

R&D 프로젝트의 위험분석모형의 연구[†]

황흥석*

A Risk Analysis Model Using VERT for R&D Project Management[†]

Heung-suk Hwang*

Abstract

Increasingly, risk analysis is becoming important ingredients in achieving the successful implementation and application in the area of the project management. The project management system is designed to manage or control the project resources on a given activity within time, cost and performance so called TPPM(Total Productive Project Management). In this research, a risk analysis model misproposed to identify potential problem areas, quantify the risks, and generated the choice of the action that can be taken to reduce the risk. In addition two analysis models are proposed: 1) risk factor model and 2) network simulation model using VERT(Venture Evaluation and Review Technique). The objective of the remodels is to estimate the schedule, cost and performance risks. These proposed quantitative models for project risk analysis are proving its value for the project managers who need to assess the risk of changes in cost, schedule, or performance. The proposed models will be used in the area of project selection, evaluation and the allocation of project resources.

† 본 연구는 국방과학연구소(ADD)의 장기기초연구비에 의하여 연구되었음.

** 동의대학교 산업공학과

1. 서 론

본 연구는 프로젝트의 위험분석(Risk Analysis)방법의 연구이다. 프로젝트의 주요 불확실성 요소(Uncertainty Factors)인 프로젝트의 수행 기간(Time), 비용(Cost) 및 성과(Performance) 등의 계획은 실패없이 추진되어야 하는 것이 중요하다. 연구 개발 및 신기술이나 대형 설비의 획득 프로젝트의 경우일수록 그 성과 달성의 위험(Risk)성은 크며 이러한 위험 분석이 더욱 필요시 된다. 본 연구에서는 이를 위한 위험 분석(Risk Analysis)의 방법으로 일반적으로 쉽게 사용할 수 있는 위험요인법(Risk Factor Analysis)과 확률적 Network 시뮬레이션 모델을 제시하고 이를 R&D 프로젝트에 응용하는 과정을 제시하였다.

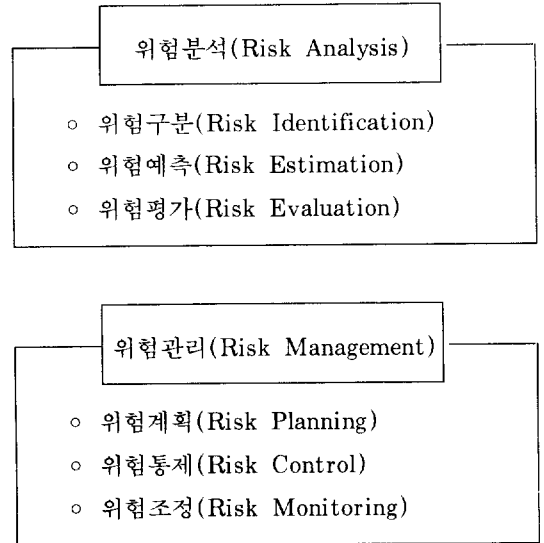
2. 위험분석 개요

프로젝트의 수행 과정에서 수행 성과의 위험(Risk)성이 관련되어 있을 경우 위험구분, 평가 및 통제 등 위험 분석이 이루어져야 할 것이다. 이를 위하여 다음과 같은 문제점들이 고려되어야 한다.

- ① Risk란 무엇인가?
- ② Risk로부터 Loss의 가능성이 무엇인가?
- ③ Loss들이 얼마나 비용화될 수 있는가?
- ④ 최악의 경우 Loss는 어떻게 될 것인가?
- ⑤ 어떤 대안들이 있는가?
- ⑥ 어떻게 이러한 Risk로부터 손실을 줄이거나 없앨 수 있을까?
- ⑦ 조치대안은 다른 위험(Risk)을 유발할 것

인가?

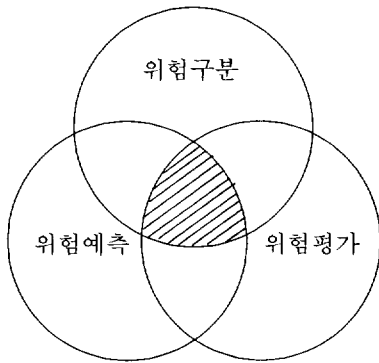
여기서 위험 분석이란 위험구분, 위험예측 및 평가 등의 과정이고, 위험관리는 계획된 위험의 통제와 관리 분석 과정을 포함한다. 이를 정리하면 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 위험분석 및 위험관리의 범위

여기서 위험평가(Risk Evaluation)는 위험이 예상되는 곳에 대한 적절한 조치 및 반응을 위한 절차로서 의사결정자의 여러가지 의사결정 경우마다 이에 따른 결과를 위험측면에서 분석하는 과정이다. 이러한 위험분석과정 즉 위험구분, 예측 및 평가는 정확하게 구분할 수는 없으나 각각 서로 동시에 같은 방법을 사용하여 중복되게 이루어지기도 한다. [그림 2]는 이러한 중복되는 경우를 표시한 것이다.

이러한 위험분석은 위험 자체가 위험분석 비용보다 클 경우에만 적절하다고 생각되어질 것이다. 즉 "얼마나 많은 비용을 Project의 위험을 줄이기 위하여 사용할 것인가?"하는 문제를 생각해보면, 전혀 위험 분석이 없을 경우의 프



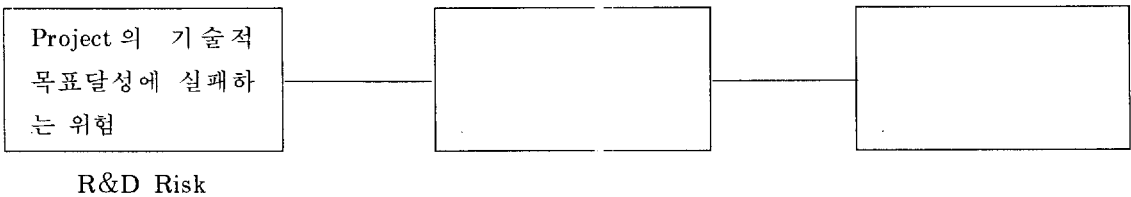
[그림 2] Project의 위험분석의 중복성

로젝트 수행은 가능한 최대의 위험을 안고 추진될 것이며 이로 인한 위험(기대손실) 또한 매우 클 것이다. 특히 R&D 및 대형 설비획득 프로젝트의 경우 위험 분석의 효과는 매우 크며[5], 이 분야에 위험 분석이 응용된 것은 아직 그 초기 단계에 있다고 볼 수 있다[1].

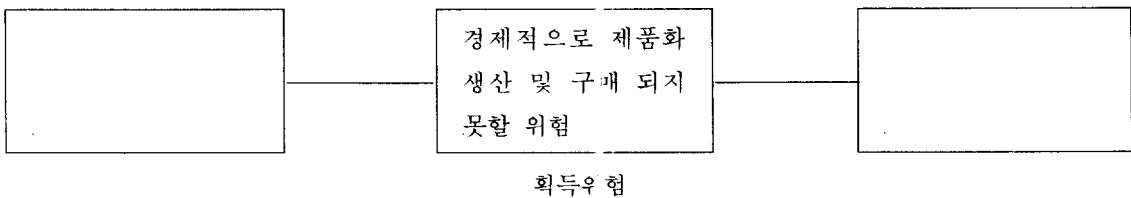
본 연구에서는 일반 프로젝트, 대형 R&D 및 무기체계획득 프로젝트의 위험분석에 활용될 수 있도록 그 사용절차에 중점을 두어 연구하였다.

위험분석이 프로젝트 수행에 미치는 영향을 프로젝트의 진행과정 즉 R&D, 획득 및 운용 단계에 따라 [그림 3]과 같이 분류하였다[2].

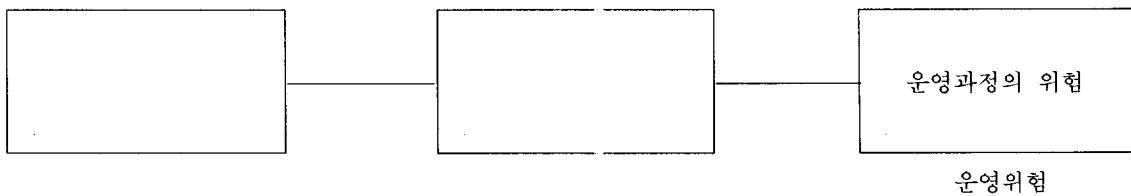
○ 기술상의 불확실성(Technical Uncertainty)



○ 획득 불확실성(Acquisition Uncertainty)



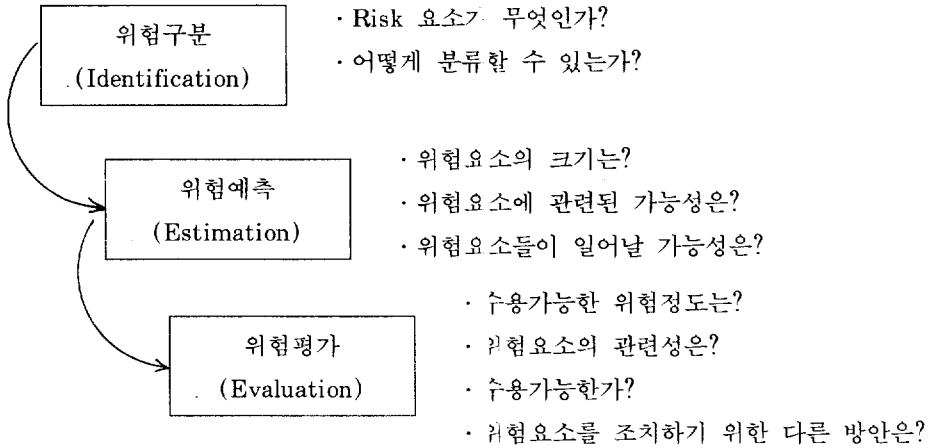
○ 운용 불확실성(Operation Uncertainty)



[그림 3] 프로젝트 수행 단계별 위험분석 구분

본 연구에서는 프로젝트의 위험분석 요소를 다음 [그림 4]와 같이 3가지로 구분하여 프로젝트의 수행과정에서 위험(Risk)이 무엇인지를

정의하고, 잠재 위험 요소들을 구분하고, 위험을 줄일 수 있는 대안들을 도출해 내는 과정에 중점을 두었다.



[그림 4] Project 위험분석 요소

3. 위험분석 모형

프로젝트 수행의 각 단계에서 계획된 성과를 성공적으로 수행하는데 위험성을 분석하기 위한 실용적인 모형을 제시하였다. 프로젝트 수행 과정의 위험은 계획이 성공적으로 수행되지 못할 확률을 뜻하며 주로 다음과 같은 4가지 요인과 관련되어 분석될 수 있다.

- ① 프로젝트 성과에의 기여효과,
- ② 기술적 타당성,
- ③ 경제적 효과,
- ④ 제도적 타당성.

본 연구에서는 이러한 위험분석을 위한 실용 모형으로 다음과 같이 2가지를 제시하였다.

- 1) 위험평가 요인법(Risk Factor Analysis Model) : 이는 위험 요소들을 나열하고

AHP(Analytic Hierarchy Process)방법 [6][8]에 의한 각 위험요소별 가중치 (Weighted Value)를 구하고 이를 이용한 종합평가 평점을 계산하여 위험 확률지에 적용하는 방법으로서 기존의 평점법 보다는 실용적이고 합리적인 방법이라고 볼 수 있다.

- 2) Network Simulation Model[4] : 프로젝트 수행에서 각 단계의 활동을 Network로 구성한 각 활동의 시간(Time), 비용(Cost) 및 성과(Performance)의 확률분포를 추정하여 실제로 소요횟수만큼(충분한 횟수) Simulation한 자료(Data)로부터 위험분석을 하는 방법으로 본 연구에서는 이를 위하여 VERT Network[4]을 이용하였다.

3.1 위험 평가 요인법

본 평가모형은 다음과 같이 2가지 평가단계의 각 평가치를 고려 하였다. 즉 기초평가(Base Case Assessment)와 연구후평가(Post-Research Assessment)이다. 기초평가는 대형 프로젝트일 경우 공공 연구기관에의 기초연구가 완전히 배제된 상황을 가정하고 순수 투자만으로 프로젝트를 수행할 때 이 계획이 성공할 확률을 추정하는 과정이다. 이 단계의 위험추정치는 평가표에 기초평가치로 사용된다. 또한 연구후 평가는 프로젝트를 위한 기초연구가 사전에 추진된 다음과 같은 상황에서 프로젝트 수행계획을 상대적으로 평가하기 위한 시도이다.

- ① 프로젝트 계획이 완전히 성공했음.
- ② 공공 연구기관의 기초연구에 의하여 적극적인 지원과 제도상의 장애요인을 제거 시켜줌으로써 이 계획의 실용화 타당성을 증가시킴.

본 모형은 <표 1>과 같은 위험평가표(프로젝트 분야에 따라 다름)를 이용하여 다음과 같이 4가지 단계에 따라 이루어지는 절차이다.

단계 1 : 각 평가항목의 평점란의 평점을 -2~+2로 평가한다.

단계 2 : 모든 항목들에 할당된 가중치 (A-HP기법에[8] 의해서 구함)를 단계 1의 점수에 곱하여 합을 구한 다음 위험 평가표를 이용하여 이에 해당되는 성공 확률을 구한다.

단계 3 : 전체 위험 확률을 결정하기 위하여 4가지 요인의 확률값을 곱한다.

단계 4 : 프로젝트의 수행이 완전히 성공적이고 공공 연구기관이 프로젝트수행 업무에 대해 적극적으로 지원한다는 가정하에(즉, Post-Researc-

h)이 절차를 반복한다.

<표 2>은 가상적인 자료를 이용한 R&D 프로젝트의 위험분석(예)의 결과이다. 먼저 기초평가인 경우에는 산업 경쟁력 증강에 대한 기여 가능성의 점수와 가중치의 합은 1.2이고 확률지에서 이에 해당되는 확률은 0.93이다. 그리고 기술적 타당성과 경제적 효과 및 제도적 타당성의 확률은 각각 0.86, 0.91 및 0.93의 값으로 구해진다. 따라서 이 R&D 프로젝트가 성공할 확률은 $0.93 \times 0.86 \times 0.91 \times 0.93 = 0.68$ 로 계산되어지며, 실패할 확률은 $1 - 0.68 = 0.32$ 가 된다. 연구후 평가의 경우에는 이 프로젝트가 성공할 확률이 0.74로 증가되며, 이때의 실패할 확률은 0.26이다. <표 2>의 위험평가표에서 각 평점에 대한 확률표는 축척(Scale) -2~+2까지의 평점으로부터 가중치를 고려하여 각 평가 분야(산업 경쟁력 기여도, 기술적 타당성, 경제적 효과 및 제도적 타당성)의 종합 평점으로부터 구한 R&D 프로젝트의 성공 확률의 자료로 다음과 같이 추정하여 구한 결과이다.

t : 평가평점,

f(t) : 평가평점에 해당하는 프로젝트의 성공할 확률.

여기서 f(t)는 프로젝트의 분야와 특성에 따라 여러 분포를 사용할 수 있으나 본 예에서는 Wei(α, β)분포를 사용하였으며 여기서 가상자료(실제자료 가용시 실자료 활용)로부터 α 및 β 를 추정하였다.

이 문제는 추후 실제 자료를 축적하여 올바른 분포의 선택과 이에 따라서 위험평가분야별로 각기 다른 확률지를 적용하도록 발전되어야 할 것이다.

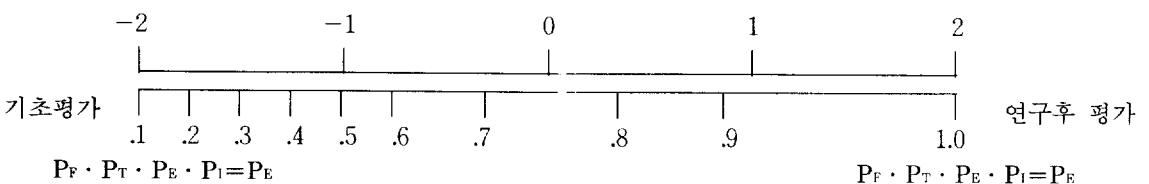
〈표 1〉 Project 위험 평가표(예:)

· 산업 경쟁력예의 기여도		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가중치 고려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 필요성 2. 비용의 기여도 3. 신뢰성 4. 활용성 5. 경쟁성 6. 진부화					
	P _F				

· 기술적 타당성		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가중치 고려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 기술적 가능성 2. 기술적 성취기간 3. 전문가의 경험 4. 난이도 5. 기술 진부화 6. 설비					
	P _T				

· 경제적 효과		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가중치 고려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 소요예산의 적정성 2. 운영유지비의 적절 3. 기술(연구개발)기반조성 4. 순기비용(LCC)의 적절성					
	P _E				

· 제도적 타당성		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가중치 고려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 관련부서의 의지 2. 법적 장애요인 3. 환경적 장애요인 4. 미성숙도					
	P _I				



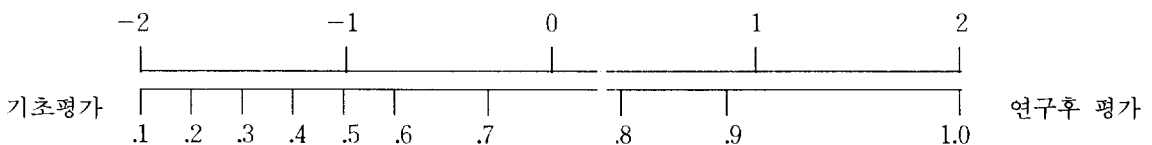
〈표 2〉 XX 연구·개발 Project 위험 평가결과표(예:)

· 산업 경쟁력예의 기여도		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가 중 치 고 려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 필요성	0.2	1	1	0.2	0.2
2. 비용의 기여도	0.3	1	1	0.3	0.3
3. 신뢰성	0.1	0	0	0	0
4. 활용성	0.1	1	1	0.1	0.1
5. 경쟁성	0.2	2	2	0.4	0.4
6. 진부화	0.1	2	2	0.2	0.2
	P _F			1.2	1.2

· 기술적 타당성		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가 중 치 고 려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 기술적 가능성	0.3	1	1	0.3	0.3
2. 기술적 성취기간	0.2	2	2	0.4	0.4
3. 전문가의 경험	0.1	1	1	0.1	0.1
4. 난이도	0.2	-2	0	-0.4	0.0
5. 기술 진부화	0.1	1	1	0.1	0.1
6. 설비	0.1	2	2	0.2	0.2
	P _T			0.5	1.1

· 경제적 효과		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가 중 치 고 려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 소요예산의 적절성	0.3	0	0	0.0	0.0
2. 운영유지비의 적절	0.3	1	1	0.3	0.3
3. 기술(연구개발)기반조성	0.2	1	1	0.2	0.2
4. 순기비용(LCC)의 적절성	0.2	2	2	0.4	0.4
	P _E			0.9	0.9

· 제도적 타당성		평 점			
주 요 항 목	AHP 가 중 치	평 점		가 중 치 고 려	
		기 초	연 구 후	기 초	연 구 후
1. 관련부서의 의지	0.3	2	2	0.6	0.6
2. 법적 장애요인	0.4	1	1	0.4	0.4
3. 환경적 장애요인	0.2	2	2	0.4	0.4
4. 미성숙도	0.1	-2	0	-0.2	0.0
	P _I			1.2	1.4



$P_F \cdot P_T \cdot P_E \cdot P_I = P_E$
 $0.93 \times 0.86 \times 0.91 \times 0.93 = 0.68$

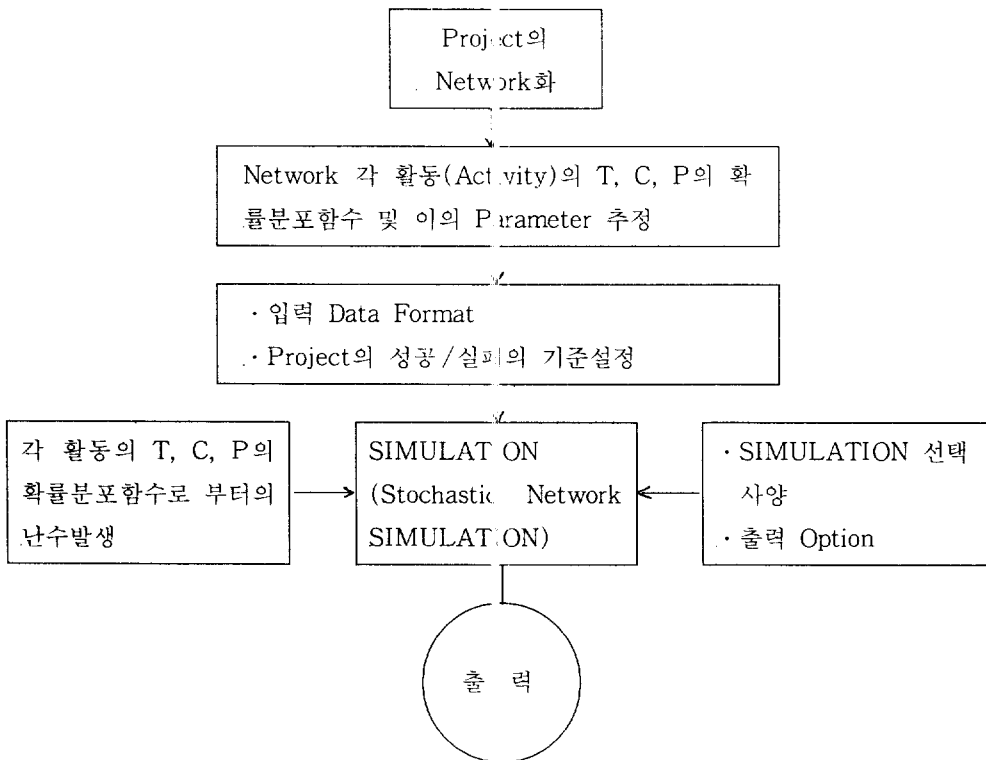
$P_F \cdot P_T \cdot P_E \cdot P_I = P_E$
 $0.93 \times 0.92 \times 0.91 \times 0.95 = 0.74$

본 모형의 응용은 실제 문제에서 간편하면서도 일반적인 평점법(Checklist 및 간이 확률지)보다는 합리적이므로 이의 계산과정을 전산화하고 주요 항목별 평점을 주관적인 확률 Code(Computer Aided Subjective Probability)에 의하여 전문가의 의견을 사용하여 객관적인 판단을 도출해 내도록 개선될 경우 널리 활용될 수 있을 것이다.

3.2 위험분석을 위한 Network Simulation 모형

본 모형은 기술 및 여건변화에 신속히 대처해 가기 위하여 VERT를 이용한 확률적 시물

레이션 모형[6]에 의한 위험분석 방법이다. 프로젝트 수행의 각 활동의 Network를 작성하고 전체 Network System에서 기간(T), 비용(C), 및 성과(P) 등의 불확실한 요인을 고려하여 성공(또는 실패) 확률을 계산한다. 이를 도시하면 [그림 5]와 같다. 각 활동의 T, C 및 P의 확률분포 함수의 각 파라메타를 먼저 추정하고, 시물레이션 과정을 통하여 얻은 자료로부터 요구되는 위험도를 계산하였다. 이러한 시물레이션 모형은 현재 PERT, CPM, XPERT 및 MATH-NET등 여러가지 모형이 있으나 본 연구에서는 VERT(Venture Evaluation and Review Technique)를 활용하여



[그림 5] 확률적 Network 시물레이션 구조

[그림 5]에서와 같이 R&D 프로젝트를 Network 모형으로 표현하고 시작 Node에서 종료 Node까지의 각 Node 각 활동에 주어진 확률 분포에 따라 각 완료시간, 비용 및 성과의 시행값을 구하고 이를 요구 횟수만큼 반복 시행하여 다음과 같은 통계적인 분석을 하였다.

- ① 상대빈도 분포 (Relative Frequency Distribution),
- ② 누적빈도 분포 (Cumulative Frequency Distribution),
- ③ 평균값 (Mean),
- ④ 표준편차 (Standard Error),
- ⑤ 변동계수 (Coefficient of Variation),
- ⑥ 최빈값 (Mode),
- ⑦ 첨도 (Measure of Kurtosis),
- ⑧ 비대칭도 (Measure of Skewness).

본 모형에서는 각 종료 Node 및 합성된 종료 Node에 대한 위의 정보는 자동 출력되며 내부 Node의 임의의 구간(내부 Node와 내부 Node사이)은 필요시 출력될 수 있다. 출력항목(시간, 비용, 성과)중 비용은 경로비용(Path Cost)과 전체비용(Overall Cost)을 모두 계산하여 분리 출력하였으며, 임의의 Arc나 Node의 여유시간 역시 필요시 위의 형태로 출력될 수 있다. 이외에 전체 기간을 몇 개의 구간으로 나누어 각 구간별 소요 예산 및 수행 성과를 구할 수도 있도록 하였다(이 정보는 연간예산 배정등에 유용하다). 또한 시간과 비용의 2차원 평면에서 [그림 6]과 같은 위험분석을 수행할 수 있는 기능을 고려하였으며 본 모형에서 가능한 주요분석 기능은 [그림 6]과 같다:

- ① 프로젝트 완료시간 및 비용의 기대치와 신뢰구간 계산,
- ② 성공확률,

③ 2차원 위험분석.

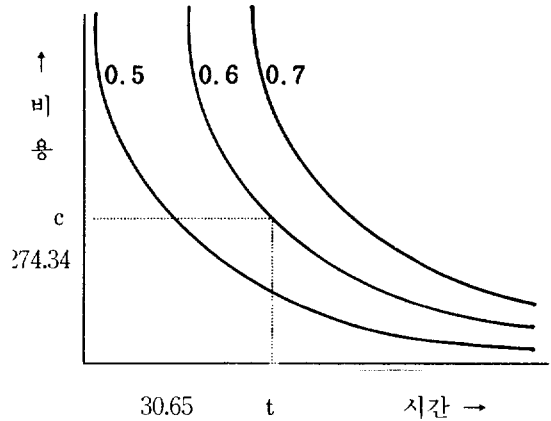


그림 6] 프로젝트의 비용과 시간에 대한 성공 확률(예)

본 Network 모형은 다양한 출력과 그 신뢰성이 높으며 특히 R&D 프로젝트의 경우 성공 및 실패 확률 추정에 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 그러나 프로젝트의 각 활동의 위험요소(T, C, P)의 확률분포 함수 및 파라미터의 예측이 어려우며 실제 Data준비 및 전산 입력 과정 등이 복잡하여 실무에 활용되기까지는 많은 연구가 계속되어야 할 것이다.

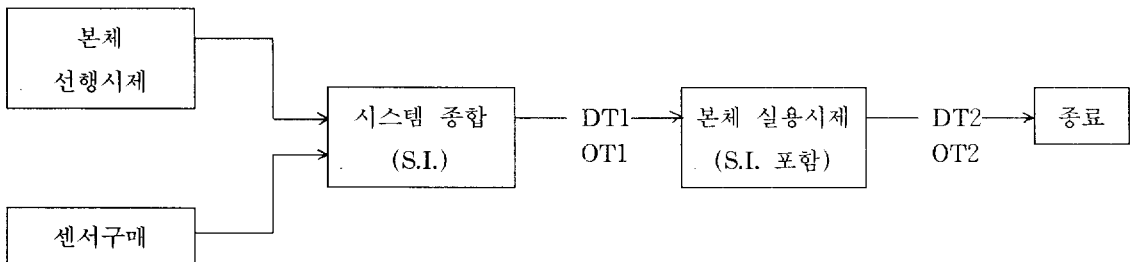
4. 모형의 응용

4.1 프로젝트의 개요

Network 시뮬레이션 모형을 이용하여 R&D 프로젝트의 사업기간과 비용에 관련된 불확실성(위험도)을 추정하고, 년도별 예산, 주공정 및 주요활동의 여유시간을 산출하여 사업의 타당성 검증 및 프로젝트의 수행에 필요한 위험

분석 정보를 얻고자 한다. 또한 본 프로젝트의 성공 확률을 높이기 위한 사업기간과 비용간의 2차원의 위험분석도 요구된다. 본 프로젝트는 기초연구를 완료하여 선행개발 및 실용개발에 착수하려는 시점에 있으며, 본 시스템은 본체와 3개의 센서(A, B, C)로 구성된다. 이중 본체는 국내 개발로, 센서는 해외구매로 획득할 계획이며 개발시험(DT)과 운용시험(OT)은 체계결합(System Integration)후에 실시한다. 본 사업계획은 선행개발 단계 및 실용개발 단계로 나누어지며, 선행개발 단계에서는 본체 시제(ADMAIN 1, 2, 3), 센서 구매(PSENS A, B, C), 시스템결합(SIWIC 또는 SIWOC), DT1

/OT1 등이 이루어지며, 본체는 3개 Set를 시제하고 이중 2개 Set 이상이 기능을 발휘하면 시제는 성공된 것으로 본다. DT1/OT1이 완료되었을 때까지의 비용이 2억원을 초과할 경우에는 본 Project는 중단 한다. 또한 DT1/OT1을 수행하면서 센서 C의 정확도 상승 효과가 0.05에 미달될 때에는 채택하지 않는다. 실용개발 단계에서도 센서 구매를 제외한 동일한 활동이 이루어지나 체계 결합 활동은 본체 시제에 포함하였다. 이를 [그림 7]에서와 같이 표시하고, Network Simulation을 위하여 [그림 8]과 같이 VERT Network 기호로 표시하였다.



[그림 7] 연구·개발 프로젝트의 Block Diagram

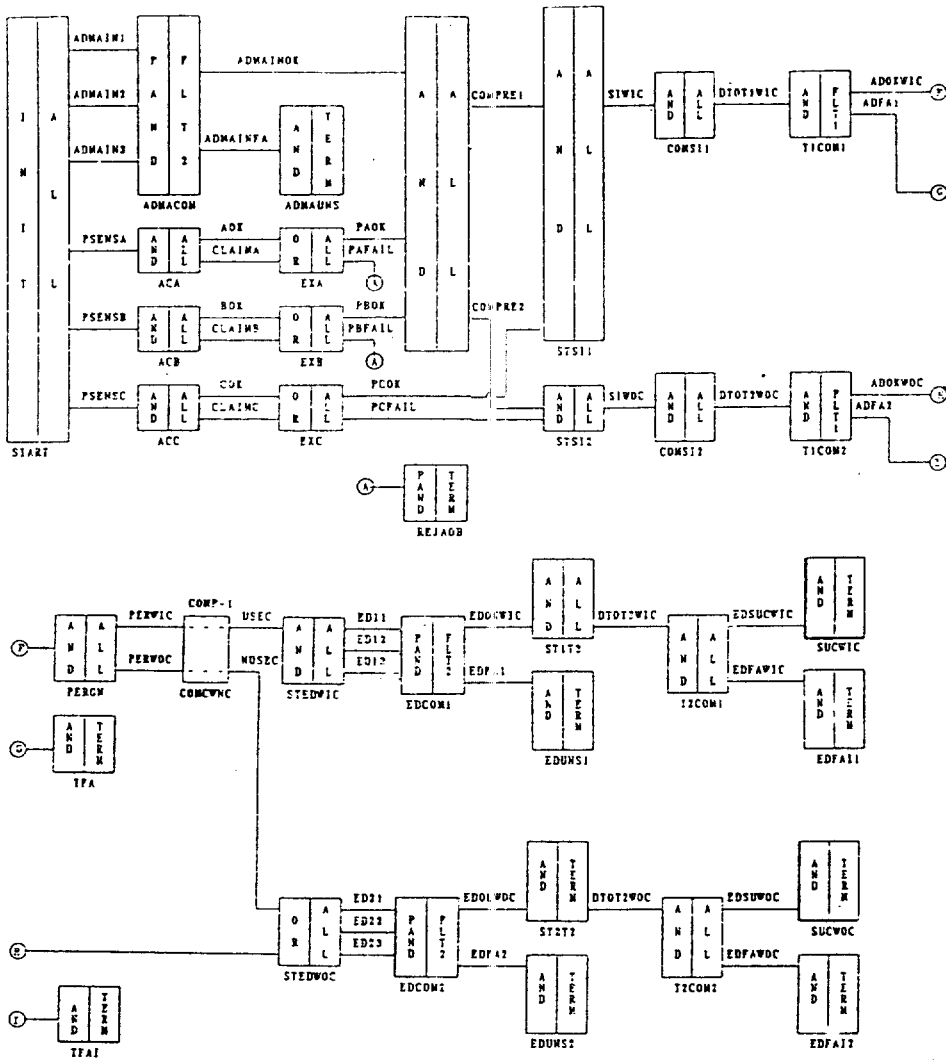
4.2 입력 Data

위의 프로젝트의 위험분석을 위하여 각 Arc 및 Node Data를 Simulation Data File에 입력시키기 편리하도록 만들어(Model의 사용자 메뉴얼 참조) 사용하였으며 본 내용에서는 지면관계로 생략하였다. 여기서 시간, 비용 및 성능의 관계식(R)은 다음과 같이 주어진다.

- Time of ADMAIN2 = Time of ADMAIN1
- Time of ADMAIN3 = Time of

ADMAIN1

- C of DTOT1WIC = (T of DTOT1 WIC*0.2) + 0.8
- C of DTOT1WOC = (T of DTOT1 WIC*0.2) + 0.8
- P of PERWIC = P of PER1
- P of PERWOC = (0.5/C of PCOK) + PER2
- T of ED12 = T of ED11 + T of ED13
- T of ED22 = T of ED21 + T of ED23



[그림 8] xx 프로젝트의 Network 흐름도

- C of DTOT2WIC = (T of DTOT 2 WIC*0.2) + 0.8
- C of DTOT2WOC = (T of DTOT 2 WOC*0.2) + 0.8

4.3 Network Simulation 결과

본 위험 분석의 결과를 <표 3>에서와 같이 요약하였다. 프로젝트 수행 년도별 예산 소요 기대값과 이의 각 신뢰도(C confidence)를 구하였으며, 전체 소요예산의 기대값은 2.52억원으로 75%의 신뢰도를 갖는다. 또한 주공정을 구

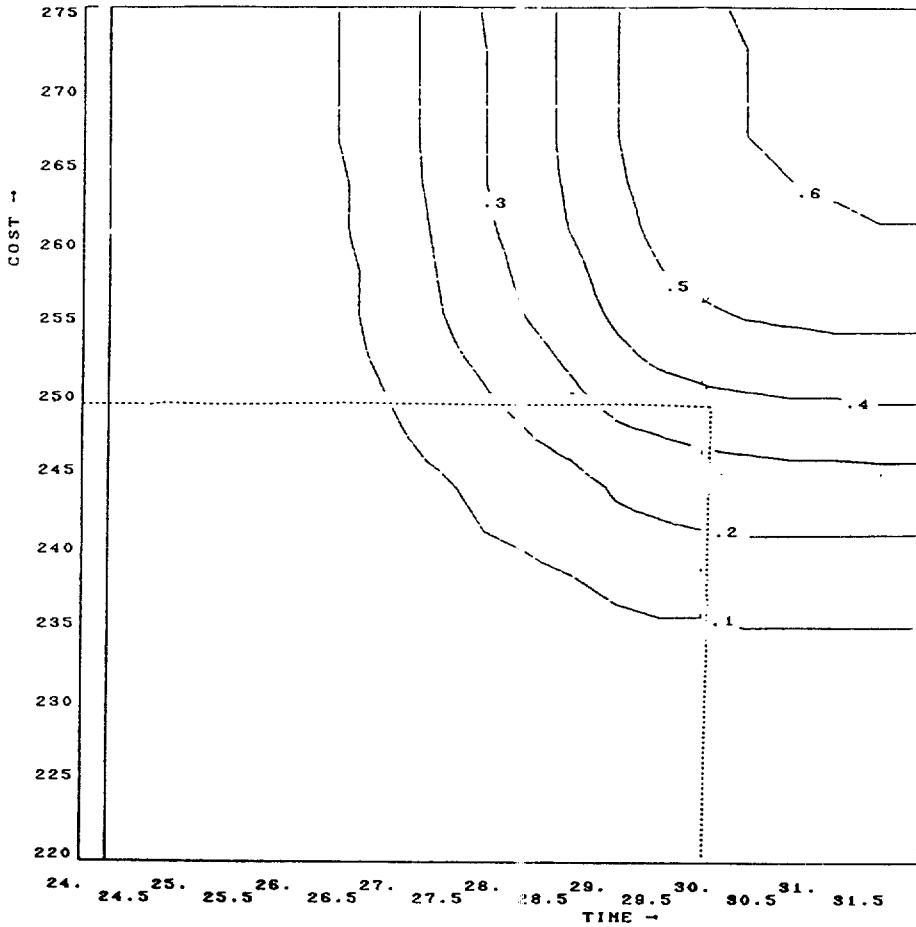
하고 각 공정별 기간,비용 등을 예측하였으며 본 사업 전체의 성공확률이 시간 및 비용의 제한이 없을 경우 57%이며, 사업 성공까지의 기간과 비용의 90% 신뢰구간은 각각 (37.4개월 ~39.9개월) 및 (231.9~262.2백만원)으로 분석되었다.

[그림 9]에서와 같이 사업 예산과 기간에 따

른 사업의 성공/실패 확률을 표시하는 2차원 표를 완성하였다. 이를 이용하여 여러가지 대안의 분석이 가능하다. 예를 들면 사업의 성공 확률을 60%로 높이기 위하여 20.백만원의 추가예산이 소요된다. 기타 관련 Sample 출력을 부록에서와 같이 요약하였다.

〈표 3〉 xx Project의 위험평가 결과

항 목	분 석 결 과	비 고
년도별 소요비용	1차년도 : 128.6백만원 2차년도 : 117.8백만원 <u>3차년도 : 5.6백만원</u> 계 : 252.0백만원	Confidence 70% 65% 50% 75%
Critical Path	START-ADMACOM-PRESI-STSI- I1-COMSI1-T2-COM1-PERGN- COMCWNC-STEDWIC-EDCOM1- ST1T2-T2COM1-S1JCWIC	
사업성공 확률	57%	시간, 비용이 제한 없을 시
사업성공까지의 기간과 비용	기대치 : 37.4개월, 247.0백만원 90% 신뢰구간 : (34.8, 39.9) (231.9, 262.2)	
기간 30개월, 예산 250백만원 일때 성공확률	35%	60%로 높이기 위한 추가소 요 예산은 20.0백만원



[그림 9] 2-D 위험분석 결과

5. 결 론

본 연구는 불확실성이 큰 R&D 프로젝트를 수행시 프로젝트의 성공적인 목표달성 확률을 예측하고 목표 달성의 확실성을 높이기 위하여 프로젝트의 비용, 기간 및 성과간의 관계로부터 최선의 대안을 도출하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 먼저 프로젝트의 개념과 위험

(Risk)요소들을 구분하고, 위험분석을 위한 방법으로 간편하게 활용할 수 있는 AHP가중치와 확률지를 이용한 위험분석 모형과, VERT를 이용한 Network 시뮬레이션 모형을 제시하였다. 이를 성공 및 위험성이 큰 대형 R&D 프로젝트의 위험분석에 적용하고 그 결과(예)를 제시하였다. 계획된 프로젝트의 성공 및 실패할 확률과 사업의 성공적인 수행에 필요한 기간과 비용을 예측할 수 있어 각 Node와 활

동의 Data 수집과 보다 확실한 분포의 추정방법이 추가 보완될 경우 본 모형은 프로젝트의 위험분석에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 황홍석, "연구개발 Project 관리를 위한 확률적 Network 기법 연구", ADD 연구 보고서, MAAD-405-85116, 1985. 10.
- [2] Bodenstei,E. D., "Uncertainty and Stress in an R&D Project Environment", R&D Management, Vol. 19, No. 4, 1989.
- [3] Fahrni,P., "An Application-Oriented Guide to R&D Project Selection and Evaluation Methods", R&D Management, Vol. 20, No. 2, 1990.
- [4] Moeller,G. L., "Operations Planning with VERT", Opns. Res.,Vol. 29, No. 4, pp. 676-697, 1981.
- [5] Lee,S. L., Network Analysis for Management Decisions, Kluwer-Nijhoff Pub., Hingham, MA,C.,1981.
- [6] Lane,E. F. and W. A. Verdini, "A Consistency Test for AHP Decision Makers", Decision Science, Vol. 20(1989).
- [7] "Post-Challenger Evaluation of Space Shuttle Risk Assessment and Management", National Academy Press, Jan. 1988.
- [8] Zahedi,F., "The Analytic Hierarchy Process: A Survey of the Method and its Applications", Interfaces, Vol. 16, No. 4 (1986).

부록 : 위험분석 Sample Output

년도별 소요예산 신뢰구간

COST CONFIDENCE BALANCE AMONG SELECTED TIME PERIODS
NO OF ITERATIONS = 21

CFD NO	TIME INTERVAL	COVERED	CONFIDENCES COMPUTED	COST	INTERPOLATED FOR THE CONFIDENCES COMPUTED
1.	.00 -	12.00	.70	128.5840000	
2.	12.00 -	24.00	.65	117.77240000	
3.	24.00 -	36.00	.50	5.57345200	
SUM OF ABOVE COSTS				251.93130000	
				252.03360000	

주공정 분석

ARCS CRITICAL PATH INDEX - NO. PATHS = 500

Activity	Index	Paths
ADMAIN1	.9080	500
ADMAIN2	.0760	500
ADMAIN3	.0100	500
PSENSA	.0040	500
PSENSB	.0020	500
ADMAINOK	.9700	500
ADMAINFA	.0240	500
CLAIMA	.0040	500
CLAIMB	.0020	500
PAFAIL	.0040	500
PBFAIL	.0020	500
COMPRES1	.9660	500
COMPRES2	.0040	500
SIWIC	.9660	500
SIWOC	.0040	500
DTOT1WIC	.9660	500
DTOT1WOC	.0040	500
ADOKWIC	.7420	500
ADFA1	.2240	500
ADFA2	.0040	500
PERWIC	.3660	500
PERWOC	.3780	500
USEC	.3660	500
NUSEC	.3760	500
ED11	.3400	500
ED12	.0240	500
ED13	.0020	500
ED21	.3640	500
ED22	.0120	500
EDOKWIC	.3640	500
EDFA1	.0020	500
EDOKWOC	.3720	500
EDFA2	.0040	500
DTOT2WIC	.3640	500
DTOT2WOC	.3720	500
EDSUCWIC	.2880	500
EDFAWIC	.0760	500
EDSUCWOC	.2820	500
EDFAWOC	.0900	500

종료 Node 성공확률

WINNING TERMINAL NODE INDEX - NO. ITERATIONS = 500

Node	Index	Iterations
ADM-UNS	.0240	500
REJ-OB	.0060	500
TFA	.2240	500
TFA	.0040	500
EDU-S1	.0020	500
EDU-S2	.0040	500
EDF-11	.0760	500
EDF-12	.0900	500
SUC-VIC	.2880	500
SUC-WOC	.2820	500

POSITIVE COST INCURRED BETWEEN PERIODS

CFD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1,0	MIN
116.174											.000
116.174											.022
123.357											.082
130.001											.158
137.545											.222
144.289											.252
151.933											.258
158.1576											.258
166.220											.258
173.854											.258
180.538											.258
187.152											.258
194.796											.258
202.439											.258
209.083											.258
216.727											.266
223.371											.286
230.015											.396
237.659											.576
245.302											.754
252.946											.910
259.590											.978
266.234											1.000
273.877											1.000
273.877											1.000

NO OBS	500	STD ERROR	50	0.9553
COEF OF VARIATION	23	MEAN	218.3563	
KURTOSIS (BETA 2)	2.24			
PEARSONIAN SKEW	.53	MODE	244.8312	

NO OBS	5%	10%	15%	20%	25%	30%
116.171	126.579	132.097	138.810	142.266	151.416	231.613
.5%	60%	85%	70%	75%	60%	85%
243.195	245.996	248.009	250.021	252.034	254.307	256.603

NO OBS	5%	40%	45%	50%
234.170	238.025	240.015	242.005	
.0%	95%	MAX		
258.100	263.573	273.688		