IE Interfaces
Vol. 14, No. 1, pp. 79-83, March 2001.

유사상관계수의 개념을 도입한 범주형 변수의 축약에 관한 연구

권철신[1] · 홍순욱[2]

[1]성균관대학교 시스템경영공학부 / [2]영동대학교 정보전자공학부

A Method for Reduction of Categorical Variables Based on a Concept of Pseudo-Correlation Coefficient

Cheol-Shin Kwon[1] · Soon-Wook Hong[2]

In this paper, we propose a simple method to reduce categorical variables into smaller, but significant numbers, and also demonstrate how the proposed method can be applied to the problem of reduction that empirical research often faces in the course of data processing. For the purpose, we introduce a concept of pseudo-correlation coefficient to make it possible to use factor analysis (FA) as a tool for reducing variables. The main idea of the concept is to deal with the measures of association of categorical variables in the sense of the concept of Pearson's correlation coefficient in order to meet the input requirement of FA. Upon examination of existing measures that could play as pseudo-correlation coefficients, Cramer's V coefficient is selected for the best result among them. To show the detailed procedure of the proposed method, a specific demonstration with the data from 329 R&D projects conducted in 18 private laboratories in electric and electronics industry is presented.

1. 서 론

오늘날 복잡해진 경영 및 생산시스템을 연구하기 위하여 다량의 변수를 취급하게 되는 경우가 많다. 이들 변수에 담겨진 정보를 알아내기 위하여 여러 가지 통계적 분석방법을 적용하게 되는데, 특히 예비분석의 단계나 탐색적인 연구의 경우, 또는 정보의 손실을 최소화하면서 후속분석의 단순화를 목적으로 하는 경우에 있어서 변수의 축약에 관심이 많으며, 이에 관한 방법들은 측정변수의 수준과 이에 대응하는 적절한 통계적 기법별로 이미 알려져 있다(김규형, 1993; Anderson, 1984; Hair, 1979).

통상적으로, 연구모형에서 결정된 연구변수에 대한 자료를 얻기 위하여 관찰이나 실험 또는 현장조사 등을 실시하며, 어느 경우이든 자료의 획득 과정에 제약이 가해진다. 이러한 제약의 정도에 따라서 자료의 형태가 결정되며 적용가능한 통계적 방법이 제한된다. 자료의 형태는 크게 비메트릭 자료(non-metric data)와 메트릭 자료(metric data)로 구분되며, 그 측정수준에 따라서 비메트릭 자료의 측정에는 명목척도나 순위척도가 사용되며 메트릭 자료에는 등간척도나 비율척도가 사용된다. 측정의 수준이 명목척도에서 비율척도로 올라갈수록 모수통계분석이나 다변량통계분석 등 고급의 통계적 기법을 적용할 수 있겠으나, 자료의 획득은 그만큼 어려워진다.

이와 같이 측정의 수준과 사용가능한 분석방법간에는 상호절충의 관계가 있는데, 관심의 대상이 유형이나 패턴을 다루는 탐색적 연구의 성격을 가질수록 통계적 분석의 한계에도 불구하고 명목척도나 순위척도의 사용빈도가 비교적 큰 실정이다. 더욱이 최근 비모수적 통계분석 기법의 발달로 자료의 획득성이 양호한 명목척도를 사용하여 연구의 목적을 달성하려는 시도와 관심이 늘고 있다(Agresti, 1996; Fienberg, 1980). 이에 따라 사전에 결정된 범주형 변수를 다루는 것에서 탈피하여 명목척도를 갖는 범주형 변수에도 상위수준의 척도에서와 같이 데이터에 기반을 두는 귀납적 처리의 필요성은 한결 높아지고 있다. 이렇게 볼 때, 범주형 변수의 조작 가운데 변수의 축약을 위한 방법이 우선적으로 요구된다 하겠다.

변수의 축약에 있어서 변수들의 상호관계를 이용한 통계적 방법을 살펴보면, 상관계수를 이용하는 요인분석, 변수간에 정의되는 거리(distance) 개념을 이용하는 군집분석과 다차원척도법 등이 있는데, 사용되는 자료의 형태는 기본적으로 등간척도 이상의 척도값이어야 하나, 순위척도를 이용하는 방법

까지는 개발되어 있다(채서일, 김범종, 1990; 김규형, 1993). 그러나 명목척도값을 갖는 범주형 변수간의 상관성을 근거로 하여 변수를 축약하는 구체적인 방법이나 절차가 제안되어 있지 않다.

본 연구는 명목척도를 갖는 범주형 변수간의 연관성(association)을 나타내는 여러 가지 척도 가운데 피어슨의 상관계수(Pearson's correlation coefficient)에 가장 가까운 특성을 나타내는 유사상관계수로서의 Cramer's V계수를 이용함으로써 요인분석 모형이 범주형 변수의 축약에도 활용될 수 있음을 보이고자 한다. 이하에서는 이러한 목적을 위하여 사용되는 요인분석의 모형을 간단히 검토하고, 이 모형을 통하여 범주형 변수의 축약이 가능하도록 해주는 유사상관계수의 개념을 전개한 후에, 적용사례를 통하여 본고에서 제시하는 방법이 실제로 어떻게 이용될 수 있는가를 설명하고 있다.

2. 요인분석 모형

요인분석(factor analysis)은 변수들간의 상관관계를 이용하여 서로 유사한 변수들끼리 묶어 주는 방법이다. 상관관계가 높은 변수들끼리 동질적인 몇 개의 집단으로 묶는다는 점에서 요인분석은 자료의 요약, 변수의 구조파악, 불필요한 변수의 제거, 측정도구의 타당성 검증, 추가분석을 위한 요인점수 산정과 같은 목적을 위하여 사용된다.

기본적인 요인분석 모형은 다음과 같다(김규형, 1993). 즉, p개의 변수에 대한 확률벡터 X의 평균이 μ이고, 공분산행렬이 Σ라고 할 때, X는 $F_1, F_2, ..., F_m$의 관찰 불가능한 확률변수인 m개의 공통요인과 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, ..., \varepsilon_p$의 p개의 개별요인에 대하여 선형으로 종속되어 있다고 본다. 이를 행렬의 형태로 표현하면 다음과 같다.

$$\underset{(p\times 1)}{X} - \underset{(p\times 1)}{\mu} = \underset{(p\times m)}{L} \quad \underset{(m\times 1)}{F} + \underset{(p\times 1)}{\varepsilon}$$

여기서 행렬 L은 요인부하량 행렬이다. 만약 Σ가 대각선행렬이 아니고 비대각원소의 크기가 크다면, 이 경우에 요인분석을 의미있게 적용할 수 있으며, 문제는 요인부하량과 개별분산을 어떻게 추정하느냐가 된다. 이 추정방법의 대표적인 것으로 주성분법과 최우추정법이 있다. 어느 방법에 의하여 얻어진 요인이든 해석의 편의를 위하여 회전시킬 수 있다. 따라서 통상 두 가지 이상의 방법을 사용하여 그 결과를 비교하는 것이 권장되지만, 본 연구에서는 요인분석 모형을 이용하여, 자료분석의 과정에서 필요하다면 범주형 변수까지도 축약될 수 있음을 보이려는 것이 목적이므로 주성분법만을 사용하기로 한다.

주성분법을 채택한 요인분석 모형에서 본 연구과 관련된 주요특징을 보면 다음과 같다.

(1) 변수수준 : 등간 또는 비율척도

(2) 입력자료 : 피어슨의 상관계수행렬 또는 공분산행렬

(3) 자료의 적합도 : Kaiser-Myler-Olkin(KMO) 척도와 Bartlett 검정법 사용. Kaiser (1974)에 따르면 KMO 측정값이 0.6 이상이 될 때 입력자료로 사용이 가능하다.

(4) 회전방법 : 요인간 독립성을 유지하기 위한 직각회전 (Varimax)

(5) 요인추출기준 : 고유값 1.0 이상

요인분석의 자세한 절차에 관하여는 김규형(1993), Hair (1979), Norusis (1986)를 참고할 것.

여기서 요구되는 입력자료는 등간척도 이상의 변수들간에 존재하는 피어슨 상관계수행렬이다. 그러나 범주형 변수에서는 피어슨 상관계수가 존재하지 않으므로, 이 문제의 해결을 위하여 다음과 같은 유사상관계수의 개념을 도입하기로 한다.

3. 유사상관계수의 개념

주성분 분석은 변수간의 상관성을 기초로 하여 수행되는 분석기법이며, 입력되는 상관성 자료는 [0, 1]사이의 값을 갖기 때문에 범주형 변수간의 상관성을 0과 1사이의 값으로 변환해 주는 방법이 필요하다. 통상적으로 범주형 변수의 독립성 또는 상관성을 검증하기 위하여 사용되고 있는 방법은 교차분석(cross tabulation analysis)과 χ^2-test이다. 그러나 χ^2 통계량은 $[0, \infty]$의 값을 가질 뿐 아니라 변수간의 관련정도(strength of association)를 알 수 없으므로 χ^2 통계량을 기반으로 하여 다음과 같이 개량된 척도들이 개발되었다(Goodman and Kruskal, 1954).

우선, N을 표본의 크기라고 할 때, φ 계수는 다음과 같다.

$$\varphi = [\chi^2/N]^{1/2} \tag{1}$$

φ 계수는 표본의 크기 N으로 χ^2 통계량을 조정하고자 하는 것이지만, $\chi^2 > N$의 가능성이 존재하므로 φ가 반드시 [0, 1] 사이에 오지 않는다. [0, 1]사이의 값을 얻기 위하여 피어슨은 다음과 같은 상황계수(coefficient of contingency)를 제안하였다.

$$C = [\chi^2/(\chi^2 + N)]^{1/2} \tag{2}$$

이 상황계수의 값은 [0, 1]사이에 존재하지만, 상한값이 1이 되지 않을 수 있다. 상황계수의 최대값은 교차분석표의 행과 열의 수에 영향을 받는다. 가령, 4×4 교차분석표에서 C의 값은 최대 0.87을 초과할 수 없다. 그러므로 상황계수 역시 범주형 변수간의 상관계수로 이용하기에는 불완전하다고 하겠다.

이 점을 극복하기 위하여 Cramer는 다음과 같은 Cramer's V 계수를 제시하였다.

$$V = [\chi^2/\{N(k-1)\}]^{1/2},$$

$$k = (\text{행의 개수와 열의 개수 중 최소치}) \tag{3}$$

Cramer's V계수를 적용하면 어떠한 차원(dimension)을 갖는 교차표에서도 [0,1]의 범위에서 명목척도로 측정된 두 범주형 변수의 상관성을 표현할 수 있다. 이상에서 살펴본 세 가지 측정방법이 모두 범주형 변수간의 상호연관성에 대한 정보를 제공해 주므로 이를 유사상관계수(pseudo-correlation coefficient)의 개념으로 파악하고, 이 가운데 피어슨의 상관계수의 특성에 가장 근접하는 Cramer's V계수를 이용한다면 범주형 변수의 축약에도 주성분분석의 논리적 구조(logic)가 그대로 적용될 수 있을 것이다.

4. 적용절차

유사상관계수를 사용하여 범주형 변수의 축약을 위한 절차는 다음과 같다.

(1) 축약대상 범주형 변수의 결정
(2) 교차분석 실시를 통한 Cramer's V계수행렬의 산정
(3) KMO 척도와 Bartlett 검정법을 이용한 자료의 적합도 검정
(4) 요인분석의 실시
(5) 요인추출 및 요인명명(naming)
(6) 사후분석 및 조정

다음 절에서는 이와 같은 절차가 구체적으로 어떻게 적용되는가를 보이기 위하여 간단한 적용사례를 들기로 한다.

5. 적용사례

5.1 사용변수

본 연구에서 제안된 범주형 변수의 축약 방법 적용사례를 보이기 위하여 기술커뮤니케이션 패턴을 연구하기 위한 홍순욱(1992)의 연구에서 수집된 자료의 일부를 재구성하여 사용하기로 한다. 기술커뮤니케이션이란 연구개발 프로젝트가 수행되는 과정에서 기술적 정보에 관하여 이루어지는 연구원간의 의사소통이다. 이러한 패턴을 도출하려면 패턴이 존재하는 환경을 규정하는 조건변수가 필요하다. 문헌조사와 현장 인터뷰를 통하여 설정된 조건변수는 <표 1>과 같다. 이들 변수는 모두 범주형 변수로서 현장에서 통용되고 있는 용어나 개념에 근거하여 설정된 것으로, 변수의 특정값에 대하여 존재하는 기술커뮤니케이션의 패턴이 상이할 것이다. 그런데 이들 모두에 대하여 분석한다는 것은 일차적으로 복잡성의 증가로 인하여 패턴의 특성을 규명하기 어려울 뿐 아니라 해석의 곤란성을 가중시킬 것이므로 분석을 위한 노력이 자칫 무의미해 질 수도 있다. 이러한 점을 해소하기 위하여 본고에서 제시한 범주형 변수의 축약방법을 적용하기로 한다. 자료의 케이스는 총 329개로 우리 나라 전기·전자산업에 속한 기업의 18개 연구소를 대상으로 수집된 것이다. 통계분석에는 SPSS/PC+를 사용한다.

5.2 적용의 결과

<표 2>는 8개의 조건변수에 대하여 식(3)에 의하여 계산된 Cramer's V계수행렬로서, SPSS/PC+의 CROSSTABS Subroutine에서 제공되는 모두 28개($_8C_2$)의 교차분석표에 나타난 데이터를 정리한 것이다. 이 행렬이 범주형 변수간의 유사상관계수행렬로서 요인분석에 적합한 것인가를 판정하기 위한 적합성 검정을 실시한 결과, KMO 척도값은 0.66603, Bartlett 검정통계량 및 유의수준(p-value)은 각각 222.9833과 0.0000으로 나타나, 주성분 분석의 입력자료로서 적합하다고 판정된다. 이를 주성분 분석의 입력자료로 하여 얻어진 요인적재행렬은 <표3>과 같다.

추출된 3개 요인의 내부변수를 자세히 검토하여 각 요인들이 함의하는 내용을 충분히 파악한다면 이에 따라 요인들의 명명이 적절히 이루어질 수 있다. FACTOR 1의 경우, 프로젝트

표 1. 조건변수의 설정

변 수	변 수 명	범 주	관 련 연 구
VAR1	프로젝트 형태	전략과제, 수명과제, 위탁과제, 자체과제	권철신(1991), 박종길(1989)
VAR2	프로젝트 산출	제품개발과제, 기술개발과제	권철신(1991), 김정훈(1990)
VAR3	프로젝트 수준	첨단제품/첨단기술과제, 개량제품/개량기술과제	권철신(1991)
VAR4	프로젝트 단계	응용연구과제, 개발연구 과제, 상품화 연구과제	권철신(1991), Stahl(1977), Keller(1986), Hauptman(1986), Allen *et al.*(1980)
VAR5	기술발전 단계	도입기, 성장기, 성숙기, 쇠퇴기	Meyer(1984), Meyer(1985), Utterback & Abernathy(1975)
VAR6	팀장의 리더쉽	개방형, 권위형, 겸비형, 모호형	Pearson(1981), Stankiewicz(1979), Jermakowicz(1978)
VAR7	연구소 운영풍토	관리중심형, 자율중심형, 양면조화형, 모호형	Fischer(1980), Jermakowicz(1978), Tompson & Hlavacek(1973)
VAR8	프로젝트 수행형식	task force형, project형, matrix형	Katz & Allen(1982), Jermakowicz(1978)

표 2. 조건변수의 Cramer's V계수 행렬 (단위 : 10^{-5})

변 수	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR7
VAR2	07533						
VAR3	12978	17565					
VAR4	15346	47844	21140				
VAR5	14472	28862	31184	18063			
VAR6	07618	05712	12710	09637	10947		
VAR7	11069	10692	04752	06788	05572	20600	
VAR8	10926	22962	07633	26514	13635	11541	09463

표 3. 요인적재행렬

요 인 / 조건변수	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3
프로젝트 단계	.77400	.19926	.00562
프로젝트 산출	.76552	.22966	−.04207
프로젝트 수행형식	.63946	−.07830	.22507
프로젝트 수준	.04969	.79335	.03898
기술발전 단계	.19112	.73006	.01692
프로젝트 형태	.06946	.36705	.31308
연구소 운영풍토	.10702	−.05805	.76446
팀장의 리더쉽	.00602	.16485	.71480

단계는 응용연구, 개발연구, 상품화 과제의 범주를 갖고 있어 개발과제의 기본적인 성격을 나타내고 있으며, 프로젝트의 산출은 목표하는 산출물의 형태 즉, 최종적인 개발성과가 제품인가, 기술인가를 구분함으로써 역시 프로젝트의 성격을 알 수 있고, 프로젝트의 수행형식은 개발과제가 어떠한 조직의 형태로 추진되는지를 말해 주기 때문에 이들 조건변수로 구성된 요인은 프로젝트의 개략적인 성격과 특징에 대한 정보를 준다. 따라서 첫 번째 요인을 「프로젝트 특성」으로 파악할 수 있다. FACTOR 2는 개발대상 기술수준에 따른 첨단성을 구분해 주며, 요구되는 기술이 기술수명 주기상의 어디에 위치하는지를 평가하게 해 준다. 또한 프로젝트의 형성원천을 top-down 방식으로 결정된 전략과제, bottom-up 방식으로 결정된 자체과제, 사내의 다른 조직 또는 외부에서 수탁받은 위탁과제별로 구분해 준다. 일반적으로 개발활동이 첨단제품/기술을 대상으로 할수록, 기술의 태동기 쪽으로 위치할수록, 최고경영층이 전략적 목표를 갖고 추진한 프로젝트일수록 개발의 난이도가 높다고 판단되므로, 두 번째 요인은 「개발 난이도」로 명명할 수 있다. FACTOR 3은 크게 두 가지 요소로 구성되어 있다고 하겠다. 첫째, 연구소 조직내부의 분위기, 즉 관리 중심적으로 운영되는 풍토인가 아니면 자율 중심적으로 이루어지는 것인가를 보는 것이고, 둘째, 프로젝트 리더의 성향이 개방적인지 권위적인지를 구분하여 준다. 이들 요소는 모두 연구의 동기, 활력 그리고 분위기와 밀접하게 관련되어 있으므로 「연구 환경」이라는 조건변수로 간주할 수 있을 것이다.

이렇게 본다면 8개의 초기 조건변수는 Cramer's V계수와 요인분석을 이용함으로써 프로젝트의 특성, 개발 난이도, 연구환경이라는 세 가지의 새로운 조건변수로 축약되었으며, 이들을 연구개발 과정에서 발생하는 기술커뮤니케이션의 패턴에 영향을 미치는 서로 독립적이고 대표적인 조건변수로서 간주하고 다루어 나갈 수 있게 되었다.

마지막으로 언급할 점은 축약된 조건변수를 후속분석에 사용하려고 할 때 발생하는 척도의 수준문제이다. 즉, 다량의 범주형 변수가 소수의 대표변수로 축약되어 나가는데, 이것은 범주형 변수간의 관련성을 나타내는 Cramer's V계수에 유사상관계수의 개념을 적용함으로써, 요인분석이 요구하는 기본입력자료인 공분산행렬의 특성에 최대한 근접시킬 수 있으며, 입력자료에 대한 통계적 검정을 거친 후에 일반적인 요인분석의 절차를 밟아 나가는 방법인 것이다. 따라서 추출된 요인은 명목척도를 갖는 범주형 변수가 아니라 연속적인 값을 갖는 새로운 변수가 된다. 이와 같은 결과는 연구의 목적과 후속분석에 사용되는 통계적 모형에 따라서 부각될 문제로서, 후속작업에 요인점수를 사용한다면 문제가 없지만, 계속하여 범주형 변수가 필요한 경우라면 요인을 범주형 변수로 변경해 주는 방법이 강구되어야 할 것이다.

물론 이것은 본고에서 중심적으로 다룰 내용이기보다도 별도로 연구되어야 할 문제이지만, 이에 관하여 우선 다음과 같이 생각할 수 있다.

(1) 적절한 기준을 산정하여 연속값을 갖는 대표조건변수를 명목변수로 환산하는 방법
(2) 대표조건변수의 속성과 가장 유사한 원래의 조건변수를 선택, 대치하여 사용하는 방법

방법 (1)은 타당한 환산기준을 별도로 설정해야 하는 새로운 문제점을 발생시키므로 수학적 검토와 같은 객관적인 설정방법이 추가로 연구되어야 할 것이다. 이에 관련된 방법이 개발되면 본고에서 제시된 일련의 축약과정이 더욱 완전해진다고 하겠다. 그와 같은 타당한 방법이 발견되기 전까지 방법 (2)가 차선으로 이용될 수 있겠으나, 요인분석의 의미가 많이 희석될 뿐 아니라 원래의 변수가 갖고 있는 정보의 손실도 클 것으로 본다.

6. 결론 및 과제

본 연구에서는 요인분석 모형과 유사상관계수의 개념을 이용하여 상호연관성을 갖는 범주형 변수의 축약을 가능하게 해주는 하나의 방법을 제시하였고, 우리 나라의 기업연구소에서 수행되었던 연구개발 프로젝트에 존재하는 기술커뮤니케이션 패턴의 연구에 사용되었던 연구변수의 일부를 이용하여 본

고에서 제시된 방법이 구체적으로 어떻게 적용될 수 있는지 보였다. 이를 위하여 범주형 변수간의 연관성을 나타내는 다양한 통계적 척도들을 유사상관계수의 개념으로 파악하고자 그 특성들을 분석하였고, 그 결과, Cramer's V계수가 주성분분석의 입력자료인 피어슨의 상관계수를 대용할 수 있음을 밝혔다.

이러한 방법의 개발로 범주형 변수의 취급 및 조작의 범위가 넓어지게 되었고, 이로 인하여 패턴이나 유형에 관심을 두는 탐색적 연구에 있어서 더욱 강화된 실증적 기반을 가질 수 있는 가능성을 열었다는 점에서 본 연구의 의의가 있다 하겠다.

본 연구와 관련하여 향후 연구의 방향은 첫째, 본고에서 제시하는 방법의 수학적 고찰과 둘째, 응용적 차원에서의 개선 및 보완에 관한 것이 될 수 있다. 특히, 주성분분석에서 결정된 요인을 범주형 변수로 전환하기 위한 합리적인 기준에 관련된 방법 (1)에 관한 별도의 연구와, 방법 (2)에서 결정된 대표 범주형 변수가 원래의 데이터를 충분히 설명할 수 있는 변량을 가지고 있는지를 알아보는 사후분석의 방법들에 관한 연구가 있을 수 있다. 앞으로 본고의 방법에 관한 이론적 예제 및 비교연구와 적용 사례들이 계속 보고, 축적됨으로써 응용 측면에서의 유용성이 더욱 확보되어 나아갈 것을 기대한다.

참고문헌

권철신 (1991), *기술경영구조분석대전*, 삼성전자.

김정훈 (1990), R&D프로젝트의 계획대체안 평가를 위한 비용효과분석 시스템의 설계, *성균관대학교 석사학위논문*.

박종길 (1989), 목적기초연구를 위한 선행연구과제의 결정구조, *성균관대학교 석사학위논문*.

채서일, 김범종 (1990), *SPSS/PC+를 이용한 통계분석* 법문사.

김규형 (1993), *다변량분석의 이론과 실제*, 중앙대학교 출판부.

홍순욱 (1992), 기술커뮤니케이션의 구조해명에 관한 연구, *성균관대학교 대학원 박사학위논문*.

Agresti, A. (1996), *An Introduction to Categorical Data Analysis*, John Wiley & Sons.

Allen, T. J., Lee, D. M. S. and Tushman, M. L. (1980), R&D Performance as a Function of Internal Communication, Project Management, and the Nature of the Work, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 27, 2-12.

Anderson, T. W. (1984), *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*, John Wiley and Sons.

Fienberg, S. E. (1980), *The Analysis of Cross-Classified Categorical Data, 2nd ed.*, The MIT Press.

Fischer, W. A. (1980), Scientific and Technical Information and the Performance of R&D Groups, *TIMS Studies in the Management Sciences*, 15, 67-89.

Goodman, L. A. and Kruskal, W. H. (1954), Measures of association for Cross-Classification, *Journal of the American Statistical Association*, 49, 732-764.

Hair, J. F., *et al.* (1979), *Multivariate Data Analysis with Readings*, Petroleum Publishing Company.

Hauptman, O. (1986), Influence of Task Type on the Relationship between Communication and Performance: the Case of Software Development, *R&D Management*, 16, 127-139.

Jermakowicz, W. (1978), Organizational Structures in the R&D Sphere, *R&D Management*, 8, 107-113.

Kaiser, H. F. (1974), An Index of Factorial Simplicity, *Psychometrika*, 39, 31-36.

Katz, R., Allen, T. J. (1982), Investigating the Not Invented Here(NIH) Syndrome:A look at the Performance, Tenure, and Communication Patterns of 50 R&D Project Groups, *R&D Management*, 12, 7-19.

Keller, R. T. (1986), Predictors of the Performance of project Groups in R&D Organizations, *Academy of Management Journal*, 29, 715-726.

Meyer, A. C. D. (1985), The Flow of Technological Innovation in an R&D Department, *Research Policy*, 14, 315-328.

Meyer, A. D. (1984), A Technological Lifecycle Approach to the Organizational Factors Determining Gatekeeper Activities, *R&D Management*, 14, 239-245.

Norusis, M. J. (1986), *SPSS/PC+ for the IBM PC/XT/AT*, SPSS Inc.

Pearson, A. W., Davies, G. B. (1981), Leadership Styles and Planning and Monitoring Techniques in R&D, *R&D Management*, 11, 111-116.

Stahl, M. J. (1977), Innovation and Productivity in R&D: Associated Individual and Organizational Variables, *R&D Management*, 7, 71-76.

Srankiewicz, R. (1979), The Effects of Leadership on the Relationship between the Size of Research Groups and their Scientific Performance, *R&D Management*, 9, 207-212.

Thompson, V. A. and Hlavacek, J. D. (1973), Bureaucracy and New Product Innovation, *Academy of Management Journal*, 16, 361-372.

Utterback, J. M., Abernathy, W. J. (1975), A Dynamic Model of Process and Product Innovation, *Omega*, 3, 65-69.

권 철 신

한양대학교 무기재료공학과 학사
한양대학교 산업공학과 석사
연세대학교 경제학과 석사
일본 동경공대 경영공학과 석사
일본 동경공대 사회공학과 박사
미국 MIT PostDoc. 초청연구원
한양대학교 산업공학과 조교수
미국 GWU 경영과학과 초빙교수
현재: 성균관대학교 시스템경영공학부 교수
관심분야: R&D시스템, R&D경영, NPD, 개발공학, 컨셉개발론, 창조경영

홍 순 욱

성균관대학교 산업공학과 학사
성균관대학교 산업공학과 석사
성균관대학교 산업공학과 박사
현재: 영동대학교 정보전자공학부 부교수
관심분야: 기술경영, R&D시스템, 신제품개발, 의사결정