

기술종합지수를 이용한 기술등급평가에 관한 연구

A Study on Technology Ranking Valuation Using Technology Composite Index

성 응 현*

〈 목 차 〉

- | | |
|------------------------|---------------------|
| I. 서론 | IV. 등급평가와 순위차이 비교분석 |
| II. 기술평가의 문제점과 개선방향 | V. 결론과 한계 |
| III. 기술평가 자료에 대한 요인 분석 | |

Abstract

The future will see all industries become technology-driven in the competitive global market place. Firms with deep technological roots and innovation strategies have some advantages. In this situation widely used scoring approach is not enough to evaluate technology's relative competitiveness and to assign relative ranking category. Therefore, a more useful and comprehensive approach, which is called technology composite index, is needed to complement and enhance the existing scoring approach. In this research, factor analysis is applied to determine the common factors and to estimate associated weights. And technology composite index is used to measure the technology's relative strength and also to assign its ranking category instead of technology scoring.

key words: 평점방법, 기술종합지수, 요인분석, 등급범주

이 논문은 2005년도 한신대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

* 한신대학교 정보통계학과 정교수, Oong-Hyun Sung, soh@hs.ac.kr, 031-370-6767.

I. 서론

지식기반 경제체제에서 기업의 성장과 경쟁력의 원천은 노동·자본에서 지식·정보 우위로 전환되고 있고, 선진국의 경우 기술, 정보 등 무형자산에 대한 투자가 생산설비투자를 상회하고 있는 것이 현실이다. 특히, 기술력이 기업경쟁력의 핵심요소로 대두됨에 따라 벤처기업들은 독자적인 기술력을 통하여 경쟁력 우위를 확보하고 시장적 기회를 창출하기 위한 기술투자 등에 우선순위를 두게 되었다. 무형자산(연구개발, 특허, 혁신 등)에 관한 연구개발 투자가 기업가치에 공헌하는 정도에 대한 국외 연구는 Brown과 Svenson(1998), Aboody 와 Lev(1998), Griliches(1990) 등이 있고, 기술기업에서 연구개발의 비용-효익 관계를 분석한 결과 연구개발 투자와 기업가치 및 성과사이에 유의한 상관관계가 존재하고 그 공헌도가 다른 자산에 비해서 평균적으로 높다는 결론을 도출하였다. 임기철외 10인(2003)은 국내기업의 연구개발 투자와 생산성과의 관계를 분석하기 위해서 R&D Scoreboard을 사용하였고, 분석결과 대부분의 기업에서 연구개발 투자와 생산성은 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 양동우(2003)는 벤처 기술평가와 경영성과사이의 관계를 검증하기 위해서 표본기업 22개에 대하여 회귀분석한 결과 전반적인 기술평가 수준이 미래 매출액 성장에 유의한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다. 성웅현(2004)은 기술성 변수 정보를 이용하여 사업성 수준 범주를 평가하기 위한 함수를 추정하기 위해서 로지스틱 판별모형과 로짓 판별모형을 이용하였다. 기술성 변수의 정보를 이용하여 사업성 범주를 판별하는데 설명력은 세 범주인 경우 약 67.7%, 두 범주인 경우에는 95.6% 로 나타났다. 따라서 기술력 평가는 향후 기업가치평가 혹은 기술가치평가에 매우 유의한 영향을 미칠 것으로 판단된다.

국내 기술평가는 산업기술자금, 산기반자금 등 정책자금을 지원, 신기술개발결과의 사업화지원, 벤처기업 지정, 기술이전 및 거래를 위해서 수행되고 있다. 특히, 벤처기업이 기술 경쟁력을 확보하고 신시장을 확보하기 위해서는 중장기적인 측면에서 지속적인 기술자산 투자가 절대적으로 필요하지만, 현실적으로 자본력이 취약할 뿐만 아니라 자본금을 확보하기 위한 담보능력도 낮은 실정이다. 국내에서는 벤처기업지원을 위해서 '벤처기업육성에 관한 특별조치법 시행령 제2조'에 근거하여 기술신용보증기금, 중소기업진흥공단, 한국과학기술정보연구원, 기술거래소 등 평가기관을 통해서 기술력평가가 자체적으로 수행되고 있다. 이제까지 국내 벤처기업은 양적으로는 급성장하였지만 성장이 기대되는 벤처기업의 기술력

을 객관적인 기준으로 평가하기 위한 방법론은 미흡한 실정이다.

일반적으로 널리 사용되고 있는 기술평가 방법론은 평점평가(scoring valuation)와 그 결과에 근거한 등급평가(ranking valuation)이다. 평가기관에서 사용되고 있는 기술력 평가기준과 세부항목은 평가목적에 따라 다소 차이가 있지만 평가 절차는 대부분 세부항목 평가를 합산한 평점평가로 산출되고 있다. 이러한 평점평가 방법은 평가항목들이 서로 독립적이지 않고 유의한 상관관계가 존재할 경우에는 평가결과의 신뢰성과 유용성 문제가 제기될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 평점평가의 문제점을 개선하기 위해서 최근에 수집된 기술평가자료를 통계적 요인분석(factor analysis)에 적합하여 그 해결책을 모색하고 개선방향을 제안하고자 한다.

현재까지 기술평가의 문제점을 해결하기 위한 방법론에 대한 학문적 선행연구는 국내외적으로 매우 미흡한 실정이다. 물론 기술력을 종합적으로 평가하기 위해서는 기술성과 사업성을 모두 고려하여 평가하는 것이 바람직하다고 판단된다. 그러나 업종별 혹은 특정 기술에 따라 기술성과 사업성의 패턴이 다를 수 있기 때문에, 두 가지 속성을 함께 고려했을 때 주요 속성의 취약점이 서로 상쇄될 가능성이 존재하게 된다. 또한 기술성과 사업성의 모든 항목을 고려하여 요인분석을 수행했을 때 항목 수가 너무 많아져서 공통요인의 탐색과 해석이 쉽지 않게 되고, 모형의 설명력이 낮아질 경우가 발생될 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 기술력평가에서 사업성을 제외하고 기술과 연관된 중항목의 가중값을 요인분석을 통하여 추정할 수 있는 논리를 제안하고, 또한 그 결과를 등급평가와 순위평가에 적용하고자 한다. 사업성과 연관된 항목들의 가중값 추정은 동일한 방법을 적용할 수 있기 때문에 추후 연구과제로 남겨 놓았다.

따라서 본 연구는 크게 세 가지 내용으로 구성된다. 첫째, 기존 평점평가의 문제점을 개선하기 위해서 통계적 요인분석을 이용하여 개별 중항목의 가중값을 추정할 수 있는 논리를 제시하였다. 둘째, 중항목 가중값을 이용하여 기술종합지수를 도출하여 가중평점평가를 적용하였다. 마지막으로 기술종합지수에 근거한 상대 등급평가 기준을 제안하였고, 평점평가와 기술종합지수 등 두 가지 방법을 비교 분석한 등급평가와 순위평가 결과를 논의하였다.

II. 기술평가의 문제점과 개선방향

1. 기존 기술평가의 문제점

국내 기술평가기관들의 평가 체크리스트 대항목에 배점과 평가항목의 수는 기관별로 평가 목적에 따라 서로 다르게 구성되어있다. 특히 대항목에 대한 배점은 평가목적에 대한 객관적인 가중값이라기 보다는 정성적인 판단 혹은 관련 항목수에 비례하는 것으로 판단된다. 국내 주요 평가기관의 기술력 평가 체크리스트를 요약하면 다음과 같다. 중소기업청 기술력평가 대항목은 기술개발능력, 제품화 능력, 생산능력, 경영능력 등으로 구성되어 있고, 기술신용보증기금 기술평가센터 평가 대항목은 기술성, 시장성, 경쟁성, 기술환경 등으로 구성되어있다. 기술거래소 기술력평가 대항목은 기술성, 권리성, 사업성 등으로 구성되어있고, 한국과학기술원 기술경쟁력센터 평가 대항목은 경영주 기술능력, 기술성, 시장성, 사업계획 타당성 및 수익성 등으로 구성되어 있다. 평가기관별로 대항목과 연관된 중항목, 세부항목은 서로 다르다고 할지라도, 평가방법은 평점평가와 등급평가를 함께 수행하고 있다. 평점평가는 평가항목에 근거해서 기술력을 평가하는 방법으로 항목별 점수를 단순합산하여 산출하는 방법이고, 등급평가는 평점평가 결과에 근거해서 몇개 순위범주(ordinal category)로 구분하여 평가하는 방법이다. 최근 평가기관들은 기술력 평가 항목의 표준화 작업과 더불어 평점평가를 개선하기 위한 노력을 하고 있다. 본 장에서는 기존에 사용하고 있는 평점평가와 등급평가의 문제점을 실증자료를 통하여 탐색하고 그 개선방향을 논의하고자 한다.

1) 기존 평점평가의 문제점

본 연구에서는 기존 평점평가의 문제점과 등급평가의 문제점을 이해하기 위해서 기술거래소에 최근 3년 동안 기술력평가를 받은 254개 자료를 이용하였다. 기술거래소 기술력평가 대항목은 기술성, 권리성, 사업성으로 구성되어 있지만, 본 분석에서는 사업성을 제외하고 기술성과 권리성만을 고려하였다. 왜냐하면 기술(기술성과 권리성)과 사업성 평가는 서로 상이한 결과를 보일 수 있기 때문에 평가시 주요 속성이 서로 상쇄되는 효과가 있을 수 있기 때문이다. 기술성(T: 150점)은 기술경쟁성(T1: 40점), 기술유용성(T2: 40점), 기술인프라

(T3: 40점), 기술전략 및 환경(T4: 30점) 등 4개 중항목으로 구성되고, 연관된 53개 세부항목은 기술의 우수성, 경쟁기술 또는 대체기술의 존재, 기술적용범위, 기술완성도, 기술수명, 기술인력, 기술개발조직, 기술포트폴리오 분석, 개발필요기술의 선정 및 개발가능성 파악, 기술동향 및 산업분석, 외부 환경변수 등으로 구성된다. 권리성(R: 70점)은 IP 경쟁성(R1: 45점), IP 전략(R2: 25점) 등 2개 중항목으로 구성되고, 연관된 13개 세부항목은 권리의 안정성, 모방용이성, 권리의 광범, 출원, 기술전략 및 사업화 전략과 IP 전략과의 부합, 기술료 수입 지출에 따른 대책 및 라이선싱 전략, 제3자 특허소송 또는 제3자 특허에 대한 대응전략 수립 등으로 구성되었다. 기술성과 권리성에 배점된 총 배점은 220점이다. 기술거래소에서 기술력평가를 받은 254개 중소기업의 기술성과 권리성에 연관된 중항목과 항목별 점수를 합산한 기술평점(TS) 결과는 <표 1>과 같다.

<표 1> 기술성과 권리성 중항목과 종합평점 요약통계

구분	T1	T2	T3	T4	R1	R2	TS
배점	40	40	40	30	45	25	220
평균	27.24	29.73	30.06	22.97	30.24	15.23	155.48
표준편차	4.00	4.13	4.70	3.42	6.27	4.51	20.95
왜도	-0.25	-0.45	-0.61	-0.62	-0.80	0.14	-0.44
Q1(일사분위수)	25	27	27	21	27	12	143
중앙값	28	30	30.5	23	31	15	157
Q3(삼사분위수)	30	33	33	25	35	18	171
변동계수	0.15	0.14	0.16	0.15	0.21	0.30	0.13

체크리스트에서 중항목에 대한 배점이 서로 다르기 때문에 자료 분포의 속성을 비교하기 위해서 변동계수(coefficient of variation: 표준편차/평균)를 구하였다. 변동계수가 클수록 특정 중항목의 자료분포는 다른 중항목보다 상대적인 변동성이 크다고 할 수 있다. 기술성 중항목 변동계수를 살펴보면 기술성(T1, T2, T3, T4)은 서로 유사하게 나타났으나, 권리성과 연관된 중항목(R1, R2)이 기술성 중항목에 비해서 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 특히 IP 전략(R2)의 변동계수가 0.30 으로 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 개별 중항목에 대한 자료분포의 형태를 살펴보기 위해서 왜도(skewness)가 큰 중항목 순으로는 R1(IP 경쟁성), T4(기술전략 및 환경), T3(기술인프라)이고, 모두 왼쪽으로 긴 꼬리를 가진(평점이 낮은 자료가

있음, 왜도가 큰 음수) 분포임을 알 수 있다. 반면에 6개 중항목 점수를 합산한 기술종합평점(TS)의 왜도는 상대적으로 작아 분포의 왼쪽에 상대적으로 작은 값이 있고, 대칭에 근접한 분포임을 알 수 있다.

〈표 1〉에서 중항목별 자료분포의 속성이 상당한 차이가 있는 것으로 나타났기 때문에, 중항목별 점수를 단순 합산하는 평점평가 방법은 개별 중항목 분포의 속성을 충분히 반영하지 못하게 된다. 왜냐하면, 표준편차가 작은 분포에서 작은 차이는 유의한 차이가 될 수 있는 반면에 표준편차가 큰 분포에서는 어느 정도 이상의 차이가 아니면 유의한 차이가 될 수 없는 경우가 발생되기 때문이다. 또한 평점평가 방법의 또 다른 문제점은 종합평점을 구할 때 중항목들 사이의 복잡한 상관구조를 고려하지 못하고 있다는 것이다. 만약 중항목들이 서로 독립적이거나 혹은 상관관계가 작으면 중항목들의 점수를 단순 합산하여 종합평점을 구하는 방법은 적절하겠지만, 중항목들 사이에 높은 상관관계가 내재된 경우에는 단순 합산하는 평점평가에 신뢰성 문제가 제기된다. 왜냐하면 중항목들은 서로 상관관계가 높을 경우에는 중복성이 높아지고 합산할 때 특정 중항목의 속성을 반영하기가 어려워지기 때문이다.

기술성과 권리성과 연관된 6개 중항목들 사이에 선형적인 중복성을 검토하기 위해서 상관행렬(correlation matrix)을 구하면 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 기술성과 권리성 중항목간 상관행렬

구분	T1	T2	T3	T4	R1	R2
T1	1					
T2	0.639	1				
T3	0.634	0.679	1			
T4	0.533	0.555	0.628	1		
R1	0.476	0.498	0.433	0.436	1	
R2	0.404	0.428	0.469	0.578	0.512	1

분석결과 6개 중항목들 사이에 매우 유의한 양의 상관관계가 내재되어 있음을 알 수 있다. 중항목들 사이에 상관관계가 가장 높은 중항목들은 T2(기술유용성)과 T3(기술인프라)로 약 0.68로 나타났고, 그 다음 높은 중항목들은 T1(기술경쟁성)과 T2(기술유용성)로 약 0.64로 나타났다. 따라서 기술성 중항목들 사이에는 상당한 중복정보가 내재되어 있음을 알 수

있다. 상관분석 결과 기술성(T1, T2, T3, T4) 간에는 상대적으로 높은 양의 상관관계가 존재하고, 기술성과 권리성 간에는 상대적으로 작은 상관관계가 존재하고 있음을 알 수 있다.

2) 등급평가의 문제점

평가기관에서 기술성과 권리성을 종합평가한 기술평점(TS)에 의하여 일반적으로 적용하고 있는 등급평가 절차와 기준은 다음과 같다. 기술을 등급으로 판별하기 위해서 총배점 220점을 100점으로 환산한 다음 10점 간격으로 6개 등급으로 설정했을 때 등급에 따른 자료 비율은 <표 3>과 같다. 분석결과 전체의 약 44.5% 인 113개 기업이 C 등급인 70점 이상 80점 미만 범주에 속해있고, 또한 약 28.74% 가 D 등급에 속해있음을 알 수 있다. 전체자료의 약 73.2% 가 C 와 D 등급으로 부여된 것으로 나타났다. 따라서 기술등급평가를 기술평점(TS)에 근거해서 등급을 부여할 경우 상당수의 기업이 C 혹은 D 등급에 위치할 것으로 예상된다. 이러한 등급평가 절차는 기술평점에 근거해서 설정된 범주로 자동적으로 분류하는 절대 등급평가의 속성을 갖게 된다. 특정 등급에 밀집되어 있는 현상을 개선하기 위해서 C 등급만을 다시 세분화하여 등급의 수를 증가시킬 수도 있지만, 이러한 방법은 적절하지 않다. 기존 기술등급평가 논리는 평점평가 결과에 근거하기 때문에, 앞에서 탐색된 평점평가의 문제점을 개선하지 않는 한 등급평가의 변별력에도 문제가 제기된다.

<표 3> 기술등급의 설정과 등급부여 통계

등급	의미	등급 기준 (100점 기준)	등급 기준 (220점 기준)	등급분포	
				도수	%
A	매우 우수	90이상	198이상	4	1.57%
B	우수	80이상-90미만	176이상-198미만	30	11.81%
C	보통	70이상-80미만	154이상-176미만	113	44.49%
D	모호	60이상-70미만	132이상-154미만	73	28.74%
E	평균이하	50이상-60미만	110이상-132미만	30	11.81%
F	평가 불가	50미만	110미만	4	1.57%

2. 기술평가 방법의 개선방향

박종오(1999)는 기술평가의 구체적인 문제점으로 기술의 규모, 종류, 성격, 분야, 완성도, 수명주기 등 여러 가지 파악하기 쉽지 않은 요소들이 많이 존재하고 있다는 것과 평가의 관점에 따라 평가항목의 구성과 개별 항목의 가중값이 달라질 수 있다는 점을 논의하였다. 이러한 문제를 개선하기 위해서 성웅현(2003)은 상대적인 기술력을 평가하기 위한 개별 중항목에 가중값을 고려한 기술경쟁력지수의 필요성을 처음으로 제안하였다. 기존 평점평가와 등급평가의 문제점에 대한 개선방향을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기술성과 권리성 중항목 점수를 단순 합산하는 평점평가 방법은 서로 다른 중항목 분포의 속성을 고려하지 못하고 있다. 따라서 개별 중항목 분포가 유의하게 서로 상이한 경우에는 중항목별 원점수보다는 표준화점수(standardized score)¹⁾을 사용하는 것이 적절하다.

둘째, 평점평가 방법은 기술평점을 구할 때 중항목들 사이의 복잡한 상관구조를 고려하지 못하고 있다. 중항목들 사이에 상관관계가 유의하게 높은 경우에는 중복성이 존재하기 때문에 항목별 가중값을 이용한 가중평점평가(weighted scoring valuation)를 적용하는 것이 적절하다. 따라서 중항목별 가중값을 추정하기 위해서 중항목별 분포의 속성과 상관구조를 고려한 요인분석을 수행하면 중항목별 가중값을 객관적으로 추정할 수 있을 것이다.

셋째, 평점평가 결과로부터 부여된 등급평가는 사전에 설정한 등급 기준과 범주에 따라 대응되는 등급으로 분류하여 결정된다. 등급평가 과정에서 주요 결정사항은 적절한 등급 개수와 개별 등급에 속하는 평점의 범위를 설정하는 것인데, 평가기관별로 등급의 수와 범위가 표준화가 되어 있지 않은 것이 현실이다. 또한 <표 3>과 같은 평점평가에 근거한 등급평가는 절대적인 등급의 성격을 갖고 상대적인 등급평가로 해석하기에는 미흡하다고 판단된다. 따라서 등급평가의 변별력을 높이기 위해서는 앞에서 제안한 표준화점수, 가중값을 고려한 기술평가지수를 설정한 다음, 기술평가지수의 분포를 고려하여 등급의 범주와 개수를 정하는 것이 적절하다고 판단된다.

1) 표준화평점이란 자료의 분포의 속성을 이용하여 특정 자료가 그 분포에서 어떤 위치에 있는지를 분석하는데 사용된다. 어떤 중항목의 평균과 표준편차가 주어졌을 때 중항목내 특정 점수를 표준화시킨 평점은 '(특정 점수 - 평균) / 표준편차' 로 구해진다. 만약 표준화평점이 1.0 이라면 이 자료는 자료분포에서 오른쪽으로 1 표준편차만큼 오른쪽에 위치한다는 의미이다.

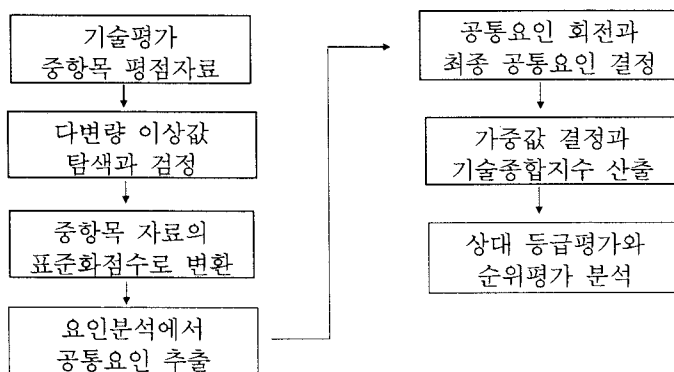
III. 기술평가 자료에 대한 요인분석

1. 요인분석의 적용과 분석절차

성웅현(1999)에 의하면 요인분석은 서로 상관되어있는 변수들 사이의 복잡한 상관구조를 잠재적인 소수 공통요인으로 설명하는 다변량기법이다. 요인분석은 마케팅, 인사관리, 품질관리 등 경영관련 분야에서 활발히 응용되고 있다. 장대성(2001)은 국제공항의 주요 서비스 품질요인에 관한 연구에서 8개 서비스품질변수들을 요인분석을 통하여 단일요인으로 축소하여 평가하였고, 성석, 박영택(2001)은 한국기업의 생산전략과 성과개선 프로그램에 관한 연구에서 9개 전략변수들에서 세 개 요인을 추출하여 평가하였고, 장명복(2000)은 정보시스템품질이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구에서 정보시스템환경, 시스템품질, 제공정보품질, 지원부서 및 지원, 성과 등에 관해서 개별 요인분석을 통하여 의미 있는 소수개의 요인을 탐색하여 평가하였다.

따라서 요인분석을 기술평가에 활용하면 평가항목들 사이의 복잡한 상관구조의 설명할 수 있는 잠재적인 소수 공통요인을 탐색할 수 있고, 그 결과를 이용하면 중항목별 가중값의 추정과 기술종합지수를 산출할 수 있을 것이다. 기술평가자료를 요인모형에 적합시켜 중항목 가중값 추정, 기술종합지수의 산출, 등급평가를 수행하는 절차는 요약하면 <그림 1>과 같다.

<그림 1> 기술종합지수의 산출과 등급평가 산출 과정



2. 다변량 이상값 탐색

기술평가 자료를 요인모형에 적합하기 전에 중항목으로 구성된 자료에 대한 다변량 정규성에 근거한 다변량 이상값(multivariate outliers)을 탐색하여야 한다. 왜냐하면 기술평가 자료가 다변량 정규성에서 크게 위반되는 이상값이 다수 존재할 경우에는 요인분석 결과의 신뢰성 문제가 제기될 수 있기 때문이다. 다변량 이상값을 탐색하기 위한 통계적 검정은 다변량 Q-Q 플롯과 F-검정이 주로 사용된다. p 개 중항목에 대한 j -번째 자료벡터 $\mathbf{y}_j = [T1j, T2j, T3j, T4j, R1j, R2j]'$ 가 평균벡터가 $\boldsymbol{\mu}$ 이고 분산공분산행렬이 $\boldsymbol{\Sigma}$ 인 다변량 정규분포 $N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ 에서 추출된 표본이라고 하자. 이때 \mathbf{y}_j 와 $\boldsymbol{\mu}$ 사이의 Mahalanobis 거리제곱 δ_j^2 은 자유도가 p 인 카이제곱분포(chi-square distribution)에 따르게 된다.

$$\delta_j^2 = (\mathbf{y}_j - \boldsymbol{\mu})' \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\mathbf{y}_j - \boldsymbol{\mu}), \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

식(1)에서 $\boldsymbol{\mu}$ 와 $\boldsymbol{\Sigma}$ 는 미지의 모수이므로 표본자료로부터 추정되어야 한다. 표본자료 $n = 254$ 인 자료 벡터 \mathbf{y}_j 's에서 구한 표본평균벡터와 표본분산공분산행렬을 식(2)와 같이 $\bar{\mathbf{y}}$, \mathbf{S} 로 표시하면, 식(3)과 같은 표본 Mahalanobis 거리제곱 d_j^2 은 자유도가 $p = 6$ 인 카이제곱분포에 근사하게 된다.

$$\bar{\mathbf{y}} = \frac{1}{254} \sum_{j=1}^{254} \mathbf{y}_j, \quad \mathbf{S} = \frac{1}{253} \sum_{j=1}^{254} (\mathbf{y}_j - \bar{\mathbf{y}})(\mathbf{y}_j - \bar{\mathbf{y}})' \quad (2)$$

$$d_j^2 = (\mathbf{y}_j - \bar{\mathbf{y}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{y}_j - \bar{\mathbf{y}}) \quad (3)$$

다변량 이상값을 탐색하기 위해서 Looney와 Gullledge(1985), Friendly(1991)은 순위(ordered) d_j^2 를 자유도가 $p = 6$ 인 카이제곱분포 순위수(quantiles)에 대하여 플롯한 다변량 Q-Q 플롯을 제안하였다. 만약 자료가 다변량 정규성을 만족한다면 다변량 Q-Q 플롯은 수평축 원점에서 45도 각도를 갖는 직선에 밀집되어 산포하게 된다. 만약 d_j^2 가 직선에

2) $p \times 1$ 확률벡터 $\mathbf{y} \sim N_p(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$ 인 p -변량 정규분포에 따를 때 p -변량 정규확률밀도함수는 $f(\mathbf{y}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\boldsymbol{\Sigma}|^{1/2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{y} - \boldsymbol{\mu})' \boldsymbol{\Sigma}^{-1}(\mathbf{y} - \boldsymbol{\mu})\right\}$ 이 된다. 여기서 분산공분산행렬 $\boldsymbol{\Sigma}$ 의 대각원소는 중항목 p 개의 분산과 비대각원소는 nC_2 개 공분산으로 구성된 행렬을 의미한다.

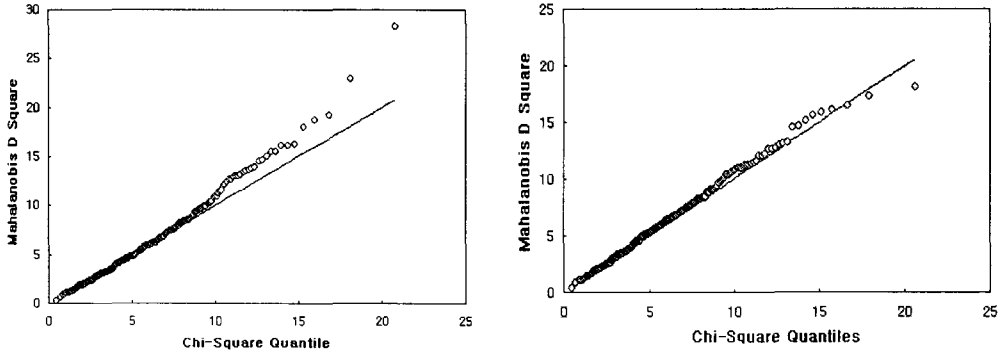
서 크게 벗어나면 다변량 이상값으로 평가하게 된다. 또한 다변량 이상값 탐색 방법으로 Yang & Lee(1987)가 제안한 F -통계량은 식(4)와 같다. 식(4)에서 F_j 통계량은 분자의 자유도가 p 이고 분모의 자유도가 $n-p-1$ 인 $F(p, n-p-1)$ 분포에 근사하게 된다. 이때 유의수준 0.05 에서 다변량 이상값 검정은 검정통계량 F_j 가 기각치 $F(0.05, p, n-p-1)$ 보다 클 때 자료벡터 y_j 가 다변량 이상값이라고 판정하게 된다. F -통계량이 기각치로부터 크게 벗어난 자료를 탐색하기 위해서 수평축을 자료 순서로 하고 수직축을 F -통계량으로 플롯한 산점도를 이용하게 된다.

$$F_j = \frac{n-p-1}{p} \times \left[\frac{1}{1 - n d_j^2 / (n-1)^2} - 1 \right] \quad (4)$$

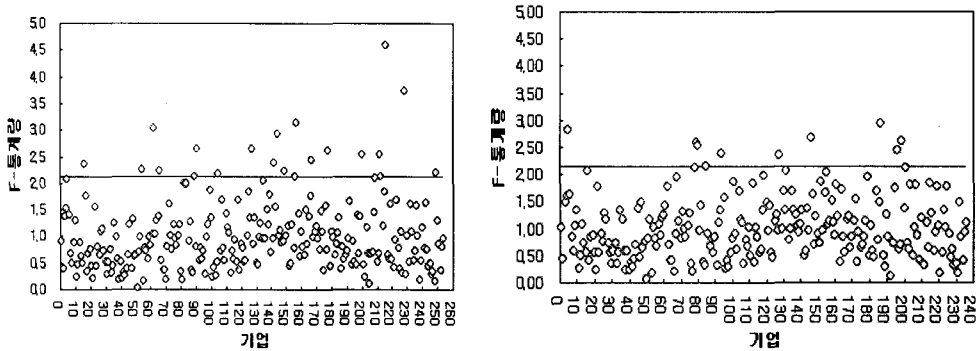
위와 같은 두 가지 통계적 방법론을 254개 자료에 적용하여 다변량 이상값을 탐색하기 위해서 SAS 에서 IML 프로그램을 작성하여 얻은 결과는 <그림 2>와 <그림 3>에서 왼쪽 그림과 같다. <그림 2>의 왼쪽 다변량 Q-Q 플롯에 의하면 카이제곱 순위수가 큰 값에서 직선에서 크게 벗어난 자료들이 관측되었고, <그림 3>의 왼쪽 F -통계량 산점도에서는 유의수준 0.05 에서 기각치 $F(0.05, 6, 247)=2.135$ 보다 큰 자료는 18개로 나타났다. 기술 자료에서 다변량 이상값이 발생된 원인을 여러 가지가 있겠지만 통계적으로 주요 원인을 요약하면 (1) 특정 자료가 대부분의 다른 자료와 비교해서 중항목 분포의 속성이 크게 다른 경우, (2) 특정 자료의 중항목사이의 점수 패턴이 전체 자료 중항목간 상관관계 패턴과 큰 차이가 있는 경우, (3) 전문가의 항목별 평가상의 일관성에 대한 오류도 고려될 수 있을 것이다.

통계적인 요인모형은 특정 이상값 자료의 패턴을 설명하기 보다는 대부분 자료의 변동을 설명할 수 있는 공통요인을 탐색하는 것이 목적이기 때문에, 본 분석에서는 이상값을 제외했을 때 다변량 정규성의 안정성 여부를 검토하였다. 이상값으로 판정된 18개 자료를 제외하고 다변량 Q-Q 플롯과 F -통계량을 다시 수행한 결과는 <그림 2>와 <그림 3>에서 오른쪽 그림과 같다. 이상값 18개 자료를 제외한 다변량 Q-Q 플롯에서는 거의 모든 자료가 직선에 가깝게 밀집되어 있음을 알 수 있고, F -통계량도 대부분의 자료들이 안정되어 있음을 알 수 있다. 따라서 기술자료로부터 요인분석을 실행할 경우에는 원자료보다는 이상값을 제외하고 구한 결과가 신뢰성을 확보할 수 있다고 판단된다.

〈그림 2〉 다변량 Q-Q 플롯(이상값 제외 전과 후)



〈그림 3〉 F -통계량 산점도(이상값 제외 전과 후)



3. 공통요인의 탐색과 해석

요인분석을 할 때 문제점은 중항목들에서 추출된 공통요인에 대한 신뢰성이다. 공통요인의 신뢰성을 평가하기 위해서 신뢰계수인 Cronbach 알파³⁾를 사용하며 일반적으로 사회과학에서는 0.7 을 기준으로 한다. 6개 중항목에 대한 크론바하 알파 신뢰계수를 구한 결과 0.852 로 매우 높게 나타났기 때문에, 6개 중항목에서 공통요인을 추출하는 절차가 적절하다고 판단된다. 요인분석에서 공통요인에 대한 중항목별 요인적재(factor loadings)를 추정하

3) Cronbach 알파는 요인분석을 한 뒤 같은 요인으로 묶인 중항목들의 신뢰계수를 구해 이를 요인분석의 신뢰성에 대한 척도로 삼는다.

기 위한 방법으로 주성분방법, 주축반복요인방법, 최대우도방법 등이 있다. 본고에서는 적절한 공통요인의 수를 결정하기 위해서 주성분방법(principal component method)을 사용하였고, 공통요인의 수가 두개로 결정된 다음 요인적재를 추정하기 위해서 주축반복요인방법(iterated principal axis method)을 사용하였다. 우선 중항목에 내재된 공통요인의 수를 결정하기 위해서 주성분방법으로 고유값(λ : eigen value), 설명비율, 누적비율을 요약하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 주성분방법에서 구한 고유값과 설명비율

구분	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
고유값	3.620	0.752	0.655	0.358	0.337	0.278
설명비율	0.603	0.125	0.109	0.060	0.056	0.046
누적비율	0.603	0.728	0.837	0.897	0.954	1.000

주성분방법의 주요 목적이 차원의 축소로 인한 기술성자료의 요약이므로 변수들 전체분산의 대부분을 설명할 수 있는 소수개의 공통요인을 선택하게 된다. 공통요인의 선택에 대한 객관적인 기준은 없으나 일반적으로 누적 설명비율이 70% 이상인 경우 혹은 상관행렬에서 구한 고유값이 1 보다 큰 경우 기준을 적용하게 된다. 그러나 실증분석에서 후자 기준은 공통요인의 수가 과소평가되는 경우가 있기 때문에 고유값이 1 보다 약간 작더라도 포함시키는 것이 일반적이다.

<표 4>의 주성분방법에서 두개 고유값에 대응되는 누적 설명비율이 약73% 를 차지하고, 세번째 고유값부터 추가적인 설명비율이 작아지기 때문에 공통요인의 수를 두개를 설정하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 공통요인의 수를 두개로 하고 다시 주축반복요인방법을 이용하여 추정된 중항목별 최초 요인적재는 <표 5>와 같다. 주축반복요인법에서 추정된 중항목별 요인적재를 살펴보면 공통요인 1은 모든 중항목들의 요인적재의 부호가 양이고 그 크기가 서로 비슷하기 때문에 전반적인 기술수준을 의미한다.

또한 공통요인 2 는 기술항목에서 T4(기술전략 및 환경)를 제외한 나머지 3개 항목이 모두 음(negative)의 요인적재를 갖고 권리항목과 연관된 2개 항목 (R1, R2)는 모두 양(positive)의 요인적재로 나타났기 때문에, 그 의미를 해석하기가 힘들지만 굳이 의미를 부여하자면 기술항목과 권리항목간의 대비(contrast)라고 할 수 있다.

요인분석에서 탐색된 공통요인에 대한 명확한 의미를 부여 해석하기 위해서는 적어도 몇 개 이상의 중항목에 높은 요인적재를 갖고, 나머지 중항목에는 낮은 요인적재를 가지는 구조가 되어야 하고 대비현상을 해결하는 것이 적절하다. 그리고 두 가지 공통요인은 서로 다른 의미를 가진 구조로 나타나야 의미 있는 해석과 활용이 가능하다고 판단된다.

〈표 5〉 주축반복요인방법에서 추정된 최초 요인적재

구분	공통요인 1 요인적재	공통요인 2 요인적재
T1(기술경쟁성)	0.783	-0.203
T2(기술유용성)	0.795	-0.278
T3(기술인프라)	0.792	-0.206
T4(기술전략 및 환경)	0.724	0.090
R1(IP 경쟁성)	0.580	0.064
R2(IP 전략)	0.733	0.601

이러한 대비 문제를 해결하기 위해서는 공통성은 변하지 않고 공통요인의 축을 베리맥스 방법을 이용하여 회전시키면 의미 있는 해석이 가능해진다. 베리맥스 회전(varimax rotation)을 이용하여 구한 최종적인 요인적재는 〈표 6〉과 같다. 베리맥스 회전 후 결과를 살펴보면 공통요인 1은 기술항목과 연관된 4개 중항목(T1, T2, T3, T4)에 상대적으로 높은 요인적재를 갖고, 권리항목과 연관된 2개 중항목(R1, R2)에 상대적으로 낮은 요인적재를 갖는 것으로 나타났다.

따라서 첫 번째 공통요인의 의미는 기술항목을 중점적으로 고려한 '기술요인'으로 해석될 수 있다. 반면에 공통요인 2는 권리항목과 연관된 중항목(R2)에는 상대적으로 매우 높은 요인적재를 갖고, 기술항목과 연관된 4개 중항목(T1, T2, T3, T4)에 낮은 요인적재를 갖는 것으로 나타났다. 따라서 공통요인 2는 권리항목을 중점적으로 고려한 '권리요인'으로 해석될 수 있다. 또한 자료의 총변동 중에서 기술요인에 의해서 설명될 수 있는 비율은 약 62%(2,343/3,803)가 되고, 권리요인으로 설명될 수 있는 비율은 약 38%(1,460/3,803)가 되는 것으로 구해졌다. 결론적으로 베리맥스 회전을 통하여 공통요인의 구조는 단순화되었고 의미 있는 해석이 가능하게 되었다.

〈표 6〉 베리맥스 회전후 최종적으로 추정된 요인적재

구분	공통요인 1 요인적재	공통요인 2 요인적재
T1(기술경쟁성)	0.755	0.290
T2(기술유용성)	0.808	0.236
T3(기술인프라)	0.764	0.293
T4(기술전략 및 환경)	0.536	0.494
R1(IP 경쟁성)	0.434	0.390
R2(IP 전략)	0.246	0.915
설명력 ⁴⁾	2.343	1.460

4. 중항목 가중값 결정과 기술지수 산출

요인분석을 통하여 탐색된 두 가지 공통요인은 '기술요인'과 '권리요인'으로 구해졌다. 다음 단계는 공통요인에서 중항목에 대한 가중값을 산출하는 것이다. 공통요인에서 중항목의 가중값을 설정하기 위해서는 〈표 6〉에서 요인적재를 가중값으로 변환하여야 한다. 요인적재를 바로 가중값으로 사용할 수 없는 이유는 요인적재의 합은 1.00이 아니기 때문이다. 공통요인에서 중항목별 가중값은 요인적재 전체 합에 대한 중항목별 요인적재의 비율로 〈표 7〉과 같이 산출되었다.

〈표 7〉에서 설정된 중항목별 가중값을 사용하여 설정된 선형결합 함수는 기술의 상대적인 경쟁력을 평가할 수 있는 지수로 사용될 수 있다. 기술요인에서 유도한 선형결합 함수는 기술지수(TI : Technology Index)로 설정되고, 권리요인에서 구한 선형결합 함수는 권리지수(RI : Right Index)로 설정된다. 또한 두 가지 지수를 다시 가중결합한 함수를 기술종합지수(TCI : Technology Composite Index)로 표시하면 다음과 같다.

$$TI = 0.213 T1^* + 0.228 T2^* + 0.216 T3^* + 0.151 T4^* + 0.123 R1^* + 0.069 R2^*$$

$$RI = 0.111 T1^* + 0.090 T2^* + 0.112 T3^* + 0.189 T4^* + 0.149 R1^* + 0.349 R2^*$$

$$TCI = 0.62 TI + 0.38 RI$$

4) 전체 변동에 대한 개별 공통요인 설명력은 해당 공통요인과 연관된 개별 중항목의 요인적재 제곱합으로 산출된다.

5) 공통요인을 구성하는 개별 중항목에 대한 가중값은 (개별 중항목 요인적재/요인적재 합계)로 계산된다. 예를 들면, 기술요인 경쟁력에서 T1(기술경쟁성)의 가중값은 $0.755/3.543 = 0.213$ 이 된다.

〈표 7〉 공통요인에 대한 중항목별 가중값 설정

구분	기술요인		권리요인	
	요인적재	가중값	요인적재	가중값
T1(기술경쟁성)	0.755	0.213	0.290	0.111
T2(기술유용성)	0.808	0.228	0.236	0.090
T3(기술인프라)	0.764	0.216	0.293	0.112
T4(기술전략 및 환경)	0.536	0.151	0.494	0.189
R1(IP 경쟁성)	0.434	0.123	0.390	0.149
R2(IP 전략)	0.246	0.069	0.915	0.349
합계	3.543	1.000	2.618	1.00
가중값	0.62		0.38	

개별 지수값을 구할 때 중항목 점수는 표준화점수⁶⁾이기 때문에 중항목표시 우측에 * 로 표시하였다. 분석대상 236개 기술자료에서 구한 지수에 대한 요약통계는 〈표 8〉과 같다. 유의수준 0.05 에서 지수자료의 정규성에 대한 Shapiro-Wilk⁷⁾ 검정결과 기술지수(TI)에 대한 검정통계량은 $W=0.9922$ 이고 p -값은 0.2459 로 구해졌다. 권리지수(RI)에 대한 검정통계량은 $W=0.9959$ 이고 p -값은 0.7914 로 구해졌다. 그리고 기술종합지수(TCI)에 대한 검정통계량은 $W=0.9937$ 이고 p -값은 0.4270 로 구해졌다. 검정통계량의 p -값이 모두 유의수준 0.05 보다 매우 크게 나타났기 때문에, 세 가지 지수는 정규성을 유의하게 위반했다고는 판단할 수 없다. 이러한 지수들은 기술의 상대적인 경쟁력을 비교하고 분포상의 위치를 평가하는데 활용될 수 있다. 예를 들면, 기술종합지수(TCI)의 분포가 평균이 0 이고 표준편차가 0.779 인 정규분포에 따른다고 가정하면, 특정 기술의 TCI 가 0.3440 인 경우 정규분포에서 이 값보다 작을 누적 확률을 계산하면 약 0.67 이 된다. 따라서 해당 기술의 상대적인 경쟁력 위치는 상위 33% 정도에 위치하고 있다는 의미로 해석된다. 이러한 상대적인 경쟁력 위치는 상대 등급평가에도 활용될 수 있다.

6) 개별 중항목에 대한 표준화점수는 '(중항목 점수 - 중항목 평균) / 중항목 표준편차' 공식에 의하여 구해진다.

7) Shapiro-Wilk 검정은 개별 변수의 정규성을 검정하기 위하여 사용되며, 기술종합지수 TCI 에 대한 검정통계량 W 는 아래와 같다. 여기서 $TCI_{(i)}$ 는 i -번째 순서통계량이고 z_i 는 i -번째 표준정규점수이다. 검정통계량의 p -값이 유의수준보다 상대적으로 클수록 정규분포에 가깝다는 의미로 해석된다.

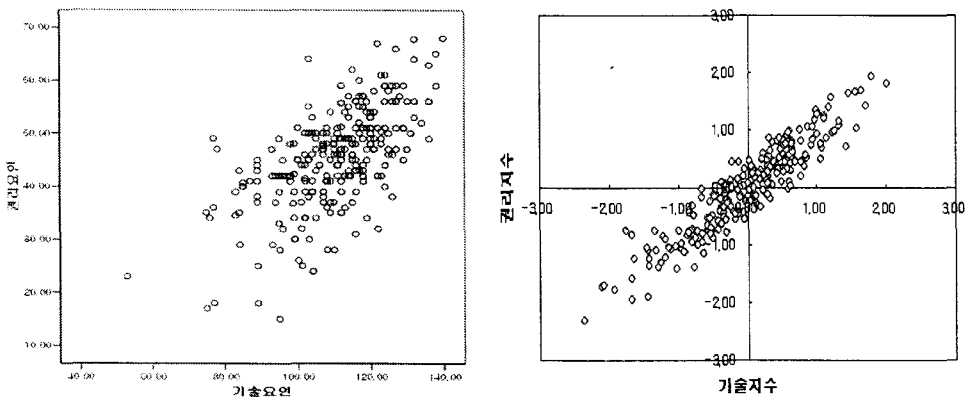
$$W = \frac{\sum (TCI_{(i)} - \overline{TCI})(z_{(i)} - \bar{z})}{\sqrt{\sum (TCI_{(i)} - \overline{TCI})^2} \sqrt{\sum (z_{(i)} - \bar{z})^2}}$$

〈표 8〉 기술과 연관된 지수에 대한 요약통계

구분	평균	표준편차	Q1(25%)	Q2(50%)	Q3(75%)	최소값	최대값
TI	0	0.799	-0.515	0.060	-0.515	-2.365	2.020
RI	0	0.781	-0.534	0.037	0.522	-2.318	1.916
TCI	0	0.779	-0.488	0.028	0.553	-2.347	1.941

기술지수의 유용성을 살펴보기 위해서 원자료를 그대로 이용했을 경우와 비교하여 아래와 같은 두개 산점도를 산출하였다. 〈그림 4〉의 왼쪽 그림은 기술항목(T1+T2+T3+T4) 점수에 대한 권리항목(R1+R2) 점수의 산점도로 두 가지 항목간 상관계수(correlation coefficient)는 0.62 로 직선주위에 약간 넓게 산포되어있음을 알 수 있다. 따라서 두 가지 항목을 합산하여 구하는 평점평가 혹은 등급을 분류하기 위한 변별력 기준을 설정하는데 문제가 발생할 수 있다. 반면에 〈그림 4〉의 오른쪽 그림과 같은 기술지수(TI)에 대한 권리지수(RI)의 산점도는 직선에 가까이 밀집되어있기 때문에, 두 가지 지수간 상관계수는 0.93 으로 매우 강한 상관관계가 있음을 알 수 있다. 따라서 원자료를 이용한 평점평가 보다는 두 가지 지수를 가중결합한 기술종합지수(TCI)를 적용하면 기술의 상대적인 경쟁력을 판별하고 분류하는 것이 매우 효과적이라고 판단된다.

〈그림 4〉 원자료와 지수자료 산점도 비교



IV. 등급평가와 순위차이 비교분석

1. 상대 등급 결정과 분석결과

기술을 등급(일반적으로 절대적인 등급의 속성을 가짐)으로 구분할 때 일반적으로 적용되는 절차는 평점평가 결과를 <표 3>과 같은 기준 혹은 유사한 기준에 의하여 분류하여 적용하고 있다. 그러나 기술의 상대적인 경쟁력을 평가할 수 있는 기술등급(technology ranking) 기준을 설정하고자 한다면 본 연구에서 개발한 기술종합지수(TCI)를 이용할 수 있을 것이다. <표 8>에서 최근 3년간 기술평가 자료로부터 추정된 기술종합지수의 분포는 평균이 0이고 표준편차가 0.779인 근사 정규분포에 따르는 것으로 나타났기 때문에, 이 분포를 경쟁력 수준 범주로 구분하기 위한 기준으로 상위 면적 10% 간격으로 10개 등급(TR1 부터 TR10)으로 설정할 수 있을 것이다.

앞에서 특정 기술의 TCI 가 0.3440 인 경우 분포에서 상대적인 경쟁력 위치는 상위 33% 정도에 위치하고 있기 때문에 상대적인 등급은 TR4 가 된다. 이러한 기준에 근거해서 236개 자료에 대한 상대 등급평가를 수행한 결과는 <표 9>와 같다. 기술종합지수에 근거한 등급평가는 상대 등급평가이기 때문에 등급별 도수 비율은 특정 등급에 편중되지 않고 산포되어 있음을 알 수 있다.

<표 9> 기술성 종합지수에 의한 등급 평가 결과

TCI 분포 상위	도수	비율(%)	상대등급
10% 이상	22	9.32%	TR1
20% - 10%	22	9.32%	TR2
30% - 20%	31	13.14%	TR3
40% - 30%	23	9.75%	TR4
50% - 40%	25	10.59%	TR5
60% - 50%	21	8.90%	TR6
70% - 60%	27	11.44%	TR7
80% - 70%	18	7.63%	TR8
90% - 80%	19	8.05%	TR9
100% - 90%	28	11.86%	TR10

이제부터 기술종합지수(TCI) 기준에 의한 상대 등급평가 결과와 평점평가(TS) 기준에 의한 절대 등급평가 결과를 비교하여 보자. TCI 기준과 TS 기준에서 분류된 등급을 비교하기 위해서 이차원 분할표로 작성하면 <표 10>과 같다. 이차원 분할표에 의하면 TS 기준에서 설정된 6개 등급 중에서 상위등급(A, B)과 하위등급(E, F)은 TCI 기준의 등급에서 2등급 이내에서 평가되었다. 그러나 중간등급(C, D)은 TCI 기준 등급에서 매우 넓은 범주로 산포되어 있음을 알 수 있다.

TS 에서 C 등급에 속한 109개(전체의 46.2%) 자료는 TCI에서 TR2부터 TR7까지 6개 등급으로 분류되었고, TS 에서 D 등급에 속한 69개(29.2%) 자료는 TR6 에서 TR10 까지 5개 등급으로 분류되어 있음을 알 수 있다. 따라서 기술등급평가를 수행할 경우에는 기술종합평점(TS)에 근거한 절대 등급평가와 더불어 기술종합지수(TCI)에 근거한 상대 등급평가를 함께 고려한다면 평가의 변별력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

<표 10> TS 와 TCI 기준에 의한 등급평가 이차원분할표

구분	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	계
A	4										4
B	18	10									28
C		12	31	23	25	15	3				109
D						6	24	18	17	4	69
E									2	23	25
F										1	1
계	22	22	31	23	25	21	27	18	19	28	236

2. TS 와 TCI 기준에 의한 순위 차이 분석

기술종합지수(TCI)는 시장에서 기술경쟁력을 순위로 평가할 때에도 매우 유용한 기준으로 사용될 수 있다. 예를 들면, 투·융자 기관에서 제한된 자금을 제공하기 위해서 우선순위를 부여할 때 매우 유용하게 사용되어질 수 있다. TCI 기준과 TS 기준을 236개 자료에 적용하여 순위를 부여했을 때, 두 기준사이에 발생될 수 있는 순위차이 절대값에 대한 요약통계는 <표 11>과 같고, 이를 히스토그램으로 표시하면 <그림 5>와 같다.

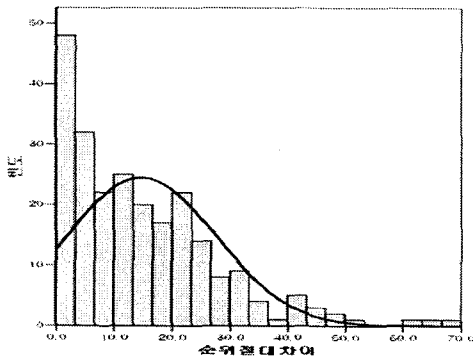
순위절대차이에 대한 분석결과 평균적으로 약 14.7 차이가 발생되며, 순위절대차이 최대값은 68로 나타났다. 그리고 일사분위수(Q1)는 5 이고 삼사분위수(Q3)는 21로 나타났다. <그림 5>의 순위절대차이 히스토그램을 살펴보면 순위절대차이가 증가함에 따라 그 빈도수가 급격히 감소하는 오른쪽으로 긴 꼬리를 갖는 비대칭 분포로 나타났다.

순위절대차이의 속성을 파악하기 위해서 순위절대차이를 여섯 가지 범주로 구분하여 작성된 도수분포표는 <표 12>와 같다. 도수분포표에 의하면 절대순위차이가 10 미만인 경우는 전체의 약43%로 나타났고, 20미만인 경우는 전체의 약69%로 나타났다. <표 12>에 의하면 TCI 기준을 적용하면 TS 기준에 의한 순위와 상당한 차이가 있는 경우가 발생할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 개별 기술경쟁력을 순위로 평가하고자 할 경우에는 두 가지 기준(절대기준과 상대기준)을 함께 고려하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 예를 들면, 두 가지 기준에 의한 순위를 평균하여 순위를 다시 부여하는 것이 객관성과 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 11> TCI 와 TS 간 순위절대차이 요약통계

구분	평균	표준편차	Q1	Q2	Q3	최소값	최대값
순위절대차이	14.73	12.83	5	12	21	0	68

<그림 5> 순위절대차이 히스토그램



<표 12> 순위절대차이 도수분포표

순위절대차이	도수	퍼센트	누적 퍼센트
5 미만	57	24.15%	24.15%
5이상 - 10미만	45	19.07%	43.22%
10이상 - 15미만	34	14.41%	57.63%
15이상 - 20미만	28	11.86%	69.49%
20이상 - 25미만	25	10.59%	80.08%
25이상	47	19.92%	100%

V. 결론과 한계

기술평가에서 널리 사용되는 평점평가 방법은 해당 기술의 절대적인 경쟁력을 평가하는데 유용하게 사용될 수 있으나, 기술의 상대적인 경쟁력으로 표현하기 위해서는 기술종합지수를 적용하는 것이 보다 적절하다고 판단된다. 또한 기술을 등급 혹은 순위로 평가할 경우에도 평점평가와 더불어 기술종합지수를 활용하는 것이 객관성과 신뢰성 확보에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발한 기술종합지수와 상대 등급평가 기준의 장점을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 개별 중항목의 가중값을 객관적으로 추정하기 위해서 최근 기술평가 자료를 다변량분석 기법인 요인분석을 적용하였다. 둘째, 기술종합지수는 해당 기술의 상대적인 경쟁력 위치로 해석될 수 있기 때문에 벤처기업 확인평가, 기술거래용 가치평가, 벤처기업의 코스닥 등록용 평가, 엔젤클럽 공개용 평가, 투자 및 융자 참고형 평가, 특히 기술평가, 기술창업평가 보증 등 다양한 목적에 활용될 수 있을 것이다. 셋째, 기술종합지수가 충분한 최근 자료로부터 추정된 것이라면, 이 지수는 예측지수(predictive index)로 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 즉, 특정 기업의 기술평가자료를 기술종합지수에 대입하면 해당 기술의 상대적인 경쟁력과 더불어 등급평가에도 매우 유용하게 사용할 수 있다.

그러나 본 연구에서 개발한 기술종합지수는 기존 평점평가의 단점을 보완할 수 있는 장점이 있는 반면에 제한점도 가지고 있다. 첫째, 본 연구에서는 업종별 기술평가 자료가 충분하지 못했기 때문에, 업종에 관계없이 모든 자료를 기술종합지수를 추정하는데 사용하였다. 만약 업종별 자료가 요인분석에 적용할 만큼 충분하다면 동일한 분석절차를 통하여 업종별 기술종합지수를 산출할 수 있을 것이다. 둘째, 최근 기술의 수명이 짧아지는 추세에서 기술종합지수를 산출하는 자료는 주기적으로 갱신할 필요가 있다고 판단된다. 왜냐하면 기간별 기술의 속성과 시장상황에 따라 변할 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서 제안한 기술종합지수는 향후 자료가 추가적으로 수집됨에 따라 최소 2년 주기로 재 추정하여 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

결론적으로 본 연구에서는 기존 평점평가의 문제점을 보완하고 개선하기 위해서 기술종합지수라는 새로운 논리와 추정과정을 제안하였다. 따라서 전문평가기관에서 기술평가시 기존의 평점평가와 더불어 본 연구에서 제안한 기술종합지수 방법을 함께 적용한다면 평가 결과의 신뢰성과 객관성을 확보하는데 기여할 것으로 예상된다.

참고문헌

- 박종오, “기술거래 확산을 위한 개별 기술평가모델의 구상”, 과학기술정책, 제119권, 1999, pp.62-78.
- 성석, 박영택, “한국기업의 생산전략과 성과개선 프로그램에 관한 연구”, 품질경영학회지, 제29권 제4호, 2001, pp.103-115.
- 성응현, 「응용다변량분석」, 제2판, 탐진, 1999, pp.177-202.
- _____, “통계적 요인분석을 이용한 벤처기업의 기술경쟁력지수에 관한 연구”, 품질경영학회지, 제31권 제2호, 2003, pp.207-219.
- _____, “기술력평가에서 사업성수준과 기술성변수간 연관성에 관한 실증연구”, 품질경영학회지, 제32권 제3호, 2004, pp.198-215.
- 임기철외 10인, “Korean R&D Scoreboard 2003 - 기업의 연구개발 투자와 성과분석”, 과학기술정책연구원 정책자료 2003-8, 2003, pp.1-47.
- 양동우, “벤처의 기술평가와 경영성과의 관계에 관한 연구”, 지식경영연구, 제4권 제1호, 2003, pp.21-34.
- 장대성, “한국 국제공항의 서비스 품질 평가와 고객만족을 위한 주요 서비스 품질요인에 관한 연구”, 품질경영학회지, 제30권 제4호, 2001, pp.26-43.
- 장명복, “정보시스템 품질이 경영 성과에 미치는 영향에 관한 연구”, 품질혁신, 제1권 2호, 2000, pp.26-41.
- Aboody, David and Baruch Lev, “The Value Relevance of Intangibles: The Case Study Software Capitalization”, *Journal of Accounting Research*, 36, 1998, pp.161-191.
- Brown, Mark G. and Raynold A. Svenson, “Measuring R&D Productivity”, *Research Technology Management*, 1998, pp.30-35.
- Friendly, M. “SAS system for Statistical Graphics,” First Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Griliches, Zvi, “Patent Statistics as Economic Literature”, *Journal of Economic Literature*, 92, 1990, pp.630-653.
- Looney, S. W., and T. R. Gullledge, “Use of the Correlation Coefficient with Normal Probability Plot,” *The American Statistician*, 39, no.1, 1985, pp.75-79.
- Wilks, S. S., “Multivariate Statistical Outliers,” *Sankhya, Series A*, 25, 1963, pp.407-426.