

실무 적용성 제고를 위한 R&D Portfolio 모형 확장 연구

안 태 호*

<목 차>

I. 서론	IV. 결론
II. 기존 R&D 포트폴리오 선정 모형 문제점과 대안	참고문헌 Abstract
III. 수리 모형 개발 및 최적화 기법	

I. 서 론

현재 많은 R&D 프로젝트가 진행 중에 있으며, 그 중의 상당수는 국가 지원 사업으로 진행되고 있다. 개별 연구 관리자의 관심은 자신이 담당하고 있는 R&D 프로젝트의 성공적인 진행과 완료에 있지만, R&D 프로젝트 포트폴리오를 관리하는 중앙정부나 지방 정부의 입장은 몇 개의 프로젝트가 성공적으로 진행 또는 완료되었는가에만 관심이 국한되는 것이 아니라 포트폴리오가 성공적으로 구성되고 또한 관리되고 있는 가에도 관심을 갖게 된다. 예를 들어, 프로젝트 기획단계에서 가정했던 시장 예측이 빗나가 포트폴리오를 구성하는 모든 프로젝트들이 기술적으로는 성공적으로 완료되었음에도 상품화에 성공한 프로젝트의 수가 극히 적다면 이는 포트폴리오 구성시 리스크 요인을 철저히 감안하지 못한 데에 그 원인이 있을 수 있다.

유감스럽게도 우리나라의 대부분 R&D 프로젝트 포트폴리오는 구성 단계부터 잘못 관리되고 있다. 대부분의 R&D 프로젝트 포트폴리오 관리자들은 포트폴리오 개념을 정확히 갖지 못한 상태이다. 좋은 프로젝트들의 집합이 반드시 좋은

*승실대학교 경영학부 부교수

포트폴리오를 구성하는 것은 아니다.

현재 가장 많이 사용되는 방법은 각 프로젝트 별로 다양한 평가 항목을 설정하고 평가 항목들에 가중치를 부여하여 평가 대상 프로젝트 별로 평가 총점을 환산한 후에 평가 총점이 높은 프로젝트부터 선정하는 것이다. 이런 방식의 치명적인 단점은 포트폴리오 차원에서의 위험도가 높아질 수 있고, 포트폴리오의 성과가 일정 시점 또는 일정 속성에 편중될 수 있다는 것이다. 예를 들어, 환리스크에 매우 민감한 프로젝트들만이 선정되었다면 포트폴리오 자체의 환리스크도 높아질 수밖에 없으며, 매년 일정 개수 이상의 신제품이 출시되기를 포트폴리오 관리자가 원하더라도 위에서 언급한 방식으로 포트폴리오를 구성하다 보면 예상 사업화 시점이 모두 5년 뒤인 프로젝트들만이 선정될 수도 있다.

이와 같은 문제점들은 포트폴리오가 기본적으로 여러 속성을 지닐 수밖에 없는 데에 반해 포트폴리오의 구성이 개별 프로젝트 단위로 이루어진다는 데에 기인한다.

Souder(Souder, 1978)는 R&D 프로젝트 선정 모형을 선별(Screening)모형, 우선순위 결정을 위한 평가(Evaluation)모형, 개별 프로젝트의 선정이 아니라 선정 대상 프로젝트를 전체로 묶어 최적화된 구성을 찾고자 하는 포트폴리오(Portfolio)분석모형으로 구분하고 있다. 포트폴리오 분석모형은 개별 프로젝트 단위로 선정되거나 탈락되는 것이 아니라 포트폴리오 관점에서 선정 또는 탈락되는 것이므로 R&D 프로젝트의 특성인 불확실성, 연속적 의사결정, 자원 제약 등 R&D 프로젝트가 지닌 다양한 속성을 동시에 고려할 수 있다고 Souder는 정리하였다.

II. 기존 R&D 포트폴리오 선정 모형 문제점과 대안

R&D 프로젝트는 선정시 많은 속성을 고려해야 하는 다속성 문제에 속한다. 다속성으로 인해 단일 프로젝트의 선정 문제도 난해한 것이 R&D 프로젝트 문제이며, 그러므로 R&D 프로젝트 포트폴리오 선정 문제는 그 난해함이 몹시 높다고 할 수 있다.

기존의 R&D 프로젝트 포트폴리오 선정 모형 및 기법의 문제점은 크게 두 부류로 정리할 수 있다.

첫 번째 부류는 최적 모형을 찾는 데 소요되는 연산 시간을 감소시키기 위해

선정 후보 프로젝트의 수를 통제하는 기법이다. C. Stummer(2001)는 선정 후보 프로젝트들을 스크리닝하여 일부 프로젝트들을 선정 대상에서 제외한 후, 남은 프로젝트들만을 대상으로 비열등 포트폴리오를 구성하는 기법을 제안하였다. 다속성 포트폴리오 선정 문제의 속성상 많은 수의 프로젝트를 대상으로 비열등 포트폴리오를 탐색할 수는 없지만 비열등 포트폴리오 구성에 사용된 프로젝트의 수가 너무 제한적이라는 지적을 피하기 어렵다. (Stummer에 의하면, 대상 프로젝트의 수는 20개였으며, 펜티엄 233 컴퓨터를 사용시 연산에 약 1분이 소요되었다.)

두 번째 부류는 R&D 프로젝트 포트폴리오가 지닌 다속성을 지나치게 단순화한 모형이다. F. Ghasemzadeh(2000)는 계층적 분석기법(AHP: Analytical Hierarchy Process)과 선형 목표 계획법(Linear Goal Programming)을 활용하였는데, 각 개별 속성에 존재하는 시간 문제(예: 연도별 소요 예산이나 연도별 자원 소요량)를 고려하지 않았으며, J. I. Ringuest(2000)는 일정 단계에서 구한 포트폴리오에 신규 프로젝트를 추가로 선정할 것인가를 판단하는 분석을 수행하였는데, Ringuest는 프로젝트 간의 상호 독립성을 가정하였다. 상호 독립성을 가정한 것은 프로젝트 간의 상호 의존성을 고려할 경우 문제가 복잡해지고 연산에 소요되는 시간이 급증하기 때문인 것으로 보인다.

이외에도 많은 포트폴리오 선정 모형이 존재하지만, 문헌상에 아직까지 전혀 언급되고 있는 않은 것으로 프로젝트들의 대안을 들 수 있다.

예를 들어, 어떤 프로젝트 A는 3년이란 개발기간이 소요되며 3년간 예상 비용은 200억원이고 5년 뒤에 사업화가 가능하며 사업화 시점부터 10년간 기대되는 이익은 500억원이라고 하자. 만약에 프로젝트 A에 3년간 허용된 예산이 150억원에 불과하다면 프로젝트 A는 진행이 원천적으로 불가능하거나 또는 5년 이내에 사업화가 전혀 불가능한 것일까? 반대의 경우를 가정하자. 예산을 200억 이상, 예를 들어 250억원을 투입한다면 사업화 시점이 5년에서 4년으로 앞당겨질 수는 없는 것일까? 물론 이것은 가상의 프로젝트이므로 가능하다 또는 불가능하다고 단정할 수 없다. 자명한 것은 현실의 많은 프로젝트들은 개발 기간이나 사업화 시점 등이 고유의 기술개발 기간과 깊은 관계가 있지만 예산의 집중 투입 여부에 따라 많이 달라질 수 있다는 점이다.

R&D 프로젝트 포트폴리오를 구성함에 있어 R&D 프로젝트의 대안들을 고려해야 하는 이유를 열거하면 다음과 같다.

첫째, 포트폴리오의 속성상 프로젝트 A가 지닌 3가지 시나리오, 즉 250억원, 200억원 그리고 150억원의 시나리오 중 어떤 시나리오가 최적인지를 사전에 알

수 없다. 포트폴리오 차원에서 예산의 제약이 거의 없다면 250억원 시나리오가 최적일 수 있으나 예산의 제약이 심하다면 150억원 시나리오만이 실행 가능한 대안일 수 있다. 포트폴리오를 구성함에 있어 보다 많은 대안을 제시하는 것은 그렇지 않은 경우에 비해 연산 상의 부담은 증가하지만 개선된 포트폴리오를 얻게 될 확률은 높아진다.

둘째, R&D 프로젝트 포트폴리오가 최종적으로 확정되는 과정을 살펴보면 상당히 많은 협상과 타협이 있음을 알 수 있다. 협상과 타협을 통해 당초 제시되었던 R&D 프로젝트는 기간이나 예산 측면에서 수정되기 마련이다. 대부분의 경우 R&D 프로젝트 제안자가 제시하였던 예산은 빈번히 삭감되며 프로젝트의 범위 또한 수정되어 최종 프로젝트 계획이 도출된다. 선정 평가 당시의 R&D 프로젝트 계획과 포트폴리오를 구성하는 최종 프로젝트 계획이 예산이나 기간 측면에서 동일하지 않을 수 있다면 선정 평가 때부터 각 프로젝트들의 대표적인 시나리오를 검토하고 이를 포트폴리오 구성시에 반영하여야 한다.

본고에서 제안하는 R&D 프로젝트 포트폴리오를 구성하는 절차는 다음과 같다.

(1) R&D 프로젝트 포트폴리오 구성 책임자는 프로젝트 선정의 평가 항목을 결정한다. 연도별 예산이나 각 프로젝트 단계별 성공 확률 등과 같이 다기간에 걸친 프로젝트 속성들은 기간 별로 속성을 세분화한다. 또한 포트폴리오 구성 책임자는 각 프로젝트마다 몇 개의 대안까지 가능한 지를 결정한다.

(2) R&D 프로젝트 제안자는 최대 대안의 수의 범위 안에서 다양한 프로젝트 대안을 개발하여 포트폴리오 구성 책임자에게 제출한다.

(3) 제출된 프로젝트들을 대상으로 포트폴리오 구성 책임자는 R&D 프로젝트 포트폴리오를 구성한다.

(4) 선정된 프로젝트들을 대상으로 필요한 조정을 거친 후 프로젝트 계획을 확정한다.

기존의 선정 모형은 R&D 프로젝트들이 기간이나 예산 측면에서 다양한 방식으로 진행될 수 있음에도 이를 반영하지 않았다. 기존의 선정 모형은 바람직한 포트폴리오를 구성하기 위해 어떤 프로젝트들이 선정되어야 하는 가를 다루었다면, 본고에서 제안하는 모형은 어느 프로젝트의 대안들이 선정되어야 하는 가를 다룬다. 또한 대부분의 기존 선정 모형들은 예산 항목을 평가함에 있어 프로

젝트 개발 총예산만을 평가 항목에 반영하는 것처럼 프로젝트 속성들을 시간 개념을 무시하지만, 본고에서 제안하는 모형은 예산 총액뿐만 아니라 연도별 예산도 평가 항목에 반영시키는 등 프로젝트 속성들의 시간 개념을 반영하고 있다.

포트폴리오 구성 절차 측면에서 정리하면, 기존 절차는 프로젝트의 대안을 고려하지 않고 포트폴리오에 포함될 프로젝트들을 선정하고 선정된 프로젝트들 간의 조정을 거쳐 프로젝트의 계획을 확정하는 것이라 할 수 있다. 본고에서 제안하는 절차는 프로젝트들의 대안을 선정하는 것이므로 기존 절차에서 흔히 발생하는 프로젝트 간의 조정 작업이 상당 부분 감소할 수 있어 포트폴리오의 최적성 정도가 대폭 향상될 수 있다.

III. 수리 모형 개발 및 최적화 기법

본고에서 제시된 R&D 프로젝트 포트폴리오 선정 모형을 수리적으로 표현하고 선정 모형의 해법을 제시하고자 한다.

본 연구는 I개의 후보 프로젝트들이 있고 각 후보 프로젝트는 실행 대안이 복수일 수 있는 상황에서 어떤 프로젝트의 실행 대안을 선택하여 R&D 프로젝트 포트폴리오를 구성하는 문제를 다룬다.

복수의 후보 프로젝트들이 존재하고 각 프로젝트마다 실행대안이 하나 이상일 수 있으므로 가능한 포트폴리오의 수는 프로젝트의 수와 실행 대안의 수에 따라 결정된다. 각 프로젝트마다 2개씩의 실행 대안이 있다면 미선정, 첫 번째 대안으로 선정, 두 번째 대안으로 선정이라는 경우의 수가 발생하므로 각 프로젝트마다 총 3개의 경우의 수는 3이 된다. 후보 프로젝트가 총 10개라면 가능한 포트폴리오의 수는 3^{10} , 즉 59,049개가 되며, 후보 프로젝트가 총 20개라면 가능한 포트폴리오의 수는 3^{20} , 즉 3,486,784,401에 이른다.

불과 30개의 후보 프로젝트들이 두 개씩의 실행 대안을 지닌 경우에 가능한 포트폴리오의 수는 30억개를 초과하는 데 하나의 포트폴리오를 구성하기 위해서는 포트폴리오의 좋고 나쁨을 판단하는 평가 기준이 필요하다. 본고에서는 포트폴리오의 평가 항목으로 긍정적인 속성(예: 수익, 기술 축적도)과 부정적인 속성(실패/중단 확률, 예산)으로 대별하였다. 긍정적인 속성의 수는 P로, 부정적 속성의 수는 N으로 표기하는데, 각 속성들은 총체적으로만 평가되는 것이

아니라 기간별로도 평가될 수 있다. 예산을 예를 든다면, 다년도에 걸쳐 진행되는 포트폴리오에 필요한 총 예산이 얼마인가만을 평가 대상으로 삼는 것이 아니라 연도별로 필요 예산이 얼마인가도 평가 대상에 삼는다는 것이다.

본고에서는 포트폴리오를 다속성 그리고 다기간으로 파악하므로 포트폴리오의 후보 프로젝트들도 다속성 그리고 다기간으로 파악되어야 한다.

본 모형의 주요 가정을 정리하면 다음과 같다.

1. 개별 프로젝트들마다 하나 이상의 실행 대안이 존재한다.
2. 개별 프로젝트들은 다수의 속성을 지닌다. 동일 프로젝트에서 어떤 실행 대안이 선택된다 하더라도 속성의 종류는 동일하다.
3. 프로젝트 실행 대안의 속성값들은 분석 기간별로 세분화될 수 있으며 사전에 알려져 있고 확정적이다.
4. 포트폴리오의 기간 t 에서의 p 번째 속성값은 선정된 프로젝트 대안들의 기간 t 에서의 p 번째 속성값들의 합이다.
5. 프로젝트가 일단 시작되면 실행 대안을 중도에 변경시킬 수 없다.

1. 수리 모형

문제의 수리 모형은 다음과 같다.

$$\max \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{|M(i)|} a_{ijpt} \times x_{ij}, \quad \forall pt \quad (1)$$

$$\min \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{|M(i)|} b_{ijnt} \times x_{ij}, \quad \forall nt \quad (2)$$

st

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i\text{번째 프로젝트의 } j\text{번째 실행대안이 선정} \\ 0, & \text{기타의 경우} \end{cases} \quad \forall ij \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{|M(i)|} x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \quad (4)$$

$$\sum_{i \in ME_k} \sum_{j=1}^{|M(j)|} x_{ij} = N_k, \quad \forall k \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{|M(i)|} a_{ijpt} \times x_{ij} \geq LB(a_{pt}), \quad \forall pt \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{|M(i)|} b_{ijnt} \times x_{ij} \geq UB(b_{pt}), \quad \forall pt \quad (7)$$

여기서 I 는 프로젝트의 수를 나타내는 상수이고, i 는 프로젝트의 인덱스로서 1부터 I 까지의 값을 지닌다. j 는 해당 프로젝트의 j 번째 실행 대안을 나타내는 인덱스이며 $|M(i)|$ 은 프로젝트 i 의 실행 대안의 수를 나타내어 프로젝트 i 의 경우 j 는 1부터 $|M(i)|$ 까지의 값을 갖게 된다. p 는 긍정적 속성을, n 은 부정적 속성을, t 는 해당 기간을 나타내는 인덱스이고, a_{ijpt} 는 프로젝트 i 가 대안 j 로 실행되는 경우 기간 t 에서 발생시키는 p 번째 긍정적 속성의 값이며, b_{ijnt} 는 n 번째 부정적 속성의 값이다. 본 수식에서는 프로젝트들이 P 개의 긍정적인 속성과 N 개의 부정적인 속성을 가지고 있으며 분석기간은 T 라고 가정한다. 수식의 변수는 x_{ij} 로서, 프로젝트 i 가 대안 j 로 포트폴리오에 포함되면 1의 값을, 아니면 0의 값을 지닌다.

목적식 (1)과 (2)는 수식의 목적이 프로젝트 포트폴리오에서 분석 기간별 긍정적인 속성의 합을 최대화하고, 부정적인 속성의 합을 최소화함을 보여주고 있으며, 제약조건식 (3)은 변수 x_{ij} 가 0-1 변수임을 나타내고 있고, 제약조건식 (4)는 각 프로젝트별로 선정되는 대안의 수는 하나 이상일 수 없으며, 경우에 따라서는 하나도 선정되지 않을 수 있음을 나타낸다. 상호 배타적인 프로젝트들에 관한 제약조건식은 (5)에 정리되어 있다. k 는 상호 배타적인 프로젝트 집합에 관한 인덱스이며, ME_k 는 k 번째 상호 배타적인 프로젝트 집합을, N_k 는 k 번째 상호 배타적인 프로젝트 집합에서 선정되어야 하는 프로젝트의 수를 나타낸다.

$LB(a_{pt})$ 는 기간 t 에 p 번째 긍정적 속성에 대해 포트폴리오가 성취해야할 최소값을 나타내며, $UB(b_{pt})$ 는 포트폴리오가 감당할 수 있는 부정적 속성 합계의 최대값을 나타낸다. 그러므로 제약조건식 (6)은 매기간 별, 긍정적 속성별로 포트폴리오는 미리 설정된 최소값 이상의 성과를 산출해야 한다는 것을, 제약조건식 (7)은 매기간 별, 부정적 속성별로 포트폴리오의 부정적 효과는 미리 설정된 최대값을 초과해서는 안된다는 것을 의미한다.

2. 수정 모형 및 알고리즘

본 모형은 크게 두 가지 특징이 있다.

첫 번째 특징은 이 문제가 전형적인 다목적 의사결정모형으로서, 단일 최적가능해(Optimal Feasible Solution)는 존재하지 않으며, 다수의 비열등해(Non-dominated Solution)들이 존재한다는 것이다. 의사결정자는 다수의 비열등해 중에서 자신이 원하는 비열등해를 찾아야 하는데, 문제는 비열등해의 수가 경우에 따라서는 매우 많아 이들을 하나씩 검토한다는 것이 원천적으로 불가능할 수 있다. 이 문제에 대한 해결 방법으로는 의사결정자가 어떤 방식으로 주어진 포트폴리오를 분석한 후 의사결정자의 만족할만한 새로운 포트폴리오를 탐색하는 다단계 접근 방식을 들 수 있다.

모형의 두 번째 특징은 평가가 다원적이라는 점이다. 목적식 (1)과 (2)는 속성별, 기간별 평가를 의미한다. 대부분의 의사결정을 보면 세분화된 평가 항목도 최종적으로는 합산되기 마련이다.

본고에서는 이 두 가지 특성을 반영하기 위해 다단계 접근 방식을 택하되 각 단계에서 풀어야 할 하위 문제를 다음과 같이 모형화하였다.

2.1 하위 문제의 수리 모형

$$\max \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{|M(i)|} (w_{ijpt}^r \times a_{ijpt} - w_{ijnt}^r \times b_{ijnt}) \times x_{ij} \quad (8)$$

st

(3), (4), (5)

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{|M(i)|} a_{ijpt} \times x_{ij} \geq LB(a_{pt})^r, \quad \forall pt \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{|M(i)|} b_{ijnt} \times x_{ij} \geq UB(b_{pt})^r, \quad \forall pt \quad (10)$$

본고는 다단계 접근방식을 제안하였는데, 반복 횟수를 나타내는 인덱스로 r 을 사용한다. 목적식 (8)에서 w_{ijpt}^r 와 w_{ijnt}^r 는 r 번째 반복에서 의사결정자가 부여한 기간 t 에서 p 번째 긍정적 속성에 대한 가중치와 n 번째 부정적 속성에 대한 가중치를 의미하며, w_{ijpt}^r 와 w_{ijnt}^r 는 모두 비음의 값을 갖게 된다. 목적식 (8)은 의사결정자가 부여한 속성 가중치에 의한 포트폴리오 총점이라 할 수 있다. 제약조건식 (9)와 (10)에 제시된 $LB(a_{pt})^r$ 와 $UB(b_{pt})^r$ 는 r 번째 반복에서 의사결정자가 부여한 $LB(a_{pt})$ 와 $UB(b_{pt})$ 이다.

2.2 다단계 접근 방식의 개요

하위 문제를 현재 r 번째 반복하고 있다고 가정하자.

Step 1. $r = 1$ 이라면 의사결정자가 w_{ijpt}^r , w_{ijnt}^r , $LB(a_{pt})^r$ 및 $UB(b_{pt})^r$ 값을 지정한 후 Goto Step 2로 간다.

Step 2. 주어진 w_{ijpt}^r , w_{ijnt}^r , $LB(a_{pt})^r$ 및 $UB(b_{pt})^r$ 을 사용하여 하위 문제의 최적해를 찾으려 시도한다.

만약 최적해가 존재하면 Step 3로 간다.

그렇지 않으면 Step 5로 간다.

Step 3. 최적해에 만족하면 마지막으로 탐색한 포트폴리오를 택하고 반복을 종료한다.

이번에 탐색한 최적해에 만족하지 않으면 r 의 값을 하나 증가시키고 Step 4로 간다.

Step 4. (최적해에 만족하지 못한 경우) r 의 값을 하나 증가시킨다.

4.1 포트폴리오의 속성, 기간별 최저 기준 성과에 만족하지 못한 경우라면 $r-1$ 의 경우보다 현재의 $LB(a_{pt})$ 및 $UB(b_{pt})$ 의 값을 강화시킨다. 여기서 강화란 $LB(a_{pt})^r$ 는 값을 올리고, $UB(b_{pt})^r$ 는 값을 내리는 것을 의미한다. Step 2로 간다.

4.2 포트폴리오의 속성, 기간별 최저 기준 성과에는 만족하지만 포트폴리오 속성 합계에 만족하지 못한 경우라면 w_{ijpt}^r , w_{ijnt}^r 의 값을 조정한다. Step 2로 간다.

Step 5. r 의 값을 하나 증가시킨다. 최적해가 존재하지 않는다는 것은 주어진 $LB(a_{pt})^r$ 및 $UB(b_{pt})^r$ 을 만족시키는 포트폴리오가 존재하지 않는다는 것을 의미한다. 실행가능한 포트폴리오가 존재하는가의 이슈는 목적함수에 포함된 w_{ijpt}^r 및 w_{ijnt}^r 와는 무관하므로 실행가능한 포트폴리오를 확보하기 위해서는 속성, 기간별 최저 기준 성과를 완화한 후 Step 2로 간다.

2.3 하위문제의 알고리즘 개요

하위 문제의 최적해를 찾는 기법으로는 전체 열거법(Total Enumeration)을 생각할 수 있다. 전체 열거법이란 가능한 모든 해를 체계적으로 나열하여 탐색

하는 기법으로, 본 연구에서는 각 프로젝트별로 미선정부터 해당 프로젝트의 마지막 실행 대안까지의 모든 경우를 다 조사하는 것을 의미한다. 아래의 표는 3개의 프로젝트를 대상으로 하여 모든 경우의 수를 예시한 것으로 각 프로젝트마다 2개씩의 실행 대안이 있다고 가정한다.

<표 1> 전체 열거법의 예

탐색순서	Project 1 (2)	Project 2 (2)	Project 3 (2)
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	0	2
4	0	1	0
5	0	1	1
6	0	1	2
7	0	2	0
8	0	2	1
9	0	2	2
10	1	1	0
...
25	2	2	0
26	2	2	1
27	2	2	2

표에서 첫 번째 열은 탐색 순서를 의미하며, 두 번째 열의 경우 0이면 프로젝트 1이 선정되지 않았음을, 1이면 첫 번째 대안이, 2이면 두 번째 대안이 선택되었음을 의미한다. 첫 번째 조합에서는 3개의 프로젝트 모두 미선정 상태이며, 27번째인 마지막 조합에서는 모두 마지막 대안들로 모든 프로젝트들이 포트폴리오에 포함된다. 예를 들어 조합에서 3번째 프로젝트의 값이 0이면 x_{3j} 는 모두 0이 되고, 3번째 프로젝트의 값이 2이면 $x_{32} = 1$ 이고 나머지 $x_{3j}=0$ 임을 의미한다. 그러므로 조합만 결정되면 목적함수의 값을 구하거나 제약조건식의 준수 여부를 점검하는 것은 단순 연산에 불과하므로 설명을 생략한다.

전체 열거법을 사용한다고 해서 항상 모든 경우의 수를 명시적으로 열거(Explicit Enumeration)하는 것은 아니다. 조합의 생성에 규칙성이 있으므로 몇 개의 간단한 개선 규칙만을 도입하여도 전체적인 연산 시간은 획기적으로 감소

될 수 있다. 설명의 중복을 피하기 위해 현재 후보 프로젝트의 수는 총 8개이며, 조합은 <표 1>에서 제시된 프로젝트의 배정값만을 기록한다. 예를 들어 (1, 0, 3, ...)는 첫 번째 프로젝트는 대안 1로 배정, 두 번째 프로젝트는 미선택, 세 번째 프로젝트는 대안 3으로 배정되었음을 의미한다.

2.3.1 개선규칙 1

현재 검토 중인 조합이 (1, 0, 3, 2, 0, 0, 0, 0)이라고 하자. 첫 번째 프로젝트부터 4번째 프로젝트까지의 실행 대안별 속성들의 값을 반영한 결과 기간별 부정적 속성값들의 상한값을 하나라도 초과하였다면 현 조합부터 (1, 0, 3, 2, 다섯 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안, 여섯 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안, ..., 여덟 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안)까지는 모두 실행 불가능한 포트폴리오이므로 검토할 필요가 없다.

첫 번째 개선규칙은 각 프로젝트들의 대안별, 기간별 부정적 속성값이 모두 비음이라는 특성에 기인한다. 4개의 프로젝트 대안들로 구성된 부분 조합에서 이미 어떤 부정적 속성의 값이 전체 허용된 상한값을 초과하였다면 아직 반영하지 않은 나머지 조합들의 부정적 속성값을 반영하더라도 이미 초과된 상한값이 감소할 수 없기 때문이다.

2.3.2 개선규칙 2

현재 검토 중인 조합이 (1, 0, 3, 2, 0, 0, 0, 0)이라고 하자. 기간 t 에 p 번째 긍정적 속성을 고려하자. 첫 번째 프로젝트부터 4번째 프로젝트까지의 실행 대안별 t 기간에서 p 번째 긍정적 속성들의 값을 반영한 값을 V_1 이라고 하자. 5번째 프로젝트 대안들의 기간 t 의 p 번째 긍정적 속성 중 최대값을 V_1 에 더하고 다시 6번째 프로젝트 대안들의 기간 t 의 p 번째 긍정적 속성 중 최대값을 V_1 에 더한다고 하자. 프로젝트 7과 8에도 같은 방식을 적용하였다고 하자. 만약 V_1 값이 $LB(a_{pt})^r$ 보다 작다면, 현 조합부터 (1, 0, 3, 2, 다섯 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안, ..., 여덟 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안)까지는 모두 실행 불가능한 포트폴리오이므로 검토할 필요가 없다.

두 번째 개선규칙은 각 프로젝트들의 대안별, 기간별 속성값이 모두 비음이라는 특성에 기인한다. 4개의 프로젝트 대안들로 구성된 부분 조합에서의 확정된 긍정 속성값의 합계에 아직 확정되지 않은 부분 조합에서의 긍정 속성값의 최

대값을 더하여도 포트폴리오 차원의 최소 기준값(하한값)에 이르지 못한다면 1번부터 4번까지의 배정이 변경되지 않는 한 실행 가능한 포트폴리오는 구성될 수 없다는 것이다.

2.3.3 개선규칙 3

현재 검토 중인 조합이 (1, 0, 3, 2, 0, 0, 0, 0)이라고 하자. 4번째 프로젝트의 2번째 실행대안보다 미선정 상태인 2번째 프로젝트의 어떤 실행 대안이 우월하다고 하자. (여기서 우월하다는 것은 각 기간별 긍정적 속성별로 값이 작지 않고 각 기간별 부정적 속성별로 값이 크지 않다는 것을 의미한다.) 이 경우, 현 조합부터 (1, 0, 3, 2, 다섯 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안, ..., 여덟 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안)까지는 검토할 필요가 없다.

4번째 프로젝트를 미선정 상태로 두고 2번째 프로젝트의 우월한 대안을 선정하면 포트폴리오가 개선되거나 최소한 나빠지지는 않으므로 현재의 1번부터 4번 프로젝트들의 대안 배정은 고려할 필요가 없다. (최소한 나빠지지 않는 경우는 복수의 최적 포트폴리오가 존재하는 경우이다.)

2.3.4 개선규칙 4

현재 검토 중인 조합이 (1, 0, 3, 2, 0, 0, 0, 0)이라고 하자. 4번째 프로젝트의 배정을 검토한 결과 상호 배타적인 프로젝트 집합에서 선정되어야 하는 프로젝트의 수를 초과하였거나 또는 5번째 프로젝트들까지 모두 고려하여도 선정되어야 할 프로젝트의 수를 충족시킬 수 없다면 현 조합부터 (1, 0, 3, 2, 다섯 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안, ..., 여덟 번째 프로젝트의 마지막 실행 대안)까지는 검토할 필요가 없다.

이 규칙은 자명하다.

비교적 단순한 규칙을 적용하여도 전체 열거법의 연산 시간은 급격히 감소하는 경향이 있다. 배정 문제의 특성상 후보 프로젝트의 수가 증가하면 아무리 많은 개선규칙을 적용한다고 해도 연산 시간은 매우 빠른 속도로 증가하기 마련이다. 그러므로 작은 크기의 문제에서만 최적화 기법이 사용될 수 있으며 크기가 큰 문제에서는 필연적으로 휴리스틱 기법을 사용할 수밖에 없다.

IV. 결 론

본고에서는 R&D 프로젝트 포트폴리오 선정 문제를 다루었는데, 이미 알려져 있는 모형의 해법을 개선하는 것이 아니라 종래에 미처 고려하지 않았던 프로젝트들의 대안, 포트폴리오의 기간별, 속성별 평가를 모형에 반영시켰다.

단일 프로젝트를 선정함에 있어서도 속성들을 기간 별로 평가한다. 투입되는 비용이 어느 한 순간에 집중되어 있으면 프로젝트 수행 주체의 리스크가 높아져 NPV가 높아도 포기하는 경우가 있다. 단일 프로젝트 선정에서도 기간별 속성을 고려해야 한다면 R&D 프로젝트 포트폴리오의 구성 문제에서도 당연히 포트폴리오의 기간별 속성들을 고려해야 한다. 유감스럽게도 R&D 프로젝트 포트폴리오를 구성할 때 기간별 속성들은 흔히 무시되어 왔다. 그 결과 좋은 프로젝트들의 집합이 바로 좋은 포트폴리오라는 관념이 지배적이었으며, 포트폴리오의 기간별 예산 등이 문제가 되는 경우에는 이미 선정된 프로젝트들을 조정하여 예산과 같이 기간별로 관리되어야 할 속성들을 통제해왔다.

본고에서는 프로젝트들의 대안을 대상으로 하고 포트폴리오의 총체적 또는 기간별 속성들을 평가항목으로 하여 최적의 포트폴리오를 탐색하는 다단계 접근 방식을 제안하고 구체적인 알고리즘을 제시함으로써 포트폴리오 구성 책임자들이 실무에 적용할 수 있는 논리적 근거와 구체적인 방법을 제공하였다.

참고문헌

1. Edelmet, L. S., "GE's R&D Strategy: Be Vital", Vol. 41, No. 2, 3-41, 1998.
2. Frantz, G. A., "From Risky Business to Big Business", Vol.41, No.4, 7-8, 1998.
3. Ghasemzadeh, F, "Project Portfolio Selection through Decision Support", *Decission Support System*, 2000.
4. Gupta, A. K. and Souder, W. E., "Key Drivers of Reduced Cycle Time", Vol. 41, No. 4, July-August, 1998.
5. Islei, G., "A Decission Support System using judgemental Modeling : A Case of R&D in the Pharm Industry", *IEEE Transactional on Engineering Management*, 1991.
6. McQueeney, D.J., "IBM's Evolving Research Strategy", Vol. 46, No. 4, 7-8, 2003.
7. Ringuest, J. L., "Conditional Stochastic Dominance in R&D Portfolio Selection", *IEEE Transaction on Engineering Management*, Vol. 47, 2000.
8. Stewart, T. J., "A Multi-Criteria Decision Support System for R&D Project Selection", *Journal of the Operational Research Society*, 1991.
9. Stummer, C., "Interactive R&D Portfolio Selection Considering Multiple Objective, Project Interdependencies, and Time: A Three-Phase Approach", *Management of Engineering and Technology*, 2001.

Abstract

A Study of R&D Portfolio Model Expansion for Improving Practical Application

Ahn, Tae-ho

The concept of portfolio is rarely understood and used in R&D management field. The conventional management technique in selecting R&D projects is scoring each projects and choosing projects based on the scores which are determined during evaluation. As a collection of good stocks is not necessarily a good stock portfolio, a collection of good R&D projects is not always a good R&D project portfolio. In this paper, framework and practical technique for constructing a R&D project portfolio are introduced. This technique can be easily applied in private and public R&D institutes.