

PROMETHEE 기법을 활용한 공정리스크 중요도 분석

Analysis of Schedule Risk using PROMETHEE

이 장 영* 윤 유 상** 장 명 훈*** 서 상 옥****
Lee, Jang-Young Yoon, Yoo-Sang Jang, Myung-Hoon Suh, Sang-Wook

요 약

건설 프로젝트는 불확실성 및 복잡성의 특성으로 인해 다양한 리스크 인자를 내포하고 있다. 이러한 리스크를 어떻게 관리하는가에 따라서 보다 성공적인 프로젝트로 이끌어 나갈 수 있다. 이러한 리스크 관리는 확인, 분석, 대응의 절차를 통해 이루어지며 분석과정에서 위험요소들의 중요도 및 우선순위를 객관적이고 정확하게 분석해내는 것이 리스크 관리의 성공여부를 좌우할 수 있다. 본 연구는 건설 프로젝트의 공정 리스크 중요도를 산출하는데 사용된 기존 AHP 분석 기법에서 리스크 인자의 추가 및 삭제 시 쌍대비교 등 복잡한 중요도 산출 절차를 거쳐야하는 문제점을 파악하고, AHP 분석 기법의 단점을 보완할 수 있는 공정리스크 중요도 산출 방법으로 PROMETHEE 분석 기법을 적용하였다. 또한 PROMETHEE 분석 기법의 수행을 위한 기본 설정을 통해 공정리스크 인자 분석이 가능한 프로세스를 제시한다.

키워드: 공정, 리스크, 관리, 분석, AHP, PROMETHEE

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 프로젝트는 불확실성 및 복잡성의 특성으로 인해 다양한 리스크 인자를 내포하고 있으며 이것은 공기지연, 공사비상승 등의 결과를 초래하고 있다. 그러므로 건설 프로젝트에서 리스크 관리는 프로젝트 내의 여러 가지 변이 요소를 제거하며 보다 성공적인 프로젝트로 이끌어 나갈 수 있다. 리스크 관리는 확인, 분석, 대응의 과정을 통해서 이루어지며 분석과정에서 위험인자들의 중요도 및 우선순위를 객관적이고 정확하게 분석해내는 것이 리스크 관리의 성공여부를 좌우할 수 있다.

리스크 중요도 산출 방법으로 다기준 의사결정기법들이 사용되고 있다. 다기준 의사결정기법에는 각 기준들의 효용함

수(utility function)를 구하여 각 대안들의 점수(score)를 효용도(utility)로 전환하는 MAUT(Multi-Attribute Utility Theory; Keeney and Raiffa, 1976)와 계량적 수치로 나타내기 어려운 요소들을 고려하여 구조화, 계층화함으로써 평가 요소의 가중치를 설정하는 기법으로 Saaty가 제안한 AHP(Analytic Hierarchy Process)가 있다(홍성준, 2006).

윤유상(2005)은 공정리스크 관리시스템 개발에 있어서 공정리스크에 대한 분석과정으로 AHP 분석 기법을 사용하여 각 인자간의 상대적인 중요도를 도출하였다. AHP 분석 기법의 경우 다기준 의사결정을 위한 가장 유용한 도구로서 여겨지며, 그 적용성과 효용성도 충분히 연구가 이루어졌는데 특히 전문가의 주관적 판단을 하나의 수치로 선정하거나 가중치를 부과하여 대안을 선정하는 경우에는 매우 강력한 도구로 활용된다. 그러나 AHP분석 기법은 비교대상 인자가 9개 이상을 초과하게 되면, 판단의 일관성을 유지하기가 어렵고, 신뢰성을 저하시키는 문제가 발생하게 된다. 또한 신규 인자 발생 시 쌍대비교 등 복잡한 중요도 산출 절차를 거쳐야하는 문제점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 인자의 추가 또는 삭제 시 평가함수와 파라미터의 설정만으로 인자들 간의 비교가 자동적으로 이루어지는 PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod Enrichment Evaluations) 분석 기법을 통해 리스크 중요도 산출 방법을 제시하고자 한다.

* 일반회원, 경원대학교 건축공학과 대학원, 석사과정
amis4251@hanmail.net

** 일반회원, 서울대학교 린건설연구단 연구실장, 공학박사
ys0824@sun.ac.kr kicem@kicem.or.kr

*** 일반회원, 제주대학교 건축학부 조교수, 공학박사
jangmh@cheju.ac.kr

**** 중신회원, 경원대학교 건축공학과 교수, 공학박사
suh@kyungwon.ac.kr

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업(05기반구축 D05-01)연구의 지원을 받아 수행한 연구의 일부임.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 리스크 관리의 확인, 분석, 대응단계 중 리스크 분석을 중심으로 연구를 진행하였다. 분석 대상인 공정리스크의 범위는 윤유상(2005)과 같이 건설 프로젝트의 시공단계에서 공기지연을 유발하여 전체 공사일정에 영향을 미치는 리스크 인자(이하, 공정리스크)이며 공정리스크 중 시공자의 통제가 가능하고, 시공자 책임 하에 관리되어야 할 리스크 인자로 제한한다.

본 연구는 아래와 같이 3단계로 진행된다.

1) 기존의 AHP 분석 기법을 통한 중요도 산출 방법에 대하여 파악하고 PROMETHEE 분석 기법의 특징 및 수행절차를 파악한다.

2) PROMETHEE 분석 기법을 활용한 리스크 중요도 산출을 위한 기본 설정을 위해 평가기준을 설정하고 선호 함수 유형별 특징을 파악한다.

3) PROMETHEE 분석 기법을 이용한 공정리스크 인자 분석이 가능한 프로세스를 제시한다.

2. 리스크 중요도 분석

2.1 AHP 분석 기법

AHP 분석 기법은 1970년대 초 Thomas L. Saaty(1980)에 의해 처음 개발 되었으며 계층의 구성과 중요도 산출 및 우선순위 선정으로 이뤄진다(강인석, 2004). 국내 건설 분야에서는 AHP 기법에 의한 리스크 중요도 산출 방법에 관한 다양한 연구가 이루어져 왔으며, 윤유상(2005)은 “건설공사의 공정리스크 관리시스템 개발”에서 AHP 기법을 이용하여 리스크 인자별 영향도 분석을 실시하여 우선관리 리스크를 선정하였다.

AHP 분석 기법은 그림1과 같은 수행 절차에 의해서 리스크의 중요도가 산출된다.

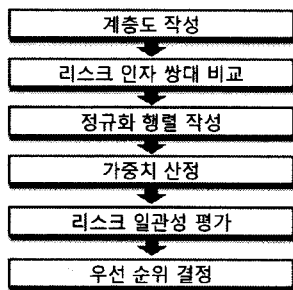


그림 1. AHP 분석 기법 수행 절차

AHP 분석 기법은 의사결정 문제를 계층화하여 우선순위를 결정하는데 유용하며 특히 정성적 인자를 정량적으로 평가할 수 있고 평가의 일관성을 추론할 수 있는 장점을 가지고 있지만 비교대상 인자가 9개 이상을 초과하게 되면 판단의 일관성을 유지하기가 어렵고, 신뢰성을 저하시키는 문제가 발생하게 된다. 또한 인자의 추가 및 신규 인자 발생 시 쌍대비교 등 복잡한 중요도 산출 절차를 거쳐야 하는 문제점이 있다.

2.2 PROMETHEE 분석 기법

Brans와 Vincke(1985)는 순위번호(outranking) 개념을 바탕으로 기준별 선호함수(preference function)와 선호의 유출량(leaving flow) 및 유입량(entering flow)의 개념을 이용하여 대안들 간의 우선순위를 도출하는 PROMETHEE 분석 기법을 개발하였다. PROMETHEE 분석 기법은 평가자(전문가)가 평가함수와 파라미터(parameter, 선호임계치)를 설정하면 내부 분석과정을 통해 평가항목들 간의 쌍대 비교가 자동적으로 이루어진다.

PROMETHEE 분석 기법은 그림2와 같은 수행 절차를 갖는다(홍성준, 2005).

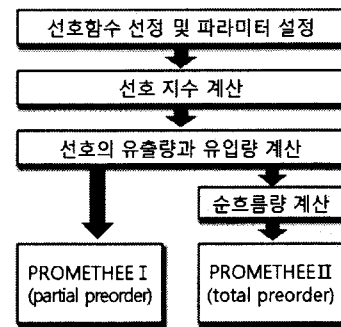


그림 2. PROMETHEE 분석 기법 수행 절차

PROMETHEE 분석 기법을 활용하기 위해서는 평가의 기준에 대한 설정이 필요하며 6가지의 선호함수 중에 평가 기준에 가장 부합하는 선호함수를 선택하고, 이에 해당하는 파라미터를 설정한다. 다음으로 평가자에 의해 평가 기준에 대하여 평가 항목들이 얼마나 중요한가를 평가하여 정량화한 값을 산출해낸다. 이러한 과정을 통해 표1과 같은 평가 자료를 작성하고 이를 바탕으로 선호지수(preference index)를 계산한다.

표 1. 리스크 중요도 산출을 위한 평가자료의 예

평가항목 평가기준	Risk 1	Risk 2	Risk 3	Risk 4	Risk 5	선호 함수	가중치	파라 미터
C-1	0.101	0.256	0.151	0.140	0.231	V	0.333	m=0.15
C-2	0.355	0.077	0.228	0.183	0.035	V	0.333	m=0.15
C-3	0.45	0.259	0.033	0.034	0.102	V	0.333	m=0.15

선호지수를 계산한 값을 이용하여 선호의 유출량(leaving flow)과 선호의 유입량(entering flow)을 계산한다. 여기에서 계산된 선호의 유출량과 유입량을 직접 이용하여 부분적인 우선순위(partial ranking)를 구하는 것이 PROMETHEE I 이고, 순흐름량(net flow)의 계산을 통해 전체적인 우선순위(complete ranking)를 구하는 것을 PROMETHEE II 라고 한다(홍성준, 2005).

2.3 AHP와 PROMETHEE 분석 기법 비교

AHP와 PROMETHEE 분석 기법의 기본설정 및 공리체

계를 비교하면 표2과 같다(민재형, 2003).

표 2. AHP 와 PROMETHEE 분석 기법 비교

구분	AHP	PROMETHEE
선호함수 형태	평가자의 주관적 판단에 의존	수학적 함수형태로 표현
가중치 결정방법	이원비교행렬에 기초하여 아이젠벨류 방법을 이용하여 도출	사전연구 및 의견수렴을 통하여 평가기준별 가중치를 결정
대안의 평가방법	평가자의 주관적 판단에 의존한 이원비교 수행	내부 알고리즘에 의한 수치적 이원비교 수행
평가순위 부여방법	평가기준의 가중치와 평가기준별 선호도의 가중합 크기 순서로 결정	순위선호방법을 이용하여 평가순위 결정
의사결정문제의 계층구조화	평가기준의 계층구조화	모형에 반영되어 있지 않음
기본가정	추이성, 비교가능성, 구분가능성	비추이성, 비교불가능성, 구분불가능성

PROMETHEE는 의사결정자가 평가함수와 파라미터를 결정하면 내부 알고리즘에 의해 대안들 간의 쌍대비교가 자동적으로 수행되므로 비교대안수가 많고, 새로운 대안이 추가 또는 삭제되는 경우, AHP보다 효율적으로 쌍대비교를 할 수 있다(박석영, 2005; 민재형, 2004).

3. PROMETHEE 활용을 위한 기본 설정

3.1 평가기준 설정

PROMETHEE 분석 기법을 활용하기 위해서 평가기준의 설정이 필요하다. 평가기준은 평가항목이 얼마정도의 중요도를 갖는지에 대한 평가를 수행함에 있어 기준을 제시해야 한다. 그러므로 공정리스크 중요도 산출 방법에서의 평가기준설정은 원인인 공정리스크 인자가 건설 프로젝트에 미치는 파급효과(결과)를 토대로 설정한다. 공정리스크는 건설 프로젝트에서 시공자의 통제가 가능하고, 시공자 책임 하에 관리되어야 할 인자이므로 공정리스크 발생 시 건설 프로젝트에 미치는 파급효과는 착공지연과 공기지연으로 이어진다.

착공지연은 건설 프로젝트에서 착공이 시작되기 전 사전 준비의 미비 및 오류로 인한 지연을 의미하고, 공기지연은 건설 프로젝트에서 착공 후 시공자 책임 하에 관리되어야 할 공정리스크의 발생으로 인한 지연을 뜻한다. 공정리스크로 인한 파급효과는 착공지연과 공기지연의 2가지 유형으로 분류할 수 있으며 PROMETHEE 분석 기법을 활용하기 위한 공정리스크 평가기준으로 설정한다.

3.2 선호함수 유형별 특징

PROMETHEE 분석 기법을 활용하기 위해서 평가기준의

특성에 맞는 선호함수가 선택되어야 한다. PROMETHEE 분석 기법에서의 선호함수는 6가지로 정의된다.

표 3. PROMETHEE 분석 기법의 선호함수 유형

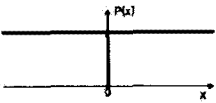
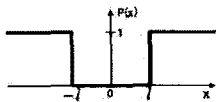
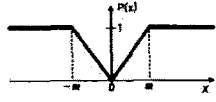
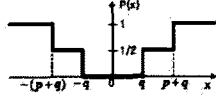
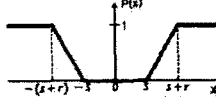
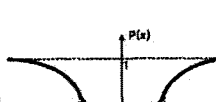
선호함수 유형	특징
(1) 미분형	 리스크 발생 시 리스크의 증가와 상관없이 공기지연이 발생하는 유형
(2) U형	 리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 특정 지점까지는 공기지연에 아무런 영향을 미치지 못하지만 특정 지점 초과 시에는 리스크에 따른 공기지연이 발생하는 유형
(3) V형	 리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 공기지연에 일정한 영향을 미치는 유형
(4) 계단형	 리스크 발생 시 리스크가 증가함에 따라 1차 공기지연과 2차 공기지연이 발생하는 유형
선형	 리스크 발생 시 특정 지점까지 안정적이었다가 두 번째 특정 지점부터 공기지에 일정하게 영향을 미치는 유형
정규분포형	 리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 공기지연에 미치는 영향이 특정 지점까지 완만하다가 두 번째 특정 지점을 초과 시에는 급격히 영향을 미치는 유형

표3과 같이 선호함수 유형별 특징을 정리할 수 있으며, 이를 통해 평가기준에 대한 선호함수 및 파라미터의 설정을 하게 되면 PROMETHEE 분석 기법을 활용한 공정리스크의 중요도 산출에 대한 기본설정이 이루어진다.

4. 공정리스크 중요도 산출(PROMETHEE 기법의 적용)¹⁾

4.1 선호함수 선정 및 파라미터 설정

각 평가기준의 특성에 맞는 선호함수를 선정한다. 3.2장에서 제시된 기준에 부합하는 선호함수를 선정하고 선호함수에 요구되는 파라미터를 설정한다.

착공지연 및 공기지연은 공정리스크의 증가에 따라 전체 공사일정도 함께 지연되므로 V형의 선호함수가 적합하다고 판단된다. 각 평가항목의 평가지표는 발생확률과 강도의 곱으로 나타내어지며 식(1)에 의해서 계산된다.

1) Visual Decision INC. <http://www.visualdecision.com/> 참조

$$(공기지연발생확률) \times \frac{(\text{지연공기일수})}{(\text{전체공기일수})} \quad (1)$$

각 평가항목의 평가지표는 값이 클수록 더 위험한 항목이므로 최대화의 문제로 정의되며 이상의 자료를 토대로 표4와 같이 공정리스크 중요도 산출을 위한 평가 자료를 작성한다.

표 4. 공정리스크 중요도 산출을 위한 평가자료

평가항목 평가기준	max /min	Risk 1	Risk 2	Risk 3	Risk 4	Risk 5	선호 함수	가중 치	파라 미터
착공지연	max	0.02	0.01	0.11	0.16	0.32	V형	0.5	$\sigma=0.5$
공기지연	max	0.06	0.44	0.04	0.27	0.24	V형	0.5	$\sigma=0.5$

4.2 선호지수 계산

작성한 내용을 기반으로 식(2)를 통해 평가 자료를 계산하면 선호지수를 구할 수 있다.

$$\pi(a, b) = \sum_{h=1}^4 w_h p_h(a, b) \quad (2)$$

식(2)에서 평가기준은 시공지연, 자재공급지연, 설계관련 공기지연, 계약관련 공기지연이고 w_h 는 평가기준 h 의 가중치를 나타내며 $p_h(a, b)$ 는 대안 a 와 b 의 평가자료 차이에 대한 의사결정자의 선호성향을 반영한 함수 값이다(홍성준, 2005).

4.3 선호의 유출량과 유입량 계산

선호의 유출량(leaving flow, $\Phi^+(a)$)은 다른 대안들을 선호 혹은 지배하는(dominating) 정도를 나타내는 수치이고, 선호의 유입량(entering flow, $\Phi^-(a)$)은 다른 대안들로부터 선호 혹은 지배되는(dominated) 정도를 나타내는 수치이다(홍성준, 2005).

$$\Phi^+(a) = \sum_{x \in K} \pi(a, x) \quad (3)$$

$$\Phi^-(a) = \sum_{x \in K} \pi(x, a) \quad (4)$$

식(2)를 이용한 선호지수를 바탕으로 식(3)과 식(4)를 이용하여 표5와 같이 선호의 유출량과 유입량을 계산한 값을 구한다.

표 5. 선호의 유출량과 유입량

	Risk 1	Risk 2	Risk 3	Risk 4	Risk 5
선호의 유출량(Φ^+)	0.3250	0.1425	0.2775	0.0825	0.0575
선호의 유입량(Φ^-)	0.0075	0.2875	0.0475	0.2025	0.3400

4.4 PROMETHEE I

표5의 계산 값을 이용하면 그림3과 같은 부분적인 우선순위(partial ranking)를 나타낼 수 있다.

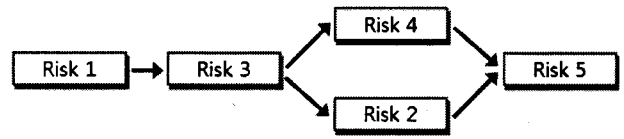


그림 3. 부분적인 우선순위 (PROMETHEE I)

그림3에서 왼쪽에 있는 항목들은 오른쪽에 있는 항목들보다 착공지연과 공기지연에 대한 위험요소로서 우선순위가 높은 항목들이며 PROMETHEE I은 부분적인 우선순위를 나타내므로 화살표의 주고받음이 없는 Risk 2과 Risk 4는 비교불능한 관계로 나타난다.

4.5 순흐름량 계산

식(5)의 순흐름량(net flow, $\Phi(a)$)은 선호의 유출량에서 유입량의 차를 나타낸다(홍성준, 2005).

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (5)$$

표5의 선호의 유출량과 유입량을 식(5)에 의해서 계산하면 순흐름량을 계산할 수 있다. 표6은 순흐름량을 계산한 값이고 PROMETHEE II를 적용하기 위한 자료가 된다.

표 6. 순흐름량

	Risk 1	Risk 2	Risk 3	Risk 4	Risk 5
순흐름량(Φ)	0.3175	-0.1450	0.2300	-0.1200	-0.2825

4.6 PROMETHEE II

표6의 계산 값을 이용하면 그림4와 같은 전체적인 우선순위(complete ranking)를 나타낼 수 있다.

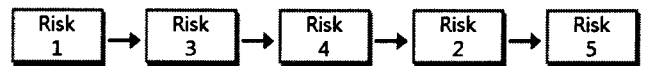


그림 4. 전체적인 우선순위 (PROMETHEE II)

부분적인 우선순위와 마찬가지로 전체적인 우선순위 또한 화살표의 시작점인 Risk 1이 가장 위험한 위험요소로 작용하는 공정리스크가 되겠고, Risk 5는 위험요소가 작게 작용하는 공정리스크가 되겠다. PROMETHEE II에서는 순흐름량 값의 계산을 통해 PROMETHEE I에서 비교불능한 관계로 나타난 Risk 2와 Risk 4의 우선순위가 정해지고 전

4.7 공정리스크 추가 및 삭제

PROMETHEE 분석 기법의 수행절차가 완료된 후, 새로운 공정리스크가 추가될 경우에는 평가기준에 대한 추가 공정리스크의 평가지표만 입력하면 내부 분석과정을 통해 평가항목들 간의 쌍대비교가 자동적으로 이루어지며 기존 공정리스크가 삭제될 경우에는 삭제되는 공정리스크를 제외하고 내부 분석과정이 자동적으로 이루어진다.

그러므로 신규 공정리스크 추가 및 공정리스크 삭제가 발생할 경우 PROMETHEE 분석 기법을 통해 AHP 분석 기법에서 발생되는 쌍대비교 등 복잡한 중요도 산출 절차를 거치지 않고 효율적인 분석을 수행할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 기존 연구에서 공정리스크 중요도 산출 방법으로 사용된 AHP 분석 기법의 문제점을 파악하고 이에 대한 대안으로 평가자에 의해 선호함수 및 파라미터가 설정되면 내부 분석과정에 의해 자동적으로 공정리스크 인자의 쌍대비교 분석이 가능하여 공정리스크 인자의 수가 많고, 새로운 공정리스크의 추가 또는 삭제 시에 보다 효율적인 분석이 가능한 PROMETHEE 분석 기법을 제시하였다.

본 연구에서는 PROMETHEE 분석 기법을 활용하기 위해 평가 기준을 설정하고 PROMETHEE 분석 기법을 활용한 공정리스크 중요도 산출 방법에 대한 프로세스를 제시하여 공정리스크 중요도 산출 방법에 PROMETHEE 분석 기법의 적용 가능성을 확인하였다.

PROMETHEE 분석 기법을 활용한 공정리스크 중요도 산출 방법의 신뢰성을 확보하기 위해서는 향후 평가기준의 선정과 선호함수 및 파라미터의 설정에 있어서 많은 전문가의 의견수렴을 통해 지속적으로 보완이 되어야 할 것이다. 또한 PROMETHEE 기법을 활용한 공정리스크 중요도 분석 프로세스를 통해 사용자에게 어떠한 형태로 대응방안을 제시해줄 수 있는지에 대한 연구도 함께 진행되어야 할 것이다.

1. Brans, J. and P. Vincke, "A Preference Ranking Organization Method (The PROMETHEE Method For Multiple criteria Decision-Making)", Management Science, Vol. 31, No. 6, 1985, pp. 647-656.
2. Cathy Macharis, Johan Springael, Klaas De Brucker and Alain Verbeke (2004). "PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP", European Journal of Operational Research, Vol. 153, No. 2, PP. 307-317.
3. 강인석 외 2인, "건설공사단계별 리스크 인자 중요도에 관한 현황 분석", 대한건축학회 논문집, 구조계, 제17권 제8호, 2001, pp 103-110.
4. 민재형 외 1인, "PROMETHEE를 이용한 다기준의사결정", 서강경영논총, 서강대학교 경영연구원, 제14권, 제2호, pp.109-127
5. 윤유상 외 3인, "공사프로세스기반 공정리스크 관리지원 시스템", 한국건설관리학회 논문집, 제9권 제4호, 2008, pp.101~110.
6. 홍성준, "PROMETHEE와 ANP의 다기준 의사결정기법 비교 연구", 석사학위 논문, 2005.

Abstract

The building construction projects include a variety of risk factors due to uncertainties. To succeed in the projects, it is important how risks are managed. Risk management processes identification, analysis and response. Especially, the analysis process is important to objectively identify importance and priority among risk factors. The purpose of this study is to develop the effective analysis process by studying and supplement the problem of the AHP analysis method. The study provides a analysis process to use the PROMETHEE analysis method proposed.

키워드: Schedule, Risk, Management, Analysis, AHP, PROMETHEE
