분의 공학 문제에서 결정되어야 할 의사결정과 우선순위 산정에서의 기존 기법 별 우열 판단의 어려움을 극복하기 위하여 새로운 다기준의사결정 기법인 Weighted Utopian Approach를 개발하였다. 의사결정 및 우선순위 결정에 있어 가장 중요한 점은 서로 다른 평가 기준에 따라 판단해야 할 속성의 상대적 중요성을 나타내는 가중치의 결정에 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 Weighted Utopian Approach는 대표적인 기존의 대표적인 7가지 가중치 산정방법과 다기준의사결정기법의 하나인 거리척도 기반의 Utopian Approach를 결합하였다. 개발된 기법의 장점은 다음과 같다.

- 1) 개발된 기법은 다양한 특성을 가진 가중치 도출 기법을 고려하여 다기준 의사결정기법의 대표성과 보편성을 동시에 달성할 수 있는 장점을 가진다.
- 2) 최종 의사결정자들에게 최종 결과 뿐 만 아니라, 각 가중치 산정 방법별 결과를 제시하여 상황에 따른 대안 선택의 폭을 넓힐 수 있다.
- 3) 본 모형을 가상의 공학문제에 적용한 결과, 보다 객관적인 의사결정 및 우선순위를 산정할 수 있었으며, 계산과정이 단순하여 실무 적용성이 우수하다고 판단되었다.

그러나 본 연구에서 사용된 7가지 가중치 산정방법에 대한 대표성에 대한 문제는 앞으로 더 연구되어야 할 것이며, 더 다양한 공학 문제에 적용하여 개발된 모형을 검증해야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업인 자연과 함께하는 하천복원기술개발 연구(ECORIVER21)(06건설핵심B01)의 연구비 지원에 의해 수행 되었습니다.

## 참고문헌

- Anderson, N.H. and Zalinski, J. (1988) Functional Measurement Approach to Self-Estimation in Multiattribute. *Journal of Behavioral Decision Making*, Vol. 1, pp.191-221.
- Ashton, R.H. (1980) Sensitivity of Multiattribute Decision Models to Alternative Specifications of Weighting Parameters. *Journal*

- of Business Research*, Vol. 8, No. 3, pp.341-359.
- Barron, F.H. and Barrett, B. E. (1996) Sensitivity Analysis of Additive Multiattribute Value Model. *Operations Research*, Vol. 36, No. 1, pp.122-127.
- Brans, J.P. and Vincke, PH. (1985) A preference ranking organisation method. *Management Science*, Vol. 31, No. 6, pp.647-656.
- Borda, J.C. (1781) *Memoire sur les Elections au Scrutin*, Histoire de l'Acad. Royale Sci., Paris.
- Canada, J.R. and Sullivan, W.G. (1989) *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*, Prentice Hall, NJ.
- Charnes, A., Copper, W.W. and Rhodes, E.L. (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operation Research*, Vol. 2, No. 6. pp.429-444.
- Eckenrode, R.T. (1965) Weighting Multiple Criteria. *Management Science*, Vol. 12, No. 3, pp.180-192.
- Kemeny, J.G. and Snell, L.J. (1962) *Preference Ranking : An Axiomatic Approach*, Mathematical Models in the Social Sciences, Ginn, New York, pp.9-23.
- Knoll, A.L. and Engelberg, A. (1978) Weighting Multiple Objectives-The Churchman-Ackoff Techniques Revisited. *Computer and Operations Research*, Vol. 5, No. 3, pp.165-177.
- Ning, S.K. and Chang, N.B. (2002) Multi-Objective Decision-Based Assessment of a Water Quality Monitoring Network in a River System. *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. 4, pp.121-126.
- Roy, B. (1991) The Outranking approach and the foundations of ELECTRE methods., *Theory and Decision*, Vol. 31. pp.49-73.
- Saaty, T.L (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Saaty, T.L (1990) *Multicriteria Decision Making : The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
- Saaty, T.L. (1994) *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
- Tkach, R.J and Simonovic, S.P (1997) A new approach to multi-criteria decision making in water resources. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, Vol. 1, pp.25-44.
- Xanthopoulos, Z., Melachrinoudis, E. Solomon, M.M. (2000) Interactive Multiobjective Group Decision Making with Interval Parameters. *Management Science*, Vol. 46, No. 12, pp.1721-1732.
- Zeleny, M. (1982) *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, New York, New York, pp.315-325.

- ◎ 논문접수일 : 09년 11월 27일  
◎ 심사의뢰일 : 09년 11월 30일  
◎ 심사완료일 : 10년 07월 19일