

경영정보학 분야의 구조방정식모형 적용분석 : Lisrel과 PLS 방법을 중심으로*

김인재** · 민금영*** · 심형섭****

The Structural Equation Modeling in MIS :
The Perspectives of Lisrel and PLS Applications*

Injai Kim** · Geum-Young Min*** · Hyoung-Seop Shim****

■ Abstract ■

The purpose of this study is to investigate the applications of Structural Equation Modeling(SEM) into MIS area in recent years. Two methodologies, Lisrel and PLS, are adopted for the method comparison. A research model, based upon TAM(Technology Acceptance Model) is used for the analysis of the data set of a previous study. The research model includes six research variables that are composed of twenty-eight question items. 272 data are used for data analyses through Lisrel v.8.72 and Visual PLS v.1.04. This study shows the statistical results of Lisrel are the same to those of PLS.

The contribution of this study can be suggested as the followings; (1) A theoretical comparison of two methodologies is shown, (2) A statistical analysis is done at a real-situated data set, and (3) Several implications are suggested.

Keyword : Structural Equation Modeling(SEM), Partial Least Square(PLS), Lisrel,
Technology Acceptance Model(TAM), Measurement Model, Structural Model,
Model Fitness, Latent Variable

논문투고일 : 2011년 04월 18일

논문수정완료일 : 2011년 06월 09일

논문게재확정일 : 2011년 06월 13일

* 이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-327-B00175).

** 동국대학교 경영대학 경영정보학과 교수, 교신저자

*** 동국대학교 경영대학 경영정보학과 박사과정

**** 동국대학교 경영대학 경영정보학과 박사

1. 서 론

경영정보학(MIS) 분야를 포함한 사회과학 연구에서 실증적인 분석을 위해 구조방정식모형(SEM : Structural Equation Modeling)을 적용한 연구가 많이 수행되어 왔다[4]. 이는 구조방정식모형을 적용한 논문이 잠재변수(Latent Variables) 간의 관계를 분석하는데 유용하기 때문이며, 잠재변수간의 원인과 결과에 대한 관계를 밝히는데 효과적인 분석 방법이기 때문이다.

구조방정식모형을 분석하기 위한 통계 프로그램으로는 Lisrel, AMOS, PLS 등을 사용하고 있으며, 최근 PLS 통계기법을 적용한 연구가 증가하고 있는 추세이다. PLS 통계기법은 Lisrel과 AMOS 등 프로그램과 비교해서 표본 크기와 잔차 분포(Residual Distributions)에 대한 요구사항이 비교적 엄격하지 않고, 이론적 구조모형에 대한 평가와 측정모형에 대한 평가를 동시에 측정할 수 있는 장점이 있다[20]. 이러한 장점 때문에 경영정보학 분야에서도 널리 쓰이고 있다[3].

구조방정식모형이 제공하는 여러 장점에도 불구하고 연구자들이 분석 절차상에 있어서 연구가설 및 모형검정을 분석하는데 많은 어려움이 발생하고 있다[15]. 많은 학자들이 구조방정식모형을 적용한 연구에서의 분석절차와 결과에 대한 수용되어야 할 여러 통계적 기준과 가이드라인들을 제시함에도 불구하고 많은 연구자들이 이를 간과함에 따라 연구결과에 대한 신뢰성과 타당성에 의문이 제기되고 있다[4].

본 연구에서는 구조방정식모형을 적용한 연구모형을 분석하는데 있어서 분석절차 및 결과를 도출하는 필요한 방법에 대해 설명하고, 임의의 분석 연구모형을 대상으로 Lisrel과 PLS 분석 프로그램을 적용하여 분석절차에 따라 분석하고, 결과에 대해 비교분석함으로써 구조방정식모형을 적용하여 연구하고자 하는 연구자들에게 가이드라인을 제시하고자 한다.

2. 구조방정식모형의 분석 프로그램

2.1 분석 프로그램 개요

구조방정식모형(SEM)은 잠재적 요인의 구조는 물론 요인이나 변수간의 인과관계를 설명해 주는 통계 기법으로 측정이론을 바탕으로 확인적 요인분석(CFA : Confirmatory Factor Analysis)과 계량경제학에서 개발된 연립방정식에 토대를 둔 다중회귀분석 및 경로분석 등이 결합된 방법론이다[22].

김종기 등(2009), Gefen et al.(2000)은 구조방정식모형을 적용한 연구에서 Lisrel, PLS 기법, 회귀분석(Regression Analysis) 등 3가지 방법으로 분석절차와 결과를 비교하였다[4][28].

구조방정식모형을 분석하기 위한 프로그램에는 Lisrel, AMOS, PLS 등이 있다. Lisrel은 잠재변수간의 복잡한 인과적 관계를 검증하고, 각 잠재변수를 측정하는 측정변수가 얼마나 잠재변수를 잘 대변하는지를 파악할 수 있는 통계 프로그램이다[4]. AMOS는 기존 Lisrel의 복잡한 프로그래밍과 어려운 그리스 문자를 사용해야 하는 한계점을 그래픽 사용 환경(GUI : Graphic User Interface)에서 사용할 수 있으며, 모든 모수추정치에 대하여 표준오차와 신뢰구간의 봇스트랩 추정치를 생성할 수 있다는 장점이 있다. 또한 결측치를 포함한 원자료 파일에 적용할 수 있는 특수한 형태의 최대우도법을 제공한다[9]. AMOS는 Lisrel과 동일한 원리의 분석개념을 적용하기 때문에 본 연구에서는 같은 통계 패키지로 간주한다. PLS는 다변량분석을 위한 2세대 구조방정식모형의 하나로, Lisrel과 같이 기존의 공분산 분석을 기본으로 하는 기존 방법들과는 차이가 있다.

대부분의 공분산 분석모형은 잠재변수와 측정항목의 관계 분석 시 요인분석법을 사용하는데 반해, PLS는 주요인 분석법을 사용하여 기존의 구조방정식모형 방법의 큰 제약인 수집된 자료의 정규분포에 대한 엄격한 가정으로부터 자유롭다. 이러한 이유로 Bagozzi(1982) 등은 Lisrel과 더불어 PLS 프로그램이 구조방정식모형(SEM)을 적용한 정보

시스템 관련 연구에서 고품질의 통계분석 결과를 제공하기 때문에 많이 사용될 것이라고 전망하였던[14]. PLS를 사용한 최종결과로 나오는 지수들은 GFI, NFI, NFFI 등의 모형의 적합정도를 보여주는 지수들이 아니라 독립변수들이 종속변수를 얼마나 잘 예측해 주는지를 나타내 주는 R^2 값으로 나타난다[8]. 연구자가 구조방정식모형을 검증하기 위하여 통계패키지를 선택 할 경우, 연구 형태가 과거 모델을 목표로 모든 변수가 동일하거나(Replication Study), 하나 이상의 주요 변수를 변경하여 진행(Extension Study)하는 경우 Lisrel 통계 패키지를 활용하여 선형 연구모형의 적합도를 검증하고 가설을 검증한다. 그리고 모든 변수를 변경(Generation Study)하여 연구를 진행할 경우, PLS 통계 패키지를 활용한다. 자세한 Lisrel과 PLS 통계 패키지 활용의 차이는 <표 1>과 같다[10].

Lisrel과 PLS 프로그램을 이용하여 분석한 결과를 비교한 연구는 Fornell(1982), Bacon(1999), Gefen(2000)등은 각각의 연구에서 동일한 연구모형을 대상으로 Lisrel과 PLS를 이용하여 분석하였으며, 연구내용은 <표 2>와 같다[13, 25, 28].

2.2 Lisrel

Lisrel(Linear Structural RELationship)은 구조방정식모형을 다루는 통계기법으로, 모수를 정의

<표 1> Lisrel과 PLS 통계 패키지 비교

구 분	Lisrel	PLS
개발자	Karl Jöreskog(1970)	Herman Wold(1977)
활용분야	이론의 검증	이론이 없거나 부족할 때 적용
분포에 대한 가정	다변량 정규분포	분포에 대한 가정이 없음
모형형태	순환/비순환 모형	비순환 모형
모수타당성 검증	확증적 요인분석을 통한 타당성 검증	문제시 되지 않음
측정변수 당 잠재 변수 개수	하나의 측정변수가 다수의 잠재변수와 관련 가능	하나의 측정 변수는 특정 잠재변수에 관련
잠재변수 당 측정 변수 개수	모수의 타당성을 고려, 결정되며, 가능한 적게 설정	추정치를 고려하여 하나 이상 설정
모형의 추정	예측 및 표본 상관행렬의 차이 최소화를 통한 모수 동시 추정	OLS를 활용한 다단계 반복과정으로 모수 추정
추정치의 일관성	모형 정확성과 가설 타당성이 있으면 일관성 존재	표본개수/잠재변수 당 측정변수가 많아지면 일관성 존재
적합도 지수	GFI, AGFI, RMR 등 다양한 적합도 지수가 존재	내생 잠재변수별 방정식에 대한 결정계수 R^2
잠재 변수의 지수	잠재변수 척도에 대한 불확정성으로 직접적 측정 불가능	측정변수의 선형결합으로 직접 측정 가능
표본의 크기	다중회귀모형보다 많이 요구 (200~400개)	추정될 모수 당 20개 정도

<표 2> Lisrel과 PLS 결과 비교 연구

연구자	연구 내용	연구결과
Fornall and Bookstein (1982)	마케팅 분야 연구에서의 분석을 위해 Lisrel과 PLS를 사용하여 결과를 비교	<ul style="list-style-type: none"> Lisrel과 PLS 분석에서 같은 결과가 나타났으며, PLS가 Lisrel 보다 좋은 결과로 나타남 PLS가 전통적인 통계학과 심리학적 이론 연구에서 Lisrel 보다 좋은 결과가 나옴
Bacon (1999)	고객만족도 측정에 SEM 모형을 수립하고, Lisrel(CMOS)과 PLS를 사용	<ul style="list-style-type: none"> 고객만족도는 충성도와 기업 및 고객 간의 관계가 영향을 미치는 것으로 분석됨 잠재변수(LV)가 Lisrel 보다 PLS에서 보다 높게 나타났으며, 성과에서 만족도에 대한 경로에서는 Lisrel이 더 높게 나타남
Gefen et al. (2000)	1994년~1997년(5년간)까지 주요 저널에서의 SEM 논문을 분석 Lisrel, PLS, Regression 분석 비교	<ul style="list-style-type: none"> SEM 논문이 18개(Lisrel 11개, EQS 6개, AMOS 1개), PLS 논문이 11개임 Lisrel 논문 중 GFI 39%, AGFI 28%, RMR 44%, 자유도 83%, NFI 50%가 표시함 PLS 논문 중 R2, T-Value는 100% 표기, AVE값 91%가 표시함

하기 위해 사용되는 여러 가지 행렬요소와 그에 일치하는 그리스문자들로 구성되어 있다[31]. 1960년대 말과 1970년대 초에 요인분석에 사용되었던 프로그램인 ACOVS(Analysis of Covariance Structure)를 만들면서 시작되었던 Lisrel은 1976년 Lisrel 3이 최초의 버전으로 상업적으로 사용되기 시작하면서 지금까지 구조방정식모형의 대표적인 프로그램으로 인식되고 있다[7]. <표 3>은 Lisrel의 개발과정을 정리한 것이다.

<표 3> Lisrel 개발과정

버전	특징
LISREL 3 (1976)	ML 추정법
LISREL 4 (1978)	다중집단분석, 평균 및 질편, 추정치의 표준오차 제공
LISREL 5 (1981)	ULS, GLS 추정법, 표준화 잔차(Standardized Residual) 제공
LISREL 6 (1984)	추정법, 개선수정지수(Modification Index) 제공, 자동 모형수정
LISREL 7 (1988)	PRELIS 추가, WLS, DWLS 추정법, Ridge Option 제공
LISREL 8 (1993)	Simplis 언어 추가 경로도(Path Diagram) 사용

Lisrel 모형은 첫째, 측정모형과 구조모형으로 구성되어 있다. 측정모형은 관측변수와 잠재변수들 간의 관계를 설정한 것으로 측정모형은 각각의 관측변수가 특정 잠재변수에 대해 어떻게 적재되었는지를 설정하는 것이다. 측정모형을 통해 관측변수들의 측정 속성인 신뢰도와 타당성을 평가할 수 있다. 측정모형은 외생변수(x 변수)나 내생변수(y 변수)로 다음 <표 4>와 같이 2개의 행렬과 2개의 벡터로 정의된다.

<표 4> Lisrel의 측정모형

구 분	수식
x 측정모형	$x_{q \times 1} = A_{x(q \times n)} \times \xi_{(n \times 1)} + \delta_{(q \times 1)}$
y 측정모형	$y_{p \times 1} = A_{y(p \times m)} \times \xi_{(m \times 1)} + \delta_{(p \times 1)}$

구조모형은 <표 5>와 같이 외생잠재변수를 내생잠재변수에 연결시킨 계수행렬인 Γ (Gamma), 내생잠재변수를 다른 내생잠재변수에 연결시킨 계수행렬인 β (Beta), 외생잠재변수의 벡터인 ζ (ksi), 내생잠재변수의 벡터인 η (Eta), 내생잠재변수와 관련된 잔차 벡터인 ζ (Zeta) 등이 포함된 2개의 행렬과 3개의 벡터로 정의된다[7].

<표 5> Lisrel의 구조모형

구조방정식모형	$\eta_{m \times 1} = \beta_{(m \times m)} \times \eta_{(m \times 1)} \\ \times \Gamma_{(m \times n)} \times \xi_{(n \times 1)} + \delta_{(m \times 1)}$
---------	---

둘째, Lisrel은 경로도(Path Diagram)가 포함된 모형으로 두 변수간의 관계를 의미하고 있으며, 방향적 관계(Directional Relationship)와 비방향적 관계(Non-directional Relationship)로 구분한다. 방향적 관계는 인과(Causal)관계, 비방향관계는 상관(Associative)관계로 화살표로 연결된 것을 의미하며 경로간의 관계를 나타내는 계수는 경로계수(Path Coefficient)로 나타낸다[11].

2.3 PLS

PLS는 1960년에 기존의 Lisrel을 이용한 분석에서 다변량 정규성과 많은 샘플 크기의 한계점을 보완하기 위해 개발하였다[43]. PLS는 경로모델링(PLS-PM : Partial Least Squares Path Modeling) 또는 최소차승법(PLS : Partial Least Squares)을 적용하고 있다.

일반적으로 경로모형은 계량심리학 분야의 요인분석(Factor Analysis)과 계량경제학 분야의 다중방정식 모형(Simultaneous Equation Models), 생물통계학의 경로분석(Path Analysis), 사회과학 분야의 원인 모형(Causal Model) 등을 결합한 형태이다. <표 6>는 경로모형 분석 방법에 따른 분석프로그램이다[45].

PLS 분석 프로그램은 Visual PLS, SPAD, Smart PLS, PLS-GUI, PLS-Graph, LVPLS(Latent Va-

riables Path Analysis with PLS), 등이 있다. <표 7>는 PLS 경로 모델링을 위한 프로그램이다[42].

<표 6> 경로모형 분석 방법별 프로그램

구 분	분석 프로그램
Covariance Structure Analysis	Lisrel
Component-based Technique	PLS-PM, GSCA

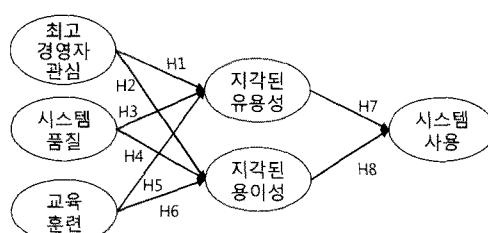
<표 7> PLS 분석 프로그램

구 분	개발자	특징
Visual PLS (2006)	Jen Ruei. Fu	LVPLS를 윈도우에서 실행
SPAD-PLS (2006)	(프)Test and Go사	윈도우에서 운영
SmartPLS (2005)	Christian M. Ringle	자바 기반, 결과물을 HTML, Excel로 제공
PLS-GUI (2005)	Y. Li	LVPLS 그래픽 인터페이스 개발
PLS-Graph (2003)	Wynne. W. Chin	윈도우 기반으로 LVPLS를 수정
LVPLS (1987)	Jan-Bernd Lohmeöller	DOS 기반의 프로그램

3. 구조방정식모형 분석

3.1 분석된 연구모형

Lisrel과 PLS를 사용하여 분석한 연구결과를 비교하기 위해 선행연구에서 사용된 연구모형을 사용하였다. 분석된 연구모형은 기술수용모형(TAM)을 적용하여 시스템 사용에 대한 영향 요인을 분석한 모형으로 [그림 1]과 같이 재구성하였다[5].



[그림 1] 분석된 연구모형

본 분석 연구모형의 측정변수는 <표 8>과 같이, 총 28개 설문문항을 구성하였다. 이는 Shah 등 (2006)이 잠재변수 당 3개 이상의 설문문항을 구성해야 한다는 기준을 바탕으로 구성하였다[40].

<표 8> 분석 연구모형의 변수 및 문항 수

구 분	변수	문항수
독립변수	최고경영자 관심	5
	시스템 품질	4
	교육훈련	4
매개변수	지각된 유용성	6
	지각된 용이성	5
종속변수	시스템 사용	4
	합 계	28

이학식 등(2007)은 측정모형의 타당성 평가에서 제대로 된 적합도가 구해지기 위해서는 측정변수 항목들이 3개 이상이어야 하지만 일부 측정변수 항목들이 2개 밖에 되지 않더라도 다른 측정변수의 항목들이 부족함을 상쇄할 정도로 많은 측정항목을 가지면 된다고 하였다[9]. 그러나 본 연구에서는 3개 이상의 설문문항으로 구성하였다.

구조방정식모형은 최우도추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 사용하는데 일반적으로 표본의 크기는 150~400이다. 그러나 표본의 크기가 클수록 입력공분산 행렬과 추정공분산 행렬 간의 차은 차이에도 민감하여 적합도(Fit)가 낮게 나타나는 경향이 있다. 따라서 대부분 표본의 크기가 400보다 큰 것은 바람직하지 않다. 일반적으로 표본의 크기는 200이 단일 기준치로 많이 사용되는 경향이 있다[9]. 표본크기는 검정통계량 확보를 위한 충분한 수의 표본크기로 제시한 최소 200개 이상으로 하기 위해 272개의 설문응답을 사용하였다[12].

3.2 Lisrel 분석방법

구조방정식모형은 사회학 및 심리학에서 개발된 측정이론의 확인적 요인분석과 계량경제학에서 개

발된 연립방정식 모형의 다중회귀분석 및 경로분석이 결합된 방법론으로 본 연구는 프로그램은 Lisrel 8.72를 사용하여 기술수용모형(TAM)을 적용하여 시스템 사용에 대한 구조모형을 측정모형 분석과 구조모형 분석을 실시하였다.

3.2.1 Lisrel의 측정모형 분석

측정모형(Measurement Model)을 평가하는 통계방법은 탐색적 요인분석(EFA)과 확인적 요인분석(CFA)이 있다. 탐색적 요인분석(EFA)은 지능이론을 측정하기 위하여 심리학자들이 개발한 것으로 일반적으로 구조방정식모형(SEM) 영역에 속하는 것으로 보지 않는다. 이와 반대로 확인적 요인분석(CFA)은 요인과 측정변수들 간의 대응관계를 명시하여 설정한 실험적인 측정모형을 분석하는 방법으로 구조방정식모형에서 사용되는 것으로 본 연구에서는 확인적 요인분석을 통하여 측정모형을 분석하였다[36]. 확인적 요인분석(CFA)은 잠재변수와 측정항목간의 인과효과로서, 측정변수의 점수에서 요인이 반영되는 정도를 나타낸다. 이러한 관점에서 본다면 측정모형은 잠재변수가 관찰된 측정항목에 미치는 것으로 가정된 인과효과를 나타내는 구조모형으로 통계적 추정치를 요인부하량(Factor Loading)이라고 한다. 즉, 요인변수에서 측정변수로 향하는 화살표는 요인이 관찰된 변수에 미치는 것으로 추정된 인과관계를 나타내는 것으로 통계적인 추정치를 요인부하량(Factor Loading)이라 한다.

요인에 척도를 부여하는 방법에는 두 가지가 있다. 첫 번째는 요인이 측정변수에 미치는 직접효과들 중 하나에 비표준화 계수를 1.0으로 고정하는 것이다. 이렇게 설정함으로써 각 요인은 참조변수의 설명된 분산이 가지는 척도를 가지게 된다[37]. 두 번째 방법은 요인의 분산을 상수로 고정하는 것이다. 어떤 상수를 설정하더라도 상관없지만 단위 분산 판별체약을 부여하여, 요인분산을 1.0으로 고정함으로써 요인을 표준화 시킨다[38]. Lisrel에서는 요인의 분산을 1.0으로 디폴트로 지정하여 요인을 표준화 시킨다.

Lisrel을 통한 확인적 요인분석(CFA)은 경로 상에 제시된 잠재변수와 지표간의 경로계수에 관한 오차항의 분산, R^2 을 제시한다. 관측지표별로 얻어진 R^2 값은 다중상관의 제곱(SMC : Squared Multiple Correlation)이라고 하며, 측정 방정식에서는 해당 지표의 신뢰성 계수를 의미한다.

<표 9> Lisrel을 이용한 확인적 요인분석 결과

변수	항목	1차	2차	3차
최고 경영자 관심 (Top)	Top1	0.630	0.690	0.680
	Top2	0.660	0.730	0.800
	Top3	0.620	0.610	0.570
	Top4	0.410	-	-
	Top5	0.560	0.460	-
시스템 품질 (SQ)	SQ1	0.460	-	-
	SQ2	0.630	0.590	0.580
	SQ3	0.540	0.580	0.590
	SQ4	0.610	0.640	0.640
교육 훈련 (Edu)	Edu1	0.450	-	-
	Edu2	0.700	0.680	0.680
	Edu3	0.710	0.780	0.780
	Edu4	0.460	-	-
지각된 유용성 (PU)	PU1	0.700	0.710	0.710
	PU2	0.720	0.730	0.730
	PU3	0.740	0.740	0.740
	PU4	0.650	0.650	0.650
	PU5	0.690	0.690	0.690
	PU6	0.590	0.590	0.580
지각된 용이성 (PE)	PE1	0.630	0.620	0.620
	PE2	0.760	0.760	0.760
	PE3	0.052	-	-
	PE4	0.530	0.530	0.530
	PE5	0.520	0.530	0.530
	PE6	-	-	-
시스템 사용 (Use)	Use1	0.670	0.740	0.740
	Use2	0.660	0.720	0.720
	Use3	0.670	0.580	0.580
	Use4	0.460	-	-

본 연구에서는 측정문항의 집중타당도를 검증하기 위하여 다중상관자승($R^2 > 0.49$)을 이용하여 잠재변수가 관측변수에 의해 설명되는 정도에 대해 검증하였고, 측정항목의 요인에 대한 표준 요인부하량(Standardized Factor Loadings : FL > 0.7)을 적용하여 항목을 제거하였다. <표 9>와 같이, 3차에 걸쳐 요인분석을 진행하여 최고경영자 관심에서 2개(Top4, Top5), 시스템 품질에서 1개(SQ1), 교

육훈련에서 2개(Edu1, Edu4), 지각된 용이성에서 1개(PE2), 시스템 사용에서 1개(Use4) 등 총 7개 항목을 제외하였다.

7개 항목을 제외한 21개 측정문항의 요인적재량은 0.7이상으로, 다른 구성개념들에 비해 상대적으로 높은 적재값으로 나타났다. 측정문항에 대한 잠재변수에 대한 집중타당도를 평가한 다음 각 잠재변수에 대한 단일차원성과 신뢰도를 평가하기 위하여 개념신뢰도(CR : Construct Reliability)와 평균분산 추출(AVE : Average Variance Extracted)을 분석한다[14].

측정모형을 평가하는데 사용되는 주요한 측정치인 개념신뢰도(CR)는 지표의 내적일관성을 측정하는 것으로서 0.7이상이면 변수의 측정이 내적으로 일관성이 있다고 판단하는 것으로 다음과 같이 계산된다[29].

$$\text{개념신뢰도(CR)} = \frac{(\sum(\text{완전표준화 적재량})^2)}{(\sum(\text{완전표준화 적재량})^2 + \sum\text{측정오차})}$$

신뢰도의 다른 측정치로 평균분산추출(AVE)을 사용한다. 평균분산추출(AVE)은 잠재개념에 대해 지표가 설명할 수 있는 분산의 크기를 나타낸 것으로 0.5이상이 되어야 신뢰도가 높은 것으로 보며 다음과 같이 계산된다.

$$\text{평균분산추출(AVE)} = \frac{(\sum(\text{완전표준적재량})^2)}{(\sum(\text{완전표준적재량})^2 + \sum\text{측정오차})}$$

Lisrel에서는 개념신뢰도(CR)과 평균분산추출(AVE)은 직접 제시하지 않기 때문에 별도의 계산과정이 필요하다. 본 연구에서는 [그림 2]와 같이 엑셀 시트를 통하여 측정문항에 대한 잠재변수의 신뢰성을 검증하였다.

분석 결과 <표 10>과 같이, 확정된 구성개념별로 개념신뢰도($0.8400 \sim 0.927 > 0.7$)와 평균분산 추출 핵($0.5853 \sim 0.7775 > 0.5$)이 측정모형에서 기준치 이상으로 나타나 잠재변수의 신뢰성이 확보되었다.

A	B	C	D	E
Variable	Loading	Loading ²	1 - Loading ²	1 - (D)
최고경영자관심 (Top)				
Top1	0.82	0.6724	0.3276	
Top2	0.89	0.7921	0.2079	
Top3	0.75	0.5625	0.4375	
SUM(Top1, 2, 3)	2.46	2.027	0.973	
(SUM_Loading) ²	6.0516			
	0.861486775			
개념신뢰도(CR)=	C9/(C9+E8)			
	(sum>Loading ²) / (sum>Loading ²) + sum[1 - (Loading ²)]			
	0.675666667			
평균분산추출(AVE)=	D8/(D8+E8)			
	(sum>Loading ²) / (sum>Loading ²) + sum[1 - (Loading ²)]			
	0.6152			

[그림 2] 개념신뢰도와 평균분산추출 연산 시트

<표 10> Lisrel을 이용한 신뢰성 분석 결과

잠재 변수	관측변수		개념 신뢰도 (CR)	평균 분산추출 (AVE)
	측정항목	요인적재		
최고 경영자 관심 (Top)	Top1	0.82	0.861	0.6756
	Top2	0.89		
	Top3	0.75		
시스템 품질 (SQ)	SQ2	0.76	0.8700	0.5853
	SQ3	0.77		
	SQ4	0.78		
교육 훈련 (Edu)	Edu2	0.81	0.8400	0.7241
	Edu3	0.89		
지각된 유용성 (PU)	PU1	0.84	0.927	0.6819
	PU2	0.85		
	PU3	0.87		
	PU4	0.81		
	PU5	0.82		
	PU6	0.76		
지각된 용이성 (PE)	PE1	0.78	0.9157	0.7775
	PE2	0.87		
	PE4	0.73		
	PE5	0.73		
시스템 사용 (Use)	Use1	0.76	0.8271	0.6152
	Use2	0.84		
	Use3	0.75		

3.2.2 Lisrel의 구조모형 분석

Lisrel을 통한 구조모형 분석은 (1)구조모형에 대한 적합성 여부와 (2)가설검증에 따른 경로를 분석한다. 이론모형의 모형 적합도는 모형과 실제 공

분산 자료 사이의 일치성(Consistency)의 정보 또는 일치도를 나타내는 것으로 <표 11>과 같이 절대적합지수(Absolute Fit Measures), 증분적합지수(Incremental Fit Measures), 간명부합지수(Parsimonious Fit Measures) 등으로 구분된다.

절대적합지수는 제안모형이 표본공분산행렬을 어느 정도나 예측할 수 있는가를 측정한 것이고, 증분적합지수는 제안모형을 기초모형과 비교한 지수이다. 마지막으로 간명적합지수는 모형이 적합수준에 도달하기에 필요한 추정모수의 수를 나타낸 지수이다. 이와 같이 구조방정식모형을 연구하는 학자들은 새로운 적합지수를 지속적으로 개발하고 있으며 프로그램에 반영시키고 있다[7].

Lisrel 프로그램을 통하여 출력물에 제시되는 적합도 추정치는 매우 많으며 다양하다. 하지만 전부를 사용할 필요는 없다. 이러한 다양한 적합도 추정치는 모형의 표본 크기, 추정 절차, 모형의 복잡성, 다변량 정규분포 여부와 변수의 독립성 가정의 위반 여부 등에 따라 특정한 추정치들이 다른 결과치를 산출하기 때문이다[11, 30].

<표 14> 모형 적합도 기준

구 분	내 용	지 수
절대적합지수	모형의 전반적인 부합도를 평가하는 지수	χ^2 GFI RMR RMSEA
증분적합지수	기초모형에 대한 제안 모형의 부합도 평가	NFI CFI
간명부합지수	모형의 복잡성과 객관성의 차이 평가	AGFI PNFI PGFI

(1) 절대적합지수(Absolute Fit Measures)

카이제곱 통계량은 모형의 양호도의 척도이다. 따라서 자유도와 비교하여 χ^2 값이 크면 적합도가 낮은 것이고, χ^2 값이 작으면 적합도가 높은 것이다. 하지만 χ^2 통계량은 표본 크기(Sample Size)에 민감하게 반응한다. 표본수가 200개 이상으로 증가하면 χ^2 검정은 유의한 확률수준 ' $P \leq a$ '를

나타내는 경향이 있어 '모형이 적절하다'는 귀무가설이 기각되기 쉬우며, 반대로 표본수가 100개 이하로 감소하면 유의하지 않을 확률수준 ' $P \geq a$ '를 나타내는 경향이 있으므로 귀무가설이 기각되지 않기 쉽다[39].

표본의 크기가 충분하다면 χ^2 검정을 모형에 의해 추정된 공분산행렬과 표본공분산행렬이 부합되지 않는 정도로 가늠하는 참고자료로 사용하고 검정통계량으로 적용하지 않도록 권장하고 있다[19].

본 모형에서는 표본의 크기가 200개 이상으로 충분히 크며, 모형이 충분한 이론적 바탕 하에 설정되었으므로 χ^2 검정결과를 적용하지 않고 타 적합도 기준들을 사용하였다.

적합도지수(GFI : Goodness-of-Fit Index)는 구성한 모형의 표본공분산행렬을 설명하는 비율로 1과 0사이의 값을 가진다[32, 33]. 이 값이 클수록 적합도는 양호한 것으로 판단된다. 전통적 기준으로 0.9을 적용하지만 통계적 분포가 알려져 있지 않아 비교할 수 있는 절대적 기준은 없다. 본 모형의 GFI 값이 0.86으로 전통적인 기준 0.9에는 못 미치지만 양호한 것으로 간주하기로 한다.

잔차평균자승이중근(RMR : Root Mean Square Residual)은 관찰된 공변량행렬(S)과 예측된 공변량행렬(Z)의 차이로서, 공변량행렬을 더해 평균을 한 후 제곱근을 취한 값이다[11]. S와 Z의 차이가 작아질수록 모형은 적합한 모형이 되기 때문에, RMR이 0에 가까울수록 좋은 모형이고 그 값이 커질수록 모형이 나빠지는 것을 말한다. 일반적으로 RMR이 0.05이하면 대체로 양호한 모형이라고 평가한다[7, 44].

근사오차평균자승의 이중근(RMSEA : Root Mean Square Error of Approximation)은 중심 χ^2 통계량으로 χ^2 을 사용하는 것은 모형이 모집단을 정확히 대표한다는 가정하에 기초를 두고 있다[18]. Steiger(1990)는 Lisrel에서는 RMSEA에 대한 유의성 검증을 제공하고 있으며 0.05이하면 대체로 양호한 모형이라고 평가한다[41].

(2) 증분적합지수(Incremental Fit Measures)

표준적합지수(NFI : Normed Fit Index)는 기초모형에 비해 제안모형이 어느 정도 향상되었는가를 나타낸 것으로 NFI가 0.9라는 의미는 기초모형에 비해 제안모형이 90% 향상되었음을 의미한다.

Bentler(1980)에 의해 제안된 부합도 지수로 모든 측정문항이 하나의 요인을 측정하고 있다고 가정하는 null 모형과 연구자가 설정한 모형간의 거리를 비율로 계산한다. 보통 측정문항은 여러 요인을 측정하기 때문에 null 모형은 설정한 모형과 비교하기 위한 근거라고 할 수 있다[17].

따라서 NFI는 기본적인 null 모형에서 설정한 모형에 의해 설명되는 전체 정보의 비율이라고 한다. 보통 NFI가 0.90이상이면 양호하고 적합한 모형이라고 평가한다[17]. NFI는 표준화된 지수이지만 표본크기에 의해 영향을 많이 받는데 표본의 크기가 작을 때는 모형이 양호할지라도 NFI가 1에 근접하지 않게 된다[16].

표본의 크기가 작은 경우에 사용할 수 있는 대안적인 지수가 비표준 부합치(Non-Normed Fit Index)이다. NNFI는 NFI에 비해 표본의 크기가 작은 경우에도 모형의 적합성을 매우 잘 설명하는 것으로 알려져 있다[34]. NNFI 역시 0.90이상이면 양호하고 적합한 모형이라고 평가한다. 본 모형의 경우 NFI와 NNFI 모두 0.90이상으로 모형적합도가 높은 것으로 판단된다.

비교적합지수(CFI : Comparative Fit Index)는 독립모형과 가설 모형을 비교해서 데이터가 부합하는 정도를 지수로 표현한 것으로 통상 0.90이상이면 양호한 적합도 수준을 나타낸다. 본 연구 모형의 경우 CFI 값이 0.97이므로 기준에서 적합도가 매우 양호한 것으로 볼 수 있다.

(3) 간명부합지수(Parsimonious Fit Measures)

조정적합지수(AGFI : Adjusted Goodness-of-Fit-Index)는 GFI를 확장시킨 개념으로 GFI를 모형내의 자유도로 조정한 값이다. 일반적으로 0~1 사이의 범위에 있으며 수용수준은 0.9이상이다. 간명표준적합지수(PNFI : Parsimonious Normed Fit

Index)는 NFI를 수정하여 구한 값으로 모형적합수준에 도달하기 위해 이용한 자유도를 조정한 값이다. 권장수준은 정해져 있지 않지만 모형을 비교할 때 그 차이값의 범위가 0.6~0.9사이에 있으면 유의한 것으로 본다.

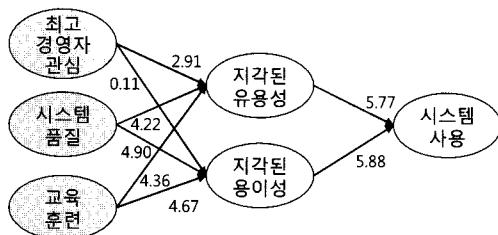
간명적합지수(PGFI : Parsimonious Goodness-of-Fit-Index)는 GFI를 수정하여 구한 값으로 간명도를 기준으로 계산된다. 값의 범위는 0~1사이에 있으며 높을수록 모형의 간명도가 높다고 할 수 있다. 분석 결과, <표 12>와 같이 대부분 기준 이상으로 구조모형의 적합성 여부를 검증하였다.

<표 12> Lisrel을 통한 구조모형 적합성 분석 결과

구 분	결과값	기준
X ²	451.67	-
자유도(df)	178	-
p-value	0.00	-
RMSEA	0.075	0.5
NCP	273.67	
NFI	0.96	0.9
NNFI	0.97	0.9
PNFI	0.81	클수록 우수함
CFI	0.97	0.9
IFI	0.97	0.9
RFI	0.95	0.9
RMR	0.064	0.05
Standard RMR	0.073	0.05
GFI	0.86	0.9
AGFI	0.82	0.9
PGFI	0.67	클수록 우수함

Lisrel에서의 연구모형 경로모형 분석 결과는 [그림 3]과 같이 경로계수와 t 값을 분석하여 가설을 검증한다.

분석 결과, 최고경영자 관심이 지각된 용이성($t = 0.11$)에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 그 외 변수들은 <표 13>과 같이, 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 최고경영자 관심이 지각된 용이성에 영향에 대한 가설만 기각되었으며, 나머지 가설에 대해서는 채택되었다.



[그림 3] Lisrel을 이용한 구조모형 분석 결과

〈표 13〉 경로분석 결과

경로	경로계수	t-값	분석결과
최고경영자 관심 → 지각된 유용성	0.19	2.91	채택
최고경영자 관심 → 지각된 용이성	0.01	0.11	기각
시스템 품질 → 지각된 유용성	0.33	4.22	채택
시스템 품질 → 지각된 용이성	0.36	4.90	채택
교육훈련 → 지각된 유용성	0.28	4.36	채택
교육훈련 → 지각된 용이성	0.28	4.67	채택
지각된 유용성 → 시스템 사용	0.40	5.77	채택
지각된 용이성 → 시스템 사용	0.50	5.88	채택

3.3 PLS 분석방법

PLS를 사용한 분석은 측정모형 분석과 구조모형 분석을 실시하였으며, 분석 프로그램으로는 Visual PLS 1.04를 사용하여 분석하였다.

3.3.1 PLS의 측정모형 분석

Gefen and Straub(2005)는 PLS을 이용하여 분석할 경우, 집중타당성(Convergent Validity)과 판별타당성(Discriminant Validity)을 꼭 검토해야 한다고 하였다[27]. 이와 같이 측정변수들이 개념에 잘 적재되었는지를 확인하기 위해 확인적 요인분석(CFA)을 수행하고, 집중 및 판별타당성 분석을 실시하였다.

(1) 집중타당성 분석

집중타당성은 이론적으로 밀접한 관계를 갖는 개념이 서로 통계적으로 유의한 상관관계를 보이는 경우를 말한다[2]. 이는 각각의 잠재개념에 대한 측정변수들이 유의한 t값을 가지고 적재되어야 한다는 것이다. Pavlou and Gefen(2005)은 신뢰성을 종합신뢰성점수(Composite Reliability Scores)를 통해 판단할 수 있는 내적일관성(Internal Consistency)을 살펴보았다[26, 35].

집중타당성 분석을 위해 확인적 요인분석(CFA)을 실시하였으며, 측정항목에 대한 적재치를 평가하는데 일반적으로 0.707이상이면 측정문항에 대한 타당성이 확보되었다고 평가한다[46]. 분석 연구모형에 대한 측정문항의 요인적재량은 <표 14>와 같아, 지각된 용이성의 PE3 항목(0.3037)을 제외하고 모두 0.707이상을 상회하는 것으로 나타났다. 구성개념의 수렴타당성을 평가하기 위한 개념신뢰도 ($0.8633 \sim 0.9445 > 0.7$)와 평균분산추출($0.5788 \sim 0.7398 > 0.5$) 모두 기준 값 이상으로 분석되어 구성개념 간에 수렴타당성이 확보되었다고 평가할 수 있다.

(2) 판별타당성 분석

판별타당성은 서로 상이한 개념이 있는 경우, 다른 개념을 측정하였을 때 얻어진 측정치들 간에는 상관관계가 매우 낮은 경우를 나타낸다. 잠재변수의 상관계수가 적절한 폐면의 적재값을 나타내야 하며, 측정변수는 할당된 요인에 높게 적재되어야 한다. 판별타당성 분석은 각각의 개념에 대한 평균분산추출(AVE)의 제곱근을 한 값이 다른 요인들과의 상관계보다 큰 값을 가지면 된다.

본 연구에서의 판별타당성은 <표 15>와 같이, 대각선 축에 표시되는 AVE의 제곱근 값이 다른 구성개념들 간의 상관계수보다 큰가의 여부로 검증하였다[1, 35]. 검증 결과 AVE의 제곱근 값 중 가장 적은 값이 0.761로 가장 큰 상관계수 0.585보다 상회하여 본 연구모형의 구성개념은 판별타당성이 있음을 검증하였다.

〈표 14〉 PLS를 이용한 요인분석

변수	관측변수		합성 신뢰도 (CR)	평균 추출분산 (AVE)
	항목	요인적재		
최고 경영자 관심 (Top)	Top1	0.8096	0.9052	0.6567
	Top2	0.8228		
	Top3	0.8243		
	Top4	0.7479		
	Top5	0.8440		
시스템 품질 (SQ)	IQ1	0.7725	0.8899	0.6694
	IQ2	0.8531		
	IQ3	0.8125		
	IQ4	0.8326		
교육훈련 (Edu)	Edu1	0.7642	0.8948	0.6809
	Edu2	0.8652		
	Edu3	0.8717		
	Edu4	0.7945		
지각된 유용성 (PU)	PU1	0.8694	0.9445	0.7398
	PU2	0.8731		
	PU3	0.8868		
	PU4	0.8453		
	PU5	0.8673		
	PU6	0.8171		
지각된 용이성 (PE)	PE1	0.8327	0.8633	0.5788
	PE2	0.8973		
	PE3	0.3037		
	PE4	0.8140		
	PE5	0.8005		
시스템 사용 (Use)	Use1	0.8640	0.9090	0.7147
	Use2	0.8542		
	Use3	0.8800		
	Use4	0.7799		

3.3.2 PLS의 구조모형(Structural Model) 분석
 측정모형 분석 결과, 연구모형에 대한 신뢰성과 타당성이 확보되었으므로 구조모형을 이용하여 가설검증을 실시하였다. PLS에서의 가설검증은 부트스트랩 기법을 적용하여 경로모형을 분석하여 가설검증을 하였다.

(1) 연구모형의 종속변수에 대한 설명력

구조모형 분석에 먼저 수행해야 하는 것이 종속 변수의 설명력(R^2 값)을 살펴봐야 한다. Chin(1998)은 종속변수의 설명력이 높을수록 좋은 모형이라고 평가할 수 있다고 하였다[20].

본 연구모형의 구조모형 분석 결과는 [그림 4]와 같이 모든 선행변수에 의해 설명되는 최종 종속변수인 ‘시스템 사용’의 R^2 값이 0.412로 나타나 지각된 유용성과 지각된 용이성은 시스템 사용의 41.2%를 설명하고 있다고 할 수 있다. 독립변수에 대한 ‘지각된 유용성’은 37.1%, ‘지각된 용이성’은 35.4%의 설명력을 가지고 있다고 분석되었다. 이러한 설명력의 결과는 Falk and Miller(1981)가 제시한 적정 검정력 10%를 상회하는 것으로 좋은 모형이라고 할 수 있다[24].

(2) 연구모형의 구성개념의 영향도

Chin(1998)은 연구모형의 구성개념의 예측력을 측정하려면, 선행 구성개념의 영향도를 측정해야 한다고 하였다[20]. 이는 연구모형에 포함된 매개변수(Mediating Variable)인 ‘지각된 유용성’과 ‘지각된 용이성’의 영향도를 측정하는 것이다. 즉, 연구모형에 매개변수가 포함되어야 좋은 연구모형인지, 아니면 매개변수가 없는 것이 더 좋은 연구모형인지를 평가하는 것이다.

Chin(1998)은 매개변수가 포함되어 있는 모형을 완전모형(Full Model), 매개변수가 포함되어 있지 않은 모형을 감소모형(Reduced Model)로 구분하여 다음과 같은 계산식으로 구성개념의 영향도를 측정하였다[20].

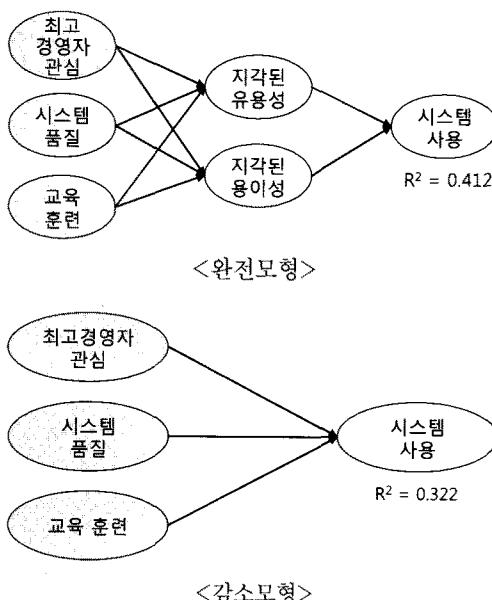
〈표 15〉 PLS를 이용한 판별타당성 분석

잠재변수	평균추출분산(AVE)	TOP	SQ	Edu	PU	PE	Use
최고경영자 관심(Top)	0.6567	0.810					
시스템 품질(SQ)	0.6694	0.509	0.818				
교육 훈련(Edu)	0.6809	0.388	0.497	0.825			
지각된 유용성(PU)	0.7398	0.439	0.532	0.486	0.860		
지각된 용이성(PE)	0.5788	0.328	0.522	0.506	0.644	0.761	
시스템 사용(Use)	0.7147	0.286	0.354	0.553	0.578	0.585	0.845

$$f^2 = (R^2_{\text{included}} - R^2_{\text{excluded}}) / (1 - R^2_{\text{included}})$$

R^2_{included} : 완전모형, R^2_{excluded} : 감소모형

계산된 영향도 f^2 는 기준(소 = 0.0, 중 = 0.15, 대 = 0.35)에 의해 그 효과의 정도가 평가된다[21]. 본 연구의 연구모형에서도 매개변수의 포함여부에 따라 영향도를 분석하였다. [그림 4]와 같이, 완전모형과 감소모형으로 구성하여 영향도를 분석한 결과, 완전모형에서의 R^2 값이 0.412, 감소모형에서의 R^2 값이 0.322로 나타났으며, 영향도 f^2 는 0.153으로 분석되어 중정도의 효과(기준 : 0.15)를 나타내어 본 연구모형에서의 매개변수의 포함이 좋은 모형이라고 할 수 있다.



[그림 4] 연구모형의 구성개념 영향도 분석 모형

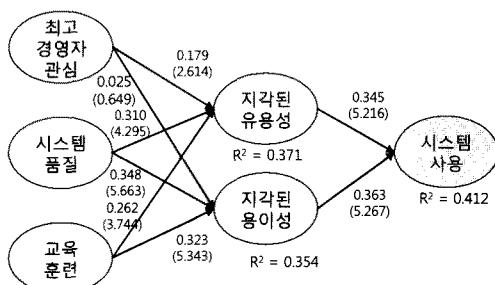
(3) 연구모형의 경로모형 분석

PLS에서의 연구모형 경로모형 분석은 경로계수와 t값을 분석하여 가설을 검증한다. PLS에서는 몬테카로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation) 기법을 적용하여 샘플을 재표본추출하여 사용하는데 여기에서는 부트스트랩(Bootstrap) 방법을 사용하게 된다. 부트스트랩은 통계량의 어떤 조건하에서의 분

포를 근사적으로 구하는 방법으로 재표본추출(Resampling)하여 관심 있는 통계량 값을 구하는 것으로 실제 표본에서 n개의 관측치를 포함하는 표본을 반복추출(Resampling)하는 기법이다[6].

Efron and Tibshirani(1993)는 서브샘플링 수를 적어도 200회 이상을 권장하였으며[23], Hair(1998)는 1,000회 이상을 권장하고 있다[29]. 본 연구에서는 샘플크기가 200개를 넘기 때문에 t-값 추정을 위해 500회의 서브샘플을 추출하였으며, 1,000회의 서브샘플을 추출한 결과와 비교하였다.

첫째, 서브샘플을 500회로 하여 부트스트랩을 하였으며, [그림 5]와 같이 결과가 나타났다. 서브샘플 500회시 경로분석 결과는 최고경영자 관심이 지각된 용이성($t = 0.649$)에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 그 외 변수들은 <표 16>과 같이, 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 최고경영자 관심이 지각된 용이성에 영향에 대한 가설만 기각되고 나머지 가설에 대해서는 채택되었다.

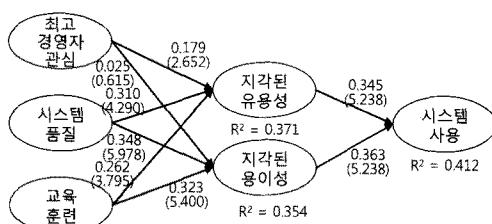


[그림 5] 구조모형 분석 결과-서브샘플 500회

둘째, 서브샘플을 1,000회로 하여 부트스트랩을 하였으며, 그 결과 [그림 6]과 같이, 나타났다. 서브샘플 1,000회시 경로분석 결과에서도 최고경영자 관심이 지각된 용이성($t = 0.615$)에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 그 외 변수들은 <표 17>과 같이, 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 최고경영자 관심이 지각된 용이성에 영향에 대한 가설만 기각되고 나머지 가설에 대해서는 채택되었다.

〈표 16〉 경로분석 결과-서브샘플 500회

경로	경로계수	t-값	분석결과	검증
최고경영자 관심 → 지각된 유용성	0.179	2.614	채택	p < 0.01
최고경영자 관심 → 지각된 용이성	0.025	0.649	기각	-
시스템 품질 → 지각된 유용성	0.310	4.295	채택	p < 0.01
시스템 품질 → 지각된 용이성	0.348	5.663	채택	p < 0.01
교육훈련 → 지각된 유용성	0.262	3.744	채택	p < 0.01
교육훈련 → 지각된 용이성	0.323	5.343	채택	p < 0.01
지각된 유용성 → 시스템 사용	0.345	5.216	채택	p < 0.01
지각된 용이성 → 시스템 사용	0.363	5.267	채택	p < 0.01



[그림 6] 구조모형 분석 결과-서브샘플 1,000회

〈표 17〉 경로분석 결과-서브샘플 500회

경로	경로계수	t-값	분석결과	검증
최고경영자 관심 → 지각된 유용성	0.179	2.652	채택	p < 0.01
최고경영자 관심 → 지각된 용이성	0.025	0.615	기각	-
시스템 품질 → 지각된 유용성	0.310	4.290	채택	p < 0.01
시스템 품질 → 지각된 용이성	0.348	5.978	채택	p < 0.01
교육 훈련 → 지각된 유용성	0.262	3.795	채택	p < 0.01
교육 훈련 → 지각된 용이성	0.323	5.400	채택	p < 0.01
지각된 유용성 → 시스템 사용	0.345	5.238	채택	p < 0.01
지각된 용이성 → 시스템 사용	0.363	5.238	채택	p < 0.01

본 연구모형에서는 서브샘플 500회와 1,000회로 각각 경로분석을 실시한 결과, 〈표 18〉과 같이, 몇몇 경로에서의 t 값이 상승하였으며, 가설 검증에는 영향을 미치지 않았다.

〈표 18〉 서브샘플 회수에 따른 경로분석 결과 비교

경로	t-값		분석 결과	검증
	500	1,000		
최고경영자 관심 → 지각된 유용성	2.614	2.652	채택	p < 0.01
최고경영자 관심 → 지각된 용이성	0.649	0.615	기각	-
시스템 품질 → 지각된 유용성	4.295	4.290	채택	p < 0.01
시스템 품질 → 지각된 용이성	5.663	5.978	채택	p < 0.01
교육 훈련 → 지각된 유용성	3.744	3.795	채택	p < 0.01
교육 훈련 → 지각된 용이성	5.343	5.400	채택	p < 0.01
지각된 유용성 → 시스템 사용	5.216	5.238	채택	p < 0.01
지각된 용이성 → 시스템 사용	5.267	5.238	채택	p < 0.01

3.4 Lisrel과 PLS 분석 결과 비교

시스템 사용에 대한 모형을 Lisrel과 PLS 프로그램을 통하여 분석한 결과를 비교하면 다음과 같다. 첫째, 측정모형을 분석한 결과, Lisrel과 PLS 모두 확인적 요인분석을 통하여 측정문항에 대한 타당성을 분석하였으며, 개념신뢰도(CR)과 평균분산추출(AVE)을 통하여 신뢰성을 검증하였다.

〈표 19〉와 같이 Lisrel은 3차에 걸쳐 요인분석을 실시하여 7개 측정항목이 제외함으로써 6개 잠재변수에 21개의 측정항목이 구조모형에 사용되었고, PLS는 1개의 측정항목이 제외됨으로써 6개 잠재변수에 대한 27개의 측정항목이 구조모형 분석에 사용되었다. 이와 같이 Lisrel과 PLS의 측정문항이 잠재변수를 설명하는 요인부하량>Loading)에 차이가 있으며 제거되는 측정문항도 다르게 나타났다.

둘째, 구모조형에 대하여 분석한 결과, Lisrel은 구모모형에 대한 적합성 여부와 가설검증에 따른 경로를 분석하지만 PLS는 부트스트랩(Bootstrap)

방법을 사용하여 경로계수와 t-값을 분석하여 가설을 검증하였다. <표 20>과 같이, 2가지 분석 방법에서 모두 최고경영자 관심이 지각된 용이성에

〈표 19〉 Lisrel과 PLS 결과 측정모형 비교

잠재변수	측정항목	Lisrel			PLS		
		요인적재	CR	AVE	요인적재	CR	AVE
최고경영자 관심 (Top)	Top1	0.82	0.9187	0.6756	0.8096	0.9052	0.6567
	Top2	0.89			0.8228		
	Top3	0.75			0.8243		
	Top4	제거			0.7479		
	Top5	제거			0.8440		
시스템품질 (SQ)	SQ1	제거	0.8700	0.5853	0.7725	0.8899	0.6694
	SQ2	0.76			0.8531		
	SQ3	0.77			0.8125		
	SQ4	0.78			0.8326		
교육훈련 (Edu)	Edu1	제거	0.8400	0.7241	0.7642	0.8948	0.6809
	Edu2	0.81			0.8652		
	Edu3	0.89			0.8717		
	Edu4	제거			0.7945		
지각된 유용성 (PU)	PU1	0.84	0.927	0.6819	0.8694	0.9445	0.7398
	PU2	0.85			0.8731		
	PU3	0.87			0.8868		
	PU4	0.81			0.8453		
	PU5	0.82			0.8673		
	PU6	0.76			0.8171		
지각된 용이성 (PE)	PE1	0.78	0.9157	0.7775	0.8327	0.8633	0.5788
	PE2	0.87			0.8973		
	PE3	제거			제거		
	PE4	0.73			0.8140		
	PE5	0.73			0.8005		
시스템사용 (Use)	Use1	0.76	0.8271	0.6152	0.8640	0.9090	0.7147
	Use2	0.84			0.8542		
	Use3	0.75			0.8800		
	Use4	제거			0.7799		

〈표 20〉 Lisrel과 PLS 결과 구조모형 비교

경로	Lisrel 분석			PLS 분석		
	경로계수	t-값	분결과	경로계수	t-값	분석과
최고경영자 관심 → 지각된 유용성	0.19	2.91	채택	0.179	2.614	채택
최고경영자 관심 → 지각된 용이성	0.01	0.11	기각	0.025	0.649	기각
시스템 품질 → 지각된 유용성	0.33	4.22	채택	0.310	4.295	채택
시스템 품질 → 지각된 용이성	0.36	4.90	채택	0.348	5.663	채택
교육훈련 → 지각된 유용성	0.28	4.36	채택	0.262	3.744	채택
교육훈련 → 지각된 용이성	0.28	4.67	채택	0.323	5.343	채택
지각된 유용성 → 시스템 사용	0.40	5.77	채택	0.345	5.216	채택
지각된 용이성 → 시스템 사용	0.50	5.88	채택	0.363	5.267	채택

영향에 대한 가설만 기각되고 나머지 가설에 대해서는 채택되는 결과가 나타났다. 이와 같이 Lisrel과 PLS의 잠재변수에 대한 가설검증은 동일한 결과로 제시되고 있지만 경로계수와 t 값은 측정항목이 다르기 때문에 차이가 나타난다.

4. 결 론

본 연구는 경영정보학(MIS)을 포함한 사회과학 분야의 연구에서 실증적인 분석을 위해 구조방정식 모형(SEM)을 적용한 연구가 증가함에 따라 분석 통계 패키지인 Lisrel과 PLS를 이용하여 분석하는 방법과 결과를 비교분석하였다. 그 결과 및 의미는 다음과 같다.

첫째, Lisrel과 PLS은 측정모형을 검증하기 위하여 모두 확인적 요인분석을 실시하였고 프로그램 상 첫 번째 측정문항을 1.0고정시켜 요인을 표준화하였다. Lisrel은 다중상관자승($R^2 > 0.49$)을 이용하여 6개 측정항목을 제거하였고, PLS는 측정문항의 요인적 재량(Loading > 0.7)을 이용하여 1개 측정항목을 제거하였다. 다중상관자승(R^2)이 요인적 재량(Loading)의 제곱근 값으로 계산되기 때문에 Lisrel과 PLS 모두 동일한 개념으로 측정항목의 적정성을 분석함을 알 수 있다.

둘째, Lisrel과 PLS은 구조모형에 대한 가설을 검증하기 위하여 경로계수와 t 값을 분석하여 가설을 검증한 결과 동일하게 분석되었다. 하지만 Lisrel은 가설에 대한 경로를 검증하기 전 모형 적합도를 검증하여 구조모형에 대한 적합도 여부를 분석하였지만 PLS는 구조모형의 적합성을 분석하지 않기 때문에 Lisrel보다 더 엄격한 통계유의성이 필요하고 할 것이다.

셋째, 본 연구에서는 구조방정식모형의 이론적인 배경을 설명하였고 주어진 데이터 세트에 대해서 Lisrel과 PLS의 방법론을 적용하고 그 결과를 비교분석하였다. 본 연구의 결과는 매개변수를 사용하여 인과모형을 분석하고 그 결과를 분석하는 연구자에게 측정모형과 구조모형의 기본개념과 적용

상의 가이드라인을 제공했다는 점에서 의미가 있다. 연구 결과, 구조방정식모형을 Lisrel과 PLS로 정리하면 <표 21>과 같다.

본 연구는 기존 선행연구의 모형을 Lisrel과 PLS로 분석하여 그 결과를 비교하기 때문에 몇 가지 한계점을 가지고 있다.

첫째, 표본의 크기(Sample Size)이다. 구조방정식 모형의 분석은 최우도추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 사용하는데 일반적으로 표본의 크기가 클수록 입력공분산 행렬과 추정공분산 행렬 간의 작은 차이에 민감하여 적합도(Fit)가 낮게 나타나기 때문에 표본의 크기는 200개(400개 이하)가 단일 기준치로 많이 사용된다. 이와 같이 표본 크기에 따라서 결과 값에 차이가 발생한다.

<표 21> 구조방정식모형 분석(Lisrel과 PLS 통계 패키지)

구 분	Lisrel	PLS
측정모형 분석	다중상관자승 ($R^2 > 0.49$)	-
	표준 요인부하량 (FL > 0.7)	Loading > 0.7
	개념신뢰도 (CR > 0.7)	개념신뢰도 (CR > 0.7)
	평균분산추출 (AVE > 0.5)	평균분산추출 (AVE > 0.5)
구조 모형 적합 여부 분석	GFI > 0.9	종속변수의 설명력(R^2)
	RMR < 0.05	
	RMSEA < 0.05	
	NFI > 0.9	
	NNFI > 0.9	구성개념의 영향도 (R^2 included : 완전모형 R^2 excluded : 감소모형)
	CFI > 0.9	
	AGFI > 0.9	
	PGFI > 0.9	
경로 분석	t -값 > 2	부트스트랩 (Bootstrap) t-값 추정

예를 들어, Lisrel에서는 표본 크기가 200개 이상으로 증가하면 X^2 검정의 유의한 확률수준이 “P값 < a” 나타내는 경향이 있어 “모형이 적절하다”는 귀

무가설이 기각되며, 반대로 표본 크기가 100개 이하로 감소하면 유의하지 않을 확률수준이 “ $P \geq a$ ”를 나타내어 귀무가설이 기각되지 않는다. 이와 마찬가지로 PLS에서도 샘플을 재 표본 추출하는 부트스트랩(Bootstrap)방법을 사용하기 때문에 표본의 크기에 따라 t-값 추정의 영향을 미친다. 본 연구에서는 이와 같은 표본 크기에 따른 변화를 고려하지 않고 동일 표본 크기($n = 272$)에 따른 그 결과 값만을 단순 비교하였다.

둘째, 구조모형의 결과 값이다. Lisrel은 21개의 측정항목, PLS는 27개의 측정항목이 구조모형 분석에 사용되었다. 가설검증은 동일한 결과로 제시되고 있지만 경계계수와 t-값에는 차이가 나타났다. 향후 연구에서는 동일 측정항목에 따른 구조모형 분석을 통하여 Lisrel과 PLS를 비교함으로써, 방법에 따른 개념의 차이점을 정립하도록 한다.

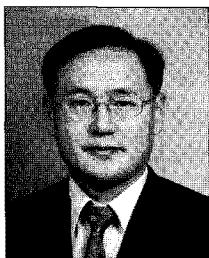
참 고 문 헌

- [1] 고미현, 권순동, “인터넷 커뮤니티에서 사용자 참여가 밀착도와 지속적 이용의도에 미치는 영향”, *『경영정보학연구』*, 제18권, 제2호(2008), pp.41-72.
- [2] 김계수, “성공적인 논문작성을 위한 Amos/Lisrel 이용 인과분석 연구방법론”, 청람, 2008.
- [3] 김병수, 허용석, 한인구, 이희석, “지식경영활동의 혁신역량으로의 연계 : IT서비스 산업 중심으로”, *『지식경영연구』*, 제11권, 제1호(2010), pp.97-113.
- [4] 김종기, 전진환, “국내 MIS 연구에서 구조방정식모형 활용에 관한 메타분석”, *『경영정보학연구』*, 제19권, 제4호(2009), pp.47-66.
- [5] 김종만, 김인재, “C4I 시스템 사용의 영향 요인에 관한 연구 : 구조모형의 매개변수의 관점에서”, *『Asia Pacific Journal of Information System』*, 제19권, 제2호(2009), pp.73-94.
- [6] 박상철, 김종욱, “인터넷 경매과정에서 입찰자의 입찰지속의지 영향요인에 관한 연구 : 몰입의 에스컬레이션을 중심으로”, *『경영학연구』*, 제36권, 제5호(2007), pp.1359-1385.
- [7] 배병렬, *『LISREL 구조방정식 모델 이해, 활용 및 프로그램』*, 청람, 2005.
- [8] 유철우, 김용진, 문정훈, 최영찬, “무리행동과 지각된 유용성이 이러한 컨텐츠 구매의도에 미치는 영향 : 구매경험에 의한 비교분석”, *『경영정보학연구』*, 제18권, 제4호(2008), pp.105-130.
- [9] 이하식, 임지훈, “구조방정식모형 분석과 AMOS 16.0”, 법문사, 2009.
- [10] 조병탁, 이진용, 박성용, 이재형, “브랜드경영 시스템과 마케팅믹스 활동이 브랜드 성과에 미치는 영향에 관한 연구”, *『마케팅과학연구』*, 제15권, 제2호(2005), pp.71-97.
- [11] 조현철, “구조방정식 모델 SIMPLE and AMOS”, 석정, 2003.
- [12] Anderson, J. C. and D. W. Gerbing, “Structural Equation Modeling in Practice : A Review and Recommended Two-Step Approach”, *Psychological Bulletin*, Vol.103, No.4 (1988), pp.411-423.
- [13] Bacon, L., “Using Lisrel and PLS Measure Customer Satisfaction”, *7th Annual Sawtooth Software Conference*, (1999), pp.440-452.
- [14] Bagozzi, R. P. and C. Fornell, “Theoretical Concepts, Measurement, and Meaning”, A Second Generation of Multivariate Analysis, *Measurement and Evaluation*, Vol.2(1982), pp.5-23.
- [15] Baumgartner, H. and C. Homburg, “Applications of Structural Equation Modeling in Marketing and Consumer Research : A Review”, *International Journal of Research in Marketing*, Vol.13, No.2(1996), pp.139-161.
- [16] Bearden, W. D., S. Sharma, and J. E. Teel, “Sample Size Effects on Chi-Square and Other Statistics used in Evaluating Causal

- Models”, *Journal of Marketing Research*, Vol.19(1982), pp.425-430.
- [17] Bentler, P. M., Multivariate Analysis with Latent Variables : Causal Modeling, *Annual Review of Psychology*, 1980.
- [18] Browne, M. W. and R. Cudeck, Alternative Ways of Assessing Model Fit, In Covariance Structure, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 1993.
- [19] Byrne, B. M., *Structural Equation Modeling with LISREL, PRELIS and SIMPLIS ; Basic Concepts, Applications and Programming*, Erlbaum, 1998.
- [20] Chin, W. W., *The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling*. G. Marcoulides(ed), Erlbaum Associates, 1998.
- [21] Cohen, J., *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed)*, Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- [22] Docstoc, “PLS-Historical Review”, www.docstoc.com.
- [23] Efron, B. and R. J. Tibshirani, “An introduction to the bootstrap, Monographs on Statistics and Applied Probability”, Chapman and Hall, Vol.57(1993), p.436.
- [24] Falk, R. E. and N. B. Miller, *A Primer on Soft Modeling*, The University of Akron Press, Akron, OH, 1992.
- [25] Fornall, C. and F. L. Bookstein, “Two Structural Equation Models : Lisrel and PLS Applied to Consumer Exit-Voice Theory”, *Journal of Marketing Research*, Vol.191, No.4(1982), pp.440-452.
- [26] Gastón Sánchez, “Partial Least Squares Path Modeling”, www.docstoc.com.
- [27] Gefen, D. and D. Straub, “A Practical Guide to Factorial Guide to Factorial Validity Us-
- ing PLS-Graph : Tutorial and Annotated Example”, *Communications of the Association for Information Systems*, Vol.16(2005), pp.91-109.
- [28] Gefen, D., D. W. Straub, and M. Boudreau, “Structural Equation Modeling and Regression : Guidelines for Research Practice”, *Communication of the Association for Information Systems*, Vol.4(2000), pp.1-79.
- [29] Hair, J. F., R. E. Anderson, R. L. Tatham, and W. C. Black, *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall, 1998.
- [30] Jaccard, J. and C. K. Wan, *LISREL Approaches to Interration Effects in Multiple Regression*, Thousand Oaks, Galif, 1996.
- [31] Jöreskog, K. G., “Some Contributions to Maximum Likelihood Factor Analysis”, *Psychometrika*, Vol.32, No.4(1967), pp.443-482.
- [32] Jöreskong, K. G. and D. Sorbom, *LISREL 7; A Guide to the Program and Application*, SPSS Publications, 1989.
- [33] Jöreskong, K. G. and D. Sorbom, *Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language*, Scientific Software International Inc, 1998.
- [34] Marsh, H. W., J. R. Balla, and R. P. McDonald, *Goodness-of-Fit Indices in Confirmatory Factor Analysis : The Effects of Sample Size*, Psychological Bulletin, 1998.
- [35] Pavlou, P. and D. Gefen, “Psychological Contract Violation in Online Marketplaces : Antecedents, Consequences, and Moderating Role”, *Information System Research*, Vol.16, No.4(2005), pp.372-399.
- [36] Rex B. Kline, *Beyond significance testing : Reforming data analysis methods in behavioral research*, American Psychological Association, 2004.

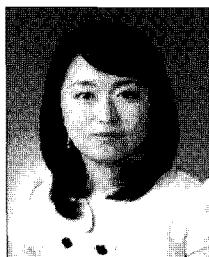
- [37] Rex B. Kline, *Principles and Practices of Structural Equation Modeling*, 1nd ed, New York ; Guilford Press, 1998.
- [38] Rex B. Kline, *Principles and Practices of Structural Equation Modeling*, 2nd ed, New York; Guilford Press, 2004.
- [39] Schumacker, R. E. and R. G. Lomax, *A Beginner is Guide to Structural Equation Modeling*, Hillsdale, N. J., 1996.
- [40] Shah, R. and S. M. Goldstein, "Use of Structural Equation Modeling in Operations Management Research : Looking Back and Forward", *Journal of Operations Management*, Vol.24, No.2(2006), pp.148-169.
- [41] Steiger, J. H., *Structural Model Evaluation and Modification : An Interval Estimation Approach*, Multivariate Behavioral Research, 1990.
- [42] Temme, D., H. Kreis, and L. Hildebrandt, *PLS Path Modeling : A Software Review*, SFB 649 Discussion Paper 2006-084, 2006.
- [43] Tobias, R. D., "An Introduction to Partial Least Squares Regression", in *Proceedings of the Twentieth Annual SAS Users Group International Conference*, Cary, NC : SAS Institute Inc., (1995), pp.1250-1257.
- [44] Tomarken, A. J. and N. G. Waller, "Potential problems with 'well fitting' models", *Journal of Abnormal Psychology*, Vol.112 (2003), pp.578-598.
- [45] Vinzi, V. E. and L. Trinchera, *Latent Class Detection in Component-based Structural Equation Modeling*, CERESSEC, 2006.
- [46] Yi, M. Y. and F. D. Davis, "Development and Validating an Observational Learning Model of Computer Software Training and Skill Acquisition", *Information System Research*, Vol.14, No.2(2003), pp.146-169.

◆ 저자 소개 ◆



김 인 재 (ijkim@dongguk.edu)

동국대학교 경영학부 경영정보학전공 교수로 재직 중이다. 서울대학교에서 산업공학 학사, KAIST에서 경영과학 이학석사, 그리고 University of Nebraska at Lincoln에서 경영학 박사를 받았다. LG전자 본사 심사실, 중앙연구소 기술기획실 및 전산실에서 근무하였다. 국내외 주요 저널에 다수의 논문을 게재하였으며 주요 관심분야는 정보기술의 채택과정, 이비즈니스 전략과 정책, 조직 블로그, 소셜 네트워크 분석 등이다.



민 금 영 (goldzero@dongguk.edu)

협성대학교 경영정보학과 학사, 동국대학교 경영정보학과 석사를 취득하였으며, 현재 동국대학교 경영정보학과 박사과정을 수료한 상태이다. 주 관심분야는 정보시스템, 정보관리, 통신, 재난관리분야이며, 최근에는 기후변화에 대응한 정보시스템 구축에 관한 프로젝트와 재난정보통합 DB구축을 위한 프로젝트에 참여하고 있다.



심 형 섭 (cb110@hanmail.net)

한신대학교에서 정보통신학을 전공하였으며, 동국대 대학원에서 정보관리학 석사, 박사를 취득하였다. 현재 동국대학교 경영대학 강사로 재직 중이다. 소방방재청, 행정안전부 등 재난관리 분야 연구에 다수 참여했으며, 한국전자거래학회, 한국방재학회, IEEE 등 국내외 학술지에 논문을 게재한 바 있다. 주요 관심연구 분야는 재난관리, 정보시스템, 지식경영 등이다.