

건설공사의 리스크분석을 위한 퍼지평가모형 개발

Development of Fuzzy Model for Analyzing Construction Risk Factors

박서영* 강인석** 김창학*** 손창백****
Park, Seo-Young Kang, Leen-Seok Kim, Chang-Hak Son, Chang-Bak

요 약

국내·외적으로 건설공사의 리스크관리에 대한 중요성은 더욱 커져가고 있지만, 합리적인 리스크인자의 구축방법과 개별 리스크인자의 분석 및 정량화가 용이하지 않기 때문에 실무적 운용이 가능한 리스크분석시스템을 구축한 경우는 극히 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 전문가의 주관적 판단과 언어적 변량을 이용하여 리스크를 정량화하기 위한 퍼지분석방법을 제시한다. 본 퍼지분석방법은 건설공사의 리스크인자를 발생확률, 발생강도, 발생빈도로 구분하여 평가하게 함으로서 그 적용성과 정확성을 높일 수 있도록 하였고, 언어적 변량을 이용하여 리스크를 정량화하기 때문에 복잡한 자료의 구축과 분석시간을 단축하였으며, 그 적용이 매우 쉽다는 장점을 갖게 된다.

키워드: 리스크분석, 리스크관리, 퍼지

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대 건설공사는 그 속성상 과거와 같이 시공자나 발주자의 경험과 직관에 의존해서 불확실요소와 리스크를 다룰 수가 없는 상황이 되어가고 있다. 이러한 현실로 인해 건설산업분야에서는 리스크관리(risk management)에 대한 필요성이 점차 커져가고 있고, 시공자들은 좀더 체계적으로 리스크를 관리하기 위한 방법과 절차에 대해서 관심을 가져가고 있다. 특히 리스크 사건이 발생한 후가 아닌 사전에 이를 확인하고 분석해서 적절히 처리해야만 공사이윤을 극대화할 수 있다는 것을 점차 깨닫기 시작하고 있다. 건설공사에는 항상 많은 리스크 요인과 불확실 요인이 존재하게 되므로 시공자는 이를 관리하고 대응하기 위한 적절한 관리절차와 분석절차가 필요하다. 그러나 기존의 리스크분석 방법들이 사회과학에서 널리 활용되고 있는 분석방법을 채용함으로써 건설공사의 특성을 반영하지 못하고 있다. 따라서 본 연구의 주요 목적은 시공자가 건설공사를 수행하면서 공사기획단계나 시공단계에서 건설공사에 내재된 리스크를 정확히 정량화할 수 있는 리스크분석방법을 개발하는 데 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 건설공사의 리스크인자를 정량화하기 위한 분석방법으로 퍼지기법을 채택하였다. 따라서 본 연구에

서는 퍼지기법의 특징을 살펴보고 실제 사례분석을 실시하여 그 적용성을 검토하였다. 각각의 리스크 평가 요소는 언어적 변수값(L, M, MLH, H, VH)을 이용하고, 리스크 평가기준은 발생확률(Probability), 발생빈도(Frequency), 발생강도(Impact)를 동시에 고려할 수 있도록 구성함으로써, 기존의 리스크분석에 활용되고 있는 평가기준이 발생확률과 강도를 단순히 곱해서 계산하는 점을 보완하였다. 퍼지기법을 활용함으로써 언어적 변량을 이용하여 건설공사에 내재된 리스크인자를 정량화하고, 이를 중요도 순으로 나열함으로써 중점 관리대상의 리스크인자를 사전에 찾을 수 있도록 하였다. 이렇게 정량화된 수치는 전체 프로젝트의 위험수준을 평가하거나 입찰판단 등의 근거자료로 활용될 수 있다. 본 연구에서 제시하는 퍼지모형이 프로젝트 관계자들이 단지 언어적 변량을 이용하여 각 리스크인자를 평가하도록 하여 분석의 단순화를 꾀할 수 있으며, 각 리스크인자에 대한 평가를 단지 발생확률과 강도외에 발생빈도를 추가함으로써 그 정확성을 배가시킬 수 있는가를 검토한다. 또한 이 퍼지모형의 적정성을 판단하기 위해 사례분석을 실시한다.

2. 퍼지 리스크분석 기법

2.1 FRAM의 절차화 및 단계 구성

본 연구에서 적용하는 퍼지리스크 분석 모듈(Fuzzy Risk Analysis Module, FRAM)의 구성은 그림 1과 같다. 본 연구에서는 각각의 리스크 평가 요소에 대해 언어적 변수값(L, M, MLH, H, VH)을 지정함으로써 리스크 인자의 중요도(VL, L, M, H, VH)를 주관적 판단에 의해 결정하도록 하였다. 중요도를 결정하고 나면 리스크 평가를 위한 리스크 평가 인자의 기준을 설정한다. 이 기준은 발생확률(P, Probability), 발생빈도(F, Frequency), 발생강도(I, Impact)의 3가지로 구성되며, 이들 평가 기준은 퍼지이론에 의하여

* 학생회원, 경상대학교 토목공학과 박사과정
** 종신회원, 경상대학교 토목공학과 부교수, 공학박사
*** 일반회원, 진주산업대학교 토목공학과 조교수, 공학박사
**** 일반회원, 세명대학교 건축과 조교수, 공학박사
본 연구는 한국과학재단의 특정기초연구(과제번호 : 1999-2-311-002-5)지원으로 수행되었음

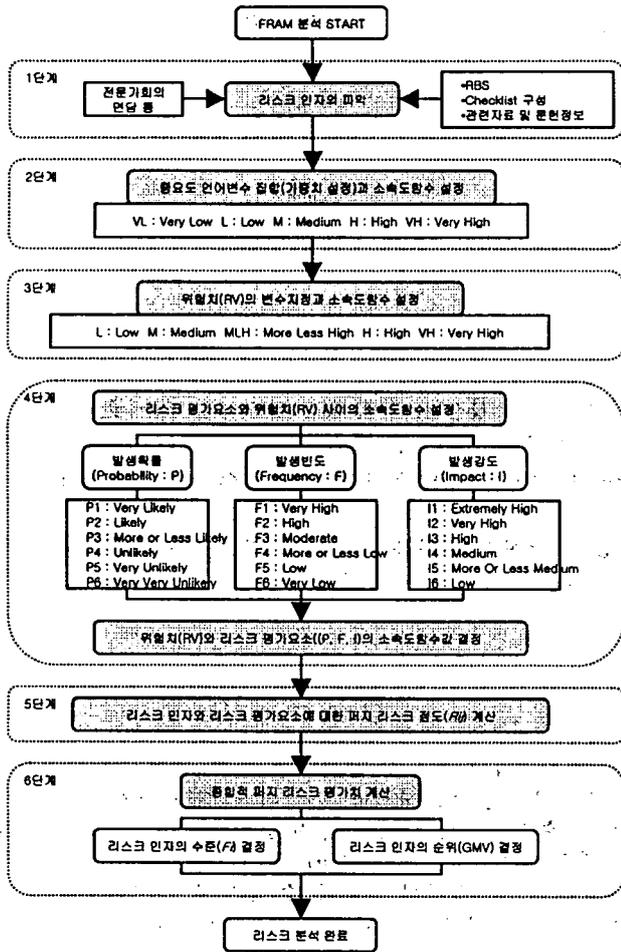


그림 1. FRAM의 수행단계 및 적용절차

언어적 표현을 사용하여 평가한 다음 수치적으로 변환하게 된다. 이때 언어적 평가를 위한 기준은 7단계의 항목으로 분류하여 평가하고, 3가지 평가 기준(P, F, I)에 대한 리스크 평가 인자와 리스크 평가 요소의 퍼지 소속도 함수(membership function)값을 결정한다. 다음 단계로 결정된 퍼지 소속도 함수값을 적용한 리스크값(RV, Risk Value)이 계산되며, 이 RV를 이용하여 종합적 퍼지 리스크 평균값을 계산함으로써 리스크 평가 인자의 위험수준(L, M, MLH, H, VH)을 결정하고 리스크 평가 인자의 순위 또한 결정하게 된다. 이러한 분석모델의 전 과정을 거치게 되면 최종적으로 각 리스크 인자의 수준을 미리 설정한 언어적 수준으로 평가할 수 있으며, 이것을 수치화하여 전체 리스크 인자를 순위화 시킴으로써 중점관리 대상의 리스크 인자를 선정할 수 있다.

1단계의 리스크 인자 파악은 관련자료와 체크리스트, 문헌 정보 등을 통해 일반적으로 조사된다. 2단계와 3단계는 리스크 전문가의 주관적 판단을 통해 해당 리스크 인자의 특징과 상태를 파악한 후 결정하게 된다. 4단계부터 실제적으로 리스크 인자를 정량화 및 수치화를 하기 위한 단계로써, 리스크 평가요소에 대한 리스크 정도(R_{ij}) 계산, 리스크 평가요소의 중요도를 고려한 종합적 퍼지 리스크 평가치 계산(F), 리스크 평가치의 리스크 정도 순위 결정(GMV)이 이루어진다.

2.2 퍼지로지 절차

2.2.1 리스크 평가요소의 상대적 중요도 언어변수 집합(W)

일반적으로 언어변수값은 기본적인 단어(primary term), 수식 작용소, 접속사(and와 or)로 만들어진다. young과 old를 나타내는 퍼지집합이 기본 단어이고 이 기본단어에 수식 작용소와 접속사를 조합시켜서 복잡한 언어변수값을 만들어 낼 수 있다. 특히 not very young and not old와 같이 복잡한 언어변수값도 생각할 수 있다. 이들의 구체적인 생성방법은 언어 해지를 이용하여 생성한다.⁷⁾ 언어변수는 상황이 너무 복잡하고 모호하며 정량적으로 표현하기가 어려운 경우에 매우 유용하게 사용되고 쉽게 퍼지수로 나타낼 수 있다. 그리고 적용된 분석기법을 수행하기 위해 요구되는 중요도 언어변수 집합과 이에 대한 소속도 함수가 정의되어야 한다⁶⁾.

본 연구에서는 등급에 따른 중요도 언어변수의 소속함수는 사다리꼴 퍼지값을 적용하였으며, 중요도 언어변수 집합 W는 $(W)=(VL, L, M, H, VH)$ 로 정의하고, 여기에서 활용된 언어변수값에 대한 소속도 함수는 표 1과 같다.

표 1. 퍼지 소속도 함수 및 퍼지 소속도 함수의 범위

중요도 언어변수값	퍼지 소속도 함수	퍼지 소속도 함수의 범위
VL (Very Low, 매우 낮음)	(0, 0, 0, 0.3)	$f_w(x) = 1 - \frac{10x}{3}, 0 \leq x \leq 0.3$
L (Low, 낮음)	(0, 0.3, 0.3, 0.5)	$f_w(x) = \begin{cases} \frac{10x}{3}, & 0 \leq x \leq 0.3 \\ \frac{5}{2} - 5x, & 0.3 \leq x \leq 0.5 \end{cases}$
M (Medium, 보통)	(0.2, 0.5, 0.5, 0.8)	$f_w(x) = \begin{cases} \frac{10x}{3} - \frac{2}{3}, & 0.2 \leq x \leq 0.5 \\ \frac{8}{3} - \frac{10x}{3}, & 0.5 \leq x \leq 0.8 \end{cases}$
H (High, 높음)	(0.5, 0.7, 0.7, 1)	$f_w(x) = \begin{cases} 5x - \frac{5}{2}, & 0.5 \leq x \leq 0.7 \\ \frac{10}{3} - \frac{10x}{3}, & 0.7 \leq x \leq 1 \end{cases}$
VH (Very High, 매우 높음)	(0.7, 1, 1, 1)	$f_w(x) = \frac{10x}{3} - \frac{7}{3}, 0.7 \leq x \leq 1$

2.2.2 위험치(RV, Risk Value)의 언어변수 집합 설정과 퍼지수(Fuzzy Number) 설정

위험치에 대한 언어변수 집합을 $RV=(L, M, MLH, H, VH)$ 로 정의하며, 언어변수 집합 RV에 속한 각 언어변수값의 퍼지수는 표 2와 같다.

표 2. RV의 언어변수값의 퍼지수

언어변수값의 퍼지수				
L(Low)	M(Medium)	MLH (More or Less High)	H(High)	VH (Vury High)
(0.0,3.0,3.0,5)	(0.2,0.5,0.5,0.8)	(0.4,0.7,0.7,0.9)	(0.6,0.8,0.8,1)	(0.8,1,1,1)

표 2에서 설정된 위험치(RV)와 중요도 언어변수 집합(W)에 속하는 언어변수의 소속도 함수값은 실수구간 [0, 1]에서 정의된다. 또한 각 리스크평가요소의 수준과 위험치(RV)사이에서 구성된 퍼지 소속도 함수값은 표 3과 같이 정의된다. 표 3은 본 연구에서 제시한 리스크 평가요소인 발생확률(P, Probability), 발생빈도(F, Frequency), 발생강도(I, Impact)에 대한 리스크 평가요소 수준과 해당 리스크 평가요소(P, F, I)의 언어적 변수를 위험치값으로 설정한 것이다. 이 소속도 함수값은 위험상황에 따른 리스크분석가의 합리적 결정에 따라 달라질 수 있다.

표 3. 리스크 인자와 위험치 사이의 퍼지 소속도 함수값

리스크 평가 요소	리스크 평가 요소 수준	언어적 변수	리스크 평가요소와 위험치(RV)간의 소속도 함수값				
			L	M	MLH	H	VH
P (발생확률)	P1	Very Likely (아주 높음)	0	0	0	0.5	1.0
	P2	Likely (높음)	0	0	0.5	1.0	0.5
	P3	More or Less Likely (그저 그렇)	0	0.3	0.7	0.5	0
	P4	Unlikely (낮음)	0	0.5	0.5	0	0
	P5	Very Unlikely (아주 낮음)	0.5	0.5	0	0	0
	P6	Very Very Unlikely (매우 낮음)	1.0	0	0	0	0
F (발생빈도)	F1	Very High (아주 높음)	0	0	0	0.5	1.0
	F2	High (높음)	0	0	0.5	1.0	0.5
	F3	Moderate (보통)	0	0.5	1.0	0.5	0
	F4	More or Less Low (다소 낮음)	0	0.5	0.5	0	0
	F5	Low (낮음)	0.5	0.5	0	0	0
	F6	Very Low (아주 낮음)	1.0	0	0	0	0
I (발생강도)	I1	Extremely High (매우 높음)	0	0	0	0	1.0
	I2	Very High (아주 높음)	0	0	0	1.0	0.5
	I3	High (높음)	0	0	0.7	0.8	0.5
	I4	Medium (보통)	0	0.5	1.0	0.5	0
	I5	More or Less Medium (그저 그렇)	0	1.0	0.5	0.5	0
	I6	Low (낮음)	1.0	0.5	0.5	0	0

2.2.3 리스크 정도 계산

중요도 결정에 앞서 3가지 리스크평가에 요소에 대한 위험정도를 계산한다. 발생확률(P), 발생빈도(F), 발생강도(I)에 대한 각 리스크 평가요소에 대한 위험정도는 다음식 1에 의해서 계산된다.

$$R_{ij} = \frac{1}{\sum_n P_{ijn}} \otimes [(+) \oplus P_{ijn}] \quad \text{----- (식 1)}$$

여기서, i : 리스크 평가 인자, j : 리스크 평가 요소(P, F, I) $j \in \{P, F, I\}$, n : 언어변수값($n \in RV = \{L, M, MLH, H, VH\}$)
 R_{ijn} : 리스크 평가 인자 i , 리스크 평가 요소 j 의 수준에 대한 언어변수값 n 의 퍼지수, P_{ijn} : 리스크 평가 인자 i , 리스크 평가 요소 j 의 수준에 대한 언어변수값 n 의 소속함수값

2.2.4 리스크 평가 요소(P, F, I)의 중요도를 고려한 종합적 퍼지 리스크계산

파악된 리스크평가인자에 대한 리스크 평가 요소의 리스크 정도 계산치와 주관적 퍼지 중요도를 이용하여 종합적 퍼지 리스크 평가치 F_i 를 구하는 식은 다음 식 2와 같다.

$$F_i = \frac{1}{3} [(+) R_{ij} \otimes W_j] \quad \text{----- (식 2)}$$

$$j \in \{P, F, I\}, R_{ij} = (o_{ij}, p_{ij}, q_{ij}, r_{ij}),$$

$$W_j = (a_j, b_j, c_j, d_j)$$

여기서, R_{ij} : 리스크 평가 인자 i 에 대한 리스크 평가 요소 j 의 퍼지 리스크 정도 계산치, W_j : 리스크 평가 요소 j 에 대한 주관적 퍼지 중요도, F_i : 리스크 평가 인자 i 의 종합적 퍼지

즉, 종합적 퍼지 리스크 평가치를 $F_i \cong (A_i, B_i, C_i, D_i)$ 으로 정의하고, 각 퍼지 리스크 평가치 요소 (A_i, B_i, C_i, D_i)들에 Zadeh의 확장원리에서 응용한 사다리꼴 퍼지값인 근사공식(approximation formula)을 수정하여 본 연구에 적용 가능한 식으로 구성하여 적용한다.

$$A_i = \frac{\sum_{j=P} o_{ij} \cdot a_j}{\sum_{j=P} a_j} \quad B_i = \frac{\sum_{j=P} p_{ij} \cdot b_j}{\sum_{j=P} b_j} \quad C_i = \frac{\sum_{j=P} q_{ij} \cdot c_j}{\sum_{j=P} c_j}$$

$$D_i = \frac{\sum_{j=P} r_{ij} \cdot d_j}{\sum_{j=P} d_j} \quad \text{----- (식 3)}$$

2.2.5 리스크 수준결정

식 4를 활용하여 각 리스크인자의 수준을 언어적 변량으로 표현하여 나타낼 수 있다. 여기에선 산출된 지수는 소요 예상비용 및 예상공기와 곱하여 최종적인 리스크 비용과 소요 공기를 예측하는데 활용되게 된다. 다음에서는 리스크 평가 인자의 우선 순위를 결정하기 위해서는 유클리드 (euclidean) 거리를 최소화하는 값을 위험수준으로 결정하게 된다.

$$d(F_i; X) = \left(\sum_{k=1}^4 (F_i(k) - X(k))^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{----- (식 4)}$$

d : 두 퍼지집합 사이의 유클리드 거리
 k : 사다리꼴 퍼지수를 구성하는 원소의 지시변수
 $F_i(1) = A_i, F_i(2) = B_i, F_i(3) = C_i, F_i(4) = D_i$
 F_i : 리스크 평가 인자 i 에 대한 도출된 종합적 퍼지 위험치
 X : 언어변수값의 소속함수, $X \in \{L, M, MLH, H, VH\}$

또한, $d(F_i; X) = \min d(F_i; X)$ 이면(최소값) 퍼지 언어 변수값 X 가 리스크 평가 인자 i 에 대하여 평가된 리스크 지수라고 할 수 있다.

2.2.6 리스크인자의 순위결정

리스크 관리의 효율화와 중점 관리를 위한 리스크 평가 인자의 순위를 결정하기 위해 GMV(Generalized Mean Value) 값을 사용한다. GMV가 큰 값은 GMV가 작은 값보다 리스크값이 큰 것을 의미하므로 좀더 중점적인 리스크 관리가 요구되게 된다. 다음 식 5는 종합적 퍼지 리스크 평가치를 이용하여 GMV 계산을 위한 공식으로 활용된다.

$$GMV = m(F_i) = \frac{(C_i + D_i)^2 - (A_i + B_i)^2 + (A_i \cdot B_i) - (C_i \cdot D_i)}{3 \cdot ((C_i + D_i) - (A_i + B_i))} \quad \text{(식 5)}$$

리스크 분석의 최종 목적은 리스크 인자를 정량적 수치로 표현함으로써 그 리스크 인자들의 우선 순위를 결정하고, 이를 토대로 적정 관리대책의 우선순위의와 그 해결방안을 결정하는데 있다.

3. FRAM의 수치적용 사례 및 고찰

본 연구에 적용되는 FRAM 모델은 리스크 인자의 종합적인 수준, 리스크 수준 평가치(리스크 지수), 평가 순위를 손쉽게 판단할 수 있다. 본 연구에서는 차후 프로그래밍의 시스템화를 위한 초기 자료로 활용하기 위해서 15개의 리스크 평가 인자를 선정하였고, FRAM 모델의 적정성을 검증하기 위해 다음과 같이 사례분석을 실시하였다.

사례분석을 위한 리스크 인자로는 Inflation에 의한 물가 상승, 건설업체 및 건설시장의 침체, 정치·경제적 현황에 의한 국가 재정 불안, 계약내용 부실, 설계와 시공의 불일치, 하도급자의 파산, 지반조사 부실, 복잡한 인허가 절차, 부정확한 견적, 자금안정성의 부재, 분쟁해결 절차 미흡, 설계의 부적절, 금리변동, 착공지연, 안전사고 발생으로 구성하였다.

3.1 리스크 평가 요소 설정

표 3에서 정의한 리스크 평가 요소인 발생확률(P), 발생빈도(F), 발생강도(I)에 대한 언어적 변수 수준을 각각 6가지로 나누고, 이를 토대로 각각의 리스크 인자에 대한 평가를 실시하였다. 해당 리스크 인자의 평가요소 수준은 표 4와 같이 리스크 전문가의 주관적 판단과 경험에 의해 선정될 수 있으며, 판단 방향에 따라 다소 차이가 발생할 수 있다.

표 4. 15개 리스크 인자에 대한 리스크 평가요소 수준 선정

리스크 평가 인자	퍼지 리스크 평가 요소 수준		
	P(발생확률)	F(발생빈도)	I(발생강도)
1. Inflation에 의한 물가상승	P3	F2	I5
2. 건설업체 및 건설시장의 침체	P1	F4	I2
3. 정치·경제적 현황에 의한 국가 재정 불안	P4	F5	I3
4. 계약내용 부실	P1	F1	I1
5. 설계와 시공의 불일치	P6	F3	I6
6. 하도급자의 파산	P5	F6	I4
7. 지반조사 부실	P2	F2	I2
8. 복잡한 인허가 절차	P1	F2	I3
9. 부정확한 견적	P4	F6	I4
10. 자금 안정성의 부재	P3	F1	I5
11. 분쟁해결 절차 미흡	P5	F5	I4
12. 설계의 부적절	P3	F2	I3
13. 금리변동	P2	F3	I3
14. 착공지연	P4	F4	I4
15. 안전사고 발생	P2	F6	I1

3.2 퍼지 중요도(W_j) 결정

퍼지 중요도는 그림 1의 5단계의 계산결과를 통해 6단계의 종합적 퍼지 리스크 평가치를 계산하기 위한 중간 값으로 사용된다. 표 5는 리스크평가자에 의해 각 리스크평가요소를 주관적으로 결정하게 되고 이것은 리스크평가를 위한 퍼지 중요도의 퍼지 중요도(W_j)로 사용되게 된다.

표 5. 리스크 평가 요소에 대한 퍼지 중요도(W_p , W_f , W_i) 결정

리스크 평가 요소	P(발생확률)	F(발생빈도)	I(발생강도)
중요도(W)	M	L	VH
퍼지 중요도(W_j) 결과치	$W_p=(0.2, 0.5, 0.5, 0.8)$	$W_f=(0, 0.3, 0.3, 0.5)$	$W_i=(0.7, 1, 1, 1)$

3.3 퍼지 리스크 정도(R_j) 계산

15개 리스크 인자의 퍼지 리스크 정도를 계산하기 위해 표 4의 리스크 평가요소 수준을 적용한다. 예를 들면, 'Inflation에 의한 물가상승' 인자에서 발생확률(P)은 표 3의 약속에 의해 '그저그름'(P3), 발생빈도(F)는 '높음'(F2), 발생강도(I)는 '그저그름'(I5)로 판단하였고, '건설업체 및 건설시장의 침체' 인자에서는 P를 '아주높음'(P1), F를 '다소낮음'(F4), I를 '아주 높음'(I2)로 각각 판단하였다. 다음은 'Inflation에 의한 물가상승' 인자의 퍼지 리스크 정도를 계산하는 과정은 식 1을 사용하였으며, 그 계산 예는 다음과 같다.

$$R_{1P3} = \frac{1}{(0.3+0.7+0.5)} \otimes \{(0.3 \otimes (0.2, 0.5, 0.5, 0.8)) \oplus \{(0.7 \otimes (0.4, 0.7, 0.7, 0.9)) \oplus (0.5 \otimes (0.6, 0.8, 0.8, 1))\}\} \\ = \frac{1}{1.5} \otimes \{(0.06, 0.15, 0.15, 0.24) \oplus (0.28, 0.49, 0.49, 0.63) \oplus (0.3, 0.4, 0.4, 0.5)\} \\ = \frac{1}{1.5} \otimes (0.64, 1.04, 1.04, 1.37) = (0.43, 0.69, 0.69, 0.91)$$

$$R_{1F2} = \frac{1}{(0.5+1.0+0.5)} \otimes \{(0.5 \otimes (0.4, 0.7, 0.7, 0.9)) \oplus \{(1.0 \otimes (0.6, 0.8, 0.8, 1)) \oplus (0.5 \otimes (0.8, 1, 1, 1))\}\} \\ = \frac{1}{2} \otimes \{(0.2, 0.35, 0.35, 0.45) \oplus (0.6, 0.8, 0.8, 1) \oplus (0.4, 0.5, 0.5, 0.5)\} \\ = \frac{1}{2} \otimes (1.2, 1.65, 1.65, 1.95) = (0.6, 0.83, 0.83, 0.98)$$

$$R_{1I5} = \frac{1}{(1.0+0.5+0.5)} \otimes \{(1.0 \otimes (0.2, 0.5, 0.5, 0.8)) \oplus \{(0.5 \otimes (0.4, 0.7, 0.7, 0.9)) \oplus (0.5 \otimes (0.6, 0.8, 0.8, 1))\}\} \\ = \frac{1}{2} \otimes \{(0.2, 0.5, 0.5, 0.8) \oplus (0.2, 0.35, 0.35, 0.45) \oplus (0.3, 0.4, 0.4, 0.5)\} \\ = \frac{1}{2} \otimes (0.7, 1.25, 1.25, 1.75) = (0.35, 0.63, 0.63, 0.88)$$

3.4 종합적 퍼지 리스크 평가치에 대한 GMV 계산 (리스크 순위)과 리스크 수준 평가

본 절에서는 그림 1의 6단계 중 리스크 평가치 요소(A_i, B_i, C_i, D_i)를 먼저 계산하고 그 요소값들을 식 5에 대입하여 리스크 인자의 순위(rank)를 결정하게 된다. 'Inflation에 의한 물가상승' 인자의 리스크 평가치 요소 결과값은 $A_1=0.37, B_1=0.68, C_1=0.63, D_1=0.91$ 로 계산되었으며, GMV의 계산은 식 5를 이용하며, 그 과정은 다음과 같다.

$$GMV_1 = m(F_1) \\ = \frac{(0.68+0.91)^2 - (0.37+0.68)^2 + (0.37 \cdot 0.68) - (0.68 \cdot 0.91)}{3 \cdot \{(0.68+0.91) - (0.37+0.68)\}} = 0.651$$

GMV_1 의 계산을 통해 0.651의 결과값이 계산되었다. 이 값은 15개 인자의 결과값들과 비교함으로써 리스크인자에 대한 순위를 결정하게 된다. 따라서 GMV 값이 클수록 리스크가 큰 인자로 인식되게 될 것이며, 이것은 중점관리되게 될 것이다. 또한 각 리스크 인자의 수준(L, M, MLH, H, VH)을 결정하기 위한 계산과정은 식 4를 이용한다.

표 6. 종합적 퍼지 리스크 평가치 결과

리스크 평가 인자	GMV	평가 순위	종합적 리스크 수준 최종 평가					리스크 수준
			L	M	MLH	H	VH	
1. Inflation에 의한 물가상승	0.651	10	0.766	0.325	0.048	0.305	0.637	MLH
2. 건설업체 및 건설시장의 침체	0.829	2	1.125	0.700	0.350	0.104	0.257	H
3. 정치·경제적 현황에 의한 국가 재정 불안	0.689	8	0.839	0.421	0.133	0.229	0.542	MLH
4. 계약내용 부실	0.919	1	1.330	0.909	0.553	0.305	0.044	포
5. 설계와 시공의 불일치	0.410	14	0.289	0.176	0.514	0.771	1.091	M
6. 하도급자의 파산	0.534	13	0.527	0.166	0.296	0.531	0.847	M
7. 지반조사 부실	0.829	2	1.124	0.695	0.340	0.088	0.260	H
8. 복잡한 인허가 절차	0.813	5	1.038	0.667	0.309	0.074	0.286	H
9. 부정확한 견적	0.589	12	0.634	0.222	0.186	0.421	0.743	MLH
10. 자금 안정성의 부재	0.659	9	0.787	0.342	0.039	0.290	0.618	MLH
11. 분쟁해결 절차 미흡	0.500	12	0.557	0.164	0.259	0.498	0.818	M
12. 설계의 부적절	0.760	7	0.985	0.552	0.196	0.076	0.400	H
13. 금리변동	0.778	6	1.018	0.587	0.234	0.049	0.365	H
14. 착공지연	0.631	11	0.718	0.279	0.089	0.339	0.671	MLH
15. 안전사고 발생	0.826	4	1.138	0.738	0.408	0.204	0.265	H

$$d(F; L) = \{(0.37-0)^2 + (0.68-0.3)^2 + (0.68-0.3)^2 + (0.91-0.5)^2\}^{\frac{1}{2}} = 0.766$$

$$d(F; M) = \{(0.37-0.2)^2 + (0.68-0.5)^2 + (0.68-0.5)^2 + (0.91-0.8)^2\}^{\frac{1}{2}} = 0.325$$

$$d(F; MLH) = \{(0.37-0.4)^2 + (0.68-0.7)^2 + (0.68-0.7)^2 + (0.91-0.9)^2\}^{\frac{1}{2}} = 0.048$$

$$d(F; H) = \{(0.37-0.6)^2 + (0.68-0.8)^2 + (0.68-0.8)^2 + (0.91-1)^2\}^{\frac{1}{2}} = 0.305$$

$$d(F; VH) = \{(0.37-0.8)^2 + (0.68-1)^2 + (0.68-1)^2 + (0.91-1)^2\}^{\frac{1}{2}} = 0.637$$

위의 계산 결과값에 의해 'Inflation에 의한 물가상승' 인자의 리스크 수준은 가장 적은 값을 가지는 MLH(More or Less High, 다소 높음)로 결정되었다. 표 6은 15개 리스크 인자에 대한 평가순위와 수준을 종합하여 나타낸 것이다.

그림 2는 표 6의 결과치를 이용하여 15개 리스크 인자의 평가순위를 나타낸 것이다. 이 값은 리스크인자를 중요도별로 나열함으로써 관리의 우선순위를 둘 수 있는 근거를 마련하였으며, 리스크인자를 정량적 수치로 표현함으로써 리스크인자에 대한 이해를 높일 수 있을 것이다. 또한 이를 토대로 리스크의 적절한 대응조치를 취하기 위한 기본 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

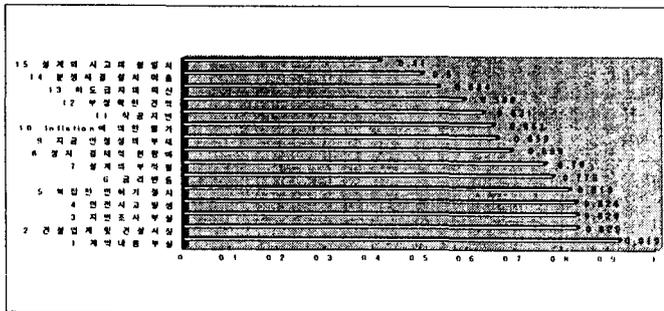


그림 2. 리스크 평가 인자의 평가수준에 의한 리스크 최종 분석

4. 결 론

본 연구에서는 건설공사에 내재된 리스크인자를 정량화 하기 위한 방법으로 퍼지기법을 적용하였으며, 이 분석방법의 적절성과 적용성을 검토하기 위해 사례분석을 실시하였다. 본 연구에서는 사회적인 사상의 인자를 정량화된 수치로 표현하는데 중점적인 연구를 진행하였다.

본 퍼지평가모형의 특징은 전문가의 언어적 판단을 정량화된 수치로 전환함으로써 전체 프로젝트의 리스크수준과 각 리스크인자의 순위를 결정할 수 있다는 것이며, 연구 결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 리스크인자별로 각기 다른 가중치를 부여할 수 있으며, 평가요소도 발생확률, 발생빈도, 발생강도로 좀더 세분화하여 평가함으로써 좀더 현실적인 평가가 이루어질 수 있도록 하였다. 따라서 많은 불확실요인과 복잡한 특징을 갖고 있는 건설산업의 특성에 잘 부합되도록 하였다.
2. 기존 연구의 대부분의 리스크분석방법은 발생확률과 발생강도를 곱해서 리스크지수 값을 계산하였으나 본 연구에서는 퍼지분석방법을 도입하여 분석방법을 개선하였다.
3. 사례분석결과 본 연구에서 제시한 퍼지분석방법은 많은 자료의 활용이 쉽지 않은 건설산업에 쉽게 적용할 수 있다고 판단되었다.
4. 차후 연구과제로 이 분석방법을 적용한 리스크관리시스템을 구축하는 것이 필요하며, 필요하다면 Web기반 운영의 시스템으로 발전시키는 것이 필요할 것이다.

참고문헌

1. Ashley, D. B. and Bonner, J. J.(1987), Political Risk in International Construction., Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 113, No. 3, pp. 447-467.
2. Feagans, T. B. and Biller, W. F.(1980), Fuzzy

- Concepts in the Analysis of public Health Risks, in:
P. P. Wang, S. K. Chang, Eds., Fuzzy sets(Plenum
Press, New York), pp. 391-404.
3. Kangari, R. and Riggs, L. S.(1989), Construction Risk
Assessment by Linguistics, IEEE Trans. Eng.
Management, Vol. 36, No. 2, pp. 126-131.
 4. Lee, E. S. and Li, R. J.(1988), Comparison of Fuzzy
Members Based on the Probability Measure of Fuzzy
Events, Computer and Mathematics with Application,
Vol. 15, pp. 887-896.
 5. Zadeh, L. A.(1965), Fuzzy Sets, Information and
Control, Vol. 8, pp. 338-353.
 6. 류성렬, C언어에 의한 실용퍼지, 도서출판 세화, p 48.
 7. 임영도, 이상부(1998), 퍼지·신경망·유전진화, 도서출
판, 영과 일, p 69.

Abstract

Recently, our construction market recognizes the necessity of risk management, however the application of practical system is still limited on the construction site because the methodology for analyzing and quantifying construction risk and for building actual risk factors is not easy. This study suggests a risk management method by fuzzy theory, which is using subjective knowledge of an expert and linguistic value, to analyze and quantify risk. The result of study is expected to improve the accuracy of risk analysis because three factors, such as probability, impact and frequency, for estimating membership function are introduced to quantify each risk factor.

Keywords : Risk Analysis, Risk Management, Fuzzy
