

연구개발 평가를 위한 ANP(Alytic Network Process) 모형

이영찬* 정민용**

* 건국대학교 산업공학과 박사과정

** 건국대학교 산업공학과

Abstract

Technology Management and R&D(Research and Development) have been one of the most difficult divisions for measurement and evaluation. In spite of these difficulties, the concern and importance of R&D has been dramatically increased. However, it is actually very difficult to manage more efficiently and effectively than any other departments of production, finance, marketing and so on.

As criticizing the shortcomings of the traditional evaluation system in making decisions for corporate management which has only been focused on financial indices, so Kaplan & Norton has suggested the Balanced Scorecard (BSC) which can be managed Critical Success Factors(CSF) in accordance with corporate's strategy.

The Analytic Network Process(ANP), though based on the Analytic Hierarchy Process, allows the decision makers to leap beyond the traditional hierarchy to the interdependent environment of network modeling.

Basing on BSC, this study has developed the evaluation system for R&D which has used ANP transforming quantitative and qualitative indices to the quantifying scales in evaluating R&D.

1. 서론

Schumpeter는 기술혁신을 “기업가 정신이 왕성한 혁신적 기업가가 생산과정에서 수행하는 새로운 결합”으로 정의하고 있다. 새로운 결합의 내용에는 새로운 생산방식의 도입, 신제품의 개발, 새로운 자원의 획득, 새로운 시장의 개척, 새로운 경영조직의 형성 등을 포함하고 있다. 즉 목적에 부합하는 필요기술을 확보하기 위한 체계적인 노력의 전 과정을 연구개발(Research and Development : R&D)로 정의할 수 있다.

R&D활동의 성과를 측정하고 평가하는 작업이 중요함에도 불구하고 기술경영 및 관리에서 가장 어려운 부분이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 어려움에도 불구하고 어떤 형태로든지 R&D활동을 평가하고자 하는 요청은 최근 들어 급격히 증가하고 있는 추세이다.

연구자 중에서 Kaplan & Norton은 재무지표에만 초점을 맞춘 전통적인 성과평가시스템의 단점을 비판하고, 기업의 성과를 균형적인 차원에서 기업의 전략과 일치하는 핵심성과지표를 이용하여 측정할 수 있는 균형성과표(Balanced Scorecard : BSC)를 제안하였다. 본 연구에서는 BSC의 기본 틀을 사용하여 R&D활동에서 중요한 변수들을 추출하고 이들에 대하여 우선순위를 부여하였다.

일반적으로 의사결정을 위한 기법들은 시스템적이고 체계적인 접근방법이 되어야 한다. AHP(Analytic Hierarchy Process)의單방향을

가진 의사결정의 한계점을 극복할 수 있는 네트워크의 상호작용을 덧붙인 ANP(Analytic Network Process)의 의사결정 기법을 활용하기로 한다. 따라서 본 연구에서는 R&D 부문에 적용된 BSC[5]를 근거로, 연구개발 평가에 있어서 나타나는 정성적·정량적 지표를 계량화하기 위한 방법으로 AHP와 비교할 수 있는 ANP를 사용하였다.

2. 연구개발 성과평가

토지, 자본, 노동 등 기업의 내적 경영자원에 초점을 맞추어 온 기존의 경영이론으로는 환경변화에 적절하게 대응할 수 있는 기업경영에 대한 이해기반을 제공할 수 없게 되었다.[3]

우리가 살고 있는 이 세계는 상호 작용하는 요소들로 복잡하게 구성되어 있는 하나의 거대한 시스템으로 볼 수 있다. 예를 들어 다수의 참가자가 있는 가위바위보 게임에서는, 변수가 세 가지 밖에 안되지만 서로간의 변수에 따라 승부가 결정되고, 결과에 승복을 해야하는 상호간의 관계에 의존하는 네트워크 게임이다. 이와 같이 네트워크에서는 최초의 원인과 그로 인해 발생되는 최종 효과간의 연관성이 쉽게 식별되지 않는다. 이러한 연관관계를 이해하면서 디지털 경제, 경영 환경에 직면해 있는 기업들은 보다 정확한 의사결정을 내리기 위한 다양한 의사결정 기법들을 개발하여 사용하고 있지만 중대한 문제를 쉽게 해결할 수 있는 수준까지는 아직 이르지 못하고 있다.

이러한 네트워크 시스템은 기업에 새로운 대응방안을 요구하고 있다. 복잡한 사회, 경제 및 경영 문제를 다루기 위해서는 대안(변수)간에 우선순위를 부여하는 방안을 고려해 보는 것이 하나의 방안이 될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 어떤 하나의 목적이 다른 목적보다 더 중요하다는 사실에 동의할 필요가 있고, 또한 이를 위해서는 대안간에 상충관계(trade off)를 고려할 필요가 있다.

경영 환경의 변화와 지식경영의 확산에 따라 기업은 장기적인 생존과 성장의 밑거름이 되는 무형자산, 지식자산의 측정과 관리, 창출에 많은 관심을 기울이게 되었다. 이를 위해 조직이 보유한 각종 특허, 유·무형의 기술, 지식 그리고 경험 및 노하우를 총체적·기능적으로 통합하고 조직의 자원, 하부구조 그리고 조직활동의 유기적 상호작용을 지원함으로써 조직전체의 발전과 경영성과를 극대화하기 위한 다양

한 전략을 추진하고 있다. 특히, 무에서 유를 창조하는 조직의 R&D 부문에 많은 인력과 자금을 투입하여 효과적인 기술경영전략을 추진하기 위한 다양한 활동을 모색하고 있다.

R&D 평가는 연구개발활동의 적합성, 효율성, 효과성을 판단하기 위해 평가대상(개인, 프로젝트, 혹은 조직 등)을 객관적으로 검토하고 평가하는 과정이다. 여기서 적합성이란 연구개발 성과가 기업의 기술정책과 기업의 연구개발전략 및 시장/사회의 요구에 얼마나 적합한지를 말하며, 효율성(efficiency)은 주어진 투입자원으로 얼마나 많은 연구성과물을 창출하였는지 혹은 설정된 목표달성을 위해 투입자원을 얼마나 절약할 수 있었는지를 측정하는 것이다. 반면에 효과성(effectiveness)은 투입자원보다는 연구개발 성과가 실제로 처음에 설정된 목표를 얼마나 달성하였는지 여부를 말한다.

R&D 평가는 연구개발조직에서 수행되는 많은 경영 기능들이 복합적으로 연계되어 있다. 조직은 목표를 설정하고 이 목표를 달성하기 위한 전략을 세우고 실행한다. 전략이 실행되면 경영자는 평가를 통해 목표가 달성되었는지를 평가하게 된다. 평가는 목표가 달성되었는지를 확인하고 만약 그렇지 못하다면 목표를 다시 설정하거나 전략을 수정하는 정보의 피드백 기능을 가진다[4].

따라서 평가의 효율성은 평가결과 피드백 되는 정보의 가치와 직접적으로 연결된다. 중요하고 정확한 평가자료는 R&D 시스템을 발전시키는데 결정적 역할을 하지만 정확성이 떨어지고 신뢰성이 없는 평가결과는 시스템의 개선에 도움이 되지 않으며 오히려 엉뚱한 방향으로 이끌 수도 있다. 따라서 R&D 성과에 대한 평가의 일차적인 목적은 평가대상에 대한 타당성 있고 신뢰할 수 있는 평가결과를 제공하는 것이다.[6]

성과평가의 목적에 대해서는 크게 두 가지로 구분할 수 있으며 목적에 따라 적절한 측정 방법을 사용하여야 한다. 우선, 평가는 조직구성원에게 동기를 부여하기 위해 사용될 수 있다. 구성원 각자의 성과에 대한 평가결과를 적절한 보상 혹은 패널티와 함께 피드백 함으로써 앞으로의 활동을 긍정적인 방향으로 변화시킬 수 있는 동기를 부여하게 될 것이다.

또 다른 평가의 목적은 조직의 활동에 대한 진단기능이다. 조직진단을 위한 평가는 조직에 변화가 있거나 문제가 발생할 소지가 있을 때

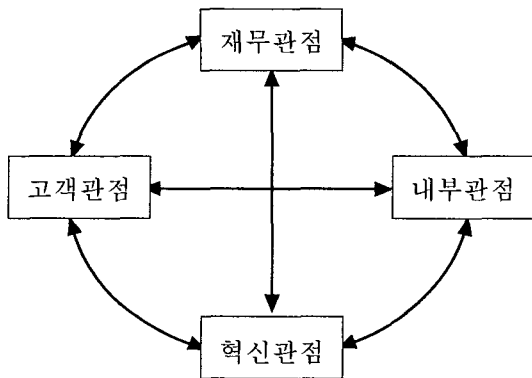
수행된다. 이러한 목적의 평가는 프로젝트 진도 관리, 사후 평가, 조직의 평가 등이 있다.

연구원의 동기부여를 위한 평가는 개인 혹은 집단에 의해 통제될 수 있는 요인들만을 측정하면 되지만 조직진단을 위한 평가에는 인력, 기술 및 환경 등의 복합적인 효과를 측정하여야 한다. 그리고 동기부여를 위한 평가에서는 인센티브나 보상이 피평가자 혹은 집단의 중요한 연구활동에 대한 평가와 직접적으로 연계되어야 한다. 이것은 대체로 연구원들이 평가대상이 되는 업무에 더욱 많은 노력을 기울이는 반면 평가대상이 아닌 업무에는 상대적으로 소홀히 하는 경향이 있기 때문이다.

평가의 목적은 학자에 따라 언제, 어디서 어떻게 무슨 자료를 수집하고 분석하며 보고하는지에 따라 구분되기도 한다. 즉, 자료의 수집, 분석, 보고방법이 평가목적에 따라 달라질 수 있으므로 평가계획과 절차가 수립되기 전에 평가의 목적이 먼저 분명히 설정되어야 한다. 명확하게 목적이 설정된 후, 보다 효과적으로 기업환경과 기술의 발달에 따른 환경변화에 대응하는 평가지표를 개발하기 위해 노력해야 한다.[13]

3 BSC와 ANP

최근에 R&D 성과평가 분야에서 나타나는 또 한가지 특성은 연구개발 부문에 국한하지 않고 기업 전체차원의 다차원적인 성과평가에 관심을 가지고 있다는 것이다. 기존에는 기업성과를 측정할 때, 재무적 성과에 국한하는 경향이 있었으나, 최근에 지식자산, 무형자산의 측정과 평가 과정에서 나타나고 있는 각 부문과의 인과관계를 파악하려는 노력이 나타나고 있다.



지식자산과 무형자산의 가치를 평가하기 위한 한 가지 방법으로 Kaplan과 Norton이 제안한 BSC(Balanced Scorecard)가 있다[12].

기업의 경영활동은 인과관계의 연속적인 고리를 풀어나가는 과정이다. 즉, 조직은 주어진 내·외적 환경 조건들 하에서, 경영성과를 극대화하기 위한 전략을 수립하고, 그에 맞는 세부 실행 계획을 세운다. 그러나 대부분의 기업들이 갖고 있는 문제는 이의 달성 여부를 1년 뒤의 회계장부에서만 찾으려고 한다는 것이다. 그러나 조직을 둘러싸고 있는 경영환경은 너무나 복잡하고, 기업의 가치를 창출해 내는 원천은 너무나 다양하여, 단순히 재무제표에서만 기업활동의 결과를 찾는 것은 위험한 일이며, 경영활동에 치명적인 결과를 초래할 수 있다.[9] 성과평가는 과거에 수행한 활동 결과에 대한 측정일 뿐만이 아니라, 미래에 달성하고자 하는 성과에 대한 예측이기도하다. 기업의 최고경영자들은 단기적으로 나타나는 재무적 경영 성과뿐만이 아니라, 장기적 비전과 전략의 달성 여부를 알고 싶어한다. 따라서 이러한 기본적인 요구사항을 충족시켜 줄 수 있는 체계화된 성과측정 방법이 분명히 필요하며, 이에 대한 해답으로서 BSC에 대한 중요성이 부각되고 있는 것이다.

BSC에서 말하는 균형이란, 재무성과평가 중심에서 재무/비재무 성과를 모두 고려하는 것이며, 단기 중심적인 성과관리에서 장·단기 성과관리를 동시에 관리하는 것이다. 그리고 결과 중심의 성과평가로부터 성과를 발생시키는 원인에 대한 근본적인 관리를 하는 것을 의미한다. 재무적 관점, 고객관점, 내부 프로세스 관점, 학습과 성장관점 등 다양한 관점을 통해 기업 성과평가 기준을 균형 있게 조절한다.

단기간의 재무성과를 달성하고 유지하는 데 지나치게 집중함으로써, 단기간의 문제해결에 과도한 투자를 하게 되고, 장기적인 가치창조와 미래의 성장을 위한 무형 및 지적자산에는 과소한 투자를 하게 될 것이라는 점이다. 특히, 기업에 있어서 R&D 부문의 역할은 기업이 장기적으로 경쟁에서 생존할 수 있고, 지속 가능한 경쟁우위를 유지할 수 있게 해주는 기업성장의 원동력 역할을 수행한다고 할 수 있다. R&D 부문에 대한 투자는 기업의 여타 다른 부문과는 달리 투입에 대한 산출이 명료하게 나타나거나, 즉각적으로 나타나지 않는 특징을 가지고 있다.

R&D는 조직에서 보유하고 있는 각종 지식을 기업이 필요로 하는 제품과 공정, 경영혁신 기법 등과 같은 유형/무형의 결과로 변환시켜주는 역할을 담당한다. 또한, R&D 부문은 기업의 다른 부문과는 다른 특성을 가지고 있으므로, 이러한 조직의 성과를 평가하는데 있어서는, 기존의 성과평가 시스템으로는 많은 문제점을 야기시킬 수 있다. R&D는 조직의 특성상 지속적인 학습과 성장을 위한 노력이 요구되는데, 기존의 재무 측정지표 위주의 평가체계로는 R&D 수행을 위해 핵심적 역할을 담당하는 학습과 성장을 위한 지속적인 투자와 노력을 방해할 수 있다.

지금까지 R&D 부문은 조직의 성장과 발전을 위한 매우 중요한 역할을 수행해 왔으나, 그 과정의 관리, 통제에 어려움과 나타나는 성과를 정확히 측정할 수 없다는 이유로 정당한 평가를 받지 못한 것이 현실이다. 그러나, 기업의 성장을 위한 원동력이 되며, 기업경영에 있어 무형자산, 기술자산의 가치가 증대되고 있는 상황에서 각종 무형자산을 만들어내는 산실인 R&D 부문의 정확한 성과를 측정하는 것이 기업경영에서 무엇보다 중요한 일로 대두되게 되었다. 이러한 상황에서, R&D 부문에 적합한 새로운 통합적 관점의 연구개발 성과평가 체계가 필요하다.

관점을 설정하는데 일반적인 기업조직과는 달리 연구개발 조직을 대상으로 하고 있다는 점을 고려하여 관점이 설정되어야 한다. 조직의 특성과 목표, 중점분야에 따라서 표현방법이 다를 수 있다는 점을 고려하여 R&D 성과평가 시스템을 설정해야 할 것이다.

지금까지 수행되어온 많은 선행연구의 분석 결과를 고려하여, 본 연구에서는 Kaplan과 Norton이 제시하는 4가지 관점인, 재무 관점, 고객 관점, 내부프로세스 관점, 혁신·학습관점을 사용하도록 하였다. 조직의 성과평가를 위해서는 각 조직마다의 특성과 상황에 따라 다를 수 있겠지만, 4가지 관점으로도 연구개발 수행과 관리를 위한 다양한 측면을 잘 나타내 줄 수 있기 때문이다.

선정한 4가지 관점을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 재무 관점은 어느 조직에서나 필수적인 관점이다. 재무 측정결과는 이미 취해진 행동에 대해 비교적 손쉽게 측정할 수 있는 경제

적인 결과로 나타난다. 재무 관점의 지표들로는 생존(R&D 성과의 현재가치/R&D 투자액), 성공(신제품 매출 비율), 성장(R&D로 얻게 된 시장 점유율) 등과 같은 지표들이 주로 사용된다.

둘째, 오늘날 대다수 기업들은 고객에 초점을 맞춘 고객중심 경영을 추구하고 있다. 고객 관점에서 주로 사용되는 지표로는 고객만족(고객만족도), 내·외부 고객들의 요구 충족(고객의 제안으로 시작한 프로젝트의 비율), 생산가능성 제고를 위한 설계(엔지니어링 시간/엔지니어링 시간 + 문제해결시간), 프로젝트 사업화율 등이 있다.

셋째, 내부프로세스 관점은 R&D 활동의 효율성과 효과성을 종합적으로 고려한 연구개발 생산성향상을 위한 핵심적인 과정을 말한다. 내부 프로세스 관점에서 사용되는 측정지표로는 생산성(프로젝트 투입시간/총 R&D 투입시간), 출시속도(현재의 출시속도 / 목표 출시 속도), 기술설계의 재할용, 프로젝트 기간의 신뢰성, 산출물의 질(제작업시간 / 횟수) 등과 같은 지표들이 있다.

넷째, 학습 및 성장관점은 재무, 고객, 내부 프로세스 관점에서 수립된 목표를 달성하기 위한 하부구조를 의미한다. 학습 및 성장관점에서 사용되는 주요 지표들을 살펴보면, 기술리더십, 장기적 시각, 기술획득능력, 학습조직 등과 같은 지표들이 있다.

3.1 AHP (Analytic Hierarchy Process)

AHP는 1970년대 초 T. L. Saaty에 의해 개발되었으며 많은 이론 및 응용연구가 진행되고 있다[14]. AHP는 개인적인 의사결정에서 복잡한 의사결정까지 다양한 다기준 의사결정에서 사용하는 기법이다. AHP는 개념적으로 쉽게 이용할 수 있어야 하며(단순성), 복잡한 의사결정 문제를 다룰 수 있을 정도의 강건성을 가지고 있어야 한다(복잡성).

다른 의사결정기법이 적용될 수 없거나 상당히 어려운 환경에서 AHP를 이용하여 문제를 해결할 수 있다면 AHP의 이용가치는 충분할 것이다. AHP가 다른 의사결정 기법에 비해 지니고 있는 장점은 다음과 같다.

- ① 정량적인 정보뿐만 아니라, 정성적인 정보도 동시에 평가할 수 있다.
- ② 쌍대비교를 통해서 한 번에 둘씩 비교함으로써 평가를 쉽게 한다.
- ③ 구어적인 응답에 적절한 척도를 부여할 수 있기 때문에 실제로 적용하기에 용이하다.

- ④ 각 단계에서 언급된 선호만을 다루기 때문에 분석이 간단하다.
- ⑤ 평가자의 의견에 관한 일관성을 검증할 수 있는 방법이 있어서 평가의 불일치가 있을 경우에는 피드백을 하여 평가의 일관성을 유지할 수 있다.
- ⑥ 문제를 분해하여 평가하고, 이를 다시 종합하여 최종 결정을 내리는 AHP의 문제해결 구조가 인간의 논리적인 문제해결 구조와 유사함으로 현실에 실제로 적용하기가 용이하다.

3.2 ANP (Analytic Network Process)

요소들간에 상호작용과 종속성을 허용하면서도 간단한 방법으로 생각할 수 있게 해주는 상호작용과 종속성을 허용하면서도 간단한 방법으로 생각할 수 있게 해주는 다소 복잡하지만, 조직화되어 있는 틀 속에서 우리가 알고 있는 문제를 파악하는 것이 필요하다는 것이다.

대부분의 의사결정 문제는 구조상의 상위요소와 하위요소간에 상호작용과 종속성이 존재하기 때문에 단순히 계층적 구조만으로는 설명할 수 없는 경우가 있다. ANP는 AHP에 기초를 둔 시스템 분석, 통합 및 조정을 위한 방법으로 요소간의 비선형 관계를 모델화하는 복잡한 의사결정을 다룰 수 있다는 점이다. ANP는 내부·외부 종속관계와 피드백을 갖는 구조를 해결할 수 있는 AHP를 확장한 새로운 방식이며, 이를 해결하는 방법으로 초행렬(supermatrix)을 이용한다. 피드백을 고려하는 구조는 의사결정시 발생할 수 있는 상호작용의 복잡한 구조를 효과적으로 그려낼 수 있다는 점이다. 또한 ANP는 분석자가 원하는 방법으로 요소간의 군집들을 연결할 수 있는 전반적인 구조를 제공하며, 해당 구조를 바탕으로 각 군집간에 미치는 영향을 파악할 수 있는 비례척도를 이용함으로써 우선순위를 구할 수 있게 된다.

ANP는 AHP의 기법을 개선하고 있기 때문에 앞서 언급한 AHP의 장점을 지니고 있으며, AHP에서는 기준과 대안이 독립적인 경우만 다루었지만 종속적인 경우도 다룰 수 있다는 점이다. ANP의 장점 중에서 기준간의 상호종속성을 극복하기 위한 방법들을 살펴보자.

첫째, 계층적 구조라는 AHP의 장점을 살리기 위하여 기준에 대하여 대안을 평가하는 경우에 비례척도(ratio scale)를 사용하지 않고 구간척도(interval scale)를 사용하는 방법이 제안되고 있다.

둘째, AHP의 기본공리에 충실하게 독립적인 계층을 구성하는 방법이다. 가능한 종속적인 대안으로 판단되는 대안은 제거한 후에 의사결정을 유도하는 방법이다.

셋째, 본 연구에서 소개하는 ANP는 계층 내에 내부종속과 외부종속을 가정하고, 이를 초행렬로 표현하여 가중치를 구하는 방법이다. 초행렬을 무한대수하면 서로간의 종속성이 수렴하게 되어 종속성 자체를 인정한 가중치를 구할 수 있다[15].

다기준 의사결정에서는 단순히 계층일 경우만을 대상으로 하는 것이 아니라 네트워크 형태의 의사결정을 위한 계층구조도 해결할 수 있는 것이다.

의사결정 문제의 많은 경우를 ANP로서 해결할 수 있는 장점에도 불구하고, ANP가 언제나 AHP의 계층적 모델에 비하여 좋은 결과를 가져오는 것은 아니다. 그렇지만 계층을 적용하는 이유는 편리함이나 효율성만을 고려하는 것이 아니라 결과의 유효성이라는 측면까지도 고려하여 결정할 수 있다는 점이다.

3.3 연구수행

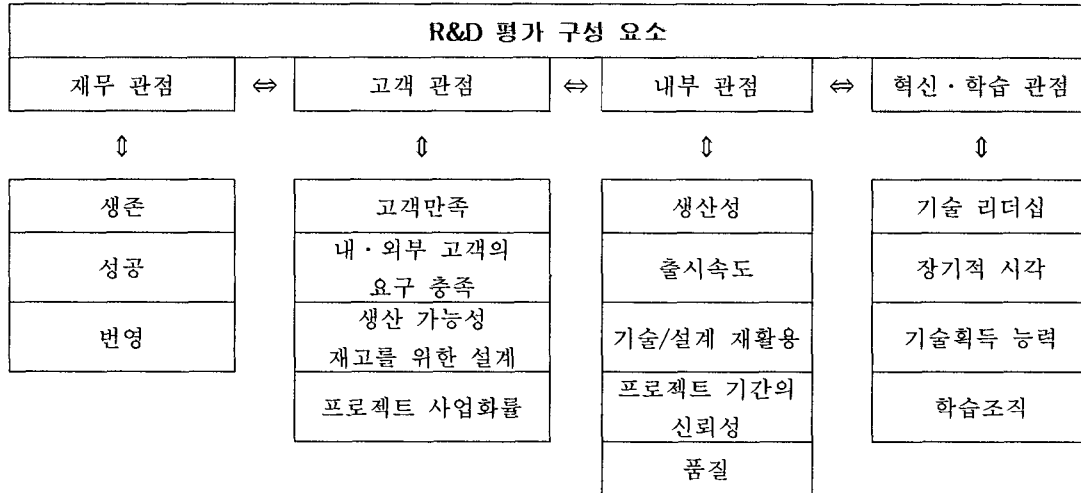
다기준 의사결정이란 상충되는 복수의 기준이 존재하는 상황에서의 의사결정을 말한다. 본 연구에서는 다기준 의사결정의 주요 결정 사항인 각 평가기준의 우선순위 선정을 위하여 ANP를 사용하였다.

각 평가요소간 우선순위를 결정하기 위하여 구성된 네트워크에 따라 먼저 기준집합간의 쌍대비교를 통하여 가중치를 결정한다. 성과평가를 목표로 가중치를 부여하였다.

<표 1> 기준집합 가중치 행렬

| 성과평가 | 1.재무 | 2.고객 | 3.내부 | 4.혁신 |
|------|------|------|------|------|
| 1.재무 | .534 | .601 | .050 | .059 |
| 2.고객 | .243 | .099 | .369 | .120 |
| 3.내부 | .142 | .061 | .262 | .266 |
| 4.혁신 | .081 | .239 | .320 | .555 |

<그림 1> R&D 부문에 적용된 BSC



본 연구에서는 Inge의 연구[11]를 이용하여
중요변수를 축소하였다. 초기 초행렬의 구성은
<표1>과 같다.

<표 1> Supermatrix of Unweighted Priorities

| A | 1.재무 | | | 2.고객 | | | 3.내부 | | | 4.혁신 | | | |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| 1. 재무 | 1. 생존 | 0 | 0.75 | 0.167 | 0.627 | 0.28 | 0.117 | 0.124 | 0.109 | 0.09 | 0.135 | 0.086 | 0.157 |
| | 2. 성공 | 0.833 | 0 | 0.833 | 0.28 | 0.627 | 0.268 | 0.517 | 0.211 | 0.245 | 0.584 | 0.297 | 0.249 |
| | 3. 번영 | 0.167 | 0.25 | 0 | 0.094 | 0.094 | 0.614 | 0.359 | 0.68 | 0.665 | 0.281 | 0.618 | 0.594 |
| 2. 고객 | 1. 고객만족 | 0.584 | 0.124 | 0.073 | 0 | 0.875 | 0.167 | 0.238 | 0.097 | 0.097 | 0.073 | 0.094 | 0.196 |
| | 2. 요구충족 | 0.281 | 0.517 | 0.205 | 0.857 | 0 | 0.833 | 0.136 | 0.701 | 0.202 | 0.205 | 0.627 | 0.147 |
| | 3. 생산설계 | 0.135 | 0.359 | 0.722 | 0.143 | 0.125 | 0 | 0.625 | 0.202 | 0.701 | 0.722 | 0.28 | 0.657 |
| 3. 내부 | 1. 생산성 | 0.584 | 0.596 | 0.245 | 0.55 | 0.268 | 0.281 | 0 | 0.833 | 0.25 | 0.297 | 0.258 | 0.218 |
| | 2. 출시속도 | 0.281 | 0.308 | 0.09 | 0.21 | 0.614 | 0.135 | 0.75 | 0 | 0.75 | 0.086 | 0.637 | 0.151 |
| | 3. 재활용 | 0.135 | 0.096 | 0.665 | 0.24 | 0.117 | 0.584 | 0.25 | 0.167 | 0 | 0.618 | 0.105 | 0.63 |
| 4. 혁신 | 1. 리더십 | 0.528 | 0.618 | 0.211 | 0.584 | 0.117 | 0.067 | 0.528 | 0.547 | 0.105 | 0 | 0.25 | 0.875 |
| | 2. 장기시각 | 0.333 | 0.297 | 0.109 | 0.135 | 0.268 | 0.218 | 0.333 | 0.263 | 0.258 | 0.875 | 0 | 0.125 |
| | 3. 기술획득 | 0.14 | 0.086 | 0.68 | 0.281 | 0.614 | 0.715 | 0.14 | 0.19 | 0.637 | 0.125 | 0.75 | 0 |

초기 초행렬에 기준집합 간의 가중치를 곱하여 가중 초행렬 W를 구성하였다<표 2>.

<표 2> Weighted Supermatrix

| | 재무 | | | 고객 | | | 내부 | | | 혁신 | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 1.생존 | 0.000 | 0.401 | 0.089 | 0.377 | 0.168 | 0.071 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.008 | 0.005 | 0.009 |
| 2.성공 | 0.445 | 0.000 | 0.445 | 0.168 | 0.377 | 0.161 | 0.026 | 0.011 | 0.012 | 0.034 | 0.018 | 0.015 |
| 3.번영 | 0.089 | 0.134 | 0.000 | 0.056 | 0.056 | 0.369 | 0.018 | 0.034 | 0.032 | 0.017 | 0.035 | 0.035 |
| 1.고객만족 | 0.142 | 0.030 | 0.018 | 0.000 | 0.087 | 0.017 | 0.088 | 0.036 | 0.036 | 0.009 | 0.011 | 0.024 |
| 2.요구충족 | 0.068 | 0.126 | 0.050 | 0.085 | 0.000 | 0.082 | 0.050 | 0.258 | 0.075 | 0.024 | 0.075 | 0.018 |
| 3.생산설계 | 0.033 | 0.087 | 0.175 | 0.014 | 0.012 | 0.000 | 0.231 | 0.075 | 0.259 | 0.086 | 0.034 | 0.079 |
| 1.생산성 | 0.083 | 0.084 | 0.035 | 0.034 | 0.016 | 0.017 | 0.000 | 0.218 | 0.066 | 0.079 | 0.069 | 0.058 |
| 2.출시속도 | 0.040 | 0.044 | 0.013 | 0.013 | 0.037 | 0.008 | 0.197 | 0.000 | 0.197 | 0.023 | 0.169 | 0.040 |
| 3.재활용 | 0.019 | 0.014 | 0.094 | 0.015 | 0.007 | 0.036 | 0.066 | 0.044 | 0.000 | 0.164 | 0.028 | 0.167 |
| 1.리더십 | 0.043 | 0.050 | 0.017 | 0.140 | 0.028 | 0.016 | 0.169 | 0.175 | 0.034 | 0.000 | 0.139 | 0.487 |
| 2.장기시각 | 0.027 | 0.024 | 0.009 | 0.032 | 0.064 | 0.052 | 0.106 | 0.084 | 0.083 | 0.487 | 0.000 | 0.070 |
| 3.기술획득 | 0.011 | 0.007 | 0.055 | 0.067 | 0.147 | 0.171 | 0.045 | 0.061 | 0.204 | 0.070 | 0.417 | 0.000 |
| | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

위의 가중 초행렬 W는 Irreducible 하고, Primitive Case A에 해당하며, 가중 초행렬의 수렴성 여부를 알아볼 수 있다.[16]

<표 3> Limiting Supermatrix

| A8 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.생존 | 0.102 | 0.100 | 0.102 | 0.100 | 0.101 | 0.100 | 0.100 | 0.099 | 0.099 | 0.098 | 0.098 | 0.098 |
| 2.성공 | 0.138 | 0.140 | 0.138 | 0.139 | 0.138 | 0.139 | 0.136 | 0.138 | 0.137 | 0.136 | 0.136 | 0.136 |
| 3.번영 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.078 | 0.079 |
| 1.고객만족 | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.041 | 0.042 | 0.041 | 0.041 | 0.041 | 0.041 |
| 2.요구충족 | 0.074 | 0.073 | 0.074 | 0.073 | 0.073 | 0.073 | 0.073 | 0.073 | 0.073 | 0.073 | 0.073 | 0.073 |
| 3.생산설계 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.085 | 0.086 | 0.085 | 0.086 | 0.085 | 0.086 | 0.086 |
| 1.생산성 | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.065 | 0.064 | 0.064 |
| 2.출시속도 | 0.061 | 0.061 | 0.061 | 0.061 | 0.061 | 0.061 | 0.062 | 0.062 | 0.061 | 0.062 | 0.061 | 0.062 |
| 3.재활용 | 0.059 | 0.059 | 0.059 | 0.059 | 0.059 | 0.059 | 0.059 | 0.059 | 0.059 | 0.060 | 0.060 | 0.059 |
| 1.리더십 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.106 | 0.107 | 0.107 | 0.107 | 0.108 | 0.107 | 0.107 |
| 2.장기시각 | 0.092 | 0.092 | 0.092 | 0.092 | 0.092 | 0.092 | 0.093 | 0.093 | 0.093 | 0.093 | 0.095 | 0.094 |
| 3.기술획득 | 0.099 | 0.098 | 0.099 | 0.099 | 0.099 | 0.098 | 0.100 | 0.100 | 0.099 | 0.100 | 0.100 | 0.101 |

결론적으로 가중 초행렬 W는 순환하지 않고 하나의 단일한 해를 갖는다. 수렴 결과는 <표 3>과 같다.

<표 4> Limiting Supermatrix
: Normalized Column in Each Block

| | 변수 | 정규화 |
|------|--------|-------|
| 1.재무 | 1.생존 | 0.320 |
| | 2.성공 | 0.432 |
| | 3.번영 | 0.249 |
| 2.고객 | 1.고객만족 | 0.208 |
| | 2.요구충족 | 0.367 |
| | 3.생산설계 | 0.425 |
| 3.내부 | 1.생산성 | 0.350 |
| | 2.출시속도 | 0.332 |
| | 3.재활용 | 0.318 |
| 4.혁신 | 1.리더십 | 0.357 |
| | 2.장기시각 | 0.310 |
| | 3.기술획득 | 0.333 |

<표 3>을 정규화 시킨 자료는 <표 4>와 같다.

<표 4>를 보면 재무관점에서는 성공(43.2%), 고객관점에서는 생산설계(42.5%), 내부 프로세스 관점에서는 생산성(35%) 그리고 혁신 및 학습 관점에서는 리더십(35.7%)으로 나타났다.

4 결론

R&D 평가의 우선순위를 선정할 때, 변수간에 상호영향이 존재하는 경우에는 AHP로는 해결할 수 없기 때문에 기존의 평가방법에 더하여 ANP의 장점을 사용하였다. 그러나 쌍대비교의 횟수가 많아짐에 따라 - 일관성비율을 사용하여 평가치를 조정할 수 있었지만 - 의사결정자의 일관성 유지가 상당히 어려웠다.

본 연구에서는 R&D 평가를 위한 다기준 의사결정시에 우선순위 결정의 어려움을 극복할 수 있는 대안으로 ANP의 기법을 이용하여 가중치를 도출하였다. 가중치를 기점으로 R&D 평가를 할 수 있고, 전략적인 R&D 활동을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] 고길곤, 이경전, AHP에서의 응답일관성 모수의 통계적 특성과 활용방안, 한국경영과학회지, 제26권 제4호(2001.12)
[2] 권철신, 조근태, 기술우선도 결정을 위한 상호영향 계층분석모형의 개발, 한국경영과학회

지, 제27권 제1호(2002.3)
[3] 박우희, 기술경제학개론, 2001, p.129
[4] 황홍석 저, 정보화 시대의 최신 연구개발 프로젝트 관리, 청문사, 2001
[5] LG 주간경제, BSC를 활용한 R&D 성과관리, 고재민, 2002.3
[6] Andy Neely, Mike Gregory, Ken Platts, "Performance Measurement System Design : A Literature Review and Research Agenda", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 4, 1995, pp. 80~116
[7] Christopher D. Ittner, David F. Larcker, "Innovations in Performance Measurement : Trends and Research Implications", *Journal of Management Accounting Research*, Vol. 10, No. 1, 1998
[8] David Medori, Derek Steeple, "A Framework for Auditing and Enhancing Performance Measurement Systems", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20, No. 5, 2000
[9] Inge G. Kerssens-van Drongelen & Andrew Cook, "Design principles for the development of measurement systems for research and development processes", *R&D Management*, 1997, 11.
[10] Michal J. Lebas, "Performance Measurement and Performance Management", *International Journal of Production Economics*, Vol. 41, No. 1/3, 1995
[11] Umit S. Bititci, Allan S. Carrie and Liam McDevitt, "Integrated Performance Measurement System : a development guide", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 17 No. 5, 1997
[12] Robert S. Kaplan, David P. Norton, *Balanced Scorecard*, Harvard Business, 1996
[13] Roger Whiteley, Trueman Parish, Ronald Dressler, Geoffrey Nicholson, "Evaluation R&D Performance Using the New Sales Ratio", *Research Technology Management*, Vol. 41, No. 5, 1998, pp. 20~22
[14] Thomas L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, 1980
[15] Thomas L. Saaty, *The Analytic Network Process*, RWS, 1996.