

Developing Technology Innovation Capability Evaluation Model for Small and Medium Enterprises

Joonggil Cho* · Sang-Sun Lee** · Min-Seok Byun* · Jonghwan Lee*[†]
Kyungsu Kang*** · Seongbin Lee**

*School of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Graduate School of Consulting, Kumoh National Institute of Technology

***Department of Complementary and Alternative Medicine, Kwangju Women's University

중소기업 육성을 위한 기술혁신역량 평가모형개발

조중길* · 이상순** · 변민석* · 이종환*[†] · 강경수*** · 이승빈**

*금오공과대학교 산업공학부

**금오공과대학교 컨설팅대학원

***광주여자대학교 대체의학과

In this research, technology innovation capability evaluation model for small and medium enterprises was developed. To develop technology innovation capability evaluation model, two analytic technic was used. First one is AHP (Analytic Hierarchy Process) to give weight to each main index. Second one is fuzzy set theory to represent ambiguous index to numerical value. Finally, technology innovation capability evaluation model was achieved in combination with the same weight to AHP analysis and fuzzy set theory. With these results, small and medium enterprises can know important point in terms of strengthening the innovation capability evaluation.

Keywords : Consistency Ratio(C.R.), AHP(Analytic Hierarchy Process), Fuzzy Set Theory, INNOBIZ, Technology Innovation Capability

1. 서론

중소기업은 우리나라 기업의 수의 99%를 차지하고, 전체 일자리의 88%를 책임질 정도로 중요한 역할을 하고 있다. 대부분의 사람들이 대기업의 제품들을 접하기 때문에 대기업이 모든 제품을 만들고, 일자리를 차지하리라 생각하지만 실제로 중소기업이 국가경제의 중요한 역할을 담당하고 있다.

중소기업은 일자리를 만드는 일등공신이고, 중소기업이 살아남으로써 튼튼한 내수시장을 구축할 수 있으며, 대기업과 중소기업의 상생과 협력은 국가경제를 지탱하는 큰 힘이 되고 있다.

현재 우리나라 대기를 대표하는 삼성전자, LG전자 등 대기업들은 국내를 벗어나 해외로의 이전이 가속화되고 있으며, 급변하는 글로벌 환경과 경쟁 체제로 인해 지역 중소기업들의 경쟁력 약화에 기인하고 있음으로 보인다. 이러한 중소기업 경쟁력 약화를 해결하기 위해 임채윤 등[1, 2]은 기술혁신 역량평가 및 글로벌 정책동향의 분석을 시도하였다.

급변하는 기술환경변화에 대응하기 위하여 정부와 기

업들은 기술혁신과 기술강화를 위하여 노력하고 있다. 하지만 기존의 평가지표들은 새로운 경쟁 환경에 뒤처지며, 복잡한 평가항목들은 중소기업들의 역량을 정확히 평가하지 못하는 한계점이 있다. 따라서 기존 기술혁신 역량 평가지표들의 한계를 넘어서는 합리적인 평가지표의 측정 방법론이 필요하다.

본 연구에서는 기술혁신역량 평가지표의 구성을 개선하고 지표를 구성하는 가중치를 산정하는 방법론 수립을 통해 기술혁신역량 평가모형을 개발하였다. 이를 통해 중소기업의 기술혁신역량을 강화하고 기업들의 자체 기술혁신역량평가를 가능케 하며 기업들에 대한 객관적인 역량 평가를 통해 기술 혁신형 중소기업의 육성을 지원하고자 한다. 평가모형의 개발을 위해 가장 합리적인 의사결정이론인 AHP(Analytic Hierarchy Process)분석 및 퍼지 집합 이론(Fuzzy Set Theory)을 활용을 하였다. AHP 분석은 Saaty[3]가 고안한 쌍대 비교를 통한 그 속성의 중요도와 우선순위를 파악함으로써 최적대안을 판단할 수 있는 분석기법이다. AHP 분석을 응용한 예는 다음과 같다. 김봉철[4]은 AHP 분석을 이용하여 기업의 사회적 공헌 활동 우선순위에 대해 분석하였다.

퍼지집합이론은 Zadeh[6]가 고안한 언어의 불확실성이나 부정확성을 체계적으로 해결하기 위한 이론이다. 퍼지 집합이론을 응용한 예는 다음과 같다. 이해춘, 이규용, 이인재[9]는 정책 평가방법으로서의 퍼지집합 이론의 응용에 대해 분석하였고, 이해춘, 심우일[10]은 퍼지집합이론을 이용한 중소기업 교육훈련 사업평가에 대해 분석하였다.

본 연구에서는 AHP 분석과 퍼지집합이론을 모두 활용하여 기존의 지표를 개선하고 중소기업에 맞는 최적의 기술혁신 평가지표를 수립하고자 한다. 본 연구의 구성으로 제 2장에서는 중소기업 평가 측정항목을 선정한다. 제 3장과 4장에서는 각각 AHP 분석과 퍼지집합이론을 이용하여 각 분야별 상대적 중요도를 측정한다. 제 5장은 결론으로써 AHP 분석과 퍼지집합이론으로 나온 결과에 동일한 가중치를 준 최종 중소기업 기술혁신 평가지표가 시사하는 점에 대해 논의한다.

2. 평가 측정항목 선정

본 연구에서는 기존 기술혁신능력 평가를 위한 이노비즈 지표(제조업)를 활용하였다. 이노비즈(Inno-biz)란 Innovation과 Business의 합성어로 기술 혁신형 중소기업을 지칭한다. 이는 기술 우위를 바탕으로 경쟁력을 확보하여 기술경쟁력과 미래 성장성을 갖춘 중소기업을 의미하며, 국가 간의 중소기업 경쟁력을 측정하는 객관적 척도로 사용된다.

우리나라는 2001년도부터 이노비즈 사업을 시행하였으며, 이노비즈 지정의 궁극적인 시행 취지는 기술 및 경영의 가치 혁신을 이룩할 글로벌 기술경쟁력을 갖춘 중소기업의 양성에 그 목표가 있다[1, 2]. 이노비즈 지표(제조업)는 네 가지 사업성 평가 분류(기술혁신, 기술사업, 기술혁신 경영능력, 기술혁신 성과)와 각 분류 별 세부항목이 존재한다. <Table 1>은 이노비즈 평가지표의 예시이다.

네 가지 사업성평가 분류를 활용하여, 중복되는 내용을 선별 및 통합하여 6개의 사업성평가로 분류하였고, 각 분류 별 세부항목을 9~10개로 재구성한 뒤, 업체담당 및 설문지 등을 통해 중소기업에 맞는 평가지표를 추출하였다.

<Table 1> Inno-Biz Evaluation Indicators

Category	Topics	Number of Question	Scoring
Innovation	R&D activity indicator	2	50
	Innovation management	6	85
	Innovation system	5	105
	Technology analysis	4	60
	Total	17	300
Technology Business skills	Commercialization of technology	4	90
	Production capability	8	130
	Marketing skills	6	80
	Total	18	300
Management innovation skills	Management innovation skill	5	91
	Environment change response	4	74
	Value of the Executive	2	35
	Total	11	200
Innovation accomplishment	Evolving technology competitiveness	3	40
	Management accomplishment	9	120
	Technical accomplishment	4	40
	Total	16	200
Total		62	1,000

1차 설문은 중소 제조기업을 대상으로 전화와 이메일 및 기업체 방문의 방법으로 조사하였다. 설문 응답자는 총 112명이었으며 불성실 응답자 2명을 제외한 총 110부가 최종적으로 채택되었다. 표본의 통계적 특성을 살펴보면 우선 남자가 88%로 여자 12%보다 많았으며 연령별로는 40~50대가 전체 표본의 70%를 차지하였다. 이들의 학력은 대졸이 52%로 가장 많았으며 다음으로 석사, 전문대졸 등의 순으로 이루어졌다. 한편 응답자들의 경력을 보면 10년 이상 근무로 응답한 사람이 52%로 가장 많았으며 1년 미만 응답자는 4%에 불과하였다. 직위는 임원과 CEO가 각각 24%로 가장 많았으며 다음으로 부장, 사원, 대리, 과장의 순이었다. 직종은 연구 개발 직이 38%

로 가장 많았으며 일반 관리직, 기타의 순으로 조사되었다. 기업규모는 매출액 기준으로 100억 이상인 기업이 40%를 차지하였고, 그 다음으로 10억 미만인 26%, 10억~50억이 22%를 이루고 있다.

<Table 2>은 1차 설문 결과를 토대로 6개 카테고리 별 상위 4개의 세부내용으로 간추렸으며, 이는 2차 설문에 활용 될 것이다.

<Table 2> Results of First Questionnaire

Technology Innovation Capability	R&D Activity	R&D investment rate
		Obtaining key R&D personnel
		Exclusive R&D organization
		Creative development environment
	Technology Management System	Technology commercialization Performance
		Obtaining technology, financial and human resource
		External environment analysis
		Accumulation of the technique
	Technology development capability	New product development planning and implementation
		Obtaining production technology
		New product development capability
		Core technology complement
	Marketing skills	Target market selection
		Marketing strategy
		Identifying customer needs
		Market exploration capability
	Innovation capability	Innovation leadership of CEO
		Executive vision and strategy
		Driving force of executive
		Crisis management of executive
Environment change response skills	New technology developments response	
	Continuous observation and reporting system on the market	
	Long-term technology development	
	Responding to competitor's new product and business	

3. AHP 분석

3.1 AHP 개요

AHP는 Analytic Hierarchy Process의 계층 분석 과정의 약자로서 글자 그대로 계층적인 구조로 나누어 분석하는 것이 핵심이다. AHP는 토마스 사티에 의해 개발된 의사결정기법으로 의사결정의 목표를 최상위에 두고 하위에 요소와 기준, 대안을 배치하는 것이 그 특징이다[3]. 의

사결정과정의 목표를 정하기 위해 의사결정자는 각 요소들에 대해 쌍대 비교(pairwise comparison)을 실시하여 각 요소들에 대한 가중치를 구하였다.

3.2 AHP 분석 절차

1차 설문 분석을 토대로 R&D활동, 기술관리 시스템, 기술개발능력 성과 평가, 마케팅 능력, 경영혁신 능력 성과평가, 환경변화 대응능력, 6개 분야를 평가하기 위한 총 57개 항목에서 주요 평가지표로 24개 항목으로 압축하였다.

24개의 주요 평가지표가 선정된 후 AHP 분석을 위한 2차 설문조사를 실시하였다. 2차 설문조사는 AHP 분석을 위한 쌍대 비교행렬을 실행하기 위한 설문조사이고 대상은 1차 설문에 참가하였던 중소기업 종사자를 대상으로 2차 설문조사를 실시한다. 2차 설문의 모든 설문의 응답은 쌍대 비교(1:1비교)를 통해 2가지 비교 대상 중에서 상대적으로 중요하다고 인식되는 대상에 7점 척도로 점수를 주게 된다.

AHP 분석을 위한 2차 설문은 쌍대 비교가 충분히 고려될 수 있도록 구성하였다. 우선 R&D 활동 평가지표의 각 항목에 대해 가중치를 구하기 위한 설문을 예로 들어 살펴보겠다. 설문은 각각의 4가지 항목의 쌍대 비교를 위해 서로 비교하여 점수를 측정하도록 구성하였다. R&D 투자 비율은 나머지 3개의 항목과 비교하고 이와 동일하게 이미 서로 중복된 비교 항목을 제외하고 핵심연구개발 인력 확보 능력은 나머지 2개 항목과 비교를 하게 되고 마지막으로 남은 R&D 전담조직과 창조적 개발 환경을 비교하여 점수 측정을 하였다[4].

R&D 활동 평가를 위한 4개 항목 비교 시 총 6번의 선호도를 조사한다. 총 6번만 측정하는 이유는 비교되는 각 항목은 쌍대 비교가 되고 한 개의 상대적인 중요도에 대한 수준은 반대되는 항목의 역수를 가지게 되기 때문이다. 동일한 방법으로 나머지 5개 분야에 대한 설문을 실시하였다.

각 평가지표 항목들에 대한 설문평가가 모두 끝났다면 마지막으로 해당 분야에 대한 평가를 실시하였다. 6개의 분야별 항목에 대해 상대적인 중요도를 평가하여 각 평가분야별로 가중치를 구한다. 평가분야에 상대적인 중요도를 측정하는 이유는 각 평가분야별로 중요도를 산정하여 주요 평가지표 24개의 상대적인 우선순위를 구하기 위함이다.

마지막으로 AHP 분석은 설문지 응답 자료의 신뢰도를 확보하기 위해 일관성 분석(Consistency Ratio : C.R.)도 같이 고려하였다. AHP 분석과 일관성 분석을 모두 마무리하여 가장 큰 가중치를 가지는 값들을 고려하여 최종적으로 구미지역 중소기업 기술혁신역량 평가를 위한 최종 평가지표를 산정하였다[5].

3.3 AHP 분석 결과

<Table 3> AHP Level 1 Results

Level 1	R&D Activity	0.12
	Technology Management System	0.10
	Technology development capability	0.24
	Marketing skills	0.17
	Innovation capability	0.15
	Environment change response skills	0.21

<Table 4> AHP Level 2 Results

Level 2	R&D Activity	R&D investment rate	0.19
		Obtaining key R&D personnel	0.43
		Exclusive R&D organization	0.19
		Creative development environment	0.18
	Technology Management System	Technology commercialization performance	0.24
		Obtaining technology, financial and human resource	0.30
		External environment analysis capability	0.21
		Accumulation of the technique	0.25
	Technology development capability	New product development planning and implementation	0.19
		Obtaining production technology	0.15
		New product development capability	0.46
		Core technology complement	0.20
	Marketing skills	Target market selection	0.14
		Marketing strategy	0.18
		Identifying customer needs	0.33
		Market exploration capability	0.35
	Innovation capability	Innovation leadership of CEO	0.19
		Executive vision and strategy	0.25
		Driving force of executive	0.20
		Crisis management of executive	0.35
	Environment change response skills	New technology developments response	0.32
		Continuous observation and reporting system on the market	0.18
		Long-term technology development plan	0.27
		Responding to competitor's new product and business	0.22

먼저 <Table 3>에서처럼 Level 1수준인 성과분류 간의 가중치 분석을 실시한 결과 해당 기업들은 기술개발 능력(0.24)를 가장 중요하게 생각하고 있었으며, 환경변화 대응 능력(0.21), 마케팅 능력(0.17), 경영혁신능력(0.15), R&D 활동(0.12), 기술관리 시스템(0.10) 순으로 측정되었다. 이어 Level 2수준에서 각 성과분류의 하위 항목 지표들에 대한

평가를 실시한 결과 <Table 4>와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

마지막으로 <Table 5>와 같이, AHP Level 1과 Level 2의 C.R. 값을 분석해 본 결과 모두 0.1보다 작다는 결과가 나왔다. 이는 응답결과의 일관성이 유지되며 AHP 분석 결과의 가중치의 신뢰도가 있다고 말할 수 있다.

<Table 5> C.R. Value Results

C.R value by category	R&D Activity	0.016
	Technology Management System	0.023
	Technology development capability	0.029
	Marketing skills	0.021
	Innovation capability	0.014
	Environment change response skills	0.024

<Table 6> Total Evaluation Rank by AHP

Level 1	Level 2	Final Weight
Technology development capability	New product development capability	0.1129
Environment change response skills	New technology developments response	0.0691
Marketing skills	Market exploration capability	0.0599
Environment change response skills	Long-term technology development plan	0.0586
Marketing skills	Identifying customer needs	0.0573
Innovation capability	Crisis management of executive	0.0532
R&D Activity	Obtaining key R&D personnel	0.0499
Technology development capability	Core technology complement	0.0479
Environment change response skills	Responding to competitor's new product and business	0.0462
Technology development capability	New product development planning and implementation	0.0461
Environment change response skills	Continuous observation and reporting system on the market	0.0393
Innovation capability	Executive vision and strategy	0.0383
Technology development capability	Obtaining production technology	0.0376
Marketing skills	Marketing strategy	0.0314
Technology Management system	Obtaining technology, financial and human resource	0.0311
Innovation capability	Driving force of executive	0.0311
Innovation capability	Innovation leadership of CEO	0.0293
Technology Management system	Accumulation of the technique	0.0253
Technology Management system	Technology commercialization performance	0.0245
Marketing skills	Target market selection	0.0236
R&D Activity	Exclusive R&D organization	0.0225
R&D Activity	R&D investment rate	0.0221
R&D Activity	Creative development environment	0.0214
Technology Management system	External environment analysis capability	0.0214

최종적으로 Level 1과 Level 2의 가중치를 곱하였고, 이를 내림차순 정렬을 통해 가장 중요하다고 생각되는 성과지표를 찾아내었다. 구미지역 중소기업에 종사하는 실무진들은 기술개발능력(Final Weight : 0.1129)에 가장 높은 점수를 주었으며, 총 24개 지표 중 상위 4개 항목은 신제품의 개발역량(0.1129), 신기술 개발동향 대응능력(0.0691), 판로 및 시장개척 능력(0.0599), 중장기 신기술 개발 계획(0.0586)순으로 나타났다. 그 외의 순위는 <Table 6>과 같다.

4. 퍼지집합이론 분석

4.1 퍼지집합이론 개요

Zadeh에 의해 개발된 퍼지집합이론은 언어의 모호성에 의해 발생하는 불확실성이나 부정확성의 문제를 체계적으로 해결하기 위한 이론이다[6]. 퍼지집합이론은 숫자로 표현되기 어려운 언어적 변수를 명백한 수치보다는 연속적인 수치의 범위로서 표현한다. 수학적으로 퍼지집합이론은 실수에 대한 Boolean 논리를 확장한 것으로 질적 요소를 양적 요소인 숫자로 표현할 수 있게 함으로써 불확실성을 판단하는데 유리한 측면이 있다[7]. 즉 Boolean 논리에서는 1과 0을 참과 거짓으로 표현하고 있다. 그러나 퍼지 집합 이론에서는 0과 1사이의 숫자를 부분적인 참의 지표로 표현하기 때문에 정확하게 수치적 값으로 나타내기 어려운 모호한 판단을 수치로 표현할 수 있다. 따라서 퍼지집합이론은 사업이나 정책 평가에서 평가자의 판단을 분석하는 데 유용한 도구로 이용된다. 즉, 퍼지집합이론은 리워드 척도 등을 이용하는 AHP나 다속성 효용이론에 적용하여 판단의 정확성을 유도하는 방향으로 이용되고 있다[8].

4.2 퍼지집합이론 분석 절차

퍼지집합이론을 이용한 의사 결정에서는 평가자가 표현하는 고유한 의사 표현이 가지는 불확실성을 명시적으로 고려할 수 있는 다음과 같은 과정을 거쳐 점수화시킨다. 우선평가 목적에 부합하는 응답자와 평가항목을 설정하는 것에서 시작한다. 즉, n명의 응답자($i = 1, 2, \dots, n$)와 t개의 평가항목($t = 1, 2, \dots, t$)을 설정한다. 그 다음 각 평가항목의 중요도와 확신 정도에 대해 표현할 수 있는 언어 값 x, y 및 언어 값의 집합 P(x) 및 S(y)를 정의한다. 여기서 P(x)는 응답자가 각 평가항목에 대한 중요도 및 점수(9점 척도)를 평가한 것이며, S(y)는 응답자가 평가항목의 중요도에 대해 언급할 때 자신의 판단에 대한 확

신의 정도를 나타낸 것이다.

- P(중요도) = {전혀 중요치 않음, 중요치 않음, 보통, 중요, 매우 중요}
- S(확신 정도) = {매우 불확실, 불확실, 보통, 확실, 매우 확실}

다음으로 퍼지 넘버를 설정한다. 퍼지 넘버는 어떤 값이 될 가능성을 소속도로 표현한 수이며, 여러 가지 대상과 그것이 그 단계에 어느 정도 속하느냐의 정도를 나타낸다. 소속 함수(membership function)의 형태는 삼각형 함수, 사다리꼴 함수 등이 있지만, 삼각형 소속 함수가 가장 간단하고 일반적으로 적용되는 소속 함수이다. 삼각형 소속 함수를 이용하여 각 언어 값에 대응한 퍼지 넘버를 다음과 같이 대응시킬 수 있다.

$$P_{ti} = (a_{ti}, b_{ti}, c_{ti}),$$

$$S_{ti} = (o_{ti}, p_{ti}, q_{ti}),$$

응답자를 대상으로 9개의 선택 가능한 언어 값(9점 척도)을 제시할 경우, 세 원소로 이루어진 퍼지넘버는 1/8 간격으로 이루어진 값을 순차적으로 대응시킬 수 있다.

퍼지넘버를 설정한 다음에는 개별 평가자의 퍼지 신뢰지수를 구한다. 개별 평가자의 퍼지 신뢰지수란 평가자의 평가를 얼마나 신뢰하는가를 의미하는 것이다. 평가자 i의 평가항목 t에 대한 퍼지 신뢰지수와 신뢰지수의 요소를 다음과 같이 정의한다.

$$F_{ti} \cong (Y_{ti}, Q_{ti}, Z_{ti})$$

$$\text{단, } Y_{ti} = (a_{ti} \times o_{ti}),$$

$$Q_{ti} = (b_{ti} \times p_{ti}),$$

$$Q_{ti} = (b_{ti} \times p_{ti}),$$

$$Z_{ti} = (c_{ti} \times q_{ti})$$

그 후 평가항목에 대한 퍼지 신뢰지수의 요소 값을 계산한다. 평가항목 t에 대한 퍼지 신뢰지수의 각 요소 값 (Y_t, Q_t, Z_t)을 응답자 전체의 평균값으로 구한다.

$$Y_t = \frac{1}{N} \sum_i Y_{ti},$$

$$Q_t = \frac{1}{N} \sum_i Q_{ti},$$

$$Z_t = \frac{1}{N} \sum_i Z_{ti},$$

<Table 7> Fuzzy Numbers Corresponding to Language Value

Evaluation of importance		Degree of confidence	
Language Value	Fuzzy number	Language value	Fuzzy number
P_{ii}	$= (a_{ii}, b_{ii}, c_{ii})$	S_{ii}	(a_{ii}, p_{ii}, q_{ii})
Never	1	Never	1
	(0.000, 0.000, 0.125)		(0.000, 0.000, 0.125)
	2		2
	(0.000, 0.125, 0.250)		(0.000, 0.125, 0.250)
Maybe	3	Maybe	3
	(0.125, 0.250, 0.375)		(0.125, 0.250, 0.375)
	4		4
	(0.250, 0.375, 0.500)		(0.250, 0.375, 0.500)
Usually	5	Usually	5
	(0.375, 0.500, 0.625)		(0.375, 0.500, 0.625)
	6		6
	(0.500, 0.625, 0.750)		(0.500, 0.625, 0.750)
Probably	7	Probably	7
	(0.625, 0.750, 0.875)		(0.625, 0.750, 0.875)
	8		8
	(0.750, 0.875, 1.000)		(0.750, 0.875, 1.000)
Definitely	9	Definitely	9
	(0.875, 1.000, 1.000)		(0.875, 1.000, 1.000)

다음으로 평가항목에 대한 퍼지 신뢰지수의 합산 값을 계산한다. 평가항목 t에 대한 퍼지 신뢰지수의 합산값(total integral values, I_t)은 응답자들이 평가항목 t에 대해 느끼는 중요도와 중요도의 확신성을 복합적으로 감안한 평가 점수이며, 평가항목 t의 퍼지신뢰지수(F_t)에 대한 총 합산 값(I_t)은 다음과 같이 구한다.

$$I_t = \frac{1}{2} [\alpha Z_t + Q_t + (1 - \alpha) Y_t]$$

여기서 α 는 낙관주의 지수(optimum index)로 정의한다. 즉, 평가자의 평가에 대한 낙관주의적 정도를 나타내는 것으로 일반적으로 $\alpha = 0.5$ 로 가정한다. 이는 평가자가 낙관적이지도 않고 비관적이지도 않은 중립적인 상태에서 의사결정을 한다는 의미이다.

마지막으로 평가항목에 대한 퍼지 평가지수를 산정한다. 응답자들의 평가항목 t에 대한 퍼지 평가지수는 위에서 계산한 퍼지 신뢰지수에 대한 총 합산 값(I_t)을 이용하는데, 이를 이용하여 퍼지평가 지수들을 각 평가항목들의 상대적 가중치로 고려할 수 있다[9, 10].

4.3 퍼지집합이론 분석 결과

실증분석을 통해 구해진 합산 값을 바탕으로 최종 가중치를 산정하면 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Results of Fuzzy Set Theory

Category	Detailed indicators	Weight by category	Detailed indicator's weight
R&D Activity	R&D investment rate	0.16425	0.04326
	Obtaining key R&D personnel		0.04870
	Exclusive R&D organization		0.03696
	Creative development environment		0.03533
Technology Management System	Technology commercialization performance	0.15479	0.03667
	Obtaining technology, financial and human resource		0.04799
	External environment analysis capability		0.03491
	Accumulation of the technique		0.03522
Technology development capability	New product development planning and implementation	0.17384	0.04812
	Obtaining production technology		0.04313
	New product development capability		0.04568
	Core technology complement		0.03691
Marketing skills	Target market selection	0.17150	0.03509
	Marketing strategy		0.04276
	Identifying customer needs		0.05238
	Market exploration capability		0.04127
Innovation capability	Innovation leadership of CEO	0.19687	0.04888
	Executive vision and strategy		0.05033
	Driving force of executive		0.04718
	Crisis management of executive		0.05049
Environment change response skills	New technology developments response	0.13874	0.03488
	Continuous observation and reporting system on the market		0.03304
	Long-term technology development plan		0.03299
	Responding to competitor's new product and business		0.03783

우선 6개 부문에 대해서는 경영혁신능력이 19.7%를 차지하여 기술혁신역량을 평가함에 있어 경영자의 혁신역량을 가장 중요한 것으로 나타났으며, 다음으로 기술개발 능력 17.4%, 마케팅능력 17.1%, R&D 활동 16.4%, 기술관리 시스템 15.5%, 환경변화 대응 능력 13.9%의 순으로 나타났다. 이러한 결과는 경영자의 의지와 추진력 등이 기술혁신에 높은 영향을 미친다는 기존의 연구결과를 지지하는 것으로 기술혁신역량 강화를 위해선 경영자의 기술혁신경영 능력을 높여야 함을 보여준다. 또한 마케팅 능력의 중요성이 상당히 높은 가중치를 부여 받는 것으로 보아 시장에서 요구하는 기술의 개발 및 개발된 기술의

사업화가 기업의 입장에서는 중요한 것으로 드러났다.

24개 세부지표 별로 살펴보면 고객욕구 파악능력이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 경영자의 위기관리능력, 경영자의 비전과 전략, 경영자의 기술혁신 리더십, 핵심 연구개발 인력 확보능력, 신제품 개발계획수립 및 추진 능력의 순으로 이루어져 있어, 기술혁신역량을 평가함에 있어 경영자의 역량을 중요한 요인으로 평가하는 것으로 나타났다. <Table 9>, <Table 10>은 각 부문별, 세부지표별 가중치 순위를 나타낸다.

<Table 9> Results by Category

Category	Weight
Innovation capability	0.197
Technology development capability	0.174
Marketing skills	0.171
R&D Activity	0.164
Technology Management System	0.155
Environment change response skills	0.139
Total	1.000

<Table 10> Results by Detailed Indicators

Detailed indicators	Weight
Identifying customer needs	0.0524
Crisis management of executive	0.0505
Executive vision and strategy	0.0503
Innovation leadership of CEO	0.0489
Obtaining key R&D personnel	0.0487
New product development planning and implementation	0.0481
Obtaining technology, financial and human resource	0.0480
Driving force of executive	0.0472
New product development capability	0.0457
R&D investment rate	0.0433
Obtaining production technology	0.0431
Marketing strategy	0.0428
Market exploration capability	0.0413
Responding to competitor's new product and business	0.0378
Exclusive R&D organization	0.0370
Core technology complement	0.0369
Technology commercialization performance	0.0367
Creative development environment	0.0353
Accumulation of the technique	0.0352
Target market selection	0.0351
External environment analysis capability	0.0349
New technology developments response	0.0349
Continuous observation and reporting system on the market	0.0330
Long-term technology development plan	0.0330
Total	1.0000

5. 결 론

저성장 시대에 접어든 경제 활성화를 위해선 지역 중소기업의 기술혁신역량 강화를 통해 중소기업의 경쟁력 향상 및 기술혁신 형 중소기업의 육성이 필요하다. 이러한 방편의 하나로 기술혁신역량 평가지표의 중요성이 대두되고 있는데, 이는 기존의 지표들이 경쟁 환경의 변화를 따라오지 못하고 있으며 평가지표들에 있어서도 그 중요도에 대한 인식의 변화가 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 최신 평가 방법인 AHP와 퍼지집합이론을 적용하여 기존 기술혁신역량 평가지표의 문제점을 개선해 보고자 하였다.

우선 기존 평가지표의 문제점으로 거론되고 있는 측정 항목의 개선을 위해 중소제조기업의 임직원 및 관련 전문가들을 대상으로 Delphi 기법에 기초한 설문조사를 통해 총 6개 부문의 24개 세부지표에 대한 선정을 하였다.

다음으로 선정된 평가지표들을 바탕으로 AHP 및 퍼지집합이론을 적용한 평가지표의 가중치를 구하였다. 쌍대 비교를 통한 의사결정기법인 AHP를 적용한 가중치 산정 결과, 신제품 개발 역량, 신기술 개발 동향 대응능력, 판로 및 시장개척 능력 등의 순으로 가중치가 부여되었다. 또한 모호한 언어적 표현의 계량화를 통해 정책평가 방법으로 사용되는 퍼지집합이론을 사용한 가중치 산정 결과, 고객 욕구 파악 능력, 경영자의 위기관리 능력, 경영자의 비전과 전략 등의 순으로 가중치가 부여되었다. AHP 및 퍼지집합이론은 가장 합리적이고 과학적인 평가 기법으로 받아들여지고 있으며 본 연구에서는 기술혁신역량 평가모형의 최종 평가지수의 산정을 위해 각 이론의 적용을 통해 산정된 가중치를 동일한 비중으로 결합하여 <Table 11>와 같은 최종 평가지수를 산정하였다.

최종평가지표 가중치 산정 결과 평가항목 부문에서 기술개발 능력, 환경변화 대응능력, 경영혁신 능력, 마케팅 능력, R&D 활동, 기술관리 시스템의 순으로 나타났다. 이는 기존 지표들이 기술개발과 R&D라는 전통적인 기술혁신 분야에 우선순위를 두었는데 반하여, 본 연구에서는 기술개발 역량과 함께 경영자의 기술혁신에 대한 의지의 중요성과 새로운 기술개발의 동향과 같은 시장 환경의 변화에 대한 대응이 중요함을 보여주고 있다. 또한 평가지표 별로 가중치를 살펴보면 신제품 개발역량, 고객 욕구 파악 능력, 신기술 개발동향 대응 능력의 순으로 가중치가 부여되었다. 특히 기술혁신역량으로 전통적으로 강조되고 있는 신제품 개발역량이나 신제품 개발 계획 및 추진능력 뿐만 아니라, 고객의 욕구를 파악하고 판로 및 시장개척 능력과 같은 마케팅 능력과 경영자의 혁신에 대한 리더십 등 경영자의 역량과 시장 환경의 변화에 적절한 대응을 중요하게 인식하는 반면, R&D전담

조직이나 R&D투자 비율 같은 부분과 기술 외부환경을 분석하거나 개발된 기술의 전산화와 같은 기술관리 시스템은 그 중요성이 낮다고 인식함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 향후 중소기업의 기술혁신역량을 강화하기 위한 정책적 지원을 위해 중소기업의 기술혁신역량 평가에 사용하거나 정책적 지원을 함에 있어서 중점적인 우선순위를 두어야 할 점 혹은 기업의 자체혁신역량의 강화하는데 있어 기업이 중요시하여야 할 점 등의 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

<Table 11> Final Results Using AHP and Fuzzy

Category	Detailed indicators	Weight by category	Detailed indicator's weight
R&D Activity	R&D investment rate	0.1401	0.0327
	Obtaining key R&D personnel		0.0493
	Exclusive R&D organization		0.0297
	Creative development environment		0.0284
Technology Management System	Technology commercialization performance	0.1285	0.0306
	Obtaining technology, financial and human resource		0.0395
	External environment analysis capability		0.0282
	Accumulation of the technique		0.0303
Technology development capability	New product development planning and implementation	0.2092	0.0471
	Obtaining production technology		0.0404
	New product development capability		0.0793
	Core technology complement		0.0424
Marketing skills	Target market selection	0.1718	0.0293
	Marketing strategy		0.0371
	Identifying customer needs		0.0548
	Market exploration capability		0.0506
Innovation capability	Innovation leadership of CEO	0.1744	0.0391
	Executive vision and strategy		0.0443
	Driving force of executive		0.0391
	Crisis management of executive		0.0518
Environment Change response skills	New technology developments response	0.1760	0.0520
	Continuous observation and reporting system on the market		0.0362
	Long-term technology development plan		0.0458
	Responding to competitor's new product and business		0.0420
Total		1.0000	1.0000

Acknowledgments

This paper was supported by Research Fund, Kumoh National Institute of Technology.

References

- [1] Evaluating SME's innovation capability and analyzing SME innovation policy(I), Science and Technology Policy Institute, 2010.
- [2] Evaluating SME's innovation capability and analyzing SME innovation policy(II), Science and Technology Policy Institute, 2011.
- [3] Saaty, T.L., Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytical Hierarchy Process. Pittsburgh, PA : RWS publication, 1994.
- [4] Kim, B.-C., Priority Analysis on Corporate Social Contribution Programs Through Analytical Hierarchy Process (AHP). *Advertising Research*, 2006, Vol. 71, pp. 131-151.
- [5] Jang, C.-Y., Park, D.-K., and Kwak, H.-R., The Developing Model for Evaluation Performance of Local Police Organization : Application of Fuzzy Set Theory and AHP(Analytic Hierarchy Process). *Korean Association of Public Safety and Criminal Justice*, 2009, pp. 47-89.
- [6] Zadeh, L.A., Fuzzy Sets. *Information and Control*, 1965, Vol. 8, pp. 338-353.
- [7] Al-Najjar, B. and Alsayourf, I., Selecting the Most Efficient Maintenance Approach using fuzzy multiple criteria Decision Making. *International Journal of production Economics*, 2003, Vol. 84, pp. 85-100.
- [8] Tsaur, S.H., Chang, T.Y., and Yen, C.H., The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM. *Tourism Management*, 2002, Vol. 23, pp. 107-115.
- [9] Rhee, H.-C., Lee, K.-Y., and Lee, I.-J., Fuzzy Set Theory As a Method of Policy Evaluation. *The Korean Association for Policy Studies*, 2007, Vol. 16, No. 3, pp. 67-91.
- [10] Rhee, H.-C. and Sim, W.I., Evaluation of Programs Designed to Enhance the Personnel Structure of SMEs in Korea : Using Fuzzy Set Theory. *Asia Pacific Journal of Small Business*, 2010, Vol. 16, No. 3, pp. 67-91.

ORCID

- Joonggil Cho | <http://orcid.org/0000-0002-0174-8462>
- Sang-Sun Lee | <http://orcid.org/0000-0003-3198-755X>
- Min-Seok Byun | <http://orcid.org/0000-0003-2797-7885>
- Jonghwan Lee | <http://orcid.org/0000-0001-9630-5236>
- Kyungsu Kang | <http://orcid.org/0000-0002-5643-9982>
- Seongbin Lee | <http://orcid.org/0000-0003-4172-4614>