

# Supplier Selection using DEA-AHP Method in Steel Distribution Industry

Jinkyu Park · Pansoo Kim<sup>†</sup>

School of Business, Kyungpook National University

## DEA AHP 모형을 통한 철강유통산업에서의 공급업체 선정

박진규 · 김판수<sup>†</sup>

경북대학교 경영학부

Due to the rapid change of global business environment, the growth of China's steel industry and the inflow of cheap products, domestic steel industry is faced on downward trend. The change of business paradigms from a quantitative growth to a qualitative product is needed in this steel industry. In this environment, it is very important for domestic steel distribution companies to secure their competitiveness by selecting good supply companies through a efficient procurement strategy and effective method. This study tried to find out the success factors of steel distribution industry based on survey research from experts. Weighted values of each factors were found by using AHP (analytic hierarchy process) analysis. The weighted values were applied to DEA(data envelopment analysis) model and eventually the best steel supply company were selected. This paper used 29 domestic steel distribution firms for case example and 5 steps of decision process to select good vendors were suggested.

This study used quality, price, delivery and finance as a selection criteria. Using this four criterions, nine variable were suggested. Which were product diversity, base price, discount, payment position, average delivery date, urgency order responsibility and financial condition. These variables were used as a output variable of DEA. Sales and facilities were used as an input variable. Pairwise comparison was conducted using these variables. The weighted value calculated by AHP pairwise comparison were used for DEA analysis. Through the analysis of DEA efficiency process, good DMU (decision making unit) were recommended as a steel supply company. The domestic case example was used to show the effectiveness of this study.

**Keywords** : Steel Distribution Industry, Data Envelopment Analysis, Analytic Hierarchy Process

### 1. 서론

자동차, 조선, 기계 등 제조업의 근간이 되는 ‘산업의 쌀’이라 불리는 철강 산업은 한국의 5대 제조업 중의 하나이다. 한국철강협회의 자료에 따르면 1980년도 우리나라의 조강생산량은 8백 60만 톤의 규모로 세계 조강생산

량의 1.2% 수준이었지만 지속적인 설비 투자와 정부의 지원 등으로 2014년에는 세계 5위의 조강생산량을 갖춘 철강대국으로 성장하였으며, 2014년 기준 우리나라 국민 1인당 철강재 소비량은 1,082kg으로 세계에서 가장 많은 소비량을 기록하고 있다.

2015년 2분기에 접어들면서 47년 만에 적자가 발생한 POSCO의 근황과, 이에 비해 2015년 1억 1,240만 톤으로 사상처음 1억 톤 이상의 수출을 달성하고, 한국에 13,496 톤으로 제일 많은 수출량 비중을 두고 있는 중국 철강 산업의 발전, 그리고 조선업의 침체 등을 고려했을 때,

국내 철강 산업은 어려운 상황이라고 할 수 있다. 또한, 어려운 국내 철강 산업 내에 있는 철강 유통업체들 역시 현재 위기에 직면해있는 상황이다.

철강 유통산업은 그 업체 수가 국내에 약 4,000개 내외로 매우 많으며, 취급하는 철강 제품 또한 품목별로는 약 25가지로 분류된다. 이러한 각각의 품목들은 다양한 소재와 사이즈로 생산될 수 있으므로 취급 제품의 수는 무수히 많다고 볼 수 있다. 국내 철강 산업에 속한 기업들은 더욱 복잡해지고 있는 철강 산업 공급사슬 속에서, 경쟁우위를 확보하기 위해 많은 기업자원을 투자하고 있으며, 특히 효과적인 구매전략의 강조는 더욱 중요시 되어 오고 있다. 따라서 가장 효율적인 공급업체 선정을 통해 최대의 이익을 창출하여 기업이 경쟁우위를 확보하는 것이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 공급업체를 선정하기 위한 다양한 분석 모형들 가운데 실무에서 쉽게 적용할 수 있는 DEA와 AHP 분석을 통하여 가장 효율적인 공급업체를 선정해보는 것으로 전략적 시사점을 제시하고자 한다. 본 논문은 제 1장 서론에 이어, 제 2장에서 한국 철강유통업체의 특징 및 현황과 공급자 선정 기준에 대한 선행연구를 고찰하며, 제 3장에서는 연구의 구성 및 설계, 제 4장에서 연구의 분석 및 결과를 살펴보고, 마지막 제 5장 결론에서는 도출된 연구결과를 요약하고 본 연구의 시사점 및 한계점에 대하여 제시할 것이다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 국내 철강 산업과 철강 유통산업의 현황

우리나라의 철강 산업은 <Table 1>에서 보는 것처럼 1973년 포항제철에서 시작되어 8백 60만 톤의 조강생산량으로 시작해 2014년 7천 100만 톤의 조강생산량으로 러시아를 제치고 세계 5위를 달성하는 비약적인 성장을 이루어 왔다. 하지만 2000년부터 지속적인 성장을 해오며 철강 산업 내 조강 생산량 세계 1위의 자리를 유지하고 있는 중국은 내수 시장 경기의 침체로 인해 과잉 생산된 철강재들을 저렴한 가격으로 해외로 밀어내고 있으며, 2016년 포스코 경영연구원의 자료에 의하면, 2015년 중국의 10대 수출국 중에 한국이 13,496천 톤으로 10개 나라들 중 가장 많은 양을 받아들이고 있는 실정이다. 따라서 한국의 철강 산업은 더 이상 양적인 성장보다는 제품의 고급화를 통하여 경쟁 우위를 확보하는 성장으로 방향을 돌리고 있다.

국내의 철강 산업은 통계청 자료인 KSIC(한국표준산업분류)에서 1차 철강 산업(241)로 분류되며, 제철 및 제

<Table 1> Crude Steel production of KOREA

(Unit : Millions, %)

YEARS	1980	1990	2000	2010	2014
WORLD	716.4	770.4	850.2	1,432.8	1,665.2
KOREA	8.6	23.1 (3.0)	43.1 (5.1)	58.9 (4.1)	71.5 (4.3)

Data : Worldsteel's homepage, www.worldsteel.org.

강업(2411), 철강의 압출, 압연, 연신제품의 제조업(2412)와 철강관 제조업(2413), 그리고 기타 철강 산업(2419)으로 세분된다. 철강 산업 내의 제품군으로는 판재류, 봉형강류, 강관류로 구분되며, 여기에서 철근, 봉강, 형강, 선재, 중후판, 열연강판, 냉연강판, 강관, 주조 및 단조 등으로 다시 세분된다. 한국철강협회에서는 철강제품을 세부적으로 25개로 분류하고 있다.

다양한 철강 제품군들 중 소재에 의한 구분의 예시로 본 연구에서 실증연구의 대상이 되는 스테인리스 소재의 경우, 주성분에 따라 크게 크롬계와 크롬-니켈계로 구분되며 여기서 크롬계는 다시 13Cr계와 18Cr계로, 크롬-니켈계는 18Cr-8Ni계와 16Cr-7Ni-1A1계로 구분된다. 현재 국내의 스테인리스 소재 제품은 합금원소에 따라 대략 150여 개의 제품으로 분류되며 현재에도 계속해서 신강종이 개발되고 있는 실정이다. 또한 세분화된 제품들은 치수별로 구분이 되며, 소재의 특성에 따라 사용처가 모두 다르기 때문에 대형 종합유통업체를 제외하고는 각 유통업체들은 특정한 제품군을 담당하여 사업을 영위한다.

국내의 철강유통업체는 2011년 하나금융연구소의 김우진에 의하면 일반적인 유통업체와는 다르게 전단(Shearing) 또는 절단(Slitting) 등의 가공처리를 거쳐 소비자가 원하는 형태의 제품으로 재생산하여 전달하므로 SSC(Steel Service Center)로 불린다. 이러한 국내 철강 유통업체의 특징으로는 2016년 Joe의 연구[14]에서 내수 중심의 영업활동이 이루어지며, 입지선정을 통한 물류비용 절감이 중요하고, 전 산업의 경기의 변동에 민감한 반응을 가지며, 생산업체와 소비자 사이에서 열위에 존재함으로 생존을 위해서 환경의 변화에 대한 충분한 예측과 이에 대응할 수 있는 대비책을 준비하는 것이 다른 산업에 비해 더욱 중요한 산업이라고 정리하고 있다.

2011년에 발간된 철강유통업체 총람에서는 국내의 철강 유통업체 3,780개를 대상으로 조사를 수행하였다. 이후에는 철강유통업체의 현황에 대한 자료는 아직 나오지 않았으며, 현실적으로 수많은 영세 업체들이 활동하는 구조상 현재 몇 개의 업체가 존재하는 지를 확인하는 것은 불가능하다고 볼 수 있다. 경쟁이 치열해진 국내 철강 산업 환경 내에서 다양한 제품군을 취급하는 수많은 철강유통업체들 중 가장 효율적인 최적의 공급업체를 선정하여 기업의 구매 경쟁력을 확보하는 것이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

## 2.2 공급자 선정 기준 및 세부요인

1966년 Dickson의 연구[9]에서는 공급자 선정을 위한 대표 선정기준을 문헌조사를 통하여 23개로 요약 하여 구매 담당자와의 설문을 통해 우선순위를 제시하였으며 품질, 가격, 납기, 과거의 실적이 가장 중요한 선정요인임을 밝혔다. 이어 1982년 Lehmann의 연구[17]와 1994년 Wilson의 연구[21]에서 대부분의 연구자들이 공급자 선정을 위한 선정기준에서 Dickson[9]의 23개의 선정기준들을 따르고 있으며, 품질, 가격, 인도, 그리고 서비스가 공통적으로 포함된다는 것이 확인 되었다.

1990년 Ellram의 연구[10]에서는 공급자와 구매자의 관계개선을 위해 가격, 품질, 재무, 납기 등의 정량적 요소뿐만 아니라 경영 문화, 재정의 안정성, 지리적 접근성 등의 정성적인 요인 또한 충분히 고려되어야 한다고 하였다. 1996년 Choi와 Hartley의 연구[7]에서는 Dickson의 연구에 태도와 관계 기준을 추가하여 23개의 기준을 분석에 사용하였으며, 요인분석을 통해 재정 상태와, 관계, 유연성, 일치성, 기술력, 서비스, 가격 그리고 신뢰성의 8개 요인을 추출하였다.

2009년 Jang and Kim의 연구[13]에서는 자동차 부품 산업에서 AHP 분석을 통한 공급자 선정 관리 및 주문량 배분을 위해 가격, 품질, 납기, 서비스, 생산기술, 그리고 공신력을 평가기준으로 선정하였으며. 2011년 Junk의 연구[15]에서는 Fuzzy ANP 모형을 통하여 공급업체의 우선순위를 선정하기 위한 대안으로 비용, 품질, 납기, 유연성, 그리고 혁신능력을 포함하였다.

기존의 선행 연구들에서 선정기준에 포함되는 세부요인들에 관한 연구들을 확인할 수 있었는데, 주요 연구들로는 2008년 Chan et al.의 연구[4]에서 기존의 공급업체 선정기준인 가격, 품질, 납기의 세부요인으로 관세를 추가하고 위험요소 기준의 세부요인에 정치적 안정 및 외교 정책, 환율 등을 추가하였다. Chan et al.[4]의 연구에서 공급업체 선정기준 및 세부요인들을 정리한 내용은 다음의 <Table 2>와 같다.

2003년 장은진의 원자재 공급업체 선정에 관한 실증연구[12]에서는 AHP 분석을 통해 가장 효율적인 공급업체를 선정하여 최대이익을 창출하기 위한 실증연구를 하였으며, 연구에서 사용된 선정기준과 세부요인은 <Table 3>과 같다. 2011년 Kim[16]에서는 기존의 공급자 선정기준에 친환경 문제를 포함한 포괄적인 공급자 선정기준을 고찰하고 공급자와 제조업체 사이의 관계를 실증분석 하였다. 연구에 사용된 대표기준과 세부요인은 <Table 4>와 같다.

이외에도 공급자 선정과 관련된 국내외 다양한 연구가 진행되어오고 있으며 본 연구에서는 기존의 선행연구들을 종합하여 대표 선정기준에 포함되는 세부요인들을

<Table 2> Selection Factors(Global Supplier, Chan et al.[4])

Selection Standards	Detail Factors
Price	Product price, Logistics management costs, Duties and taxes
Quality	Consistency with spec. Product diversity, Ability of quality test, Process capacity
Service	Delivery Reliability, Flexible of sharing information, Responsibility, Customer management
Background	Technology ability, Financial Condition, Facilities and Infrastructure, Market reputation
Risk Factors	Geographical position, Political stability, Diplomatic policy, Exchange rate and Economic position, Terror and Crime rate

<Table 3> Selection Factors(Flaw material supplier, Jang[12])

Selection Standards	Detail Factors
Price	Payment condition, Cooperation with discount, Basic unit price
Delivery	Responsibility with urgency order, Responsibility with fail to stand a test, Responsibility with delivery
Development	Ability of data management, Development management, Reflection of design value, Responsibility with new developments
Quality	Cooperation and Information sharing, Quality improvement effort, Responsibility with after service

<Table 4> Selection Factors(by Manufacturing company, Kim[16])

Selection Standards	Detail Factors
Price	Competitive price, Supplier payment condition, Price Discount
Quality	Quality certification(ISO), Continuous quality improvement ability, Consistent quality level
Delivery	Delivery on time, Comply with orders, Stable supply capacity, Sharing real-time information
Technology	R&D ability, Specialized manufacturing technology, Product innovation technology
Flexibility	Immediate response, Change order accept, Short lead time, Conflict resolution skills
Relationship	Maintain relationship, Relationship closeness, Sincerity and honesty, Participation in new product development
Financial	Financial position, Property debt condition, Profitability, Financial record, Past achievement
Eco-Friendly	Environment certification, Harmful substance test, Green packaging, Environment assessment

철강 유통산업에 10년 이상 종사하고 있는 부장급 이상의 임직원인 전문가들을 대상으로 설문을 진행하여 연구에 사용될 공급업체 세부요인들을 선정하였다.

### 2.3 DEA(Data Envelopment Analysis)

자료포괄분석(DEA)은 단일 투입물과 단일 산출물에서 생산 단위의 효율성 측정을 시도한 Farrell(1957)의 연구 개념에서 시작되었다. 이 개념에는 다수의 투입물과 산출물을 평가하기에는 한계가 존재했으며, 1978년 Charnes et al.[6]에 의해 이러한 단점을 보완한 다수의 투입물과 산출물의 효율성을 측정하기 위한 DEA 모형이 소개되었다. DEA 분석의 기본적인 개념은 다수의 산출요소와 투입요소들로 인해 각각의 비교가 힘든 상황에서 산출요소들의 가중합을 투입요소들의 가중합으로 나누어 DMU들의 상대적인 효율성을 측정하는 선형계획법에 기반한 접근법이다. Charnes et al.[6]의 연구에 의하면, 어떠한 의사결정단위도 1보다 큰 효율성을 가질 수 없고, 각 변수들의 가중치는 0보다 크거나 같다는 제약조건을 가진다. 이러한 기본적인 DEA의 개념을 기반으로 한 분석 모형은 다양한 형태로 개발되었고 최근 Yoo et al.[22]의 연구에서와 같이 폭넓게 적용되고 있다.

Charnes et al.[6]에 의해 개발된 규모에 대한 수익불변을 나타내는 모형인 CCR 모형과 Banker et al.[2]에 의해 개발된 규모에 대한 수익가변을 나타내는 BCC 모형이 있다. 이러한 DEA 모형은 산출량을 고정시켜 투입요소를 얼마나 감소시켜야 효율성이 개선되는지를 확인하는 투입지향 효율성 모델과 투입요소를 고정시켜 산출량을 얼마나 증가시킬 수 있는지를 측정하는 산출지향 효율성으로 구분된다.

CCR 모형과 BCC 모형의 효율성 값을 통하여 규모의 효율성(SE : Scale Efficiency)을 구할 수 있다. 규모의 효율성은 CCR 모형을 통해 구한 기술효율성(TE)값을 BCC 모형을 통한 순수기술효율성(PTE)으로 나누어 줌으로 구할 수 있으며 이를 통해 평가 대상의 비효율이 관리자의 경영 문제로 발생하는 것인지 또는 대상의 규모로 인하여 발생하는 상황에 의한 것인지를 판별할 수 있게 한다.

1992년 Charnes et al.[5]이 효율적인 DMU들을 분류하기 위해 민감도 분석을 적용한 초효율성에 대한 연구를 제시하면서 1993년 Andersen and Petersen의 연구[1]에서 효율적 DMU의 순위 결정을 위해 초효율성 모형을 제시하였다. 이 모형은 Super CCR 또는 AP 모형으로 불리며 DMU의 순위를 분석하는 데에 주로 이용된다. 초효율성 모형은 평가의 대상이 되는 특정 DMU를 참조집단 안에서 다른 DMU들의 선형조합과 비교하는 것이며 이는 평가되고 있는 특정 DMU를 배제하는 것을 의미한다. 즉 정식화된 DEA 모형에서 특정 DMU의 제약식을 제거함으로써 1 이상의 효율성 점수가 나올 수 있도록 하는 것이다. 예를 들어 첫 번째 DMU에 대한 효율성은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \quad & h_1 = \sum_{r=1}^t u_r y_{r1} \\ \text{Subject to} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{i1} = 1 \\ & \sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=2, \dots, n \\ & u_r \geq 0 \quad r=1, 2, \dots, t \\ & v_i \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

초효율성 분석은 비효율적 DMU들의 순위를 분석할 뿐만 아니라, 효율적 DMU들의 효율성 순위도 제공하므로 이에 더욱 판별성이 높은 분석을 수행할 수 있다. 또한 초효율성에 이어 DEA의 확장 모형인 DEA-AR, DEA-Window와 2015년 하정훈의 연구[11]에서 제안한 불확실성을 고려하는 기법으로 몬테카를로 시뮬레이션을 적용한 MCDEA 등 다양한 DEA 기법을 기반으로 한 확장 모형들이 나오고 있다.

### 2.4 AHP(Analytic Hierarchy Process)

계층분석법(AHP)은 1972년 Saaty[18] 교수가 의사결정 능력 개선을 위한 연구에서 시작된 분석 모형이다. 다수의 대안에 다차원적인 평가기준과 다수의 주체에 의한 의사결정이 필요한 경우들을 위하여 개발된 모형으로 정성적인 문제들을 정량화 할 수 있고, 객관적인 평가요인과 주관적인 평가요인을 수용할 수 있는 유연성이 존재한다. 이는 양적 기준과 질적 기준을 통합할 수 있는 시스템적 접근방법으로 볼 수 있다.

AHP 분석 모형은 크게 4가지 단계로 구분될 수 있다. 제 1단계는 전체적인 계층모형을 구축하는 단계이며, 이때 최상위 계층에서 하위 계층으로 갈수록 평가기준은 더욱 세분화 되며, 최종적으로 마지막 계층에서는 의사결정의 대안들이 위치한다. 제 2단계는 주어진 기준들을 쌍대 비교(Pairwise Comparison)하는 단계이다. 이 단계에서는 의사결정요소들을 상위계층부터 쌍으로 비교하여 각 요인들의 중요도 및 선호도를 평가한다. 제 3단계는 가중치 산출단계이며, 이 단계에서는 모든 의사결정요인들의 상대적 중요도를 결정하게 된다. 상대적 중요도는 우선순위 가중치(PI : Priority Importance)로 불리며, 각 요인들의 PI는 다음과 같은 고유벡터법(Eigen Vector Method)을 통해 구할 수 있다.

$$A_w = \lambda_{\max} w$$

$A$  : 쌍대비교 행렬  
 $\lambda_{\max}$  : 행렬  $A$ 의 최대 고유치 (Eigen Value)  
 $w$  : 우선순위벡터

제 4단계에서는 최종대안을 선정하는 단계로 앞에서 도출된 우선순위 백터값에 의해 대안들의 최종적인 우선순위를 정한다. 대안의 최종적인 우선순위를 결정하는 방법은 각 평가기준들의 우선순위와 해당 평가요인들에 대한 대안들의 우선순위 가중치 값을 곱함으로써 구할 수 있다. AHP 분석 기법은 실제 이용에 앞서 상호비교, 동질성, 독립성, 기대성이 필수적인 전제조건으로서 만족되어야 하며, 전문가의 설문과 의견을 통하여 이루어지므로 개인의 주관성이 반영될 수 있다는 단점 또한 존재한다.

### 3. 연구 구성 및 설계

#### 3.1 연구의 구성

본 연구는 DEA와 AHP 모형을 통하여 철강 유통산업에서 최적의 공급업체를 선정하는 실증연구로서 분석과정은 총 5단계로 구성된다. 먼저 1단계로, 공급자 선정을 위한 대표 선정기준과 세부요인을 정하기 위한 설문을 실시한다. 2단계에서는 공급업체 선정을 위한 분석대상을 설정한다. 3단계로 앞서 설문을 통한 자료들을 정리하여 변수를 설정하며, 4단계에서는 AHP 분석을 통해 각 변수의 가중치를 도출한다. 이어 마지막 5단계에서 DEA 분석을 통해 DMU들의 효율성을 분석하고 결과를 정리한다.

#### 3.2 단계 별 분석과정

##### 3.2.1 제 1단계 : 선정 기준 및 세부요인 설정

앞서 제 2장의 선행연구에서 언급한 것과 같이 Dickson [9]의 연구에서 제안한 23개의 공급자 선정기준들 중 대부분의 연구에서 사용된 기준인 품질, 가격, 인도, 서비스에 철강유통업에 종사하는 임원급의 전문가들의 의견을 반영하여 ‘서비스’ 기준을 제외하고 회사의 재정 상태를 나타내는 ‘재무’ 기준을 포함 시켰다.

설문은 선정 기준에 포함되는 국내외 선행연구에서 사용된 세부요인들을 국내 특수강 봉강 유통업체 10군데와 실수요업체 10군데를 방문하여 구매 팀 및 영업팀의 부장급 이상의 임직원 20명을 대상으로 진행하였다. 설문의 방식은 4개의 기준들의 순위를 매기고 이에 포함되는 세부요인들 중 본인이 가장 중요시 생각하는 세부요인 1가지를 선택하는 방식으로 실시하였다. 설문 내용과 전문가의 의견을 종합하여 실제 데이터 수집이 가능한 세부요인들을 정리한 결과는 <Table 5>과 같다.

Verma and Pullman의 연구[20]에서는 기업의 구매 담당자들이 공급자 선정기준으로 품질이 가장 중요한 요인으로 인지하지만 실제로는 납기와 가격요인을 더 중요한

<Table 5> Selection Standards and Detail Factors

Selection Standards	Detail Factor	Previous Research
Quality	Product diversity	Chan et al.[4]
Price	Base price, Payment condition, Volume discount	Chan et al.[4] Kim[16]
Delivery	Responsibility of urgency orders, Average delivery date	Jang E.J.[12]
Finance	Financial condition	Kim[16]

요인으로 고려한다고 하였고, 본 연구의 설문결과 또한 가격과 납기의 기준이 품질보다 중요한 요인으로 선정되었으며, 재무상태가 가장 덜 중요한 것으로 확인되었다.

##### 3.2.2 제 2단계 : 분석 대상 선정

철강유통산업에서 최적의 공급업체를 선정하기 위하여 분석대상이 되는 평가대상(DMU)을 선정해야 한다. Boussofiane[3]는 최소 DMU의 수는 투입요소와 산출요소의 수를 곱한 것보다 커야한다고 주장했으며, 2004년 Cooper의 연구[8]에서는 DMU의 개수를 ‘n’, 투입 요소의 수를 ‘m’, 산출요소의 수를 ‘s’로 두었을 때,  $n \geq \max [m \times s, 3(m+s)]$ 의 식을 따르도록 제한하였다. 이에 본 연구에서는 적용하는 분석대상은 2015년 3월에 POSCO 특수강을 인수한 세아 특수강의 스테인리스 소재 봉강 제품 대리점 12개 업체와 금융감독원에 기업 자료를 공시한 연 매출액 200억 원 이상의 스테인리스 봉강 유통업체 17개 업체로 총 29개 업체를 본연구의 평가대상(DMU)으로 선정하였다.

##### 3.2.3 제 3단계 : 투입물과 산출물의 설정

본 연구에서는 1단계에서 실시한 설문에서 최종 선택된 세부요인들을 산출요소로 설정하였으며, 해당 공급업체에 대한 규모를 나타내는 공통적인 요소들 중 가공 설비 보유현황과 매출대비 종업원 수를 투입요소로 설정하였다. 가공설비 보유현황은 각 업체가 보유하고 있는 일반적인 절단설비인 Band Saw의 수량과 원형 절단 설비인 Circular Saw 및 기타 절단 가공 설비의 수량을 나타낸다.

제품의 다양성은 특수강봉강 시장의 대표 소재인 스테인리스 300계열과 400계열 및 기타 제품들의 취급 수를 나타내며 이는 특정 공급업체가 가지는 유연성을 반영하므로 산출요소로 적용하였다. 가격은 공급업체가 최대 효율적인 운영방식을 통해 도달할 수 있는 성과로 고려할 수 있기 때문에 산출요소로 적용하였으며, 수량 할인은 SUS304 소재 120파이를 10ton 주문 시 기본단가

에서 할인되는 금액으로 설정하였으며, 결제조건은 각 업체별 고정 거래 시 허용되는 결제 기한을 나타낸다. 기본 단가의 경우 각 유통업체별 2017년 1월 기준 SUS304 소재 120파이 kg당 단가를 나타낸다.

SUS304 소재 120파이를 1,000개 절단 작업 시 걸리는 시간을 나타내는 긴급주문대응능력은 공급업체가 보유하고 있는 설비를 얼마나 효율적으로 운영하여 고객의 요구를 충족시켜주는지를 나타내며, 각 업체별 10ton 주문 생산 시 걸리는 시간을 나타내는 평균 납기일은 해당 공급업체의 규모가 제강업체에 대해 얼마나 영향력을 구사할 수 있는지를 간접적으로 표현함으로 산출 요소로 적용하였다. 마지막으로 재정 상태는 해당 공급업체가 회사의 규모와 비례해서 얼마나 자본과 부채를 효율적으로 운영하고 있는지를 반영해주므로 산출 요소로 설정하였다. 이어서 정리된 세부 요인들의 Data의 기술통계량을 확인한다.

3.2.4 제 4단계 : AHP 분석

2단계에서 실시한 1차 설문에 이어 동일한 대상자에게 Saaty 교수가 제안한 9점 척도에 따라 본 연구에서 사용하는 변수인 제품의 다양성, 기본 단가, 수량할인, 결제조건, 긴급주문 대응력, 평균 납기일, 그리고 재정상태의 쌍대비교 설문을 실시한다. 설문의 Data를 엑셀을 이용해 각 변수들의 우선순위 가중치(PI : Priority Importance)를 도출한다. 이어 일관성 지수(CI : Consistency Index), 그리고 일관성 지수를 Saaty[19]가 제안한 랜덤 지수로 나눈 일관성 비율(CR : Consistency Ratio)을 통해 일관성 검증 을 실시한다.

3.2.5 제 5단계 : DEA 분석

본 연구에서는 Frontier Analyst 프로그램을 통하여 각 세부요인들의 Data에 AHP 분석으로 구한 가중치값을 대입하여 분석을 실행한다. 분석에 사용되는 모형은 가장

보편적인 DEA 모형인 투입과 산출이 정비례 관계로 증가하는 불변규모수익(CRS)을 가정한 CCR 모형과 투입 물이 증가함에 따라 산출물은 증가할 수도 감소할 수도 있다는 가변규모수익(VRS)을 가정한 BCC 모형으로 진행된다. BCC, CCR 모형 분석에 이어 초효율성(SE) 분석 모형을 통해 효율적 DMU들의 순위를 도출한다. 최종적으로 전체 DMU 29개 중 최적의 효율성을 가지는 공급업체를 확인하고 각 DEA 모형 별 결과를 비교해 보았다.

4. 분석 및 결과

4.1 세부요인들의 기술통계량 분석

연구대상인 29개의 유통업체의 효율성을 측정하기 위해 사용한 설정된 투입물과 산출물의 기술통계량은 아래의 <Table 6>과 같다. 투입요소인 가공설비의 최소값은 6이며, 최대값이 29.0, 평균은 13.51, 표준편차는 평균값보다 낮은 5.779이다. 매출대비 종업원 수 또한 평균값 1079.89보다 표준편차 값이 440.854로 낮은 값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 산출요소들 또한 모든 평균값이 표준편차 값보다 높은 결과를 확인 하였다.

4.2 AHP를 통한 변수의 가중치 분석

4단계에서 2차 설문을 통해 평가자 20명의 쌍대 비교 결과를 Excel을 통하여 AHP 분석을 실시하였다. 각 세부요인들에 대한 영향도를 평가하기 위한 응답자들의 설문 의 결과는 <Table 7>과 같으며, 최종 AHP 결과는 <Table 8>과 같다. 응답자들의 자료는 행과 열이 동일한 1의 상단 부분이며, 하단 부분은 응답의 비교를 나타내므로 입력된 자료들의 역수로 표기된다.

<Table 6> Descriptive Statistics of Variables

Variables		Minimum	Maximum	Average	Standard Deviation
Output	Basic Price	2899.0	3086.0	2990.58	43.502
	Volume Discount	30.0	80.0	50.68	13.869
	Payment Condition	10.0	30.0	17.93	6.052
	Urgency Order Responsibility	10.0	33.0	17.55	4.989
	Average Delivery Date	11.0	25.00	15.68	3.616
	Product Diversity	19.0	27.0	23.24	2.558
	Financial Condition	18.0	476.0	96.58	93.469
Input	Facilities	6.0	29.0	13.51	5.779
	Sales/Employee	425.0	1941.0	1079.89	440.854

&lt;Table 7&gt; Result of Pairwise Comparison

	Basic Price	Volume Discount	Payment Condition	Urgency Order Responsibility	Average Delivery Date	Product Diversity	Financial Position	Matrix Average	Weight
Basic Price	1	1.99	2.95	5.20	3.95	6.10	7.60	2.36	0.33
Volume Discount	0.50	1	2.73	4.35	3.15	6.02	7.75	1.79	0.25
Payment Condition	0.33	0.36	1	4.85	2.2	3.81	6.2	1.15	0.16
Urgency Order Responsibility	0.19	0.22	0.20	1	0.39	2.76	3.42	0.46	0.06
Average Delivery Date	0.25	0.31	0.45	2.55	1	2.35	4.70	0.70	0.10
Product Diversity	0.16	0.16	0.26	0.36	0.42	1	2.93	0.32	0.04
Financial Condition	0.13	0.12	0.16	0.29	0.21	0.34	1	0.18	0.02

&lt;Table 8&gt; Result of AHP

	Basic Price	Volume Discount	Payment Condition	Urgency Order Responsibility	Average Delivery Date	Product Diversity	Financial Condition
Basic Price	0.3383	0.2566	0.1653	0.0670	0.1003	0.0165	0.0260
	$\lambda_{\max} = 7.3985$			CI = 0.0664		CR = 0.0492	

이러 행의 합과 열의 합을 구한 후, 열의 합을 통해 각 요인들의 값을 평균화하여 가중치를 도출한다. 분석 결과를 살펴보면, 가중치는 기본단가 요인이 0.3383으로 가장 높았으며, 수량 할인이 0.2566, 결제조건이 0.1653, 긴급 주문대응력이 0.1003, 평균납기일이 0.0670, 제품 다양성이 0.0465, 마지막으로 재정 상태가 0.0260으로 가장 낮은 것으로 확인되었다. 일관성 검증을 위해 도출한 CI 값은 0.0664 그리고 CR 값은 0.0492로 Satty 교수가 제안한 기준인 0.1보다 낮으므로 본 연구에 사용된 설문은 일관성 있게 작성된 답변으로 확인된다. 도출된 가중치는 이어 DEA 분석에서 각 세부요인들의 가중치 값으로 사용된다.

#### 4.3 DEA를 통한 DMU의 효율성 분석

AHP 분석을 통해 도출된 가중치를 Frontier Analyst 프로 그래프를 통해 세부요인들에 대입하였다. 규모보수 불변을 가정하는 CCR 모형과 보수 가변을 가정하는 BCC 모형, 규모의 효율성(SE), 초효율성 모형을 분석하였으며, 전체 DEA 모형들의 분석결과는 <Table 9>와 같다. CCR모형 분석의 결과인 <Table 10>에서 효율적인 DMU가 DMU06과 DMU27로 확인 되었으며, Efficiency Score가 50점 이상 70점 미만인 DMU가 14개로 가장 많은 결과를 보인다.

<Table 11>의 BCC 모형 분석결과를 살펴보면 효율적

인 DMU가 4개로 CCR 모형의 분석결과 보다 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 규모에 대한 수익의 불변을 가정하는 CCR 모형에 비하여 규모에 대한 수익의 가변을 가정하는 BCC 모형이 규모의 효율로 인한 변수들의 영향을 반영해서 기술 효율성을 도출하였기 때문이다. 또한 두 가지 모형에서 DMU06과 DMU27이 공통적으로 효율적인 DMU로 선정된 것을 확인할 수 있다. 기본적인 DEA CCR, BCC, SE 모형에서는 효율적 DMU들의 순위를 알 수 없으므로, 이어 초효율성 모형을 통해 각 DMU의 순위를 확인하였다.

초효율성 모형 분석 결과는 아래의 <Table 12>와 같다. Super-CCR 모형에서는 DMU06의 효율성 점수가 107.8이며, 22개 DMU의 참조집단을 가지는 것을 확인할 수 있으며, DMU27의 경우 효율성 점수는 107.1이며 4개의 참조집단을 가지는 것을 확인할 수 있다.

Super-BCC 모형에서는 DMU01, DMU06, DMU10, DMU 27이 효율적인 DMU로 확인되었으며 Super-CCR 모형과 동일하게 DMU06이 118.9의 Efficiency Score로 23개의 참조집단을 가지며 가장 높은 효율성을 보이는 것으로 확인되었다. 최종적으로 규모수익가변의 CCR 모형과 규모 수익 불변의 BCC 모형 모두에서 공통적으로 DMU06과 DMU27이 효율적인 DMU로 확인되었으며 초효율성 모형을 통해 DMU06이 상대적으로 가장 효율적인 공급업체인 것을 확인하였다.

<Table 9> DEA Analyse Result

DMU	DEA-Model				
	CCR	BCC	SE	Super CCR	Super BCC
01	51.8	100.0	51.8	51.8	111.6
02	43.4	93.3	46.5	43.4	93.3
03	58.6	85.0	68.9	58.6	85.0
04	88.3	89.6	98.5	88.3	89.6
05	84.4	86.4	97.7	84.4	86.4
06	100.0	100.0	100.0	107.8	118.9
07	63.9	85.0	75.2	63.9	85.0
08	81.2	90.1	90.1	81.2	90.1
09	87.2	87.4	99.8	87.2	87.4
10	97.8	100.0	97.8	97.8	100.2
11	65.5	73.5	89.1	65.5	73.5
12	69.9	81.7	85.6	69.9	81.7
13	39.7	80.3	49.4	39.7	80.3
14	69.1	78.6	87.9	69.1	78.6
15	82.5	92.2	89.5	82.5	92.2
16	55.0	94.9	58.0	55.0	94.9
17	61.4	98.9	62.1	61.4	98.9
18	71.7	74.5	96.2	71.7	74.5
19	89.6	96.8	92.6	89.6	96.8
20	65.4	84.0	77.9	65.4	84.0
21	95.4	98.2	97.1	95.4	98.2
22	57.7	82.3	70.1	57.7	82.3
23	58.5	68.9	84.9	58.5	68.9
24	61.1	87.8	69.6	61.1	87.8
25	65.1	85.6	76.1	65.1	85.6
26	90.4	92.1	98.2	90.4	92.1
27	100.0	100.0	100.0	107.1	101.0
28	98.8	99.2	99.6	98.8	99.2
29	64.3	69.1	93.1	64.3	69.1

<Table 10> DEA-CCR Analysis Result

Efficiency Score	CCR	
	n	DMU
100	2	06, 27
$90 \leq E < 100$	4	10, 21, 26, 28
$70 \leq E < 90$	7	04, 05, 08, 09, 15, 18, 19
$50 \leq E < 70$	14	01, 03, 07, 11, 12, 14, 16, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 29
$30 \leq E < 50$	2	02, 13
Total		29

<Table 11> DEA-BCC Analysis Result

Efficiency Score	BCC	
	n	DMU
100	4	01, 06, 16, 27
$90 \leq E < 100$	9	02, 08, 15, 16, 17, 19, 21, 26, 28
$70 \leq E < 90$	14	03, 04, 05, 07, 09, 11, 12, 13, 14, 18, 20, 22, 24, 25
$50 \leq E < 70$	2	23, 29
Total		29

<Table 12> DEA-SE Analysis Result

DEA Model	DMU	Score	Benchmark
CCR-SE	DMU 06	107.8	22
	DMU 27	107.1	4
BCC-SE	DMU 01	111.6	15
	DMU 06	118.9	23
	DMU 10	100.2	5
	DMU 27	101.0	1

### 5. 결 론

본 연구는 더욱 치열해지고 있는 국내 철강 유통산업 환경 속에서 실무에서 쉽게 접근 가능한 DEA-AHP 분석 모형을 통해 공급자 선정을 위한 세부요인들을 적용하여 최적의 공급업체를 제시하였다는 것에 의의가 있다.

기존의 선행연구들에서 사용된 공급자 선정 요인들을 토대로 철강 유통업체에 종사하는 전문가들의 의견을 반영하여 공급자 선정을 위한 세부요인을 도출하였으며, 이어 AHP 기법을 이용하여 각 요인들의 가중치를 구하였다. 도출된 가중치를 DEA 분석에서 변수들의 가중치로 적용하여 먼저 DEA-BCC 모형과 CCR 모형 분석을 통해 두 모형 모두에서 공통적으로 Efficiency Score가 100인 DMU06과 DMU29를 확인하였으며, DEA-SE 모형분석을 통해 최종적으로 두 개의 DMU 중 더욱 높은 Efficiency Score를 가지는 DMU06이 여러 세부 요인들을 반영한 최적의 공급업체라는 것을 확인 하였다.

본 연구의 한계점으로는 의사결정유닛을 다양한 철강 제품군들 중에서 스테인리스 소재 특수강 봉강 유통 업체들로 제한한 점과 기존 선행연구에서 대표적으로 사용된 선정기준과 세부 요인들을 변수로 설정했다는 점이 있다. 따라서 철강 산업 내 다른 제품군들을 포함하여 본 연구에서 사용된 세부요인들 이외에 국내 철강유통산업 내에서 적용할 수 있는 다양한 세부요인들을 적용한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 DEA 분석 시, DEA-AR,



DEA-Window, MCDEA 등 좀 더 확장된 DEA 분석 모형을 적용해보며 본 연구에서 적용한 AHP 기법뿐만 아니라 DEA와 Fuzzy, ANP, 신경망 분석 등 다양한 결합모형을 통해 결과를 비교 분석하여 가장 적합한 분석모형을 확인해볼 필요성이 있다고 판단된다.

## References

- [1] Anderson, P. and Peterson, N.C., A procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 1984, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.
- [2] Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., and Swarts, J., Thomas, D.A., Some models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 1984, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.
- [3] Boussofiane, A., Dyson, R.G., and Thanassoulis, E., Applied Data Envelopment Analysis, *European Journal of Operation Research*, 1991, Vol. 52, pp. 1-15.
- [4] Chan, F., Kumar, N., Tiwari, M.K., Lau, H.C., and Choy, K.L., Global Supplier Selection : a Fuzzy-AHP Approach, *International Journal of Production Research*, 2008, Vol. 46, No. 14, pp. 3825-3857.
- [5] Charnes, A., Haag, S., Jaska, P., and Semple, J., Sensitivity of Efficiency Classifications in the Additive-Model of Data Envelopment Analysis, *International Journal of Systems Science*, 1992, Vol. 23, No. 5, pp. 789-798.
- [6] Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E., Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, 1978, Vol. 2, pp. 429-444.
- [7] Choi, T.Y. and Hartley, J.L., An Exploration of Supplier Selection Practices Across the Supply Chain, *Journal of Operations Management*, 1996, Vol. 14, No. 4, pp. 333-343.
- [8] Cooper, W.W., Seiford, L.M., and Tone, K., Data Envelopment Analysis : A Comprehensive Text With Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Kluwer Academic Publishers, 2004, p. 1.
- [9] Dickson, G.W., An Analysis of Vendor Selection Systems and Decision, *Journal of Purchasing*, 1966, Vol. 2, No. 1, pp. 5-17
- [10] Ellam, L.M., The Supplier Selection Decision in Strategic Partnership, *Journal of Purchasing and Materials Management*, 1990, Vol. 26, No. 4, pp. 177-187.
- [11] Ha, C.H., Efficient Supplier Selection with Uncertainty Using Monte Carlo DEA, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2015, Vol. 38, No. 1, pp. 83-89.
- [12] Jang, E.J., An Empirical Study on Supplier Selection based on Analytic Hierachy Process, [dissertation], [Seoul, Korea] : Kumoh National Institute of Technology, 2003.
- [13] Jang, G.S. and Kim, J.K., Strategic Selection and Management of Suppliers, and Allocation of Order Quantity for Supply Chain Management in Automotive Parts Manufacturers, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2009, Vol. 32, No. 3, pp. 142-158.
- [14] Joe, S.G., A Study on the Strategic Alternatives for Developing Steel Distribution Industry in Korea, [dissertation], [Seoul, Korea] : Yong-In University, 2016.
- [15] Junk, U., Fuzzy ANP Application for Vender Prioritization, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2011, Vol. 34, No. 2, pp. 9-18.
- [16] Kim, E.J., A Study on Effects of Supplier Selection Criteria and Performance on Manufacturers' purchasing the Decision-making process, [dissertation], [Seoul, Korea] : INHA University, 2011.
- [17] Lehmann, D.R. and O'Shuanghness, J., Decision Criteria Used in Buying Different Categories of Product, *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 1982, Vol. 18, No. 1, pp. 9-1.
- [18] Saaty, T., An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Planning, Energy management and Policy Center, University of Pennsylvania, 1972.
- [19] Saaty, T., The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, Pittsburgh : RWS Publications, 2007.
- [20] Verma, R. and Pullman, M.E., An Analysis of the Supplier Selection Process, *Omega*, 1998, Vol. 26, No. 6, pp. 739-750.
- [21] Wilson, E.J., The Relative Importance of Supplier Selection Criteria : A Review and Update, *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 1994, Vol. 30, No. 2, pp. 36-3.
- [22] Yoo, S.C., Meng, J., and Lim, S., An Analysis of the Performance of Global Major Airports Using Two-stage Network DEA Model, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, 2017, Vol. 45, No. 1, pp. 65-92.

## ORCID

Jinkyu Park | <http://orcid.org/0000-0003-4699-4971>  
 Pansoo Kim | <http://orcid.org/0000-0003-3424-1497>