

경영정보의 인과구조 구축을 위한 다변량통계기법 적용에 관한 연구

A Study on Applying Multivariate Statistical Method for making Casual Structure in Management Information

조성훈*, 김태성**

* 건국대학교 산업공학과 석사과정

** 건국대학교 산업공학과 박사과정

Abstract

The objective of this study is to suggest modified Covariance Structure Analysis that combine with existing Multivariate Statistical Method which is used Casual Analysis Method in Management Information.

For this purpose, we'll consider special feature and limitation about Correlation Analysis, Regression Analysis, Path Analysis and connect Covariance Structure Analysis with Statistical Factor Analysis so that theoretical casual model compare with variables structure in collecting data.

An example is also presented to show the practical applicability of this approach.

1. 서론

기존의 상관, 회귀, 경로분석 등의 통계기법을 이용한 인과분석 방법론은 주로 정량적, 관측적 형태의 자료를 분석 대상으로 하기 때문에 분석 대상의 범위가 한정될 뿐 아니라, 원인과 결과의 관계가 비교적 명확한 연구대상의 경우에만 그 효용성을 발휘할 수 있었다. 그러나 경영환경의 급속한 변화에 따라 명확하게 인과관계를 파악할 수 있는 구조적 경영관리변수의 분석과 더불어 정성적, 비관측적 형태의 비구조적 경영환경의 분석이 중요성을 더해가는 최근의 경향을 고려하면 기존의 통계적 인과분석 방법의 한계가 더욱 명확해진다.

이러한 한계를 극복하기 위하여 본 연구에서는 구조개념이라는 비관측적 요인변수를 도입하여 인과관계를 설정하고 이를 구조방정식으로 표현하여, 해당 모수를 동시에 추정하는 공변량 구조분석을 도입한다. 공변량 구조분석은 측정 가능한 관측변수와 함께 측정 불가능한 잠재변수까지도 포함하고 있기 때문에 분석 대상의 폭을 넓힐 수 있고, 분석자의 선험적 지식까지도 적극적으로 모델구성에 활

용할 수 있기 때문에 원인과 결과의 구분이 모호하거나 계량화가 어려운 변수까지도 탐색적 절차를 반복함으로써 인과모델의 구축에 활용할 수 있는 할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 기존의 인과분석 기법으로서 상관분석, 회귀분석, 경로분석을 비교·분석하여, 이들 방법의 특징과 적용상의 한계를 고찰하고, 기존 인과분석 방법의 대안으로서, 경영의사결정 분야에서 인과관계 탐색에 적합하도록 수정된 공변량 구조분석을 이용한 인과분석의 체계를 제시하고자 한다. 그리고 이러한 방법을 부가가치생산성과 관련된 재무비율간의 인과관계 분석에 적용하여 그 유용성을 검토한다.

2. 기존의 인과분석 방법의 비교 평가

상관분석은 인과관계의 파악에는 한계가 있지만 변수간의 공변관계를 파악할 수 있기 때문에, 경영의사결정 분야에서는 변수의 개략적인 관계를 파악하는 기법으로 이용되고 있으며, 회귀분석은 변수사이의 구조적 측면을 분석하기 보다는 수학적 함수의 형태로서 결과를 예측하는 기법으로, 수요 예측모델이나 계량경제모델 등의 형태로 이용된다. 그리고 경로분석은 경로도를 이용하여 인과관계를 표현함으로써 결과의 직접적인 예측은 불가능하지만, 변수간의 인과구조 파악에 유용한 기법이라고 할 수 있다.

2.1 상관분석

자료의 반복 관찰이나 실험적 통제가 불가능한 사회과학적 자료를 분석하는 경우에, 둘 이상의 변수간에 존재하는 변화의 정도와 관계의 방향을 제시하여 줌으로서, 인과 파악이나 인과분석의 사전 단계로서 그 의의를 갖는다. 하지만 인과분석기법으로서의 상관분석의 한계점은 변수간에 허구상관이 존재할 수 있기 때문에 상관계수만으로 변수간의 관계를 판단할 수 없다는 것이며, 이와 같은 문제가 발생할 경우에는 상관분석의 결과 전체가 무의미하게 된다고 할 수 있다.

2.2 회귀분석

인과분석기법으로서의 회귀분석은 분석자가 간과하기 쉬운 몇가지 한계점이 있는데, 만일 $Z =$

$aX + bY + c$ 형태의 회귀직선이 있을 경우, 이를 인과관계의 의미로서 오인하는 것이다. X 나 Y 가 무조건 Z 의 원인이라고 할 수는 없으며, 다만 X 와 Y 의 측정값이 주어지면 막연한 짐작이나 추측보다 Z 의 실제 측정값을 보다 정확하게 예측할 수 있다는 의미이다. 이와 함께 회귀식을 이용하여 인과 분석을 하는 경우에 발생하는 가장 곤란한 문제점은 종속변수 이외의 모든 변수를 독립변수로 규정하여, 하나의 함수식에서 일괄적으로 다름으로서 독립변수간의 인과적 관계를 고려하지 못한다는 것이다. 결국 회귀분석에서는 독립변수간에 함수적 관계가 있을 경우라도, 독립변수들은 하나의 그룹으로 취급되어 정해진 회귀방정식내에서 종속변수 값을 예측하는 역할만을 하게 된다.

2.3 경로분석

예측변수들이 결과변수에 대하여 지니는 직접효과만을 대상으로 하는 회귀분석에 비해, 경로분석은 변수들간에 필요한 모든 경로들을 이론적 인과 모델로 상정하여, 다수의 회귀식들을 서로 연결한 상태에서 변수간의 관계를 설명하려는 기법으로서, 경로도를 통한 변수간의 구조적 도시가 가능한 기법이라고 할 수 있다. 그러나 이와 같은 경로도는 인과적 흐름의 선후관계와 인과적 폐쇄성이라는 가정이 만족될 경우에만 적용될 수 있으며, 단방향적 인과와 정성적·비관측적 개념을 표현하기 어렵다는 점 또한 현실적으로 만족되기 어려운 경로분석의 한계점이 된다.

위에서 언급한 세가지 통계 기법의 특징과 한계를 요약하면 다음의 (표 1)과 같다.

(표 1) 인과분석 기법으로서의 상관, 회귀, 경로분석의 장·단점 및 그 의의

상관분석	장점	- 분석상 제약이 거의 없음
	단점	- 허구적 상관 관계 가능 - 관계의 방향성 없음 - 잠재변수와 관측변수 동일시 (비관측 변수 다루지 못함) - 일 대 일 관계만 다룸
	의의	자료의 반복관찰이나 실험적 통제가 불가능한 형태의 사회과학적 자료를 분석대상으로 하는 경우, 인과성을 파악하거나 인과분석의 전단계로서 유용
회귀분석 (표준화 회귀분석)	장점	- 종속변수에 대한 독립변수의 영향력 비교 가능 - 관계의 방향성 있음 - 일 대 다수 관계 다룰 수 있음
	단점	- 독립변수간의 상호 관련성 무시 - 잠재변수와 관측변수 동일시 (비관측 변수를 다루지 못함) - 단방향 관계만 다룸 - 측정오차 등한시
	의의	다중공선성이나 독립변수내의 관련성 문제를 극복할 수 있는 비교적 간단한 인과모델을 대상으로 하는 경우, 종속변수에 대한 독립변수간의 상호 영향력의 크기 비교 가능

경로분석	장점	- 분석자의 선행적 지식 도입 가능 - 독립변수간의 상호 관련성 다룸 - 관계의 방향성 있음 - 일 대 다수를 다룰 수 있음
	단점	- 잠재변수와 관측변수를 동일시 (비관측 변수를 다루지 못함) - 단방향 관계만 다룸 - 측정오차 등한시
	의의	분석자의 사전지식에 따라 변수간의 이론적 관계를 도식화하고 이를 다수의 회귀식으로 연결하여, 변수간의 인과관계를 파악하는데 용이

(표 1)의 비교 내용을 종합해 보면, 인과분석 기법으로서의 회귀분석과 경로분석의 주된 한계점은 i) 측정변수만을 다름으로서 이론적 개념과 관측변수가 동일시되는 문제가 발생할 수 있으며, ii) 단방향 인과만으로 구성되고 있으며, iii) 측정오차를 등한시함으로써 오차의 영향을 무시한다는 것이다.

3. 경영의사결정에서의 공변량 구조분석의 적용

공변량 구조분석은 다변량 통계기법중에서 가장 최근에 연구되고 있는 분야로서, 관측변수와 잠재변수간의 인과관계를 구조방정식(Structural Equation)으로 표현하여 변수간의 관계를 분석하는 통계적 인과분석 방법이다. 공변량 구조분석의 장점은 다음의 여섯가지로 요약할 수 있다.

첫째, 관측변수 사이에 상호 관계가 있는 경우, 관측변수간의 양방향적 영향력을 추정할 수 있다. 둘째, 중요한 변수가 관측되지 않을 경우, 관측변수들의 공통요인으로부터 잠재변수를 도출할 수 있다.

셋째, 관측변수가 측정오차를 포함하고 있을 경우, 구조 방정식에 예견되는 오차항을 포함하여 오차의 영향력을 추정할 수 있다.

넷째, 인자분석과 다중회귀분석이라는 두가지 기법을 통합하면서, 경로분석이라는 도시기법의 장점을 살리고 있어 독립변수 개개의 인과관계 설정이 가능하다.

다섯째, 잠재변수가 잠재변수에 미치는 효과는 물론, 잠재변수가 관측변수에 미치는 효과도 분석할 수 있다.

여섯째, 대안이 되는 여러 가지 가설이나 모델 가운데서 어느 것이 우월한가를 검정할 수 있는 여러 가지 적합도 검정척도를 산출할 수 있다.

경영의사결정 분야에서 인과분석을 목적으로 공변량 구조분석을 적용하기 위해서는 행동과학이나 마케팅 분야에서 적용된 기존의 방법과는 다른 체계가 요구된다. 기존의 연구에서는 사전의 연구가설을 토대로 하여 잠재변수를 선정하고, 해당 잠재변수와 관련된다고 판단되는 관측변수를 선정하여, 관측 자료를 수집하기 때문에, 이론적 인과모델 내에서의 변수 구조와 수집된 자료 내에서의 변수 구조가 당연히 부합될 것이라 가정하였으나, 경영의사결정 영역에서는 이미 존재하는 자료를 분석자료화 하기 때문에 이론적으로 상정된 인과모델과 자료내에 존재하는 인과적 구조간에는 많은 차이가 있을 수도 있다. 그러므로 분석자는 공변량 구조모

델의 모수추정 단계전에 이론적 인과구조와 측정 자료의 구조간에 일치성을 확인하는 과정을 필요로 한다.

본 연구에서는 이론적 모델과 자료내의 구조간의 부합 정도를 검증하기 위한 절차로서 인자분석 기법을 사용한다. 인자분석은 다변량 변수들간의 공분산행렬을 분석하여, 변수 상호간에 내재하는 소수 몇 개의 공통인자(Common Factor)가 되는 기저(Underlying)변수를 파악하고 변수들의 관계에 대한 해석을 내려 자료의 구조를 탐색하는 기법으로, 공통인자와 잠재변수의 일치 여부, 인자적재에 따른 관측변수의 군과 이론적으로 제시된 측정 모델간의 일치 여부를 확인함으로써 공변량 구조분석 전에 사전 연구에 의해 가정된 이론적 인과모델과 자료내의 구조를 접근시킬 수 있다. 인자분석은 다음의 (1) 식으로 표현될 수 있다.

$$X = \Lambda f + e \quad (1)$$

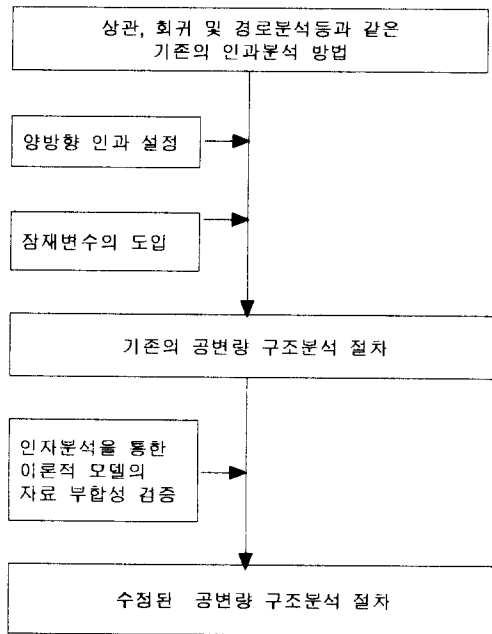
X = 관측변수 벡터

f = 비관측 공통인자 벡터

Λ = $p \times q$ 행렬의 인자 적재(factor loading)

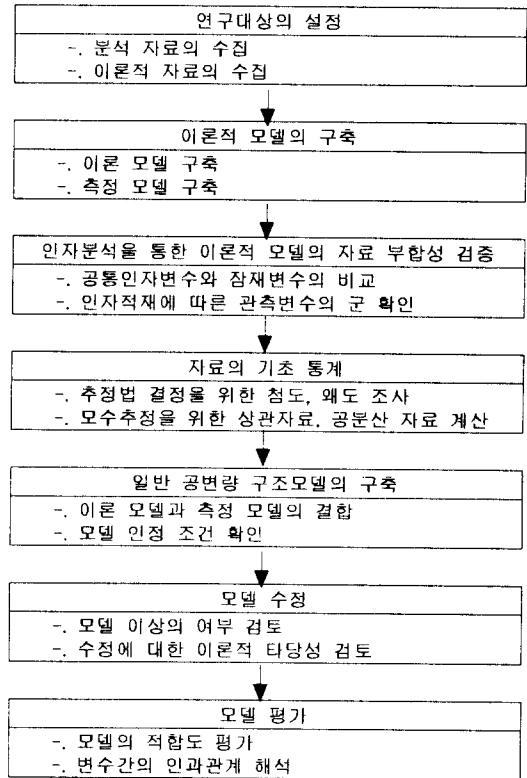
e = 비관측벡터의 유일성 인자(unique factor)

앞서 제시한 경영의사결정 분야에서의 효율적 인과분석을 위한 수정 개념은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 수정된 공변량 구조분석의 체계

<그림 1>의 내용을 중심으로 본 연구에서는 일곱 단계의 인과분석 절차를 제시한다. <그림 2>는 기존의 공변량 구조분석 절차를 경영의사결정 과 관련된 인과분석에 적합하게 수정한 것이다.



<그림 2> 효율적 인과분석 절차

4. 사례 연구

본 연구에서는 한국신용평가(주)에서 발간한 '한국기업총람'에 공시된 업종중에서 화학물 및 화학제품 생산 기업군에 대한 부가가치생산성 관련지표를 중심으로 사례연구를 실시하였으며, 전체 120개 업체중 ① 1994년 한국증권거래소에 상장되어 있는 기업, ② 결산일이 12월 31일인 기업, ③ 1994년 관리대상이 아닌 기업에 해당하는 81개 업체를 대상으로 선정하였다.

부가가치생산성 이론 모델은 ① 부가가치생산성은 노동생산성, 자본생산성에 모두 영향을 받으며, ② 노동생산성과 자본생산성은 서로 양방향으로 영향을 주고 받는다는 두가지 가정을 기본으로 한다. 전자는 부가가치의 기본 성질에 의한 것이라 할 수 있으며, 후자는 노동생산성이나 자본생산성은 그 자체로 독립된 부분이라기 보다는 상호간의 변화가 서로 영향을 줄 수 있다는 기존의 연구에 근거한 것이다.

이론 모델의 관측을 위한 측정모델은 5개의 부가가치생산성 관련 관측변수로서 구성되는데, 이는 자본생산성과 노동생산성 측정을 위한 관측변수 4개와 부가가치생산성을 측정하기 위한 관측변수 1

개이다. 이를 정리하면 (표 2)과 같다.

(표 2) 이론적 부가가치생산성 인과모델

기호	관측변수명	잠재변수
X ₁	부가가치율	부가가치생산성
X ₂	1인당 부가가치	노동생산성
X ₃	기계장비율	노동생산성
X ₄	총자본투자효율	자본생산성
X ₅	설비투자효율	자본생산성

(표 2)에서 보면, 이론적으로 가정된 인과 모델에서의 부가가치생산성은 부가가치율로서 측정되고, 노동생산성은 1인당 부가가치와 기계장비율로서 측정되며 자본생산성은 총자본투자효율, 설비투자효율로서 측정되는 이론 모델을 구성하였다.

이론적 모델과 자료 구조간의 일치성 여부를 확인하기 위하여 실시된 인과분석의 결과는 (표 3)과 같다.

(표 3) 통계적 인과분석 결과

변수	인자 1	인자 2
X ₂	0.70187	0.51247
X ₃	0.87280	-0.19682
X ₄	0.11184	0.39470
X ₅	-0.20056	0.81506

인자분석 결과에서는 두 개의 공통인자가 확인되었으며, 이는 이론적 모델에서 제안된 노동생산성, 자본생산성이라는 두 개의 잠재변수와 일치한다. 또한 인자의 적재를 분석해보면, 인자 1은 노동생산성에 상응하며, 인자 2는 자본생산성에 상응함을 알 수 있다. 인자분석의 결과에서 인자 2, 즉 자본생산성에 대한 1인당 부가가치의 인자 적재가 높은 것은 이론적 연구와 다소 차이가 있다. 하지만 전반적인 이론적 모델과 자료간의 구조가 일치한다고 판단되어 이론적 인과 모델을 수정하지 않고 그대로 공변량 구조분석에 적용한다.

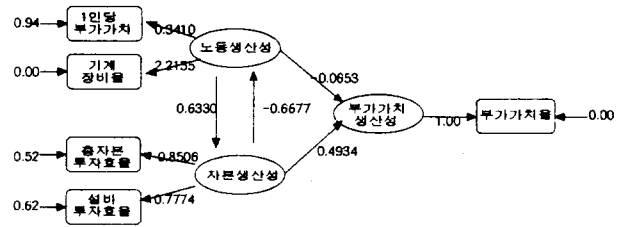
추정 기법을 결정하기 위하여 침도와 왜도를 조사한 결과, 변수 X₅의 왜도가 3이상의 값을 갖는 등 전반적으로 사해연구 자료가 다변량 정규분포를 따르지 않기 때문에 추정시 관측변수의 분포에 대한 가정을 필요로 하지 않는 ULS(Unweighted Least Squares)법을 이용한 추정한다.

모수추정시 분석 자료가 되는 관측변수의 상관행렬은 (표 4)와 같다.

(표 4) 관측변수의 상관행렬

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1.00000	-0.01273	-0.21353	0.42737	0.38180
-0.01273	1.00000	0.75916	0.19597	-0.13212
-0.21353	0.75916	1.00000	-0.12984	-0.41261
0.42737	0.19597	-0.12984	1.00000	0.66126
0.38180	-0.13212	-0.41261	0.66126	1.00000

이와 같은 절차를 거쳐 구성된 부가가치생산성의 인과모델은 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 부가가치생산성의 인과모델

5. 결론

경영의사결정 분야에서 인과관계를 분석할 경우에 기존의 인과분석 방법은 단방향 인과관계나 측정 가능한 변수만을 대상으로 하기 때문에, 실제 분석에서 커다란 한계점을 내포하여 왔다. 이에 반해 공변량 구조분석에서는 관측변수를 매개로 한 잠재변수를 설명함으로써 측정 불가능한 요인을 변수로서 고려할 수 있다. 또한 기존의 공변량 구조분석 체계가 경영의사결정 분야에 응용되기 위해서는 이미 존재하고 있는 자료의 특성을 파악하기 위하여 인자분석을 실시함으로써 이론적 연구로서 이루어진 인과 모델의 변수선정의 오류나 경로도의 오류등을 사전에 방지하여야 한다. 하지만 공변량 구조분석은 다음과 같은 한계가 있다.

- 공변량구조분석에서의 인과계수는 잠재변수간의 상관성이 적을 경우에는 규정력으로서 쉽게 응용될 수 있지만 상관성이 큰 경우에는 계수의 해석이 명확하지 못하다.
- 잠재변수는 측정이 불가능한 개념이므로 계량적 관계를 증명하기가 쉽지 않다.

본 연구에서 고찰한 수정된 공변량 구조분석의 수행 절차는 기업경영을 둘러싼 제 요소간의 인과적 분석에 많은 도움을 줄 것이다. 특히 「관측변수에 영향을 주는 공통적 구성개념」이라는 잠재변수를 도입함으로써, 기존의 통계분석 기법으로는 다루기 어려운 부분을 객관화하여 분석할 수 있다는 점은 기업 문화, 구성원들의 사기등과 같은 비관측적 요소가 더욱 중시되는 현대의 기업 현실을 직시한다면 기업 구조조와 관련된 정보의 인과 분석시에 크게 기여할 수 있을 것이라 기대된다.

5. 참고 문헌

- [1] 이 순목, 공변량구조분석, 성안사, 1990
- [2] 한국상장(주), 「한국기업총람」, 1995
- [3] Richard A. Johnson & Dean W. Wichern, Applied Multivariate Statistical Analysis, Prentice-Hall, 1992
- [4] SAS Institute Inc, SAS/STAT User'Guide (Version 6), 1990
- [5] Sumanth ,D.,J., Productivity Engineering and Management, McGraw-Hill, 1984
- [6] 豊田秀樹 外3人, 原因をさぐる統計學, 講談社, 1992
- [7] Fred N. Kerlinger, Foundations of Behavioral Research, Rinehart and Winston Inc, 1986