

화학섬유 제조업의 에너지 설비 공급업체 선정을 위한 네트워크 의사결정 분석 모형

An Analytic Network Process Model to Select Supplier of Energy Production Facility of a Synthetic Fiber Production Company

최훈*, 박경수**, 김재희**

(주)휴비스*, 전북대학교 경영학과/빅데이터비즈니스연구소**

Hoon Choi(hunchoi@huvis.com)*, Kyung-Soo Park(parks@jbnu.ac.kr)**,
Jaehee Kim(jheekim@jbnu.ac.kr)**

요약

에너지 설비에 대한 공급업체 선정 문제는 화학섬유 기업의 생산 원가를 결정하는 전략적으로 매우 중요한 의사결정 문제 중의 하나이다. 본 연구의 목적은 에너지 설비 공급 업체 선정을 위한 합리적인 방법을 제시하는 데 있다. 이를 위해 설비 공급 업체 선정을 위한 평가 요소를 선정하고, 네트워크 의사결정 분석 (Analytic Network Process) 모형을 활용하여 계량 및 비계량적 평가 요소들에 대한 가중치를 도출하였다. 이 방법을 통해 설비 공급 업체 선정 평가 요소 간의 상호 연관성을 반영한 보다 정확한 가중치를 산정하고자 하였으며, 실제 에너지 공급 설비 대안들에 대한 우선순위를 산정한 결과 태양광 설비를 가장 적합한 대안으로 선정하고, 이 과정과 결과를 통해 제시된 방법의 타당성을 확인할 수 있었다.

■ **중심어** : | 네트워크의사결정분석 | 공급업체 선정 | 에너지 공급 설비 | 화학섬유 |

Abstract

Supplier selection for energy production facility is a multi-criteria decision-making problem and is of strategic importance for cost efficiency of synthetic fiber production company. The purpose of this paper is to present an approach to select best energy production facility for a synthetic fiber production company. Toward this, we derived criteria to evaluate the energy production facility and develop an Analytic Network Process model to help decision makers set priorities on multiple criteria while considering both qualitative and quantitative aspects of the problem. The application of the proposed approach indicates that it can be successfully applied to facilitate the decision making process for selecting the best supplier of the energy production facility.

■ **keyword** : | ANP | Supplier Selection | Energy Production Facility | Synthetic Fiber |

* 이 논문은 2018년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015S1A5B4A01036638)

* 이 논문은 2018년도 전북대학교 연구기반 조성비 지원에 의하여 연구되었음

접수일자 : 2018년 11월 20일

심사완료일 : 2018년 12월 04일

수정일자 : 2018년 12월 04일

교신저자 : 김재희, e-mail : jheekim@jbnu.ac.kr

I. 서론

전 세계적인 인구 증가와 경제 성장으로 섬유 소비량은 크게 증가하였다. 특히 화학섬유는 수확량이 늘지 않은 천연섬유와 달리, 증가하는 섬유 소비의 대부분을 담당하면서 생산량을 크게 늘렸다. 그 중에서도 폴리에스터는 나일론이나 아크릴 같은 다른 화학섬유에 비해 저렴한 가격과 다양한 용도 덕분에 비약적으로 성장했고, 그 추세 역시 상당기간 지속될 것으로 전망되고 있다.

폴리에스터 산업은 매우 성숙된 분야로 국가별로 전혀 다른 특성을 갖고 있으며, 개략적으로 3개의 그룹으로 나뉘 볼 수 있다. 먼저, 높은 제조원가로 인해 대부분의 공장이 철수하고 내수 중심의 소량 생산으로 운영되고 있는 그룹이 있다. 대표적으로 일본이 여기에 해당하는데, 이들 국가들은 산업용 및 차별화 소재 개발 능력이 뛰어나 나름의 경쟁력을 갖고 있다. 두 번째는 대규모 생산설비를 활용하여 내수 및 수출 시장을 주도하는 그룹으로, 동남아, 중국, 인도 업체가 여기에 해당된다. 이 국가들은 기술력은 낮지만, 원가경쟁력이 높아 규모의 경제 효과를 누리고 있다. 세 번째 그룹은 앞선 두 그룹의 중간적인 성격을 갖고 있다. 즉, 생산설비 규모가 보통이고, 내수 규모, 생산 및 용도 확대 기술, 그리고 원가 경쟁력도 평균 수준이다. 한국과 대만이 여기에 속하는데, 특히 우리나라는 기술면에서 일본에 뒤떨어지고, 원가경쟁력 및 대량 생산능력은 중국이나 인도 업체에 비해서 낮은 것으로 평가되고 있다. 따라서 이들 국가들과의 경쟁에서 살아남기 위한 기술개발 또는 원가경쟁력 확보가 절실한 상황이다.

특히 원가 경쟁력 확보는 경영관리 측면에서 시급하면서도 시도해볼만 한 과제다. 폴리에스터의 제조 원가를 검토해 보면, 일반적으로 원료비와 감가상각비가 80~90%, 인건비와 에너지비용이 각각 10% 내외로 구성된다[1]. 그런데, 이 중 원료비와 감가상각비, 인건비는 고정비 성격으로 거의 조정이 불가능한 반면, 에너지비용은 적용 기술 및 설비에 따라 달라질 여지가 있다는 특징이 있다. 즉, 기존의 중유 보일러를 대체하여, 에너지 생산 원가를 대폭 줄인 새로운 형식의 스팀 터빈이나 가스터빈 또는 태양광과 같은 다양한 방법으로

에너지를 공급할 수 있어, 개선의 여지가 큰 편이다. 따라서 에너지 비용 절감이 국내 폴리에스터 산업의 경쟁력 제고에 관건이라 할 수 있다.

이와 관련하여 본 연구에서는 폴리에스터 제조 업체의 원가 경쟁력 확보를 위한 에너지 설비 교체 의사결정 문제를 다루고자 한다. 즉, 설비의 성능, 비용, 공급자의 이행 역량 및 도입 설비의 안정성 등의 다양한 항목을 고려하여 최선의 설비를 도입할 수 있는 방법을 제시하고, 이를 활용하여 실제 문제를 해결하고자 한다. 이를 위해 설비 도입 시 고려해야 할 요소를 도출하고, 이들에 대한 상대적인 중요도를 도출할 수 있는 네트워크 의사결정(Analytic Network Process, ANP) 모형[2]을 제시하고, 이를 사례 기업에 적용해 보았다.

이후 구성은 다음과 같다. 먼저, II장에서는 설비 공급업체 선정 방법과 관련한 이론적 내용을 살펴보고, III장에서는 분석 대상을 소개하였다. 그리고 IV장에서는 설비 공급 업체 선정을 위한 평가 요소 도출, ANP 모형 구성, 실제 사례 연구 결과를 설명하고, 끝으로 V장에서는 결론을 제시하였다.

II. 이론적 배경

1. 협력업체 선정을 위한 방법론

일반적으로, 협력업체 평가 및 선정을 위한 방법론은 크게 다기준 의사결정(Multi-criteria Decision Making), 수리계획법(Mathematical Programming), 그리고 인공지능기법 등이 활용될 수 있다[3]. 이 중 다기준 의사결정은 복수의 선택 기준이 있는 경우에 비교적 간단하고 직관적인 절차를 통한다는 점에서 보다 널리 활용되어 왔다.

다기준 의사결정모형은 다시 두 분야로 양분할 수 있는데, 어떤 한 평가 요소에서의 불리한 평가와 다른 요소에서의 유리한 평가가 서로 상쇄될 수 없다는 가정하의 선호비보정 모형, 그리고 상쇄될 수 있다는 가정하의 선호보정 모형이 그것들이다. 이 중 전자는 평가 과정이 단순하다는 장점이 있는 반면 정교하지 못해 실제 활용도는 매우 낮은 편이다. 이와 달리 선호보정 모

형은 어떤 평가 요소에서의 불리한 평가와 다른 요소의 유리한 평가가 서로 상쇄될 수 있다는 가정을 한 것으로, 보다 정교한 형태를 띠고 있다[4].

선호보정 모형으로는 우선 대안비교법이나 가중점수법과 같은 간단한 모형을 고려할 수 있고, 조금 더 정교한 형태로는 순위 지표로서 총 점수를 구하는 SMART, 그리고 가장 이상적 또는 최악이라고 생각되는 가상의 대안과 가깝고 먼 정도로 대안의 선호도를 평가하는 TOPSIS를 들 수 있다[5].

이러한 형태의 기법 중 계층 분석적 의사 결정 분석 (Analytic Hierarchy Process, AHP)과 네트워크 의사 결정(ANP)은 가장 보편적인 방법으로 손꼽힌다. 먼저, AHP는 독립성을 갖는 평가 요소에 대하여 전문가 판단에 의한 쌍대 비교를 통해 얻은 가중치를 토대로 한다. 그리고 ANP는 AHP의 확장형으로, AHP와 달리 상호 연관성을 갖는 평가 요소까지 고려할 수 있다는 장점이 있다[2].

본 연구에서 다루고자 하는 문제는 유한한 수의 대안을 고려하고, 평가 기준이 비교적 명확히 파악되는 상황에서 공급자를 선정하는 문제다. 따라서 복잡한 수리 계획법이나 인공지능 기법까지 활용할 필요는 없고, 다 기준 의사결정으로도 충분히 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 뒤에서 설명하겠지만 제시된 평가 요소들 간의 독립성이 확보되지 않은 특성을 갖고 있다. 이에 본 연구에서는 에너지 공급설비 선정 평가 요소의 상호 연관성을 고려할 수 있는 ANP모형을 제시하고, 이를 통해 설비 공급업체 선정 문제를 해결하고자 하였다.

2. 설비 공급업체 선정을 위한 평가 요소

설비 공급 업체 선정 문제를 다루지는 않지만, 공급망 관리 측면에서 공급업체 선정을 위한 연구는 많이 이뤄졌다. 그리고 그 평가 기준 역시 잘 알려져 있는데, 가격, 품질, 납기, 생산능력, 설비, 기술능력, 관리, 평판, 구입 후 서비스, 가격 상승, 재무상황, 유연성, 안전, 환경 등이 그것들이다[6-9].

문제는 이러한 평가 기준들에 대한 중요도인데, Swift and Gruben[10]은 공급업체 선정을 위한 기준 21개를 제시한 뒤 구매 담당자에 설문을 실시하고, 구매

담당자의 성별, 수입, 나이, 교육정도 등의 여건에 따라 평가요소의 중요도에 차이가 있음을 발견한 바 있다.

앞서 소개한 평가 요소들을 실무에 활용해 공급업체를 선정한 사례 역시 다수 찾아볼 수 있다[11-13] 등 여러 사례가 있다. 그러나 대부분이 제조업의 공급망 관리를 위한 공급업체 선정 문제를 다루고 있어, 본 연구에서 다루고자 하는 설비 공급 업체 선정과는 다소 거리가 있는 상황이다.

그 중 Huang and Keskar[8]는 전략적 요인과 계량적 요인을 모두 고려하여 공급자의 역량을 총체적으로 평가한 모형을 제시했다는 점에서 큰 의의가 있다고 판단하였다. 이에 본 연구에서는 그들의 연구를 토대로, 에너지 설비의 특성을 고려한 평가요소를 선정하고자 하였다.

3. 네트워크 의사결정 기법

평가요소에 대한 상대적인 중요도를 산정하기 위한 방법으로 네트워크 의사결정(ANP)을 고려한다. ANP는 계층분석과정(AHP)을 일반화한 개념으로, AHP에 비하여 구조가 복잡하고 해를 구하는 시간이 많이 드는 단점이 있다. 그러나 AHP가 각 구성 요소들의 독립성을 보장하여야 한다는 전제조건이 필요한 반면, 각 구성 요소 간에 다양한 상호 종속성과 연관성을 고려할 수 있어, 보다 유연하고 강력한 방법이 될 수 있다[2].

III. 분석대상 소개

1. H사 현황

H사 J공장은 폴리에스터 섬유 생산 사업장으로서 국내에서 가장 큰 생산 규모를 갖고 있다. 그런데, 이 회사 역시 대부분의 화섬제조업체와 마찬가지로 제조비용 절감이 중요한 현안과제 중 하나다. 특히 연간 700억 원 이상에 달하는 에너지 비용이 큰 문제가 되고 있다 [1].

에너지 비용은 다시, 전력, 연료, 용수의 3가지 항목으로 나눌 수 있으며, 전력비용이 약 41%, 연료비용이 약 57%로 대부분을 차지하고 있다[1]. 여기서, 연료가

차지하는 비율이 매우 높지만, 보일러 설비에서 연료비용을 낮추기는 기술적으로 매우 어려운 실정이다. 또한, 전력비용 역시 과거 10년간의 단가 상승 추이와 정부의 전력 단가 상승 의지 등을 고려할 때 사실상 절감이 어려워 향후 경영에 큰 부담이 되고 있다. 무엇보다 기존의 설비는 1986년에 도입한 중유 보일러와 스팀터빈으로 구성되었는데, 30여년 이상 장기간 운영에 따른 스팀터빈의 수명한계 및 효율 저하 현상이 큰 상황이다.

이에 H사에서는 에너지 비용을 근본적으로 개선시킬 수 있는 새로운 설비의 도입을 결정하였으며, 기술진의 사전 검토 결과 기존과 같은 스팀터빈 방식이지만 신기술이 적용되어 효율이 우수한 새로운 형식의 스팀터빈, 그리고 가스 터빈과 태양광을 후보로 선정하였다. 이들 3개의 설비는 모두 기존 설비 대비 에너지 생산원가의 20%이상을 절감시킬 수 있어 당초 의도한 원가절감의 목표를 충족하고 있으며, 각 설비의 에너지 생산원가에는 다소간의 불확실성이 있어서 세 설비 간에 유의미한 큰 차이는 없는 것으로 판단하였다. 따라서 이제 경영진과 실무진 입장에서는 에너지 생산 원가 절감 외에 설비 도입에 따른 구매조건과 같은 기타 정성적인 요인까지 고려하여 에너지 설비 업체를 선정할 필요성이 대두되었다. 그런데 이러한 선정 문제는 본질적으로 다기준 의사결정의 문제로, 이때 고려해야 할 속성으로는 설비도입에 따른 초기 투자비, 운영비용과 같은 계량적 항목 뿐 아니라 안전이나 환경영향과 같은 계량화가 곤란한 요소들까지 포함해야 한다. 따라서 이러한 계량 및 비계량 요소를 함께 고려하여 가능한 설비 대안들 중 어느 것이 최선인지를 ANP기법을 통해 분석하였다.

IV. 설비 공급 업체 선정을 위한 ANP 모형

1. 평가 요소의 선정

평가 요소의 선정을 위해 Huang and Keskar[8]의 연구 결과를 우선 검토하고, 여기서 사용된 평가 요소들에 대한 전문가들의 의견을 참고하였다. 즉, 에너지 설비 선정 문제를 잘 알고 있는 4명의 실무자를 대상으로 한 표적 집단 인터뷰(Focus Group Interview)를 통해,

앞서 언급한 모든 평가 요소를 제공하고 15개씩 선택하도록 하였으며, 필요할 경우 추가적인 평가 요소를 제안하도록 하였다. 그리고 이 결과에서 나온 추천 빈도 상위 15개의 평가 요소를 본 연구의 에너지 설비 선정 기준으로 고려하였다.

여기서 선택된 평가 요소들을 Huang and Keskar[8]의 결과와 비교하여 그 의미를 분석해 보았다. 먼저 선행연구에서는 설비 업체 선정 평가를 위한 주요 기준으로, 제품, 공급업체, 사회적 관계, 그리고 공급 업체와의 통합 및 전략적 제휴를 고려하였다. 이 중 공급업체의 통합 및 전략적 제휴는 제조업에서 원재료나 부품을 조달하는 공급사슬체계의 평가에 적합한 평가 요소로, 본 연구와 같이 일회성으로 설비 업체를 선정하는 문제와는 관련이 적은 편이어서 선택되지 않은 것으로 보인다. 따라서 이 이 부분은 제외하고, 제품, 공급업체, 사회적 관계만을 평가에 반영하였다.

한편, 개별 평가 요소는 다시 몇 가지 세부 항목으로 더 구분할 수 있다. 먼저, 제품 관련해서는 Huang and Keskar[8]가 신뢰성, 대응성, 유연성을 세부 평가 항목으로 고려한 것과 달리, 대응성이 제외된 대신, 비용 항목이 추가되었다. 여기서 대응성의 경우는 공급사에서 납기 문제나 공급량 부족 시 대응을 뜻하는데, 본 연구에서 고려하는 설비 업체 선정 문제의 경우 일회성 성격이 강해 지속적인 대응과는 큰 관련이 없기 때문이다. 대신, 본 연구의 배경이 에너지 생산 비용을 줄여 제품 생산원가를 절감하는데 있고, 대개 에너지 설비의 투자 규모가 작지 않다는 점을 고려한 것이다. 또한, 여기서 고려하는 신뢰성은 주문한 설비를 적합하게 제공하는 공급 업체의 능력과 내구성에 관한 기준이며, 요구조건에 대한 만족 수준을 뜻한다. 그리고 유연성은 고객이 계약 후 운전하기 전까지의 기간 중 설계 또는 상세 일정을 변경 요구 시, 요청사항에 대한 수용 수준인 계약 변경과 설비 도입 시 공급업체로부터 지원 받는 교육, 인력, 기술에 대한 부가서비스 제공 수준을 포함한다.

두 번째, 공급업체 관련해서는 구매 조건과 회사 시스템을 고려하였는데, 먼저 구매조건은 설비 구매에 따른 공급자의 비용 지불 조건, 설비 이상 시 반품정책 및

지급 기간 내에 지불 시 할인의 타당성을 포함한다. 그리고 회사시스템은 설비 공급업체의 자산, 규모, 인원에 대한 외형적인 조건, 그리고 설비 제작 및 시운전에 대한 회사 내 품질 관리 및 인증 수준을 의미한다.

세 번째, 사회적 관계 측면에서는 안전과 환경을 고려하였다. 이 중 안전은 공급 업체의 설비 제작 및 설치 시 작업자에 대한 안전 교육 준수, 그리고 과거 사고발생 이력이 해당된다. 그리고 환경은 최근 강조되고 있는 요소로, 일정기간 설비 운영 시 발생할 수 있는 부유물질, 생물학적 산소요구량과 같은 수질 오염 물질 발생량, 그리고 대기 중으로 발생하는 이산화탄소, 메탄가스와 같은 배출가스 발생량을 포함한다. [표 1]은 이 내용을 요약한 것으로, 3개의 평가 그룹에서 총 15개의 세부 요소를 설비 선정 평가 요소로 고려하였다.

표 1. 설비 선정 기준 및 세부 구성 요소

기준		요소
제품 시스템	신뢰성	납기신뢰도
		내구성
	비용	구입 비용
		유지 비용
	유연성	계약 변경
		부가 서비스 제공
공급 업체	구매조건	지불 조건
		반품 정책
		할인율
	회사시스템	회사 규모
		품질 시스템 인증
사회적 관계	안전	안전 교육
		기록 사고율
	환경	수질오염 물질 발생량
		배출 가스 발생량

2. 설비 업체 선정을 위한 ANP 네트워크 구성

ANP네트워크를 구성하기 위해서는, 앞서 선정된 요소들을 유사성에 근거해서 군집화(clustering)하고 이들 군집 간의 외부종속성과 내부종속성, 그리고 군집(cluster)간의 상호관계를 검토해야 한다. 이를 위해 각 군집들 간의 관계를 몇 가지 살펴보면, 반품정책, 할인율 및 품질 시스템 인증은 구입비용에 영향을 줄 것이 분명하다. 또한, 수질오염물질 발생과 배출 가스는 그것의 관리를 위해 비용이 수반될 것이고, 따라서 유지비용에 영향을 줄 것으로 보인다. 품질시스템 인증은 당

연히 안전 교육과 사고율에 영향을 줄 것이고, 반품정책은 계약 변경에 영향을 줄 가능성이 매우 크다. [그림 1]은 이러한 관계들, 즉 개별 평가 요소들 간의 상호관계를 고려하여 구성한 ANP 네트워크를 도시한 것이다.

3. ANP수행 결과

ANP를 수행하기 위한 쌍대 비교는 군집(cluster)간의 영향 관계를 비교한 후, 세부 항목 간 쌍대 비교를 하는 순서로 했다. 한편, ANP분석에 가장 중요한 대행렬(Supermatrix)을 구성하고 그 수렴값을 도출하기 위해서는 각 열의 합이 1이 되는 조건을 만족해야하기 때문에 군집의 상대적인 중요도를 반영해야 한다. [표 2]는 이렇게 구한 Weighted Supermatrix에 해당한다. 다음 단계로, 각 요소에 대한 가중치를 산출하기 위하여 Saaty[2]가 제시한 바와 같이, 승수값 m 를 크게 해서 \bar{W}^m 을 계산하였다. 본 연구에서는 실제 ANP 연산을 위해 Super Decision 2.8을 활용하였다. 그리고 [표 3]과 같은 평가요소별 가중치를 도출하였다.

표 3. ANP의 평가요소별 가중치

군집 (Cluster)	요소 (Node)	가중치 (Limiting prob.)	순서
Goal	스팀 터빈	0.101	2
	가스 터빈	0.069	3
	태양광 설비	0.191	1
신뢰성	납기 신뢰도	0.019	13
	내구성	0.031	8
비용	구입 비용	0.074	2
	유지 비용	0.074	2
유연성	계약 변경	0.022	10
	부가 서비스 제공	0.028	9
구매조건	지불 조건	0.043	7
	반품 정책	0.022	10
	할인율	0.006	14
회사 시스템	회사 규모	0.002	15
	품질 시스템 인증	0.061	5
안전	안전 교육	0.066	4
	사고율	0.112	1
환경	수질 오염물질 발생	0.022	10
	배출 가스	0.058	6

표 2. Weighted Supermatrix (\bar{W})

요인	Goal			신뢰성		비용		유연성		구매조건			회사시스템		안전		환경		
	스팀	가스	태양광	납기	내구	구입	유지	계약	부가	지불	반품	할인	회사	품질	안전	사고	수질	가스	
Goal	스팀	0,000	0,034	0,034	0,083	0,218	0,046	0,160	0,050	0,258	0,030	0,040	0,000	0,701	0,111	0,420	0,172	0,089	0,020
	가스	0,034	0,000	0,034	0,052	0,091	0,109	0,061	0,029	0,105	0,073	0,044	0,000	0,193	0,111	0,146	0,070	0,323	0,053
	태양	0,034	0,034	0,000	0,198	0,691	0,345	0,279	0,171	0,637	0,230	0,146	0,000	0,106	0,028	0,101	0,425	0,588	0,177
신뢰성	납기	0,051	0,051	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	내구	0,051	0,051	0,051	0,667	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
비용	구입	0,082	0,082	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,667	0,462	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	유지	0,082	0,082	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750
유연성	계약	0,060	0,060	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	부가	0,060	0,060	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,308	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
구매 조건	지불	0,016	0,016	0,016	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	반품	0,016	0,016	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	할인	0,016	0,016	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
회사 시스템	회사	0,007	0,007	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	품질	0,007	0,007	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,333	0,333	0,000	0,000
안전	안전	0,182	0,182	0,182	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	사고	0,182	0,182	0,182	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750	0,000	0,000	0,000	0,000
환경	수질	0,060	0,060	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	가스	0,060	0,060	0,060	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

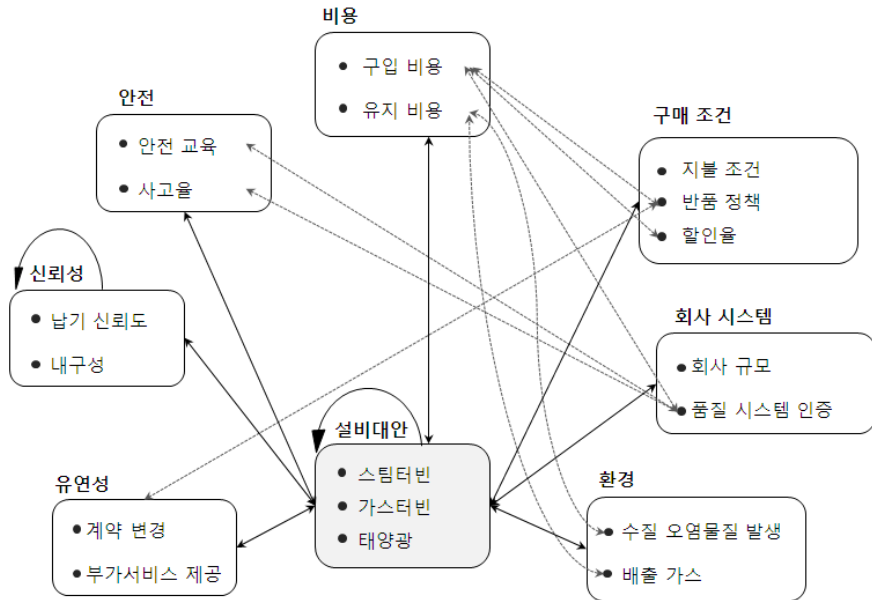


그림 1. 화석 제조업의 에너지 공급 설비 선정을 위한 ANP 네트워크

평가요소에 대한 가중치 도출 결과를 보면, 안전 군집의 사고율(1순위)과 안전 교육(4순위), 그리고 비용 군집의 구입비용(2순위)과 유지비용(2순위)의 중요도가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 설비 교체의 배경이 운영비용 절감에 있었다는 사실과 최근 들어 안전이나 환경에 대한 중요성이 높아진 것과 무관하지 않은 것으로 보인다. 즉, 기왕 설비 교체를 한다면 안전을 최우선으로 하고 그에 못지않게 비용을 중요한 평가요소로 고려해야 한다는 것을 뜻한다. 그 다음으로는 품질 시스템 인증(5순위), 배출가스(6순위), 지불조건(7순위), 내구성(8순위) 등이 뒤를 이었다. 그 밖에 할인율(14순위)이나 회사규모(15순위)는 상대적으로 중요도가 낮은 것으로 나타났는데, 회사 규모의 경우 에너지 설비 업체들이 대부분 글로벌 경쟁력을 갖추고 있어 이들 간의 차이가 크지 않기 때문으로 보인다.

끝으로, 에너지 설비 공급업체에 대한 최종적인 우선순위를 보면, 개선된 스팀터빈(0.101)과 가스터빈(0.069) 대비 태양광 설비(0.191)의 ANP평가 결과가 월등하게 높게, 즉, 우선순위가 가장 높게 분석된 것을 확인할 수 있다. 이는 태양광 설비가 안전이나 환경 측면에서 월등하고, 특히 유지비용 측면에서 우수한 평가를 받았기 때문으로, 사례 대상 기업의 경우, 향후 에너지 공급 설비로 태양광을 가장 우선적으로 고려할 필요가 있는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구에서는 에너지 설비 업체 선정을 위한 네트워크 의사결정 분석(ANP) 모형을 제시하였다. 이는 본 연구에서 다루는 에너지 설비 도입 문제의 경우, 구매 조건과 안전 요소가 서로 연관되는 등, 요소 간 독립성이 확보되지 않은 점을 고려한 것으로, AHP보다 적합한 선택으로 판단된다. 분석 결과에서는, 사고율과 구입비용 및 유지비용, 그리고 안전 교육 등에 대한 평가 요소에 높은 우선순위를 두어야 하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 설비 교체의 배경이 운영비용 절감에 있었다는 사실과 최근 들어 안전이나 환경에 대한 중요성

이 높아진 것과 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다.

그리고 이 가중치를 적용하여 에너지 발전설비 대안들에 대한 우선순위를 산정한 결과 태양광설비가 가장 적합한 것으로 평가되었다. 이는 태양광이 안전이나 환경 측면에서 우수하고, 특히 유지비용 측면에서 나온 평가를 받았기 때문으로, 사례 대상 기업의 경우, 향후 에너지 공급 설비로 태양광을 가장 우선적으로 고려할 필요가 있음을 의미한다. 이러한 결과는 경제성과 환경이 현대 제조업에서 가장 중요한 키워드가 되고 있다는 점을 고려할 때, 어느 정도 납득할 만한 것으로 판단된다. 그리고 제시된 절차가 에너지 설비 업체 선정을 위한 의사결정 도구가 될 수 있음을 증명한 것으로 보인다.

한편, 본 연구에서는 새로 고려하는 세 가지 형태의 설비가 모두 에너지 생산 원가 측면에서 기존 설비 대비 대략 20%이상 향상시켜 기본적인 요건을 충족하였고 향후 에너지 종류별 도입단가나 태양광 전력의 거래단가의 불확실성으로 인해 정확한 에너지 생산 비용의 계산이 어렵다는 점을 고려해서 개별 설비에 대한 보다 면밀한 에너지 생산 비용분석은 하지 않았다. 이를 보완하기 위한 대안으로는 실물옵션(Real option)과 같이 불확실성을 반영할 수 있는 모형을 고려할 수 있으며, 이를 통해 보다 동태적인(dynamic) 의사결정이 가능할 것으로 기대된다.

* 이 논문은 제1저자의 석사학위 논문을 토대로 작성되었음

참고 문헌

- [1] ㈜휴비스, 생산원가 내부 분석 자료, 2015.
- [2] T. L. Saaty, *Decision Making with Dependence and Feedback: the Analytic Network Process*, RWS publisher, Pittsburgh, 1996.
- [3] J. Chai, N. K. L. James, and E. W. T. Ngai, "Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature," *Expert Systems with Applications*, Vol.40, Issue 10, pp.3872-3885, 2013.
- [4] 김양렬, *의사결정론*, 명경사, 2014.

[5] C. L. Hwang and K. Yoon, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York, Springer-Verlag, 1981.

[6] C. A. Weber, J. R. Current, and W. C. Benton, "Vendor Selection criteria and methods," *European J. of Operational Research*, Vol.50, pp.2-18, 1991.

[7] R. L. Nydick and R. P. Hill, "Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure," *Int. Journal of Purchasing and Material Management*, Vol.28, No.2, pp.31-36, 1992.

[8] S. H. Huang and H. Keskar, "Comprehensive and configurable metrics for supplier selection," *Int. J. of Production Economics*, Vol.105, pp.510-523, 2007.

[9] S. C. Ting and D. I. Cho, "An intergrated approach for supplier selection and purchasing decisions," *Supply Chain Management: An Int. J.*, Vol.13, No.2, pp.116-127, 2008.

[10] C. O. Swift and K. H. Gruben, "Gender differences in weighting of supplier selection criteria," *J. of Managerial Issues*, Vol.12, No.4, pp.502-512, 2000.

[11] S. Sen, H. Basligil, C. G. Sen, and H. Baraclı, "A framework for defining both qualitative and quantitative supplier selection criteria considering the buyer-supplier integration strategic," *Int. J. of Production Research*, Vol.46, No.7, pp.1825-1845, 2008.

[12] M. Sevkli, S. C. L. Koh, S. Zaim, M. Demirbag, and E. Tatoglu, "Hybrid analytical hierarchy process model for supplier selection," *Industrial Management and Data Systems*, Vol.108, No.1, pp.122-142, 2008.

[13] 김성홍, 김진한, "공급자 선정 기준의 상대적 중요성에 관한 실증 연구- 국내 전자업체에 대한 AHP 적용," *한국생산관리학회지*, 제14권, 제1호, pp.3-25, 2003.

[14] 최훈, *장치 산업의 설비 도입 의사 결정에 관한 연구*, 석사학위논문, 전북대학교 대학원, 2015.

저 자 소 개

최 훈(Hoon Choi)

정회원



- 1995년 8월 : 전북대학교 기계공학과(공학사)
- 2014년 8월 : 전북대학교 경영대학원 경영학과(경영학석사)
- 1995년 7월 ~ 현재 : (주)휴비스 부장

<관심분야> : 업무요소분석, 화력발전

박 경 수(Kyung-soo Park)

정회원



- 1982년 2월 : 전북대학교 경영학과(경영학사)
- 1984년 2월 : 전북대학교 대학원 경영학과(경영학석사)
- 1990년 2월 : 전북대학교 대학원 경영학과(경영학박사)

▪ 1991년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 경영학과 교수

<관심분야> : 지식경영, 기술경영, 생산관리

김 재 희(Jaehee Kim)

정회원



- 1996년 2월 : 고려대학교 산업공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 고려대학교 산업공학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 고려대학교 산업시스템정보공학과(공학박사)

▪ 2004년 3월 ~ 2005년 2월 : 한국철도기술연구원 선임연구원

▪ 2005년 3월 ~ 2008년 8월 : 군산대학교 경영회계학부 조교수

▪ 2008년 9월 ~ 현재 : 전북대학교 경영학과 교수

<관심분야> : 다기준의사결정, 시스템분석, 생산관리