

---

# 특허지표를 고려한 글로벌 자동차 기업의 그린 카 기술혁신 효율성 평가를 위한 ANP/DEA 통합모형\*

김현우\*\* · 김재희\*\*\* · 김승권\*\*\*\*

---

## <목 차>

- I. 서 론
- II. 기존 문헌 고찰
- III. 이론적 배경
- IV. 글로벌 자동차 기업의 기술혁신 효율성 평가
- V. 결론 및 향후 연구과제

**국문초록 :** 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 글로벌 자동차 기업들은 그린 카(Green car) 기술 획득을 위한 치열한 경쟁을 하고 있다. 따라서 글로벌 자동차 기업들의 기술 경쟁력을 평가하고 그 동향을 분석하는 것은 중요한 의미가 있다. 그러나 특허성과 평가를 위한 기존의 연구에서는 다양한 특허지표 중 일부만을 활용하였으며, 특히 이들 지표들을 포괄적으로 고려한 종합적인 분석에는 미흡하였다. 이에 본 연구에서는 특허 평가를 위한 요소들에 대한 중요도를 반영하여 전체적인 특허성과를 평가하는 방법을 제시한다. 이 방법에서는 네트워크 분석절차(Analytic Network Process)을 통해 특허지표들에 대한 상대적 중요도를 도출된 후, 이 정보를 활용한 가중치 범위 제한 자료포락분석(Data Envelopment Analysis-Assurance Region, DEA-AR)을 수행한다. 이때, DEA-AR모형의 투입요소로는 기업규모, 연구개발비, 직원 수를, 산출요소로는 특허 수, 특허 피인용 수, 특허 청구항 수를 고려하였다. 이 방법을

---

\* 이 논문은 2011년도 전북대학교 연구기반 조성비 지원에 의하여 연구되었음.

\*\* 고려대학교 산업경영공학과 석사과정 (2070khw@korea.ac.kr)

\*\*\* 전북대학교 경영학부 부교수 (jheekim@chonbuk.ac.kr)

\*\*\*\* 고려대학교 기술경영전문대학원 교수, 교신저자 (kimsk@korea.ac.kr)

활용하여 글로벌 자동차기업의 기술혁신 효율성을 평가한 결과, 그린 카 시장의 동향과 추세를 파악할 수 있었다.

주제어 : 특허성과, 그린카, 네트워크 분석 절차, 자료포락분석, 가중치범위 제약

---

---

## Measuring the efficiency of technology innovation of the Global Green Car Companies by ANP/DEA Model

HyunWoo Kim · Jaehee Kim · Sheung-Kown Kim

---

---

**Abstract :** As the environmental performance is getting important in global automotive industry sector, there is a need to build the intellectual capacity. Hence it is important to measure the performance of the green car patent development of global automotive companies. To do this, we propose to use Data Envelopment Analysis(DEA) Model with Analytic Network Process(ANP), which generates weight coefficients of inputs and outputs for DEA-AR(Assurance Region) model. We considered three inputs: corporate asset, R&D expenditures, number of employees, and three outputs: patent counts, patent citations and patent claims. The results showed that our model could measure the potential of green car technology, and we could see the trend of the green car industry sector.

Key Words : patent performance, green car, ANP, DEA, assurance region

## I. 서론

국제사회는 지구온난화로 인한 생태계, 수자원, 식량 등 인간 생활에 관련된 다양한 분야에 부정적 피해를 예상하고 지구온난화의 주원인인 온실가스 배출억제에 대한 규제를 강화하고 있다(녹색성장위원회, 2009). 이러한 온실가스 배출 규제는 글로벌 전 산업 분야 중 25%의 온실가스 배출량을 차지하고 있는 자동차산업에 큰 영향을 미치고 있다. 이에 각국 정부는 탈석유화 시대의 패러다임에 맞추어, 화석연료를 이용하여 구동되는 기존의 차량에 비하여 에너지소비 효율이 우수하며 탄소배출량을 획기적으로 낮출 수 있는 친환경 자동차, 즉 그린 카(green car)<sup>1)</sup> 산업의 육성에 국력을 집중하고 있다(녹색성장위원회, 2010; 이기상, 2011).

그 결과 세계 그린 카 시장은 연평균 11.3%의 성장이 예상될 정도로 확대되고 있으며, 2030년 이후에는 내연기관 자동차를 제치고 주요 교통수단으로 자리매김할 것으로 전망된다(이기상, 2011). 따라서 그린 카의 기술 개발을 미리 선점하지 못한 자동차 기업은 업계에서 도태될 가능성이 높다. 이 때문에 글로벌 자동차 기업들은 친환경·고효율의 그린 카 개발에 박차를 가하고 있다. 현재 가장 대중화된 그린 카는 하이브리드 자동차이며, 대표적으로 1997년에 토요타에서 출시된 프리우스가 있다. 현재는 프리우스를 앞세운 토요타가 하이브리드 자동차 기술 분야의 선두에 있지만 후발 기업들과의 격차가 줄면서 점차 상향평준화하는 추세다(장철홍, 2011). 하이브리드 자동차 이후의 그린 카 시장의 추세를 보면, 전기 자동차는 2009년 미쓰비시의 세계최초 전기자동차 양산을 시작으로, 2013년까지 25만대의 생산능력을 계획하고 있는 닛산 등에 의한 시장 형성이 예측된다. 그리고 현재 기술개발에 주력하고 있는 연료전지 자동차는 2015년에 첫 생산을 시작으로 시장이 형성될 것이라 예측된다(이기상, 2011). 각 그린 카의 주요 집중 개발기술에는 하이브리드 자동차의 멀티변속기 구동부품 시스템, 전기 자동차의 구동모터 시스템과 전동식 냉난방 시스템, 연료전지 자동차의 스택 모듈 관련 기술 등이 있다(녹색성장위원회, 2010).

---

1) 그린 카는 하이브리드 자동차(Hybrid Electric Vehicle, HEV), 플러그인 하이브리드 자동차(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV), 전기 자동차(Electric Vehicle, EV), 연료전지 자동차(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV), 클린디젤 자동차(Clean Diesel Vehicle, CDV) 등을 포함한다.

<표 1> 그린 카 기술의 주요 특허 소개

등록번호	명칭	주요내용
US-6784563	Hybrid vehicle and method of controlling hybrid vehicle	전동발전기와 모터의 동력을 조절함으로써 이차전지를 사용하지 않고 운행이 가능한 하이브리드 자동차 기술
US-6648085	Fuel-cell-powered four-wheel automobile	4륜 구동 자동차의 구동을 위해 화학반응을 위한 탱크, 리포밍 장치, 이차전지, 연료 전지의 적절한 배치를 통한 전기를 생산하는 메커니즘 기술
US-6664651	Engine on idle arbitration for a hybrid electric vehicle	정차 시 하이브리드 자동차의 엔진 운영 방법과 시스템에 관한 것으로 엔진 운영이 필요한 시기를 결정하는 기술

\*토요타, 혼다, 포드에서 피인용 수가 많은 특허를 선정함

이러한 기술 경쟁의 성과를 나타내는 가장 대표적인 지표는 특허이다. 특허 데이터는 기술혁신의 바로미터로 간주되고 있으며, 연구개발 및 기술혁신 활동의 산출지표로 활용되어 왔다(Breitzman et al., 2002; Ernst, 1995; Ernst, 2003; Hagedoorn et al., 2003; Kürtössy, 2004).

이런 배경에서 특허 데이터를 산출요소 중 하나로 선정하고, 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 사용하여 국가 R&D 효율성을 평가한 다양한 연구들이 제시된 바 있다(박석중 등, 2011; 박수동 등, 2003; Wang et al., 2007). 그러나 Chen et al. (2007)은 R&D 효율성을 평가한 기존의 연구에서 다양한 특허지표 중 특허 수 하나만 사용한 것을 한계로 지적하면서, 특허의 피인용 수를 산출요소로서 함께 사용하여 특허성과를 평가하였다. 그러나 Chen et al. (2007)의 연구에서는 특허지표 간의 상대적인 중요도가 다를 수 있음에도 이를 반영하지 않았으며, 또한 일반적인 DEA 모형에서 발생할 수 있는 가중치 할당 문제를 고려하지 않아 결과적으로 평가요소를 종합적으로 고려한 특허성과 평가가 수행되지 않았다.

이에 본 연구에서는 ANP/DEA-AR 통합모형을 활용하여 다수의 평가요소를 종합적으로 고려한 특허성과 평가 방법을 제시하며, 이를 미국 3개, 일본 6개, 한국 1개, 유럽 5개의 주요 글로벌 자동차 기업을 대상으로 그린 카 분야의 기술혁신 효율성을 분석해 보고자 한다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 먼저, 제Ⅱ장에서는 기존 문헌에 대해 살펴보고, 제Ⅲ장에서는 ANP와 DEA-AR에 대한 이론적 배경을 요약한다. 제Ⅳ장에서는 ANP/DEA 통합모형의 적용 과정과 결과를 분석하고, 제Ⅴ장에서 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

## II. 기존 문헌 고찰

특히 데이터를 산출요소로 국가 간의 R&D 성과평가를 수행한 다양한 연구들이 제시되었다. 먼저, 박동수 외(2003)는 미국특허출원수와 수정된 SCI 논문수를 산출요소로 과학기술분야의 국가별 R&D 효율성과 생산성을 분석하였다. 특히 DEA를 사용하여 전체 기술효율, 규모효율 등을 분석하였다. Wang et al.(2007)은 특허 수와 논문을 산출요소로 하여 국가 간의 R&D 활동의 상대적인 효율성을 평가하기 위해 DEA와 3단계의 토빗모형을 사용하였다. 이를 통해 국가 간의 상대적인 비효율적 판정과 국가 규모에 대한 수익체증을 확인하였다. 박석중 외(2011)는 국내의 특허 수와 SCI논문 수를 산출요소로 정부의 순수 R&D 사업 효율성을 측정하였다. 이를 위해 DEA와 'Wilcoxon Mann Whitney' 검정을 사용하였다. 그 결과 효율성에 영향을 미치는 투자의 배분특성을 분석하였고, 기초적인 원천 R&D 연구가 R&D 성과 증대 측면에서 영향력이 큰 것을 확인하였다.

한편, 피인용 수와 청구항 수 등 기술혁신 성과를 평가할 수 있는 특허지표의 중요성이 부각됨에 따라(Lanjouw et al., 1999), 특허지표만을 산출요소로 사용한 특허성과 평가방법이 제시되었다. 대표적으로 Chen et al. (2007)은 R&D 효율성을 평가한 기존 연구들에서 다양한 특허지표 중 특허 수만 사용한 것을 한계로 인식하였으며, 이에 특허 수와 특허 피인용 수를 산출요소로 선정하고 DEA를 사용한 특허성과 평가방법을 제시하였다. 이를 미국 내 컴퓨터 통신장비 산업에 적용하여 기업규모와 기업혁신의 긍정적 관계를 제시하였으며, 또한 연구개발비용이 특허성과에 긍정적인 영향이 있음을 주장하였다.

그러나 Chen et al. (2007)의 연구에서 사용한 CCR 등의 일반적인 DEA 모형의 경우, 투입 및 산출요소에 불균형적인 가중치가 할당되는 것을 배제할 수 없는 단점에 노출된다. 즉, 투입의 경영지표나 산출의 특허지표들의 중요도를 정교하게 고려할 수 없다는 한계가 있다. 즉 다수의 평가요소들을 사용하여 평가를 수행하지만, 특정 평가요소만 가중치가 할당됨으로 다수의 평가요소들을 종합적으로 고려하지 못한다는 단점을 갖고 있다. 또한, 특허지표 간의 상대적인 중요도가 다를 수 있음에도 이를 반영하지 못했다. 그리고 기업에게는 투자 대비 산출의 효율성이 중요하므로 성과평가 시 기업의 자원 활용과 관련된 경영지표를 투입요소로 함께 사용하는 것이 바람직하며, 이런 다수의 요소를 종합적으로 분석하여 경쟁 기업에 비하여 우위에 있는 요소는 무엇인지 혹은 열위에 있는 요소는 무엇인지를 파악하는 것이 필요하다. 그러나 Chen et al. (2007)은 이런 벤치마킹 정보를 제시하지 않았다.

이에 본 연구에서는 다수의 평가요소를 종합적으로 고려한 특허성과 평가 방법을 제시한다. 즉, ANP 모형을 설계하여 특허성과 도출과 관련한 투입 및 산출요소에 대한 상대적인 가중치를 도출한 후, 이를 DEA-AR 분석에 반영한 ANP/DEA 통합모형을 수행한다. 이 모형은 의사결정자가 수행한 ANP 모형으로부터 각 평가요소의 가중치 범위를 설정함으로써, 일반적인 DEA 모형에서 발생할 수 있는 평가요소의 불균형적인 가중치 할당 문제를 해결하고 평가요소간의 상대적인 중요도를 반영한 것이다. 또한, 글로벌 자동차 기업의 그린 카를 대상으로 특허지표를 고려하여 기술혁신의 효율성을 평가한 선행연구가 없기 때문에, 이 분야에 적용하여 기술혁신 효율성을 평가하고, 시장 성과와의 비교를 통해 그 동향을 함께 분석한다. 이때, 투입요소로는 기업규모, 연구개발비용, 직원수와 같이 기업 자원과 관련된 요소를, 산출요소로는 특허 수, 피인용 수, 청구항 수와 같은 다수의 특허지표를 고려한다. 그리고 기존의 연구에서 제시하지 않았던 벤치마킹 정보, 즉 평가대상기업들 중 상대적으로 가장 뛰어나다고 판정된 기업을 참조하여 자사가 가지고 있는 비효율적인 투입량과 산출량을 파악할 수 있는 정보로서, 기업 경영의 비효율적인 요소를 파악하고 감소 혹은 증가시켜야할 투입량 및 산출량 정보를 제시한다.

### Ⅲ. 이론적 배경

#### 1. 네트워크 분석 절차(Analytic Network Process, ANP)

ANP는 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 일반화한 것으로, 의사결정 문제의 평가요소(element) 또는 이들의 집합인 클러스터(cluster) 간의 상호종속 관계와 피드백을 포함하고 이를 네트워크로 구축하여 의사결정을 수행하는 모형이다(Saaty, 2001). AHP는 의사결정 문제를 계층화하는 과정에서, 평가요소 또는 클러스터 간의 상호 독립성을 전제로 한다. 그러나 현실적인 의사결정 문제에서는 상호종속 관계를 가지고 있는 요소들이 빈번히 존재한다. 따라서 AHP 모형은 평가요소와 클러스터 간의 상호종속 관계가 있는 현실적 문제를 다루는 것은 적합하지 않다. 반면, ANP를 활용할 경우, 의사결정 문제의 평가요소 또는 클러스터 간의 상호 종속성을 반영한 네트워크로 구축할 수 있다. 그리고 비례척도(ratio scale)를 사용하여 쌍대비교(pairwise comparison)를 수행하면 상호 간의 영향 정도가 반영된 가중치를 도출할 수 있는 장점이 있다.

ANP는 대행렬(supermatrix)을 사용하여 평가요소의 상대적인 가중치를 도출된다. 대행렬에서 클러스터는  $C_h (h=1,2,\dots,m)$ 으로 나타내며, 각 클러스터는  $n_h$ 개의 평가요소를 가지게 되며, 각 평가요소는  $e_{h1}, e_{h2}, \dots, e_{hn_h}$ 로 나타낸다. 이는 다음 <그림 1>과 같이 표현할 수 있다(saaty, 2001).

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ e_{11} \dots e_{1n_1} & e_{21} \dots e_{2n_2} & \dots & e_{m1} \dots e_{mn_m} \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ \vdots \\ e_{1n_1} \\ \vdots \\ e_{N_1} \\ C_N \\ \vdots \\ e_{Nn_N} \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

<그림 1> ANP의 대행렬

대행렬에서  $W_{ij}$ 는 대행렬의 블록(block)이라고 하며,  $W_{ij}$ 의 각 열은  $j$ 번째 클러스터에 있는 한 평가요소에 대한  $i$ 번째 클러스터에 있는 평가요소들의 영향을 나타내는 우선순위 고유벡터를 의미한다. 클러스터 간의 상호관계가 존재하지 않는다면,  $W_{ij}$ 는 '0'으로 표현된다.

일반적으로 ANP를 사용한 의사결정 절차는 다음과 같다.

첫째, 의사결정 문제를 목적, 클러스터, 그리고 평가요소로 세분화한 후 상호 종속성과 피드백을 고려한 네트워크 모형을 구축한다. 둘째, 구축한 네트워크 모형에 따라서 클러스터 간의 쌍대비교와 평가요소간의 쌍대비교를 수행하여 우선순위 고유벡터를 도출한다. 그리고 모든 쌍대비교에 대하여 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 이용하여 일관성 검사를 수행한다. 셋째, 평가요소간의 우선순위 고유벡터를 나타내는 소행렬(submatrix)을 사용하여 가중 되지 않은 대행렬(unweighted supermatrix)을 구축한다. 넷째, 가중된 대행렬(weighted supermatrix)을 구축한다. 이는 대행렬이 수렴하기 위해서 필요한 조건인 열의 합이 1인 확률행렬(stochastic matrix)을 만드는 과정이다. 이를 위해 클러스터의 우선순위 고유벡터와 이에 상응하는 가중되지 않은 대행렬의 각 소행렬에 곱하고, 대행렬을 정규화 함으로써, 열 확률적(column stochastic) 조건을 만족시킨다. 마지막으로, 평가요소들의 가중치가 수렴할 때까지 대행렬의 무한 멱승(power)을 수행하여 극한 대행렬



(limited supermatrix)을 구한 후, 극한 대행렬의 각 평가요소의 가중치 정보를 사용한다.

## 2. 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis, DEA)

다수의 투입물과 산출물을 가진 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)들의 상대적인 효율성을 평가하는 방법으로 DEA가 유용하게 활용된다. 산출기준 CCR 모형(Charnes et al., 1978)은 투입 수준을 유지하면서 생산가능 집합(production possibility set)의 효율적경계(efficient frontier)에 존재하는 효율적 DMU를 참조하여, DMU 각각의 산출요소를 같은 비율로 늘려서 비효율성을 제거하는 데 활용되는 모형으로 규모에 대한 수익불변(Constant Return to Scale, CRS)을 가정한다.

이 모형의 목적 함수에 투입 과다량( $s_i^-$ )과 산출부족량( $s_r^+$ )으로 표시되는 잔여분 변수를 추가함으로써 비효율적 DMU가 가지고 있는 비효율성을  $\eta$ 와 잔여분( $s_i^-$ ,  $s_r^+$ )에 의해 동시에 파악할 수 있다. 다음은 산출기준 CCR 모형에 잔여분 변수를 추가한 포락 형태(envelopment form)의 모형이다.

$$\begin{aligned}
 & \max \eta_o + \epsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
 & s.t. \\
 & x_{io} = \sum_{j=1}^N x_{ij} \lambda_j + s_i^-, \quad i = 1, \dots, m \\
 & \eta y_{ro} = \sum_{j=1}^N y_{rj} \lambda_j - s_r^+, \quad r = 1, \dots, s \\
 & \lambda_j \geq 0, s_i^-, s_r^+ \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

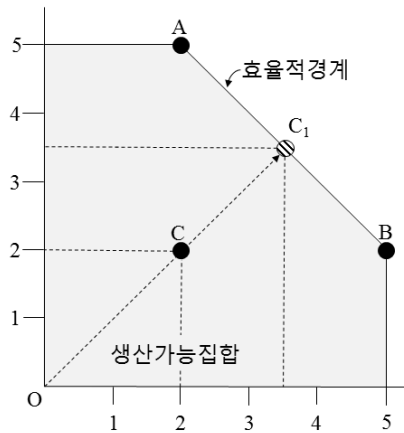
$\eta_o$ 는 평가대상 DMU의 효율성을 나타내며, DMU  $\eta_o$ 의 값이 1이면 '효율적', 그렇지 않으면 '비효율적'으로 판정한다.  $\lambda_j$ 는 참조(reference set) DMU  $j$ 의 가중치를 나타내며,  $x_{ij}$ 는 DMU  $j$ 의 투입요소  $i$ 값이며,  $y_{rj}$ 는 DMU  $j$ 의 산출요소  $r$ 값이다.  $x_{io}$ 와  $y_{ro}$ 는 평가대상 DMU의 투입 및 산출요소 값이다.

산출기준 CCR 모형의 쌍대 형태(dual form)인 승수형 형태(multiplier form)로 유도하면 투입 및 산출요소에 대한 가중치 정보를 파악할 수 있다. 다음은 승수형 형태의 모형이다(Cooper et al. 2007).

$$\begin{aligned}
\min E_o &= \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \\
s.t. & \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} = 1 \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, j=1, \dots, N \\
& v_i, u_r \geq 0, i=1, \dots, m, r=1, \dots, s
\end{aligned} \tag{2}$$

$E_o$ 는 승수형 모형의 평가 대상 DMU의 효율성을 나타내며,  $v_i$ 는 투입요소  $i$ 의 가중치,  $u_r$ 은 산출요소  $r$ 의 가중치를 나타낸다. 포락 형태의 모형과 같이  $E_o$ 의 값이 1이면 ‘효율적’, 그렇지 않으면 ‘비효율적’이라고 판정한다. 이렇듯, 포락형 모형과 승수형 모형을 통해 각 DMU의 효율성 정보, 참조 DMU의 가중치 정보, 그리고 각 투입 및 산출요소의 가중치 정보를 획득할 수 있다.

<그림 2>는 한 개의 투입요소와 두 개의 산출요소를 고려한 산출기준 CCR 모형의 예로서, 참조집합은 DMU A와 B이며 ‘비효율적’으로 판정된 DMU C는 이들을 참조하여 효율성( $\overline{OC_1}/\overline{OC}$ )을 측정할 수 있다.



<그림 2> 1투입-2산출(CRS)의 예

그러나 산출기준 CCR 모형을 포함한 일반적인 DEA 모형은 각 요소에 대한 가중치가 모형에 의해 임의적으로 결정된다. 즉, 평가 대상 DMU가 다른 DMU에 비해 상대적으로 유리한 요소에 대해 높은 가중치를 부여하고 다른 투입 및 산출요소에 대해서는 낮은 가

중치를 부여한다. 이러한 DEA 모형의 판별력 부족과 비합리적인 가중치 문제를 개선하고 전문가의 견해를 DEA 모형에 반영하기 위해 DEA-AR(Assurance Region)모형을 사용하기도 한다(김재관 등, 2006).

### 3. DEA-AR 모형

Thompson et al. (1986)은 기존의 DEA 모형에서 나타나는 판별력 부족과 비합리적 가중치 문제를 개선하기 위해 DEA 모형에 AR(Assurance Region) 제약식을 추가한 DEA-AR 모형을 제안하였다. DEA-AR 모형은 각 투입 및 산출요소의 가중치에 대한 하한 값과 상한 값을 설정하는 방법을 사용한다. 이를 기존의 DEA 모형에 반영함으로써 효율성 평가 수행 시 상대적으로 중요한 요소의 가중치가 “0”으로 도출되거나, 상대적으로 중요하지 않은 요소의 가중치가 지나치게 큰 값으로 편중되는 문제와 일부 비효율적인 DMU가 효율적인 DMU로 평가되는 문제를 개선하였다. DEA-AR 모형은 특정 요소 하나에 대한 다른 모든 요소의 가중치 비율을 구함으로써 모든 요소 간 가중치가 설정된다는 것을 가정한다(김재관 등, 2006).

$$L_{1,i} \leq \frac{v_i}{v_1} \leq U_{1,i}, i = 2, 3, \dots, m \quad (3)$$

$$L_{1,r} \leq \frac{u_r}{u_1} \leq U_{1,r}, r = 2, 3, \dots, s \quad (4)$$

식(3)과 (4)는 투입 및 산출요소에 대한 가중치 범위를 설정하는 식이다.  $L_{1,i}$ 는 투입요소 1에 대한 투입요소  $i$ 의 비율에 대한 하한 값을 나타내며,  $U_{1,i}$ 는 상한 값을 나타낸다. 같은 방식으로  $L_{1,r}$ 은 산출요소 1에 대한 산출요소  $r$ 의 비율에 대한 하한 값을 나타내고,  $U_{1,r}$ 는 상한 값을 나타낸다. 예를 들어  $1 \leq \frac{v_2}{v_1} \leq 2$ 는  $v_1 \leq v_2$ 와  $v_2 \leq 2v_1$ 의 두 제약식으로 반영된다.

DEA-AR 모형을 수행하면 일부의 DMU에서 기존의 DEA를 통해 도출된 효율성 수치보다 낮은 효율성 수치를 얻게 된다. 이는 각 투입 및 산출요소에 부여된 가중치의 상·하한 값 제약식에 의하여 생산가능 집합 영역이 변화되기 때문이다(Cooper et al. 2007).

## IV. 글로벌 자동차 기업의 기술혁신 효율성 평가

### 1. 투입 및 산출요소의 선정

#### 1.1 투입요소

기업규모와 연구개발 성과의 관계에 대한 다양한 연구들이 제시되었다. 대표적인 연구들은 다음과 같다. Schumpeter(1950)는 큰 규모의 기업의 연구개발 활동이 작은 규모의 기업에 비하여 그 규모나 질적인 면에서 상대적 우위에 있으며, 그 성과 역시 우위에 있다고 제시하였다. 반면, Cohen et al. (1996)은 기업의 규모는 연구개발 수행과 그 성과를 도출하는데 있어 그 이점이 없다는 연구결과를 제시하였다. 한편, Tsai(2005)는 하이테크 분야의 연구개발 성과와 기업의 규모의 관계는, 작은 규모의 기업과 큰 규모의 기업이 중간 규모의 기업보다 연구개발 성과가 우수하다고 제시하였다.

연구개발비용은 과학적, 기술적 진보를 촉진시키는 가장 중요한 요소 중의 하나이다(Wang et al., 2007). 따라서 연구개발비용은 과학적, 기술적 지표로서 사용했을 뿐 아니라, 기업의 혁신과 연구개발 능력을 평가하는 지표로서 사용되었다(Chen et al., 2007). 또한, 연구개발 예산 편성의 타당성과 전략적인 의사결정에 필요한 정보를 제공하기 때문에 연구개발비용과 기업의 성과와의 관계가 중요성을 제시하기도 하였다(Tubbs, 2007).

인적자본은 기업의 미래를 좌우하는 중요한 요소로 인식되며, 구성원의 노하우, 능력, 기술, 지식수준 등을 포함한다. Chen et al.(2005)은 이런 인적자본은 구조적 자본을 건설하게 만듦으로써 기업의 시장 가치와 재무적 성과에 긍정적인 영향을 미친다고 제시하였다. Del Monte et al.(2003)은 연구개발을 수행하는 기업은 그렇지 않은 기업에 비하여 높은 직원 수의 성장률과 생산성을 가지고 있음을 제시하였다.

이상의 결과를 토대로 <표 2>와 같이 기술혁신 효율성 평가를 위한 투입요소로 기업 규모, 연구개발비용, 직원 수를 선정하였다.

#### 1.2 산출요소

특허 수는 기술적으로 성공한 연구개발 활동의 산출물로서, 기업 간의 새로운 기술, 프로세스, 제품에 대한 독창적·혁신적 성과의 비교 시 사용할 수 있는 가장 일반적이고

적합한 산출지표로 인식된다(Ernst, 2001; Kürtössy, 2004; Wang et al., 2007). 또한, Trajtenberg(1990)은 특허 수와 연구개발비용과의 높은 상관관계가 존재한다는 것을 제시하였다.

특허의 피인용 수는 한 특허가 다른 특허에 의해 인용(Citation)된 횟수로 정의된다. 타 특허에 인용된 횟수가 많은 특허는 높은 기술적 가치를 지닌다. 따라서 인용된 횟수가 높은 특허들을 보유하고 있는 기업의 경우, 경쟁사보다 좀 더 발전 가능성이 있다고 할 수 있다. 이런 특허 인용정보는 기업의 기술 수준정보를 제공할 뿐만 아니라, 그들이 보유한 특허와 혁신 가치가 밀접한 관계에 있다는 것을 의미한다(Albert et al., 1990; Carpenter et al., 1981; Hagedoorn et al., 2003; Harhoff, et al., 2003; Kürtössy, 2004).

특허의 청구항 수는 특허를 통해 보호받고자하는 권리 범위를 평가해주는 요소로서, 실제로 보호받고자 하는 기술적 범위를 표현한다. 일반적으로 특허는 연구개발을 통해 얻은 다수의 청구항을 가지고 있다. 따라서 각 청구항은 개별 발명이라고 할 수 있으며, 특허 수와 함께 양적활동을 나타내는 지표로 사용이 가능하다(조창엽 등, 2009). 또한, 미국특허 시스템 특허 데이터를 기반으로 미국, 일본, 영국 등의 5개국의 전기, 화학, 기계 등의 분야를 대상으로 청구항 수와 연구개발비용, 과학자 및 엔지니어 수, 기술 논문 수 등의 다양한 지표들과의 상관관계를 비교한 결과, 청구항 수가 특허 수보다 더 나은 지표임을 제시하고 있다(Tong et al., 1994).

이상의 결과를 토대로 <표 2>와 같이 기술혁신 효율성 평가를 위한 산출요소로 특허 수, 특허 피인용 수, 특허 청구항 수를 선정하였다.

<표 2> 투입 및 산출요소

구분	투입요소	산출요소
평가요소	평균 기업규모(자산)	총 특허 수
	평균 연구개발비용	총 특허 청구항 수
	평균 직원 수	총 특허 피인용 수

## 2. 자료수집 및 분석방법

본 연구를 위한 평가대상 기업은 2010년 글로벌 자동차 기업의 연구개발비용을 기준으로 72개 기업 중 상위 15개 기업을 선정하였으며, 일부 기업 중 분석 데이터가 부족할 경우 제외하였다. 투입요소 데이터는 각 기업의 2002-2009년 연차 보고서와 영국의 기업

혁신기술부(Department for Business, Innovation and Skills) 자료(<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk>)를 바탕으로 하였으며, 산출요소 특허 데이터는 특허 정보 사이트인 WIPS (<http://search.wips.co.kr>)의 미국특허 데이터베이스를 기반으로 2003-2010년의 그린 카 기술 1060건의 특허 데이터를 수집하였다. 특허 분류 기준은 그린 카를 대표하는 키워드가 특허명, 요약, 대표 청구항 내에 포함 여부이다. 여기서 미국특허를 기준으로 한 것은 미국이 세계에서 가장 큰 자동차 시장을 갖고 있고(Huang et al., 2003; Patel et al., 1991; Pavitt, 1985), 특허 인용 정보 시스템이 매우 잘 구축되어 있기 때문이다(Albert et al., 1991). 투입 및 산출 데이터의 분석기간은, 특허별로 투입에서 특허성으로 도출되는 시점이 상이하여 시차가 발생하지만, 다년간에 걸쳐 투입되는 연구개발비용의 증감 편차가 크지 않다는 점을 고려하여, 연간 투자액 변화를 고려하는 것 보다는 중장기간에 걸친 총 투입이 특허성과에 보다 연관이 있을 것이고 판단되어 평균적인 개념을 활용하였다. 또한 연구개발 활동에서 일반적으로 수용할 수 있는 시차효과의 기간은 존재하지 않는다는 Wang(2007)의 연구를 참고하여, 경영지표와 특허 데이터 간의 관련에 한해서 1년의 시차를 가정하였다.

<표 3>은 자료에 대한 통계량을 정리한 것이다. ANP 수행을 위해 특허법인 소속의 변리사 15명에게 설문을 의뢰하였고 이 중 9건의 유효한 설문결과를 사용하였다. 그리고 ANP를 위해 Decision Lens Inc.의 SuperDecisions Ver. 2.2.3을 사용하고, DEA를 위해 SAITECH, Inc.의 DEA-Solver Ver. 3.0과 IBM의 CPLEX 12.2를 활용하였다.

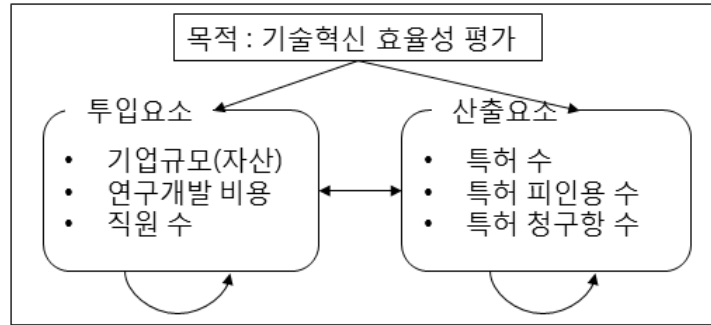
<표 3> 투입 및 산출요소의 기술통계량

	기업규모*	연구개발비용*	직원 수	특허 수	피인용 수	청구항 수
최대값	291,917	7,526	345,320	241	1,182	3,422
최소값	15,502	819	37,395	5	5	62
평균	114,308	4,092	186,320	71	350	941
표준편차	95,190	2,256	101,370	81	418	1,101

\*단위 : 백만 달러

### 3. ANP 분석을 통한 평가요소의 가중치 산정

투입 및 산출요소에 대한 가중치를 도출하기 위해 ANP를 활용하였다. <그림 3>은 투입 및 산출요소 간에 피드백을 고려한 ANP 네트워크를 나타낸다.



<그림 3> 그린 카 기술혁신 효율성 평가를 위한 ANP 모형

구축된 ANP 모형은 크게 투입요소 클러스터와 산출요소 클러스터로 구성된다. 화살표는 클러스터 및 노드(node) 간의 관계를 나타내는데, 클러스터 내의 평가요소 중 하나라도 다른 클러스터의 평가요소와 연관이 있으면 아크(arc)를 활용하여 네트워크를 연결한다. 예를 들어, 투입요소 클러스터의 연구개발비용과 산출요소 클러스터의 특허 수는 관련이 있을 것으로 판단되므로 두 클러스터를 연결하였다. 또한, 각 투입 및 산출요소 클러스터 내의 평가요소 간에도 상호 영향이 예상되어 클러스터 자체에 대한 피드백 아크를 사용하였다.

<그림 3>과 같이 네트워크가 구축이 되면 클러스터 및 노드 간의 쌍대비교를 통해 그 중요도 또는 영향력을 산정한다. <표 4>는 DM3의 '특허 수' 측면에서 기업 규모, 연구개발비용, 직원 수의 영향력을 도출하기 위한 쌍대비교를 수행한 결과를 나타낸 것으로 해석은 다음과 같다. '특허 수' 측면에서 연구개발비용이 기업규모보다 강한(strongly) 영향력을 가지고 있으며, 기업규모는 직원 수보다 약간 더(moderately) 영향력을 가지고 있다. 그리고 연구개발비용은 직원 수보다 매우 강한(very strongly) 영향력을 가지고 있다. 또한, 본 쌍대비교의 일관성비율은 0.06239로 일관성을 유지하고 있다.

이와 같은 방법으로 모든 평가요소간의 쌍대비교를 수행하고 도출된 우선순위 고유벡터들의 행렬들을 사용하여 가중되지 않은 대행렬을 구축한다. 같은 방식으로 클러스터 간의 쌍대비교를 수행한다. 그리고 도출된 각 클러스터의 우선순위 고유벡터들의 행렬들은 이에 상응하는 가중되지 않은 대행렬의 각 소행렬과 곱하여 가중된 대행렬을 형성한다. 그리고 정규화를 통해 열 확률적 행렬로 만든다. 그 후 정규화시킨 가중된 대행렬이 수렴할 때까지 무한머승을 수행하면 <표 5>과 같이 각 평가요소에 대한 가중치 정보를 얻을 수 있다. 여기서 DM(Decision Maker)은 의사 결정자를 의미하는 것으로서 데이터 수집대상으로 선택한 특허 전문가를 의미한다. 설문을 통한 ANP 모형의 결과를 보면,

대부분의 DM들은 투입요소에서는 연구개발비용을 가장 중요하게 판단하였으며, 산출요소에서는 특허 수를 가장 중요하게 판단한 것으로 나타났다.

<표 4> 특허 수 측면에서의 쌍대비교

항목 (A)	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목 (B)	고유벡터	
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)				
기업 규모																				연구개발 비용	기업 규모 0.188
기업 규모																				직원 수	연구개발비용 0.731
연구개 발비용																				직원 수	직원수 0.081

C.R.=0.06239

<표 5> ANP를 사용하여 도출된 각 평가요소의 가중치

	투입요소			산출요소		
	기업규모	연구개발비용	직원 수	특허 수	피인용 수	청구항 수
DM 1	0.0323	0.0807	0.0120	0.4081	0.1193	0.3476
DM 2	0.1226	0.1501	0.0607	0.2896	0.1835	0.1936
DM 3	0.0397	0.0862	0.0170	0.3987	0.1431	0.3153
DM 4	0.0235	0.0702	0.0089	0.4374	0.3673	0.0928
DM 5	0.0475	0.1197	0.0188	0.3888	0.1627	0.2624
DM 6	0.0767	0.1421	0.0313	0.3281	0.2073	0.2146
DM 7	0.0650	0.1593	0.0258	0.3226	0.2297	0.1976
DM 8	0.0414	0.1012	0.0174	0.4097	0.3081	0.1222
DM 9	0.0550	0.1072	0.0238	0.3660	0.2741	0.1739

#### 4. DEA-AR 모형의 수행 과정

다수의 의사결정자에 의해 도출된 가중치를 DEA-AR 모형에 반영하는 일반적인 방법은, 특정 한 요소를 기준으로 다른 요소에 대한 가중치 비율을 구하고 그 최대·최소 값을 상·하한 값으로 정하는 것이다. 예를 들어, <표 5>의 DM1의 투입요소의 가중치 비



율을 구한다고 하면, 임의로 기업규모 요소를 기준으로 지정하여 ‘연구개발비용의 가중치/기업규모의 가중치(0.0807/0.0323)’, ‘직원 수의 가중치/기업규모의 가중치(0.0120/0.0323)’과 같이 계산한다. 이와 같은 방법으로 다른 DM의 각 요소에 대한 가중치 비율을 구한 후 최대·최소값을 계산하면 <표 6>과 같이 모든 요소에 대한 가중치 비율의 상·하한 값을 얻을 수 있다.

<표 6> 가중치 비율의 하한 값과 상한 값

가중치 비율	연구개발비용/기업규모	직원 수/기업규모	과인용 수/특허 수	청구항 수/특허 수
하한 값	1.2238	0.3711	0.2923	0.2121
상한 값	2.9940	0.4946	0.8397	0.8517

## 5. DEA모형과 ANP/DEA 통합모형의 수행

본 연구에서 사용한 ANP/DEA 통합모형의 신뢰성과 특허성과 평가의 결과 분석을 위하여 다음과 같이 세 가지 경우를 고려한다. ‘Case A’는 평가요소에 대한 가중치 정보가 CCR기반의 DEA를 활용한 경우에 해당한다. ‘Case B’와 ‘Case C’는 ANP를 통해 도출된 평가요소 가중치를 반영하여 DEA-AR모형을 수행하며, 이 중 ‘Case B’는 산출요소만을, ‘Case C’는 투입과 산출요소를 모두 고려한 경우에 해당한다. 이때, ‘Case A Vs. Case C’의 비교는 ANP/DEA 통합모형의 신뢰성 검증에 사용되며, ‘Case B’와 ‘Case C’의 비교는 투입 대비 산출 비교를 통한 기업규모와 특허성과의 관계 파악에 사용된다. <표 7>은 세 가지 경우의 실험결과를 정리한 것이며, <표 8>은 실험결과를 정리한 것이다.

<표 7> 실험 계획

	Case A	Case B	Case C
모형	DEA(CCR)	ANP/DEA	ANP/DEA
투입요소	○	×	○
산출요소	○	○	○
평가요소에 대한 가중치	사용 안함	ANP결과 활용	ANP결과 활용

<표 8> 실험결과

DMU	Case A		Case B		Case C	
	효율성	순위	효율성	순위	효율성	순위
GM	0.6999	5	0.6821	4	0.3537	7
포드	0.9375	2	1.000	1	0.5474	3
토요타	0.6040	6	0.7253	3	0.4168	4
다임러	0.0555	14	0.0551	11	0.0314	14
폭스바겐	0.0680	13	0.0579	10	0.0382	13
닛산	0.8351	3	0.4730	5	0.5948	2
혼다	1.000	1	0.9023	2	1.000	1
푸조	0.0541	15	0.0223	14	0.0282	15
현대	0.7273	4	0.1552	6	0.3538	6
보쉬	0.1364	11	0.0651	9	0.0789	11
BMW	0.0771	12	0.0430	13	0.0521	12
덴소	0.5905	7	0.1477	7	0.3638	5
스즈키	0.3219	9	0.0495	12	0.2512	8
마츠다	0.1416	10	0.0194	15	0.1187	10
델파이	0.5697	8	0.0750	8	0.1582	9

### 5.1 ANP/DEA 통합모형의 신뢰성 검증

ANP/DEA 통합모형의 다수의 평가요소에 대한 상대적인 중요도 반영과 종합적인 결과 도출에 관한 신뢰성 검증을 위하여, 'Case A Vs. Case C'를 비교 하였다. <표 8>의 실험결과를 보면 'Case A Vs. Case C'의 혼다를 제외한 모든 기업의 기술혁신 효율성이 떨어진 것을 볼 수 있다. 이것은 ANP로부터 도출된 투입 및 산출요소의 가중치의 상·하한 값이 반영된 DEA-AR 제약식에 의하여 생산가능 집합이 변경되면서 야기된 것이다. 일반적으로 DEA 모형에서는 일부 요소에 가중치가 편중되어 할당됨으로써 다른 요소의 가중치가 '0'으로 부여되기도 한다. 그러나 이 같은 결과는 다수의 요소가 골고루 고려된 평가라고 할 수 없다.

실제, 일부기업의 투입 및 산출요소에 대한 가중치 정보를 보여주는 <표 9>를 보면, ANP의 가중치를 활용하지 않은 'Case A'의 경우에는 가중치에 '0'값이 나타나는 것을 볼 수 있다. 즉, 평가대상 기업에게 상대적으로 유리한 요소에 다른 기업보다 극단적으로 높은 가중치를 부여하고 다른 요소에 대해서는 터무니없이 작은 가중치를 부여한 것이다. 반면, ANP모형을 통해 도출된 가중치를 반영한 'Case C'는 모든 투입 및 산출요소

에 극단적인 가중치가 부여되는 경우가 없음을 확인할 수 있다. 또한, <표 6>에서 연구 개발비용과 특허 수에 대한 가중치가 다른 요소 가중치에 비하여 상대적으로 중요하게 산정되었는데, <표 9>에서 이를 확인할 수 있다.

<표 9> 투입 및 산출요소 가중치\* 정보

기업	Case	기업규모	연구개발비용	직원 수	특허 수	피인용 수	청구항 수
현대	A	0.00	0.00	0.26	158.73	0.00	0.00
	C	0.28	0.85	0.14	19.41	5.68	16.54
닛산	A	0.00	3.22	0.00	0.00	0.00	6.35
	C	0.10	0.30	0.04	6.19	1.81	5.28

\*단위: 10<sup>-4</sup>

<표 10>의 일부기업의 투입 및 산출요소에 대한 벤치마킹 기준점 정보를 보면, ‘Case A’에서는 일부 요소에 대하여 극단적으로 벤치마킹하는 경향을 확인할 수 있다. 반면, ‘Case C’에서는 ‘Case A’에 비하여 상대적으로 투입요소의 감축 수준은 작고 산출요소의 증가 수준은 높아진 결과로서, 현실적으로 반영할 수 있는 기업의 투입수준과 산출수준을 제시함을 확인할 수 있다. 이와 같이 ANP/DEA 통합모형의 결과들은 각 평가요소에 대하여 전문가의 의견이 반영된 보다 현실적이며 객관적인 평가라고 할 수 있다.

<표 10> 일부 기업의 투입 및 산출요소 벤치마킹 기준점 정보(편차)

기업	Case	참조집합	기업규모*	연구개발비용*	직원 수	특허 수	피인용 수	청구항 수
현대	A	혼다	-34,855	-18	0	24	315	367
	C	혼다	-17,138	903	29,178	71	546	834
닛산	A	혼다	-23,549	0	-42,939	80	374	311
	C	혼다	-1,204	1,163	-6,136	139	664	900

\*단위 : 백만 달러

## 5.2 특허성과 평가의 결과 분석

### 5.2.1 기술혁신 효율성 측면

토요타는 세계최초의 양산형 하이브리드 자동차인 프리우스를 시작으로 현재까지 하

이브리드 자동차 시장을 석권하고 있지만, 투자 대비 특허성과 측면에서는 1위가 아닌 것으로 나타났다. 이는 최근 다수의 후발 기업들이 자사만의 자체 기술력을 바탕으로 다양한 하이브리드 기술을 개발하고, 이를 특허화한 노력과 전기 자동차를 출시하는 등 선두 기업과의 격차를 줄이려는 다각적인 노력을 했기 때문으로 추정된다. 그 예로, <표 11>의 주요 후발 기업들의 출시 차량과 판매량을 보면 ‘Case C’에서 1위가 혼다인데, 이 기업은 토요타에 이어 2번째로 많은 판매량을 기록하고 있으며 다양한 그린 카를 판매하고 있다. 2위인 닛산은 3위인 포드에 비하여 판매량이 적긴 하나, 현재 전기 자동차 시장을 독점하는 등, 투자 대비 성과 측면에서 우수한 것으로 나타났다. 그 밖의 후발 기업들도 연비와 가격적인 측면에서도 경쟁력을 갖추기 위해 노력하고 있다. 그 예로, GM이나 폭스바겐 등, 내로라하는 글로벌 기업을 제치고 6위를 차지한 현대를 들 수 있다. 2011년 조사된 바에 의하면 현대의 YF 쏘나타 하이브리드는 경쟁차종인 토요타의 캠리 하이브리드보다 1,255달러 저렴하고 연비는 5mpg(miles per gallon) 차이로 더 우수했다(장철홍, 2011). 이는 실험결과에서도 볼 수 있듯이 현대가 최근 들어 괄목할만한 성장을 했기 때문으로 추정된다.

<표 11> 주요 기업의 그린 카 출시 차량과 판매량

	주요 그린 카	2003-2012년 판매량*
토요타	프리우스, 캠리, 렉서스, 하이랜더	1,528,463
혼다	씨빅, 인사이트, 어코드, CR-Z	309,999
닛산	알티마, 리프	50,511
포드	이스케이프, 퓨전	170,364
현대	YF 쏘나타	30,239

\*출처: hybridcars.com (2012년 6월 30일 미국기준)

### 5.2.2 벤치마킹 기준점 측면

<표 10>의 벤치마킹 기준점 정보를 사용하면 각 기업의 투입 및 산출요소에 대한 순위와 열위가 파악된다. ‘Case C’에서 ‘비효율적’으로 판정된 닛산을 예로 들면, 닛산은 참조집합인 혼다를 벤치마킹한 결과, 기업규모가 1,204백만 달러, 직원 수가 6,136명만큼 과다 투입임을 알 수 있으며, 연구개발비용은 1,163백만 달러만큼 과소 투입임을 알 수 있다. 또한, 각 산출요소에 대하여 139, 664, 900만큼의 산출 부족량을 파악할 수 있는데, 이는 다음과 같은 의미를 가진다. 특허 수에 비하여 상대적으로 증가시켜야 할 피인용수와 청구항 수가 많다는 것은 기초연구를 통한 그린 카 원천기술 획득의 필요성과 연구

개발을 통해 획득한 기술의 세세한 부분까지 실질적인 권리 보호를 위한 노력이 필요하다는 것이다.

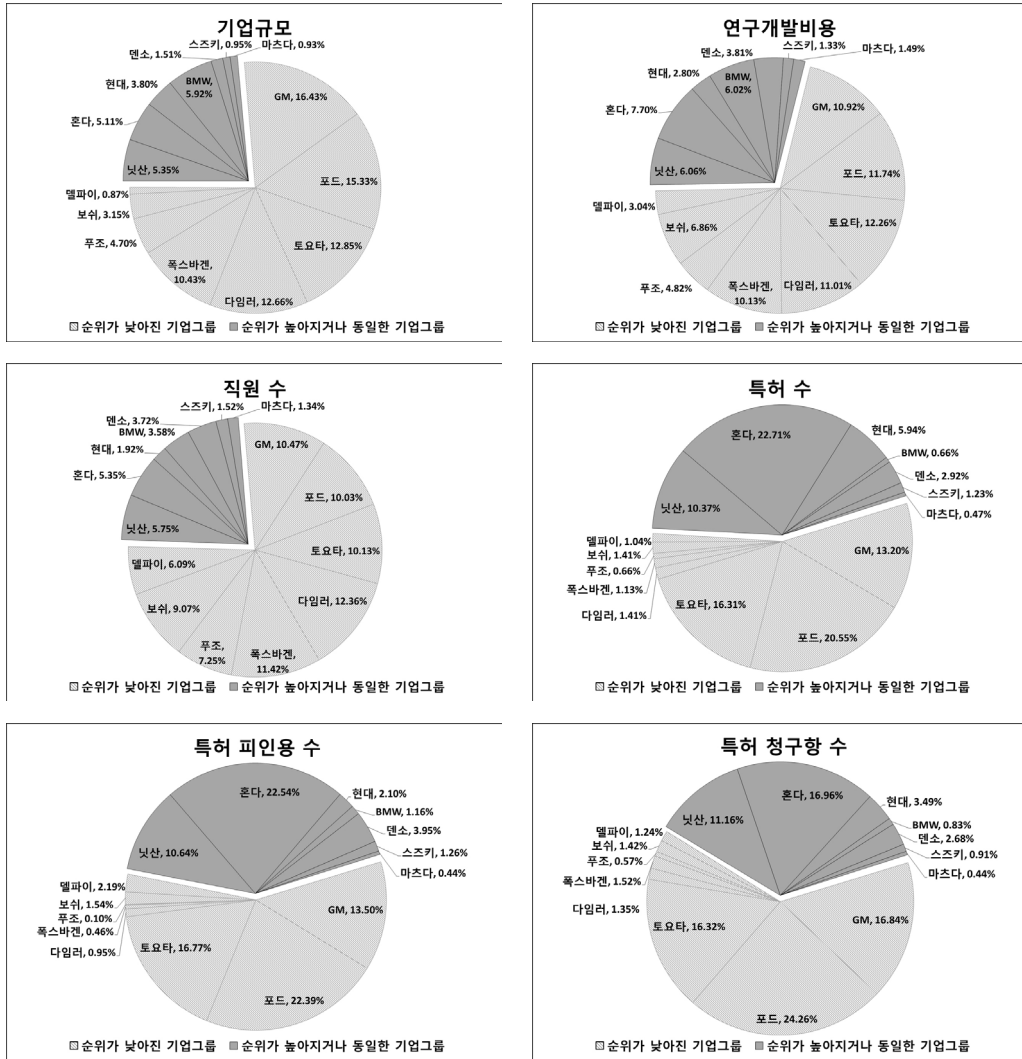
### 5.2.3 투입요소 고려 여부 측면

산출요소만 고려한 경우와 투입 및 산출요소를 모두 고려한 경우 간의 순위를 비교하고 그 의미를 분석해 보았다. <표 8>의 실험결과를 토대로 <표 12>와 같이 정리한 것이며, 투입요소를 고려함에 따라 순위가 낮아진 기업 그룹과 그렇지 않은 기업 그룹으로 구분하여 분석하였다. 또한, 분석을 위해 투입요소와 산출요소 각각에 대하여 ‘순위가 낮아진’기업그룹과 ‘순위가 높아지거나 동일한’기업그룹이 차지하는 비중을 파악하였다. <그림 4>는 이를 도시한 것이다.

<표 12> 순위 변동에 따른 기업 구분

Case	순위가 낮아진 기업그룹	순위가 높아지거나 동일한 기업그룹
B Vs. C	GM, 포드, 토요타, 다임러, 폭스바겐, 푸조, 보쉬, 델파이	닛산, 혼다, 현대, BMW, 텐소, 스즈키, 마츠다

‘순위가 낮아진’기업그룹은 3개의 투입요소(기업규모, 연구개발비용, 직원 수)항목에서 차지하는 비중이 각각 76.43%, 70.78%, 76.82%로, 산출요소(특허 수, 피인용 수, 청구항 수)항목에서 차지했던 비중인 50.70%, 57.91%, 63.52%보다 대체로 큰 것으로 나타났다. 이는 이들 기업의 산출에 비하여 기업규모가 크고 연구개발비용이나 직원 수가 많음을 의미하고, 결과적으로 산출만 고려하는 경우에 비해 투입 대비 특허성과가 크지 않음을 뜻한다. 일례로 토요타의 경우 ‘Case B’와 ‘Case C’의 비교에서 효율성 값이 0.7253에서 0.4168로 낮아지지만(3위→4위), 닛산의 경우 0.4730에서 0.5948로 증가하여 순위가 높아짐(5위→2위)을 확인할 수 있다. 그리고 이 결과는 닛산이 투입 대비 특허성과의 효율 측면에서 우수하다는 것을 의미한다. 이 같은 결과는 GM, 폭스바겐과 같이 규모가 큰 기업의 경우에서도 확인할 수 있다. 한편, 이상의 분석 결과는 ‘순위가 높아지거나 동일한’ 기업 그룹의 경우에서도 확인할 수 있다. 즉, 이 그룹에 속한 기업들의 경우 3개의 투입요소 항목에서 차지하는 비중이 각각 23.57%, 29.22%, 23.18%인 반면, 산출요소는 각각 44.30%, 42.09%, 36.48%를 차지해서, 투입의 규모에 비해서 대체로 산출이 큼을 알 수 있다.



<그림 4> 각 기업의 투입 및 산출요소 백분율

## V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 특허지표를 고려하여 글로벌 자동차 기업의 그린 카 기술혁신 효율성 평가를 위한 ANP/DEA 통합모형을 제안하였다. 이 모형은 기업규모, 연구개발비용, 직원 수를 투입요소로, 특허 수, 특허 피인용 수, 특허 청구항 수를 산출요소로 고려한

DEA모형을 토대로 하며, ANP를 활용하여 도출한 요소별 가중치를 고려할 수 있도록 하였다.

모형 수행 결과 대체로 일본 자동차 기업들의 기술혁신 성과가 우수한 것으로 나타났으며, 그 뒤를 미국, 한국, 유럽 기업들이 따르는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 그린 카 보급에 가장 적극적인 미국 시장을 일본, 미국, 한국 업체들이 자사의 주요 타겟으로 고려하고 있다는 점이 중요한 배경이 되었을 것으로 추정된다. 그리고 이 결과는 일본 기업들이 그린 카 출시 실적에서 확고한 우위에 있는 점을 고려할 때도 타당성이 있다고 판단된다.

한편, 그린 카 분야에서 상대적으로 기업규모가 작은 기업들이 투입 대비 우수한 성과를 보인 것으로 나타났다. 여기에 속한 대표적인 기업들로 혼다, 닛산, 현대 등을 꼽을 수 있었으며, 특히 여기서 주목할 점은 부품 업체인 덴소가 포함되어 있는 것이다. 이는 덴소가 그린 카 분야 선두업체인 토요타 등과 기술협정을 통해 그린 카 기술개발을 수행하고 있기 때문으로 추정된다. 아울러 이러한 결과는 자동차 업계에서 부품 업체의 중요성이 매우 크다는 사실을 보여준다고 할 수 있다. 따라서 국내의 경우도 완성차 업계에 집중된 그린 카 분야 연구개발 지원이 부품업체로 확대하는 것이 필요하다고 판단된다.

또한, 본 연구에서는 전문가의 의견을 반영하여 가중치 범위를 제시하고, 그로부터 보다 객관적인 벤치마킹 지표를 구하는 방법론을 제시하였다. 아울러 비효율적 영향을 미칠 수 있는 투입, 산출 요소를 파악하고 그 양적 정보를 제공함으로써 효율적 기술경영에 도움을 주고자 하였다. 기업에서 본 연구방법론을 활용한다면, 최고위 기술 경영 및 관리자 등의 의사를 반영하여 기술혁신을 위한 효율성 평가를 객관화 시키고, 도출된 벤치마킹 결과를 기반으로 기업의 기술경영 목표를 설정하여 세부계획을 추진함으로써 효율적 의사결정에 도움이 될 것이다.

이와 같이 본 연구의 ANP/DEA 통합모형을 활용하면, 각 특하지표가 가지고 있는 의미를 포함한 각 기업의 기술혁신 효율성, 벤치마킹 정보, 기업규모와 특허성과와의 관계 등, 다양한 정보를 동시에 획득할 수 있는 장점이 있다. 따라서 연구 목적에 따라 다양한 경영지표 및 특하지표를 조합하여 ANP/DEA 통합모형을 활용한다면, 기업의 경영관리에 필요한 다양한 정보를 보다 쉽게 획득하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 보다 정밀한 특허성과 평가의 결과를 도출하기 위해서는 몇 가지 추가 연구가 필요하다고 판단된다. 첫째, 보다 체계적인 방법으로 투입요소와 산출요소를 선정할 필요가 있다. 먼저 본 연구에서는 자료 확보의 어려움으로 고려되지 못했지만, 지식 산출과 보다 직접적인 영향관계가 있는 R&D 스톡, R&D 인력, 누적 R&D 비용 등을 투입요

소로 고려하는 것이 보다 바람직하다. 또한 산출요소로 사용된 특허 수, 특허 피인용 수, 특허 청구항수의 특허지표는 다소 상호 보완적인 성격이 있어, 벤치마킹 대상의 수가 극소수에 그치는 문제도 나타났다. 따라서 서로 대체되는 성격의 적절한 산출요소를 찾아 고려하면 다소 다른 결과를 도출할 수도 있을 것이다. 또한, 특허로 인한 질적 성과를 고려할 수 있는 다른 평가 척도, 예컨대 특허 기술에 의한 자동차 성능의 개선 크기나 부가 가치 창출의 규모에 대한 자료를 확보할 수 있다면 이들 요소를 고려해야 한다. 둘째, 본 연구에서는 투입과 산출 간의 시차를 정확히 파악하는 데 어려움이 있어, 투입 후 산출이 도출되는 시차를 정확히 감안하지 않았지만, 그 시차 효과를 계량적으로 분석하여 그 결과를 활용한다면 투입과 산출 간의 인과관계를 보다 명확히 고려할 수 있을 것이다.



# 참고문헌

## (1) 국내문헌

- 김재관·김승권 (2007), “DEA-AR 기반의 부동산 가격 평가모형”, 『한국주택학회』, 제15권, 제1호, pp. 29-61.
- 녹색성장위원회 (2009), “국가 온실가스 중기(2020년) 감축목표의 설정방안”, 관계부처 합동, 제6차 녹색성장위원회 보고.
- 녹색성장위원회 (2010), “세계 4대 도약을 위한 그린카 산업 발전전략 및 과제”, 관계부처 합동, 제10차 녹색성장위원회 보고.
- 박석중, 김정화, 정상기 (2011), “과학기술적 성과 관점에서 정부 R&D사업 효율성 분석에 관한 연구”, 『기술혁신학회지』, 제14권, 제2호, pp 205-222.
- 박수동, 이덕주 (2003), “비모수적 방법을 이용한 OECD 국가별 R&D효율성과 생산성 분석”, 『기술혁신연구』, 제11권, 제2호, pp. 151-174.
- 이기상 (2011), “그린카 개발 동향”, 『오토저널』, 제33권, 제3호, pp. 18-29.
- 장철홍 (2011), “하이브리드차 기술과 시장의 변화”, 『한국자동차산업연구소 CEO Report』, 제15권.
- 조창엽·이유미·신현주·박희전 (2005), “특허분석지표로서 청구항의 유효성 검증”, 『Patent21』, 제64권, pp. 14-21.

## (2) 국외문헌

- Albert, M. B., Avery, D., Narin, F. and McAllister, P. (1991), “Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents”, *Research Policy*, Vol. 20, pp. 251-259.
- Breitzman, A. F. and Mogege, M. E. (2002), “The many applications of patent analysis”, *Journal of Information Science*, Vol. 28, No. 3, pp. 187-205.
- Carpenter, M. P., Narin, F. and Wolf, P. (1981), “Citation Rates to Technologically Important Patents”, *World Patent Information*, Vol. 3, pp. 160-163.
- Charnes, A., Copper, W. W. and Rhodes, E. L. (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2 No. 6, pp. 429-444.
- Chen, M. C., Cheng, S. J. and Hwang, Y. (2005), “An empirical investigation of the relationship between intellectual capital and firms’ market value and financial performance”, *Journal of Intellectual Capital*, Vol. 6 No. 2, pp. 159-76.
14. Chen Y. S. and Chen B. S.(2007), “Evaluating the Patent Performance of the Computer

Communication Equipment Industry in United States”, *PICMET*.

- Cohen, W. M. and Klepper, S. (1996), “A reprise of size and R&D”, *The Economic Journal*, Vol. 106, No. 437, pp. 925-951.
- COOPER, W. W., SEIFORD, L. M. and TONE, K. (2007), *Data Envelopment Analysis: A comprehensive Text with Models Applications, References and DEA-Solver Software*, New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Del Monte, A. and Papagni, E. (2003), “R&D and the growth of firms: empirical analysis of a panel of Italian firms”, *Research Policy*, Vol. 32, pp. 1003-1014.
- Harhoff, D., Scherer, F. and Vopel, K. (2003), “Citation, Family Size, Opposition, and the Value of Patent Rights”, *Research Policy*, Vol.32, pp. 1343-1363.
- <http://search.wips.co.kr/>. Accessed on September 1, 2012.
- [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20101208170217/http://www.innovation.gov.uk/rd\\_scoreboard/?p=31](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20101208170217/http://www.innovation.gov.uk/rd_scoreboard/?p=31). Accessed on September 1, 2012.
- <http://hybridcars.com/market-dashboard.html>. Accessed on September 1, 2012.
- Ernst, H. (1995), “Patenting strategies in the German mechanical engineering industry and their relationship to firm performance”, *Technovation*, Vol. 15, No. 4, pp. 225-240.
- Ernst, H. (2001), “Patent applications and subsequent changes of performance: evidence from time-series cross-section analyses on the firm level”, *Research Policy*, Vol. 30, pp. 143-157.
- Ernst, H. (2003), “Patent information for strategic technology management”, *World Patent Information*, Vol. 25, pp. 233-242.
- Hagedoorn, J. and Cloudt, M. (2003), “Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators?”, *Research Policy*, Vol. 32, No. 8, pp. 1365-1379.
- Huang, A., Chen, H., Yip, A., Ng, G., Guo, F., Chen, Z.-K. and Roco, M. C. (2003), “Longitudinal patent analysis for nanoscale science and engineering: Country, institution and technology field”, *Journal of Nanoparticle Research*, Vol. 5, pp. 333-363.
- Kürtössy, J. (2004), “Innovation indicators derived from patent data”, *Management Science*, Vol. 12, No. 1, pp. 91-101.
- Lanjouw, J. and Schankerman, M. (1999). “The Quality of Ideas: Measuring Innovation with Multiple Indicators”, *NBER Working Paper*, No. W7345.
- Patel, P. and Pavitt, K. (1991), “Large Firms in the Production of the World’s Technology: An Important Case of “Non-Globalisation””, *Journal of International Business Studies*, Vol. 22, No. 1, pp. 1-21
- Pavitt, K. (1985), “Patent Statistics as Indicators of Innovative Activities: Possibilities and

- Problems”, *Scientometrics*, Vol. 7, No. 1-2, pp. 77-99.
- Saaty, T. L. (2001), *Decision Making With Dependence And Feedback, The Analytic Network Process*, PA: RWS Publications.
- Schumpeter, J. A. (1950), *Capitalism, Socialism and Democracy*, New York: Harper.
- Tsai, K. H. (2005), “R&D productivity and firm size: a nonlinear examination,” *Technovation*, Vol. 25, No. 7, pp. 795-803.
- Tubbs, M. (2007), “The relationship between r&d and company performance”, *Research-Technology Management*, Vol. 50, No. 6, pp. 23-30.
- Thompson, R. G., Singleton, F. D., Thrall, R. M. and Smith, B. A. (1986), “Comparative site evaluations for locating a high-energy physics LAB in Texas”, *Interfaces*, Vol. 16, No. 1, pp. 35-49.
- Tong X. and Frame, J. D. (1994), “Measuring National Technological Performance with Patent Claims Data”, *Research Policy*, Vol. 23, pp. 133-141.
- Trajtenberg, M. (1990), “A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations”, *Rand Journal of Economics*, Vol. 21, pp. 172-187.
- Wang, E. C. (2007), “R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using the stochastic frontier approach”, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 29, pp. 345-360.
- Wang, E. C. and Huang, W. (2007), “Relative efficiency of R&D activities: A cross-country study accounting for environmental factors in the DEA approach”, *Research Policy*, Vol. 36, pp. 260-273.

□ 투고일: 2012. 10. 22 / 수정일: 2012. 12. 10 / 게재확정일: 2012. 12. 13

## <별 첨>

### 1. 제Ⅳ장 4.3절의 DM3에 대한 대행렬

<부록 표 1> DM3의 가중되지 않은 대행렬

	특허 수	피인용 수	청구항 수	기업규모	연구개발비용	직원 수
특허 수	0.0000	0.7500	0.8333	0.6738	0.7418	0.5396
피인용 수	0.2500	0.0000	0.1667	0.1007	0.0752	0.1634
청구항 수	0.7500	0.2500	0.0000	0.2255	0.1830	0.2970
기업규모	0.1884	0.2081	0.2553	0.0000	0.7500	0.1000
연구개발 비용	0.7306	0.6608	0.6434	0.8750	0.0000	0.9000
직원 수	0.0810	0.1311	0.1013	0.1250	0.2500	0.0000

<부록 표 2> DM3의 가중된 대행렬

	특허 수	피인용 수	청구항 수	기업규모	연구개발비용	직원 수
특허 수	0.0000	0.6563	0.7292	0.5054	0.5564	0.4047
피인용 수	0.2188	0.0000	0.1458	0.0755	0.0564	0.1226
청구항 수	0.6563	0.2188	0.0000	0.1692	0.1372	0.2227
기업규모	0.0236	0.0260	0.0319	0.0000	0.1875	0.0250
연구개발 비용	0.0913	0.0826	0.0804	0.2188	0.0000	0.2250
직원 수	0.0101	0.0164	0.0127	0.0313	0.0625	0.0000

<부록 표 3> DM3의 수렴된 극한 대행렬

	특허 수	피인용 수	청구항 수	기업규모	연구개발비용	직원 수
특허 수	0.3987	0.3987	0.3987	0.3987	0.3987	0.3987
피인용 수	0.1431	0.1431	0.1431	0.1431	0.1431	0.1431
청구항 수	0.3153	0.3153	0.3153	0.3153	0.3153	0.3153
기업규모	0.0397	0.0397	0.0397	0.0397	0.0397	0.0397
연구개발 비용	0.0862	0.0862	0.0862	0.0862	0.0862	0.0862
직원 수	0.0170	0.0170	0.0170	0.0170	0.0170	0.0170

## 2. 제Ⅳ장 4.3절의 ANP 분석을 위한 설문지

1) 평가 기준에 대한 영향력 평가입니다. 특허성과 평가 시 어느 기준의 영향력이 크다고 생각합니까? (○로 표시해주세요.)

항목	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
투입요소																		산출요소	

2) 평가 항목에 대한 영향력 평가입니다. 특허 수에 대하여 어느 항목의 영향력이 크다고 생각합니까? (○로 표시해주세요.)

항목 (A)	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목 (B)
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
기업규모																		연구개발비용	
기업규모																		직원 수	
연구개발비용																		직원 수	
피인용수																		청구항수	

3) 평가 항목에 대한 영향력 평가입니다. 특허 피인용 수에 대하여 어느 항목의 영향력이 크다고 생각합니까? (○로 표시해주세요.)

항목 (A)	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목 (B)
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
기업규모																		연구개발비용	
기업규모																		직원 수	
연구개발비용																		직원 수	
특허수																		청구항수	

4) 평가 항목에 대한 영향력 평가입니다. 특히 청구항 수에 대하여 어느 항목의 영향력이 크다고 생각합니까? (○로 표시해주세요.)

항목 (A)	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목 (B)
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
기업규모																		연구개발비용	
기업규모																		직원 수	
연구개발비용																		직원 수	
특허수																		피인용수	

5) 평가 항목에 대한 영향력 평가입니다. 기업규모에 대하여 어느 항목의 영향력이 크다고 생각합니까? (○로 표시해주세요.)

항목 (A)	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목 (B)
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
특허수																		피인용수	
특허수																		청구항수	
피인용수																		청구항수	
연구개발비용																		직원수	

6) 평가 항목에 대한 영향력 평가입니다. 연구개발비용에 대하여 어느 항목의 영향력이 크다고 생각합니까? (○로 표시해주세요.)

항목 (A)	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목 (B)
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
특허수																		피인용수	
특허수																		청구항수	
피인용수																		청구항수	
기업규모																		직원수	

7) 평가 항목에 대한 영향력 평가입니다. 직원 수에 대하여 어느 항목의 영향력이 크다고 생각합니까? (○로 표시해주세요.)

항목 (A)	A의 영향력이 크다									B의 영향력이 크다									항목 (B)
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
특허수																		피인용수	
특허수																		청구항수	
피인용수																		청구항수	
기업규모																		연구개발비용	