

통계적 요인분석을 이용한 벤처기업의 기술경쟁력지수에 관한 연구*

성웅현

한신대학교 정보통계학과

A Study on the Indexes for Evaluating Technology Competitiveness of Venture Firms using Statistical Factor Analysis

Oong-Hyun Sung

Dept. of Information and Statistics, Hanshin University

Key Words: Technology Assessment, Factor Analysis, Competitiveness Indexes

Abstract

The future will see all industries become technology-driven in the competitive global marketplace. Venture firms with deep technological roots and innovation strategies have some advantages. In this situation, existing methods for technology assessment are not enough to evaluate their relative technology competitiveness. Therefore, a more useful and comprehensive approach is needed to obtain the desired outcomes for measuring the relative competitiveness of technology effectively. In this research, I applied factor analysis, which is methodology to be capable of determining the common factors and associated weights reasonably, to the development of the technology competitiveness indexes.

1. 서론

최근 세계 경제는 전통적인 대량생산 경제체제에서 지식기반(knowledge-based) 경제체제로 급속히 전환되고 있다. 이러한 경제체제에서 기업의 성장과 경쟁력의 원천도

노동·자본에서 지식·정보 우위로 전환되고 있고, 선진국의 경우 기술, 정보 등 무형자산(intangible assets)에 대한 투자가 생산설비투자를 상회하고 있는 현실이다. 특히, 기술력이 기업경쟁력의 핵심요소로 대두됨에 따라 벤처기업들은 독자적인 기술력을 통하여 경쟁력 우위를 확보하고 시장적 기회를 창출하기 위한 기술투자 등에 우

* 이 논문은 2003년도 한신대학교 특별연구비에 의하여 연구되었음.

선 순위를 두게 되었다. 벤처기업이 기술경쟁력을 확보하고 강화하기 위해서는 중장기적인 측면에서 지속적인 연구개발 투자가 절대적으로 필요하지만, 현실적으로 자본력이 취약할 뿐만 아니라 자본금을 확보하기 위한 담보능력도 낮은 실정이다. 국내에서 벤처기업지원을 위해서 '벤처기업육성에 관한 특별조치법 시행령 제2조'에 근거하여 기술신용보증기금, 중소기업진흥공단, 한국과학기술정보연구원 등 13개 평가기관에서 벤처기업에 대한 기술평가(technology assessment)를 자체적으로 수행되고 있다.

이제까지 국내 벤처기업은 양적으로는 급성장 하였지만 성장이 기대되는 벤처기업의 기술력을 객관적인 기준으로 평가하기 위한 방법론은 미흡하다. 평가기관에서 사용되고 있는 벤처기업 평가기준과 세부항목은 평가목적에 따라 다소 차이가 있지만 일반적으로 평가 대항목은 인적자원 평가, 기술성 평가, 사업성 평가, 위험요인 평가 등으로 유사하게 구성되어 있고, 평가 결과는 세부항목 평가를 합산한 종합평점으로 산출되고 있는 실정이다. 이러한 종합평점의 문제점은 평가항목 개수 혹은 항목별 가중값에 따라 그 결과가 크게 달라질 수 있다는 것이다. 또한 기술평가 구성 항목들은 서로 독립적이라기보다는 상관관계(correlation)가 존재하기 때문에 단순 합산할 경우에는 평가결과의 신뢰성과 유용성 문제가 제기될 수 있다. 따라서 벤처기업의 기술력평가 자료가 충분한 경우에 항목과 연관된 가중값의 설정은 항목별 평점의 분산과 상관관계를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다. 그러나 현재까지 벤처기업 기술력평가 과정에서 이러한 문제점을 해결하기 위한 학문적 선행연구는 거의 없는 실정이다. 벤처기

업의 기술경쟁력을 측정하기 위해서는 평가 대항목들 중에서 기술성과 사업성을 함께 결합하여 평가하는 것이 바람직하고, 항목들의 합리적인 가중값을 결정하는 문제는 기술경쟁력지수를 개발하는데 매우 중요한 요소가 된다. 따라서 본 연구에서는 상관관계가 존재하는 기술력평가 항목들로부터 종합 기술경쟁력지수와 세부 경쟁력지수를 개발하기 위해서 요인분석(factor analysis)의 활용을 제안하고자 하며, 연구 내용의 구성은 다음과 같다. 첫째, 실증자료로부터 벤처기업의 종합 기술경쟁력지수와 세부 경쟁력지수를 개발하기 위해서 통계적 요인분석을 사용하였다. 둘째, 산출된 기술경쟁력지수를 이용하여 상대적 경쟁력을 위치화(positioning)하기 위해서 그래프 분석방법과 기술경쟁력지수에 근거한 순위분석(rank analysis)을 하였다.

2. 국내외 기술평가기관과 평가 요소

국내 기술평가기관은 산업기술자금, 산기반자금 등 정책자금을 지원, 신기술개발결과의 사업화지원, 벤처기업 지정, 기술이전 및 거래를 위해서 기술평가를 수행하고 있다. 그러나 아직까지 국내 기술평가는 아직 무형자산(지적재산권)을 전문적으로 평가하는 체제와 기술의 특성, 시장성, 전망 등을 종합적으로 평가할 수 있는 평가모델이 정착되어 있지 못한 실정이다. 본 장에서는 국내외 기술평가기관과 평가요소에 대하여 간략하게 요약하였다.

2.1 국내 기술평가기관

중기청에서는 벤처기업 확인용으로 기술성 및 사업성을 객관적이고 공정하게 평가하기 위해서 중소기업진흥공단, 기술신용보증기금, 한국과학기술원, 한국과학기술평가원, 한국벤처연구소, 한국보건산업진흥원, 한국산업기술평가원, 한국산업디자인진흥원, 한국정보통신연구진흥원, 한국과학기술연구원, 한국과학기술정보연구원, 한국관광연구원, 게임종합지원센터 등 13개 평가기관을 지정하고 있다. 국내평가기관들의 해당기술의 평가목적은 기술경쟁력평가 자체보다는 벤처기업 확인평가, 기술거래용 가치평가, 벤처기업의 코스닥 등록용 평가, 엔젤클럽 공개용 평가, 투자 및 융자 참고용 평가, 특허기술평가, 기술창업평가보증 등 다양한 목적으로 수행되고 있다. 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. 성웅현(2002)은 기술가치평가시 기술경쟁력위험을 할인율로 변환할 수 있는 방법론을 제안하였다. 국내평가기관에서는 평가요소의 구성을 정량적 요소와 정성적 요소를 혼합하여 사용하고, 일차적으로 평가표에 의한 평점평가와 전문가들을 활용한 이차평가와 현장평가를 종합한 평가절차를 취하고 있고, 대체로 기술성, 사업성, 수익성 등 요소를 종합적으로 평가하는 경향이 있다. 국내 기술평가기관 중에서 기술신용보증기금 기술평가센터의 평가항목과 한국과학기술원의 기술경쟁력평가센터에서 수행하고 있는 평가 대항목과 주요 내용은 유선희(2002)에 의하여 <표 1>과 <표 2>로 요약되

었다. 국내 기술평가기관들의 평가 대항목에 배점(가중값으로도 활용)과 평가항목 개수는 평가목적에 따라 서로 다르게 구성되어 있다. 특히 대항목에 대한 배점 혹은 비율은 평가목적에 대한 객관적인 가중값이라기 보다는 정성적인 판단 혹은 관련 항목 개수에 비례하는 것으로 판단된다.

<표 1> 기술신용보증기금 기술평가센터 평가항목

평가 대항목	주요 평가내용
기술성	기술의 신규성, 모방난이도, 대체기술의 유무, 수명기간, 기술단계 등
시장성	시장규모, 시장점유율, 시장진출성 등
경쟁성	표준화, 해당산업의 성장성, 기술역량, 응용가능성과 파급성, 정보화 단계, 경쟁기술과의 차별성
기술환경	현장 평가

<표 2> 한국과학기술원 기술경쟁력평가센터 평가항목

평가 대항목	주요 평가내용
경영주 기술능력(25점)	기술지식수준, 기술경험수준, 경영능력, 자금조달능력, 경영진 인적사항 등
기술성(35점)	기술개발환경, 기술개발실적, 기술개발 가능성, 기술의 우수성, 기술의 제품화 능력 등
시장성(20점)	시장규모, 시장성격, 경쟁상황, 제품의 경쟁력 등
사업계획 타당성 및 수익성(20점)	판매계획의 타당성, 사업추진 일정의 적정성, 투자대비회수 가능성, 매출액 경상이익률, 수익전망 등

2.2 해외 기술평가기관

미국, 일본, 영국 등 선진국에서는 기업이나 개인이 소유한 개별기술을 상용화하여 기술의 매매와 이전을 활발히 추진하면서 기술거래시장의 활성화와 기술에 대한 신용평가와 사업성 및 기술가치 평가 등이 활발히 추진되고 있다. 미국의 대표적인 기술평가기관으로는 국가기술이전센터(NTTC: National Technology Transfer Center), 기업평가사협회(IBA: Institute of Business Appraisers)와 민간기관으로 AUS, ADL 컨설팅, 이너비스 등이 있다. 대표적인 평가기관인 NTTC는 연방정부에서 지원한 연구소, 대학 등의 연구성과물을 산업계 및 벤처투자자들에게 연계시키는 과정에서 필요한 기술평가업무를 수행하고 있다. NTTC 평가의 가장 큰 장점은 연방연구기관에서 제공되는 기술 데이터베이스와 상업 데이터베이스의 정보를 평가에 활용한다는 것이다. NTTC의 기술평가는 선별된 대상기술에 대하여 전문가들이 참여하여 NTTC가 개발한 TOP Index를 활용하여 잠재적 시장성, 기술성, 수익성 등을 평가한다. TOP Index는 11개 대항목인 기술적인 장점, 전용사용권, 경쟁환경, 시장성, 기술적인 장애요소, 제조능력, 규제문제, 제품시판시기, 필요한 조직, 투자에 대한 수익, 기여요소 등이다.

일본의 경우 유망 중소기업과 벤처기업, 대기업, 대학, 연구소 등이 보유하고 있는 지적재산 및 무형자산을 사업화하기 위하여, 기술평가 업무는 일본공업기술진흥협회의 기술평가센터(CTA: Center of Technology Assessment)에서 수행되고 있다. 김규현(2000)연구에 의하면 CTA의 기

술평가 대항목으로 신규성(기술경쟁력, 기술우위성 등), 실현가능성(기술신뢰성, 기술확립도 등), 시장성(시장규모, 수요안정성, 기술수명, 시장성장률 등)으로 점수로 평가하고 전 항목 평가점수와 정성적인 의견을 종합하여 A(매우 우수), B(다소 우수), C(우수), D(보통), E(보통 이하)의 등급으로 평가 결과를 부여한다.

영국의 경우에는 일본과 유사하게 기업, 대학 및 연구소에서 개발된 상업적으로 유망한 기술을 선정하기 위해서 국가차원의 기술이전전담기구인 영국기술그룹(BTG: British Technology Group)을 운영하고 있다. 또한 기초연구에서 생산단계까지의 각 단계에서 기술을 평가하고 있다. BTG 기술평가는 주로 기술성과 상업적인 잠재력을 종합적으로 평가하여 상업적 잠재력을 가진 기술을 선정하고, 특허를 출현하여 상업화, 마케팅, 금융지원, 기술이전 등을 지원하고 있다.

3. 기술경쟁력지수 개발

기술경쟁력 평가는 일반적으로 기술의 순위를 부여하는 과정으로 이해되고 있다. 그러나 시장에서 해당 기술의 경쟁력이 핵심지수로 활용되기 위해서는 순위뿐만 아니라 해당 기술경쟁력의 현재 위치와 잠재력을 비교할 수 있는 지수로 사용되어야 하고, 기업에서는 기술의 강점과 약점을 파악하여 경쟁력을 높일 수 있는 전략을 수립하는데 유용하게 활용되어야 한다. 국내 기술평가기관의 평가항목 구성을 살펴보면 우선 몇 개 대항목으로 분류되고, 개별 대항목은 몇 개 중항목으로, 중항목은 다시 여

러 세부항목으로 분류되어 구성된다. 종합 평점은 항목별 평가의 평점합 혹은 가중평 점합으로 산출되고 있다. 이러한 평가방법 은 평가항목의 분산과 평가항목사이의 상관 관계를 고려하지 않고 세부항목의 수에 따 라 가중값이 결정되기 때문에 평가방법의 적절성 문제가 제기될 수 있다. 따라서 실 증자료로부터 상대적인 기술력을 평가할 수 있는 종합 기술경쟁력지수와 세부 경쟁력지 수를 개발하기 위해서 다변량분석기법 (multivariate analysis technique)인 요인분 석을 사용하도록 하겠다.

3.1 평가 구성요소와 평점평가

국내 벤처기업 확인을 위한 평가항목 중 에서 기술성과 사업성 평가를 위한 구성요 소는 <표 3>과 같이 요약된다.

<표 3> 벤처기업 확인용 기술평가항목

평가 대항목		평가 중항목		소항목
기술성	T 35점	기술혁신	T_1 (8점)	35개
		기술사업화	T_2 (10점)	
		기술우수성	T_3 (9점)	
		기술집약성	T_4 (8점)	
사업성	B 30점	시장성	B_1 (12점)	24개
		제품특성	B_2 (9점)	
		마케팅 능력	B_3 (9점)	

<표 3>에 의하면 기술성(35점)과 사업성 (30점)과 연관된 중항목은 7개로 구성되고 i 번째 중항목과 연관된 세부 항목 수가 n_i 개 일 때, 중항목 평가평점 T_i 와 B_i

은 아래와 같다. 또한 개별 중항목의 평점 을 합하여 구한 기술성 평점 T 와 사업성 평점 B , 종합평점(Total Score) TS 는 식 (1)로 표시된다.

$$T_i = \sum_{j=1}^{n_i} T_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

$$B_i = \sum_{j=1}^{n_i} B_{ij}, \quad i = 1, 2, 3.$$

$$T = \sum_{i=1}^4 T_i, \quad B = \sum_{i=1}^3 B_i.$$

$$TS = T + B. \quad (1)$$

식(1)은 모든 중항목의 가중값이 동일하 다고 가정하여 구한 단순평점이다. 그러나 기술력항목들은 서로 상관관계가 존재할 것 으로 예상되기 때문에 단순합의 형식인 종 합평점보다는 중항목별 가중값을 설정하여 평가하는 가중종합평점이 적절하다고 판단 된다. 가중종합평점을 산출할 때 고려할 사 항은 다음과 같은 세가지로 요약된다. 첫째, 개별 중항목 평점분포는 사용된 척도에 따 라 서로 다를 수 있기 때문에 원래 평점을 이용하기보다는 표준화 평점(standardized score)을 이용하는 것이 적절하다. 만약 자 료에서 기술성 i 번째 중항목 평점에서 계 산된 표본평균과 표본표준편차를 각각 \bar{T}_i 와 $s(T_i)$ 라고 했을 때 표준화 평점 T_i^* 는 식(2)와 같이 구해진다.

$$T_i^* = \frac{T_i - \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} T_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{n_i-1} \sum_{j=1}^{n_i} (T_{ij} - \bar{T}_i)^2}} \quad (2)$$

$$= \frac{T_i - \bar{T}_i}{s(T_i)}$$

둘째, 기술성과 사업성 7개 중항목들은 서로 독립적이라기보다는 종속적인 관계가 성립될 수 있다는 것이다. 서로 상관관계가 존재하는 중항목들을 이용한 가중중합평점에서는 적절한 가중값의 설정이 중요한 문제이다. 왜냐하면 가중중합평점은 설정된 가중값에 따라 그 결과가 달라지기 때문이다. 따라서 기술경쟁력지수의 산출과정에서는 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 분석 방법론이 필요하다고 판단된다.

3.2 요인분석에서 공통요인 선정과 기술경쟁력지수 구조

성웅현(1999)에 의하면 요인분석은 서로 상관되어있는 변수들 사이의 복잡한 상관구조를 잠재적인 공통요인을 이용하여 설명하는 다변량기법이다. 어떤 특정한 대항목에 속하는 모든 변수들 사이에는 서로 상관관계가 상대적으로 높고 다른 대항목에 속한 변수들과는 상대적으로 낮은 상관을 가진다면, 이러한 상관구조는 소수개 잠재적인 요인으로 대표될 수 있다는 것이다. 따라서 요인분석의 목적을 기술력평가에 활용하면 평가항목들 사이의 상관구조를 대부분 설명할 수 있는 잠재적인 요인을 탐색할 수 있고, 요인분석 결과를 이용해서 가중값을 구하면 기술경쟁력지수를 산출할 수 있을 것이다. 요인분석은 마케팅, 인사관리, 품질관리 등 경영관련 분야에서 활발히 응용되고 있다. 장대성(2001)은 국제공항의 주요 서비스 품질요인에 관한 연구에서 8개 서비스 품질변수들을 요인분석을 통하여 단일요인으로 축소하여 평가하였고, 성석, 박영택(2001)은 한국기업의 생산전략과 성과개선 프로그램에 관한 연구에서 9개 전략변수들

에서 세계 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 소수개 요인을 탐색하여 평가하였다.

기술경쟁력지수를 개발하기 위해서 사용될 직교요인모형(orthogonal factor model)의 구성은 7개 중항목에 공통적인 영향을 미치는 소수 m 개 요인(common factor) F_j 들과 개별 중항목에만 영향을 미치는 특정요인(specific factor) ϵ_i 와의 선형결합으로 아래와 같은 식(3)으로 표시된다.

$$\begin{aligned} T_1^* &= t_{11}F_1 + \cdots + t_{1m}F_m + \epsilon_{T1} \\ &\vdots \\ T_4^* &= t_{41}F_1 + \cdots + t_{4m}F_m + \epsilon_{T4} \\ B_1^* &= b_{11}F_1 + \cdots + b_{1m}F_m + \epsilon_{B1} \\ &\vdots \\ B_3^* &= b_{31}F_1 + \cdots + b_{3m}F_m + \epsilon_{B3} \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)과 같은 직교요인모형의 가정은 (1) 개별 공통요인은 평균이 0 이고 분산이 1 인 확률변수이고 서로 다른 공통요인과 서로 독립이다. (2) 특정요인은 평균이 0 이고 분산이 1인 확률변수이고 서로 다른 특정요인들과 서로 독립이다. (3) 공통요인과 특정요인사이의 관계는 서로 독립이다. 개별공통요인의 중항목에 대한 영향력인 t_{ij} 와 b_{ij} 는 요인적재(factor loadings)로 자료로부터 추정되어야 할 모수(parameter)이며, 표본상관행렬(sample correlation matrix)에서 구한 고유값(eigen value)과 고유벡터(eigen vector)로 부터 추정된다.

요인분석의 목적이 중항목의 수만큼 공통 요인을 고려하는 것이 아니라, 중항목사이의 상관구조를 대부분 설명할 수 있는 소수 개 공통요인으로 표현하는 것이기 때문에 요인적재를 자료로부터 추정하기 위해서 주성분방법을 수정한 주축반복요인방법(principal iterated factor method)을 사용하고, 또한 요인을 좀더 단순한 구조로 변경하여 의미 있는 해석을 하기 위해서 요인의 축을 회전시키는 방법으로 직교회전방법인 베리맥스 회전(varimax rotation)을 사용하였다. 만약 최종적으로 직교회전에 의해서 구해진 두개 공통요인이 탐색되었다고 가정하고, 추정된 요인적재와 고유값이 <표 4>와 같이 구해졌을 때 연관된 가중값을 구하는 계산 절차는 다음과 같다.

<표 4> 요인적재와 가중값

구분	요인 1		요인 2	
	적재	가중값	적재	가중값
T_1	l_{11}	w_{11}	l_{21}	w_{21}
T_2	l_{12}	w_{12}	l_{22}	w_{22}
T_3	l_{13}	w_{13}	l_{23}	w_{23}
T_4	l_{14}	w_{14}	l_{24}	w_{24}
B_1	l_{15}	w_{15}	l_{25}	w_{25}
B_2	l_{16}	w_{16}	l_{26}	w_{26}
B_3	l_{17}	w_{17}	l_{27}	w_{27}
합	L_1	1	L_2	1
고유값	λ_1		λ_2	
가중값	w_1		w_2	

<표 4>에서 개별 요인에서 추정된 요인적재들의 합은 1 이 아니기 때문에, 중항목에 대한 가중값을 설정하기 위해서 중항목과 연관된 요인적재를 해당 요인적재합으로 나눈 비율인 $w_{ij} = l_{ij} / \sum_j l_{ij}$ 을 사용한다. 또한 추정된 개별 고유값은 중항목 표준화 점수의 전체 분산에 대한 해당 요인의 설명부분을 의미하기 때문에, 두가지 요인을 결합할 때 개별 요인에 대한 가중값의 설정은 그 설명비율인 $w_i = \lambda_i / \sum_j \lambda_j$ 이 된다. 이러한 가중값을 이용하여 기술경쟁력지수를 산출하면 아래와 같이 표시된다.

$$\begin{aligned} \text{경쟁력지수 1} &= w_{11} T_1^* + w_{12} T_2^* + w_{13} T_3^* \\ &+ w_{14} T_4^* + w_{15} B_1^* + w_{16} B_2^* + w_{17} B_3^* \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{경쟁력지수 2} &= w_{21} T_1^* + w_{22} T_2^* + w_{23} T_3^* \\ &+ w_{24} T_4^* + w_{25} B_1^* + w_{26} B_2^* + w_{27} B_3^* \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{종합 경쟁력지수} &= w_1 \times \text{경쟁력지수 1} \\ &+ w_2 \times \text{경쟁력지수 2} \end{aligned} \tag{4}$$

식(4)에서 구한 경쟁력지수와 식(1)에서 구한 평점평가사이의 근본적인 차이점 두가지는 다음과 같다. 첫째, 식(4)의 기술경쟁력지수 구성에서는 기술성과 시장성에 연관된 모든 중항목들의 가중선형결합으로 표시되었으나, 식(1)에서 기술성과 시장성에 관한 대항목 평점은 연관된 중항목들로만 구성되었다. 둘째, 식(1)의 평점평가에서는 대항목에 대한 가중값은 중항목 개수의 비율 혹은 정성적 판단에 의해서 결정되었으

나, 식(4)의 경쟁력지수에서는 가중값의 설정을 통계적인 요인분석으로부터 추정된다.

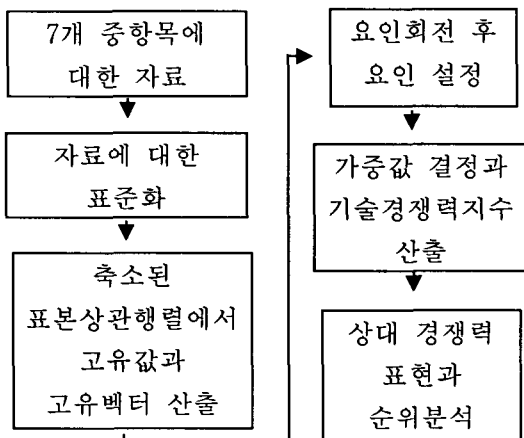
관계가 존재하는지를 살펴보기위해서 <표 5>과 같은 표본상관행렬(sample correlation matrix)을 자료로부터 구하였다.

4. 기술경쟁력평가 사례분석

본 연구에서 사용된 자료는 최근 2년간 <표 3>과 같은 평가항목을 통해서 벤처기업 확인 기술평가를 받은 212개 자료이고, 이 자료로부터 요인분석을 실시하여 기술경쟁력지수를 구하고자 한다. 자료분석은 통계 패키지인 SAS를 사용하였고, 분석 내용은 (1) 요인분석을 이용한 기술경쟁력지수의 산출, (2) 상대적인 기술경쟁력 위치 분석을 위한 그래프 표현방법, (3) 기술경쟁력 지수와 단순평점 두가지 기준사이의 기술경쟁력 순위분석 등이고, 분석절차는 <그림 1>과 같다.

<표 5> 표본상관행렬과 신뢰계수

구분	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	B ₁	B ₂	B ₃
T ₁	1	0.39	0.28	0.31	0.22	0.08	0.24
T ₂	0.39	1	0.43	0.01	0.41	0.23	0.44
T ₃	0.28	0.43	1	0.23	0.47	0.56	0.31
T ₄	0.31	0.01	0.23	1	0.11	0.07	0.16
B ₁	0.22	0.41	0.47	0.11	1	0.43	0.49
B ₂	0.08	0.23	0.56	0.07	0.43	1	0.36
B ₃	0.24	0.44	0.31	0.16	0.49	0.36	1
신뢰 계수	0.73	0.71	0.68	0.77	0.70	0.72	0.70



<그림 1> 기술경쟁력지수 산출 단계

<표 5>에서 기술성과 시장성 중항목사이의 상관관계를 살펴보면 서로 어느 정도 이상의 양의 상관관계(positive correlation)가 존재하고 있음을 알 수 있다. 예를 들면, 기술성내에서는 기술사업화 능력(T₂)과 기술우수성(T₃)간의 상관계수가 0.43으로 가장 높았고, 사업성평가 내에서는 시장전망(B₁)과 마케팅능력(B₃)간의 상관계수가 0.49로 가장 높게 나타났고, 기술성항목과 시장성항목사이에는 기술집약성(T₃)과 제품특성(B₂)간의 상관계수가 0.56으로 가장 높게 나타났다. 또한 기술성종합 평점과 시장성종합 평점사이의 상관계수를 구해보면 0.54로, 기술성평가가 높을수록 시장성평가는 평균적으로 높게 평가되

4.1 공통요인의 선택과 해석

기술평가 7개 중항목들 사이에 어떤 상관

는 경향이 있음을 알 수 있다. 또한 요인분석을 할 때 가장 큰 문제점은 주어진 중항목들로부터 추출된 요인에 대한 신뢰성(reliability)문제이다. 요인분석에서 사용된 중항목의 신뢰성을 측정하기 위해서 Chronbach's α 계수가 사용되며 일반적으로 0.6-0.7 을 기준으로 한다. 7개 중항목에 대한 크론바하 알파 신뢰계수를 살펴보면 모두 0.7 내외의 유사한 값으로 나타났기 때문에 7개 중항목을 포함한 요인분석의 구성은 타당한 것으로 판단된다.

요인분석의 목적이 중항목 수만큼 요인을 고려하는 것이 아니라 상관구조를 대부분 설명할 수 있는 소수개 요인으로 표현하는 것이기 때문에, 개별 중항목의 분산전체를 대상으로 하기보다는 공통성(communality)을 대상으로 요인적재를 추정하는 것이 적절하다. 따라서 본 분석에서는 <표 5>와 같은 표본상관행렬에서 대각요소 1 을 중항목 사이의 다중상관계수(SMC: squared multiple correlation)로 대체한 축소된 표본상관행렬(reduced sample correlation matrix)에서 요인적재를 반복적으로 추정하는 주축반복요인방법을 사용하였고, 요인의 의미를 좀더 의미 있게 해석하기 위해서 베리맥스 회전을 사용하였다.

<표 6>의 분석결과를 살펴보면 축소된 표본상관행렬에서 구한 고유값의 합은 3.089 이고, 네개 고유값이 양수이고 나머지 세개 고유값은 음수로 나타났다. 주축반복요인방법을 사용한 경우에 보유할 최대 요인의 수에 대한 기준은 누적비율이 1 이 되는 양의 고유값의 수이기 때문에 잠재적인 요인의 수는 2개가 된다. 요인의 수를 2개로 하여 베리맥스 회전을 통하여 최종적으로 추정된 인자적재는 <표 7>과 같다.

<표 6> 축소된 표본상관행렬에서 구한 고유값과 연관된 설명비율

구분	고유값	설명비율	누적비율
λ_1	2.351	0.761	0.761
λ_2	0.743	0.240	1.002
λ_3	0.274	0.089	1.090
λ_4	0.085	0.028	1.118
λ_5	-0.261	-0.009	1.110
λ_6	-0.455	-0.015	1.095
λ_7	-0.293	-0.095	1

<표 7> 회전된 요인분석 결과

구분	요인 1	요인 2
T_1	0.10025	0.89003
T_2	0.48013	0.36295
T_3	0.67314	0.24102
T_4	0.10277	0.29767
B_1	0.68316	0.17838
B_2	0.67828	-0.00666
B_3	0.55190	0.23680

요인분석 결과 두개 요인에 대한 해석을 살펴보면 첫번째 요인은 기술성에 속한 2개 중항목 (T_2, T_3)과 사업성에 속한 3개 모든 중항목 (B_1, B_2, B_3)에 상대적으로 높은 요인적재가 부여됐기 때문에, 첫번째 요인은 기술성과 사업성을 함께 고려한 '전반적인 기술경쟁력 요인'으로 해석될 수 있다. 그리고 두번째 요인은 상대적으로 높은 인자적재가 기술성요인 중항목 (T_1, T_2)에 부여됐기 때문에, 두번째 요인은 첫번째 요인에 의해서 설명되고 남은 잔여변동을 추

가적으로 설명할 수 있는 '기술특성 경쟁력 요인'으로 해석될 수 있다. 또한 자료의 총 변동 중에서 첫번째 요인인 '전반적인 기술 경쟁력 요인'에 의해서 설명될 수 있는 상대비율은 약 76% 이고, 두 번째 요인인 '기술특성 경쟁력 요인'으로 설명될 수 있는 상대비율은 약 24%로 나타났다.

4.2. 경쟁력지수와 상대적 위치

요인분석을 통하여 구한 두가지 요인인 '전반적인 기술경쟁력 요인'과 '기술특성 경쟁력 요인'을 이용하여 경쟁력지수로 변환하기 위해서는 개별 요인을 구성하고 있는 중항목에 대한 가중값을 설정하여야 하고, 또한 요인별 가중값을 설정하여야 한다. <표 4>와 같은 절차로 중항목별 가중값과 요인별 가중값을 구하면 <표 8>과 같다.

<표 8> 요인에 대한 중항목별 가중값

구분	요인 1		요인 2	
	적재	가중값	적재	가중값
T_1	0.10025	0.003	0.89003	0.405
T_2	0.48013	0.147	0.36295	0.165
T_3	0.67314	0.206	0.24102	0.110
T_4	0.10277	0.031	0.29767	0.135
B_1	0.68316	0.209	0.17838	0.081
B_2	0.67828	0.207	-0.0067	-0.003
B_3	0.55190	0.169	0.23680	0.108
가중값	0.76		0.24	

<표 8>에서 산출된 가중값을 식(4)에 대입하여 세가지 기술경쟁력지수를 산출하면 전반적인 기술경쟁력지수 $GTCI$ (General Technology Competitiveness Index), 기술특

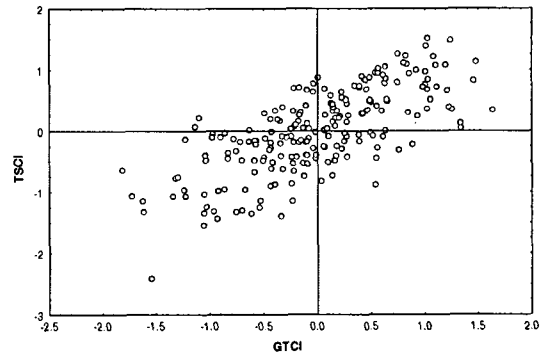
성경쟁력지수 $TSCI$ (Technology-Specific Competitiveness Index)를 구할 수 있고, 또한 두가지 기술경쟁력지수를 결합한 종합 기술경쟁력지수 $TTCI$ (Total Technology Competitiveness Index) 등을 구할 수 있다.

$$GTCI = 0.003 T_1^* + 0.147 T_2^* + 0.206 T_3^* + 0.031 T_4^* + 0.209 B_1^* + 0.207 B_2^* + 0.169 B_3^*$$

$$TSCI = 0.405 T_1^* + 0.165 T_2^* + 0.110 T_3^* + 0.135 T_4^* + 0.081 B_1^* - 0.003 B_2^* + 0.108 B_3^*$$

$$TTCI = 0.76 \times GTCI + 0.24 \times TSCI \quad (5)$$

식(5)와 같은 기술경쟁력지수를 이용하면 벤처기업의 상대적 기술경쟁력을 산출할 수 있고, 표준화자료를 이용하였기 때문에 경쟁력지수 대부분은 -3과 3 범위의 값으로 구해진다. 벤처기업의 기술경쟁력을 상대적으로 표현하기 위해서는 $GTCI$ 와 $TSCI$ 를 두개 축으로 하는 위치플롯(positioning plot)한 결과는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> $GTCI$ 와 $TSCI$ 플롯

〈그림 2〉에 의하면 212개 표본 벤처기업의 상대적인 경쟁력은 크게 네개 영역으로 구분된다. 우상영역은 *GTCI* 와 *TSCI* 가 모두 평균이상인 기술군집 A, 우하영역은 *GTCI* 는 평균이상이지만 *TSCI* 는 평균이하인 기술군집 B, 좌상영역은 *GTCI* 는 평균이하이지만 *TSCI* 는 평균이상인 기술군집 C, 좌하영역은 *GTCI* 와 *TSCI* 가 모두 평균이하인 기술군집 D 를 의미한다. 네개 군집에 속하는 벤처기업의 수와 비율은 〈표 9〉과 같이 요약된다. 분류결과에 의하면 상대적인 경쟁력이 평균이상인 기술군집 A 는 전체 표본기업의 약 38.2% 로 나타났고, 상대적인 경쟁력이 평균이하인 기술군집 D 는 전체 표본기업의 약 38.7% 로 나타났다.

〈표 9〉 기술경쟁력 지수 기준으로 분류 결과

구분	A	B	C	D	계
기업	81	24	25	82	212
비율(%)	38.2	11.3	11.8	38.7	100

기술성과 사업성의 종합평점 *TS* 와 종합기술경쟁력지수 *TTCI* 의 요약통계를 살펴보면 〈표 10〉과 같다.

〈표 10〉 *TS* 와 *TTCI* 요약통계 결과

구분	<i>TS</i>	<i>TTCI</i>
표본평균	45.05	-0.0008
중위값	45.10	-0.0053
표본표준편차	5.04	0.6548
일사분위수	41.95	-0.4446
삼사분위수	47.90	0.4686
최소값	29.60	-1.7501
최대값	55.80	1.3958

〈표 10〉에 의하면 종합평점 *TS* 의 사분위수 범위는 좁은 반면에 종합기술경쟁력 지수 *TTCI* 의 사분위수 범위는 상대적으로 넓음을 알 수 있다. 따라서 *TTCI* 는 상대적인 기술경쟁력평가 혹은 상대적인 기술경쟁력 등급평가 등에 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

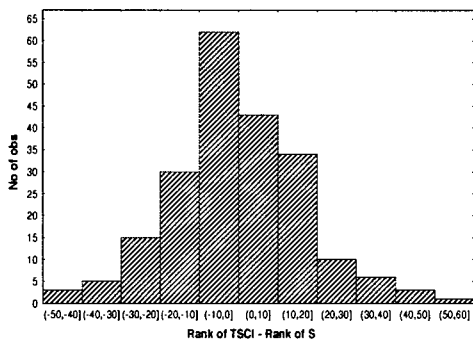
종합기술경쟁력 지수는 벤처기업의 상대적인 기술경쟁력에 순위를 부여할 때 유용하게 사용될 수 있다. *TTCI* 기준과 기술성과 사업성의 종합평점 *TS* 기준 두가지를 사용해서 순위를 부여했을 때 표본기업 212개 중 20개 벤처기업에 대한 결과는 〈표 11〉과 같다.

〈표 11〉 기준에 따른 순위차이 비교

기업	<i>TTCI</i> 순위	<i>TS</i> 순위	기업	<i>TTCI</i> 순위	<i>TS</i> 순위
1	48	50	11	154	168
2	117	82	12	140	151
3	56	37	13	93	93
4	165	174	14	156	148
5	179	172	15	182	159
6	89	71	16	186	180
7	202	197	17	157	154
8	106	98	18	14	11
9	193	200	19	161	156
10	154	168	20	55	63

두가지 기준에서 부여된 순위는 서로 다른 이유는 *TTCI* 기준은 중항목의 분산과 중항목사이의 상관구조에 따라 구해진 가중선형결합이고, 종합평점 *TS* 는 모든 중항목 평점의 단순합이기 때문이다. *TTCI* 와 *TS* 기준에서 구한 순위차이를 막대그래

프로 표시하면 <그림 3>과 같이 대칭에 근사한 형태를 갖고, 순위 차이의 최대값은 양의 차이 58 이고 음의 차이 -47 로 나타났다. 그리고 두가지 기준사이의 절대 순위 차이(absolute rank difference)에 대한 표본 평균은 12.75 이고 표본표준편차는 10.78 로 구해졌기 때문에 상당한 순위 차이가 있음을 알 수 있다.



<그림 3> 순위차이에 대한 막대분포

5. 결 론

본 연구에서는 벤처기업 확인을 위한 기술평가를 받은 212개 기술력평가자료에 요인분석을 실시하여 전반적인 기술경쟁력지수 (*GTCI*), 기술특성 경쟁력지수 (*TSCI*)와 종합기술 경쟁력 지수 (*TTCI*) 등을 구하였다. *GTCI* 와 *TSCI* 에서 개별 중항목에 대한 가중값은 요인분석 결과를 이용하였다. 또한 *TTCI* 를 구하기 위해서 *GTCI* 와 *TSCI* 의 가중값은 요인에 대한 상대적인 설명비율을 이용하였다.

본 연구에서 개발된 기술경쟁력지수 방법론의 장점은 아래와 같은 세가지로 요약된다. 첫째, 중항목과 연관된 가중값을 객관적으로 산출하기 위해서 통계적 다변량기법인 요인분석을 이용하였다. 둘째, 기술경쟁력지수는 시장에서 해당 기술의 상대적인 경쟁력을 의미하기 때문에 벤처기업 확인평가, 기술거래용 가치평가, 벤처기업의 코스닥 등록용 평가, 엔젤클럽 공개용 평가, 투자 및 융자 참고용 평가, 특허기술평가, 기술창업평가보증 등 다양한 목적에 활용될 수 있을 것이다. 셋째, 만약 기술경쟁력지수들이 충분한 표본자료로부터 산출된 것이라면, 이러한 지수들은 예측 지수(predictive index)로서 유용하게 활용할 수 있을 것이다. 즉, 특정 벤처기업의 기술력에 대한 평가자료를 식(5)에 입력하면 해당 기술경쟁력의 상대적 위치를 예측할 수 있을 것이다. 이러한 기술경쟁력지수는 시장에서 경쟁력 우위 기술을 선정하기 위한 순위평가 혹은 경쟁력에 근거한 등급평가 등에 유용하게 사용되어질 수 있을 것이다.

그러나 최근 첨단기술의 수명이 짧아지는 추세에서 추가적인 벤처기업의 기술평가 자료가 증가할 경우에는 기술경쟁력지수에 사용된 가중값은 변할 수밖에 없다. 따라서 연관된 기술경쟁력 지수들은 주기적으로(적어도 2년마다) 다시 평가하여 적용하는 것이 타당하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] 김규현(2000), "일본의 기술가치평가기법 및 운영사례", 「Patent Bank Co., Ltd」.

-
- [2] 박종오(1999), "기술거래 확산을 위한 개별기술평가모델의 구상", 「과학기술정책」, 제119권, pp. 62-78.
- [3] 성석, 박영택(2001), "한국기업의 생산 전략과 성과개선 프로그램에 관한 연구", 「품질경영학회지」 제29권 제4호, pp. 103-115.
- [4] 성웅현(1999), 「응용다변량분석」, 제2판, 탐진, pp. 177-202.
- [5] 성웅현(2002), "기술기업의 기술가치평가시위험조정 할인율의 결정", 「기술혁신학회지」, 제5권 1호, pp. 59-71.
- [6] 유선희(2002), 「기술가치평가」, 제1판, 한국과학기술정보연구원, pp. 49-100.
- [7] 장대성(2001), "한국 국제공항의 서비스 품질 평가와 고객만족을 위한 주요 서비스 품질요인에 관한 연구", 「품질경영학회지」 제30권 제4호, pp. 26-43.
- [8] 장명복(2000), "정보시스템 품질이 경영 성과에 미치는 영향에 관한 연구", 「품질혁신」 제1권 2호, pp. 26-41.
- [9] Johnson, Richard A and Wichern, Dean W. (1998), 「Applied Multivariate Statistical Analysis」, fourth edition, Prentice Hall, pp. 514-572.
-