

부분최소제곱모형을 위한 R 프로그램의 활용: SmartPLS와 R의 비교

김용태*, 이상준**
단국대학교 응용통계학과*, 세명대학교 교양과정부**

Utilization of R Program for the Partial Least Square Model: Comparison of SmartPLS and R

Yong-Tae Kim*, Sang-Jun Lee**
Dept. of Applied Statistics, Dankook University*
Dept. of Liberal Education, Semyung University**

요약 빅데이터로 인해 통계분석에 대한 수요가 증대되면서 구조방정식모형과 같은 진보된 2세대 분석방법의 필요성이 증가하고 있다. 본 연구는 다양한 연구 분야에서 이용되는 구조방정식모형 중 부분최소제곱모형(PLS-SEM)을 적용하는데 있어 오픈 소프트웨어인 R의 활용방법에 대해서 제안하고자 한다. R은 GNU 프로젝트의 일부로서 무료이고, 빅데이터를 포함한 통계분석에 강력하면서도 유용한 도구이다. 이에 부분최소제곱모형의 대표적인 통계패키지인 SmartPLS와 본 연구가 제안하는 R을 활용하여 측정모형의 집중타당성, 판별타당성, 내적일관성을 분석하고, 구조모형의 경로계수 및 조절효과를 분석하여 결과를 각각 비교 분석하였다. 분석결과 R은 측정모형과 구조모형에서 모두 SmartPLS와 동일한 결과를 나타내었고, 향후 상용 통계패키지를 대체할 수 있는 강력한 도구임을 확인하였다.

주제어 : 구조방정식모형, 부분최소제곱모형, R, SmartPLS, 계량적 융합분석

Abstract As the acceptance of statistical analysis has been increased because of Big Data, the needs for an advanced second generation of statistical analysis method like Structural Equation Model are also increasing. This study suggests how R-Program, as open software, can be utilized when Partial Least Square Model, one of the SEMs, is applied to statistical analysis. R is a free software as a part of GNU projects as well as a powerful and useful tool for statistical analysis including Big Data. The study utilized R and SmartPLS, a representative statistical package of PLS-SEM, and analyzed internal consistency reliability, convergent validity, and discriminant validity of the measurement model. The study also analyzed path coefficients and moderator effects of the structural model and compared the results, respectively. The results indicated that R showed the same results with SmartPLS on the measurement model and the structural model. Therefore, the study confirmed that R could be a powerful tool that is alternative to a commercial statistical package in the future.

Key Words : Structural Equation Model, Partial Least Square, R, SmartPLS, Quantitative Convergence Analysis

* 이 논문은 2015학년도 세명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행된 연구임

Received 27 October 2015, Revised 28 November 2015

Accepted 20 December 2015

Corresponding Author: Sang-Jun Lee(Semyung University)

Email: leesangjun@semyung.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

통계적 방법의 적용은 산업·기술 간의 융복합, 빅데이터의 열풍과 더불어 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 진보로 인해 접근성이 급속도로 개선되었다. 분산분석, 회귀분석, 요인분석, 군집분석 등과 같은 1세대 분석방법들은 통계분석에 대한 수용과 이에 대한 신뢰를 제공하였고, 이후 취약점을 극복하고자 구조방정식모형으로 지칭되는 2세대 분석방법이 급속하게 확장되었다[1]. 가장 진보된 통계분석도구 중의 하나인 구조방정식모형은 복잡해진 연구개념 간의 관계를 이해하기 위해 그 필요성이 점차 증가하고 있다.

관찰이 가능한 변수를 통해 관찰이 불가능한 잠재변수들을 측정할 수 있고, 관찰된 변수들의 측정오차에 대한 설명이 가능한 구조방정식모형(SEM)은 공분산에 기초한 구조방정식모형(CB-SEM)과 PLS에 기초한 구조방정식모형(PLS-SEM)으로 구분할 수 있다[2,3]. 지금까지는 CB-SEM 접근방식이 주를 이루어 왔지만, 최근 표본크기에 덜 엄격하고 분포가정에 자유로우며 탐색적인 연구와 실무에 유리한 PLS-SEM 접근방식을 근간으로 한 연구들이 다양한 분야에서 점점 늘고 있는 추세이다[4]. Ringle & Henseler에 의해 공동 개발된 Smartpls가 PLS-SEM을 위한 대표적인 상용 소프트웨어이다.

한편 최근 빅데이터 통계처리를 위한 공개용 소프트웨어인 R이 주목을 끌고 있다. R은 1) 오픈 소스이고, 유닉스, 윈도우, 맥 OS X 등 대부분의 OS 환경을 지원하고 2) 내장된 도움말 기능이 매우 우수하고 3) 우수한 그래프 기능이 있고 4) 많은 내장된 통계함수와 함께 구문을 배우기 쉽고 5) 사용자가 정의하는 함수인 패키지를 확장하기 쉽다는 장점이 있다[5]. 이와 같은 장점으로 인해 R은 다양한 데이터 분석에 가장 강력하면서 유용한 도구로 자리잡아가고 있지만, 국내에서는 오픈 소프트웨어에 대한 인식부족 등으로 인해 결과의 신뢰성 부분이 가장 우려되는 부분이다.

따라서 본 연구는 2세대 분석방법으로 다양한 연구 분야에서 이용되는 PLS-SEM을 적용하는데 있어 오픈 소프트웨어인 R의 분석결과에 대한 신뢰성과 타당성에 대한 의문을 정립하고자 한다. 보다 구체적으로 PLS-SEM의 대표적인 상용 통계패키지인 SmartPLS와 본 연구가 제안하는 R을 활용하여 측정모형의 내적일관성, 집중타

당성, 판별타당성 및 구조모형의 경로계수와 조절효과를 분석하고 결과를 각각 비교 분석하여 R의 활용방법과 활용도를 높일 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 부분최소제곱모형(PLS-SEM)

최근 사회과학을 비롯한 다양한 분야에서 요인분석과 회귀분석을 결합한 형태로 여러 개념간의 인과관계를 검증하는 SEM을 적용한 연구가 많이 진행되고 있다[6].

먼저 CB-SEM과 PLS-SEM의 특징을 살펴보면 CB-SEM은 이론과 논리적 정당성을 근거로 개념들 간의 구조관계를 모형으로 설정한 후 모형의 적합도와 수용가능성을 확인하는 이론검증의 성격을 갖는 반면 PLS-SEM은 이론적 연구들이 부족한 상황에서 모형을 대상으로 예측이나 설명을 목적으로 한 이론을 구축하는 탐색적 성격을 갖는다[7]. 다시 말해 CB-SEM은 전체모형의 최적화가 목적이지만, PLS-SEM은 추정계수의 예측력을 극대화하는데 목적을 둔다.

PLS-SEM은 CB-SEM에 비해 비교적 적은 표본에서도 복잡한 모형을 효율적으로 이용하고 분석대상의 데이터에 대한 정규분포의 가정을 요구하지 않으며, 독립변수의 다중공선성과 같은 여러 가지 상황에서도 상당히 안정적인 값을 도출하고 잠재변수의 값이 실제 값에 순응하는 것으로 나타났다[8]. 또한 PLS-SEM은 반영지표와 조형지표가 혼합된 모형을 추정하는데 문제가 없고, CB-SEM보다 효율적으로 파라미터를 추정할 수 있어 더욱 높은 통계적 검증력을 가지고 있다[1]. 이러한 장점들로 인해 CB-SEM의 대안인 PLS-SEM에 대한 연구는 문들이 다수 발표되고 있다[9,10,11].

2.2 R

빅데이터 분석에 대한 관심이 증가하면서 통계적 계산과 그래픽을 지원하는 프로그래밍 언어이자 자유 소프트웨어 환경인 R은 데이터분석 분야에서 주목받고 있다. R은 1976년 벨 연구소에서 개발된 S라는 언어를 기초로 1995년 오클랜드 대학의 Ross Ihaka 교수와 Robert Gentleman 교수의 앞의 이니셜을 따서 명명되어 오픈소스 프로젝트화 되었고, 이후 전 세계 수백 명의 사람들이

이 개발에 기여하면서 많은 인기를 누리고 있다.

R은 함수형 언어와 객체지향 언어가 조합된 형태로서 오픈 소스이며 무료이기 때문에 많은 연구자들이 다양한 분야에서 사용하고 있고, SAS, SPSS 등과 같은 상용 통계 소프트웨어만큼 좋으며, 통계와 그래픽과 관련된 기능들을 확장할 수 있다. 또한 R 사용자 커뮤니티에서 쉽게 도움을 구할 수 있고, 온라인에서 쉽게 튜토리얼이나 데이터셋 등을 구하고 읽을 수 있어 많은 대학기관에서도 학생들에게 R을 가르치고 있다[12].

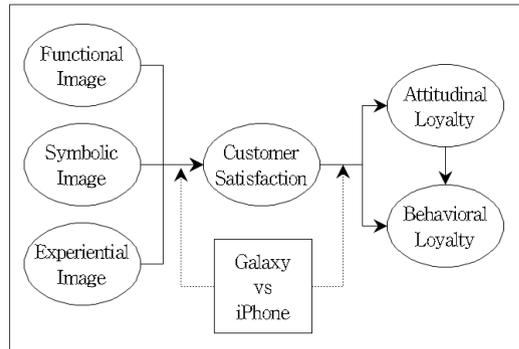
또한 R의 장점 중의 하나는 패키지(package) 형태로 기능을 공유하여 확장이 용이하다는 점이다. R에서 사용할 수 있는 유용한 함수들은 자동적으로 설치되지 않고, 이러한 함수들은 특정 작업을 수행하기 위해 작성된 코드 라이브러린 패키지를 추가로 설치해야 한다[13]. 다시 말해 패키지는 사용자가 꼭 필요한 것만 설치해서 사용할 수 있도록 미리 작성되어 있는 함수와 객체들을 모아 놓은 것을 의미하는데, CRAN(Comprehensive R Archive Network)에서 다운로드 받으면 이런 툴들을 누구나 무료로 사용할 수 있고, 2015년 10월 기준으로 CRAN에는 약 7,345개 패키지가 업로드 되어 있다. 이에 본 연구에서는 R과 함께 CRAN을 통해 배포된 PLS-SEM을 위한 패키지인 'plspm'을 활용하였다[14].

3. 연구모형

본 연구에서는 PLS-SEM을 위한 상용 소프트웨어인 SmartPLS와 오픈 소프트웨어인 R을 이용하여 분석결과를 비교 분석하기 위해 [Fig. 1]과 같이 선행연구에서 사용된 연구모형과 데이터를 사용하였다[15]. 분석된 연구모형은 갤럭시와 아이폰 사용자들을 대상으로 기능적, 상징적, 경험적 브랜드 이미지가 고객만족에 미치는 영향과 고객만족이 태도적 충성도와 행동적 충성도에 미치는 영향, 그리고 이러한 인과관계의 구조 속에서 갤럭시와 아이폰 사용자 집단에 따라 어떠한 차이가 있는지 조 절효과를 나타내고 있다.

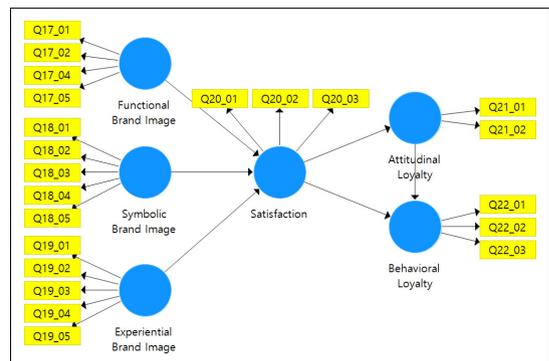
최종표본의 성별은 남성 272명(54.4%), 여성 228명(45.6%)이고, 사용하는 스마트폰 브랜드는 갤럭시 271명(54.2%), 아이폰 229명(45.8%)으로 총 500명으로 구성되었다. 또한 측정항목은 스마트폰 브랜드 이미지에 관한

14문항, 고객만족에 관한 3문항, 충성도에 관한 5문항으로 구성되었고, 모두 7점 리커트 척도로 구성되었다.

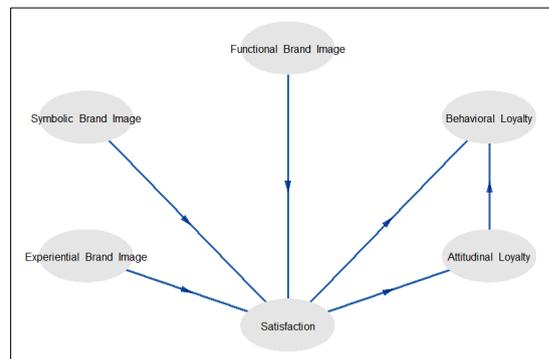


[Fig. 1] Research Model

다음 [Fig. 2]는 SmartPLS를 이용한 경로도형의 완성 화면이고, [Fig. 3]은 'plspm' 패키지를 활용하여 R을 이용한 경로도형의 완성화면이다.



[Fig. 2] SmartPLS Model



[Fig. 3] R(plspm package) Model

일반적으로 PLS-SEM은 잠재변수들이 올바르게 측정되었는지 타당성과 신뢰성을 확인하는 측정모형 단계와 잠재변수들 간의 관계를 추정하는 구조모형 단계로 진행되기 때문에 본 연구에서는 SmartPLS와 R을 이용한 분석결과를 측정모형과 구조모형으로 구분하여 각각 비교해본다.

4. 분석결과

4.1 측정모형의 비교 분석

모델평가의 초기 단계인 측정모형의 평가에는 집중타당성, 판별타당성, 내적 일관성 검증이 사용된다[1]. 먼저 집중타당성은 하나의 잠재요인에 대한 두 개 이상의 측정항목이 서로 통계적으로 유의한 상관관계를 갖는 정도에 관한 것이다. 요인 적재량은 0.7 이상, 평균분산추출(Average Variance Extracted: AVE)은 0.5 이상이면 집

중타당성이 있다고 할 수 있는데[16], <Table 1>에서 보는 바와 같이 SmartPLS와 R 모두 큰 차이 없이 동일한 결과를 나타냈다.

다음으로 판별타당성은 하나의 잠재요인이 실제로 다른 잠재요인과 구별되는 정도에 관한 것으로 각 잠재요인에 대한 AVE의 제곱근이 다른 잠재요인 간의 상관관계보다 크면 판별타당성이 있는 것이다[17]. <Table 2>와 같이 두 프로그램의 결과 모두 일치하는 것으로 나타났다고, 모두 동일하게 대각선에 표시된 AVE의 제곱근이 모두 상관계수보다 더 높게 나타나 판별타당성이 존재하는 것으로 나타났다.

마지막으로 내적일관성을 나타내는 신뢰계수 알파(Cronbach's Alpha)와 구성개념 신뢰도(Composite Reliability: CR)는 0.7 이상이면 수용 가능한데[17], SmartPLS와 R의 분석결과 <Table 3>과 같이 모든 기준을 충족시켜 내적일관성을 만족하는 것으로 나타났다. 지금까지 분석결과를 종합해보면 SmartPLS와 R 모두

<Table 1> Results of Convergent Validity(SmartPLS vs. R)

Latent Variable	Variable	SmartPLS				R			
		Loading	S.E.	t	AVE	Loading	S.E.	t	AVE
Functional Brand Image	Q17_01	0.803	0.019	41.237	0.729	0.803	0.019	41.394	0.729
	Q17_02	0.890	0.011	81.363					
	Q17_04	0.868	0.012	75.478					
	Q17_05	0.853	0.015	55.293					
Symbolic Brand Image	Q18_01	0.906	0.011	83.054	0.827	0.906	0.012	78.091	0.827
	Q18_02	0.931	0.008	112.697					
	Q18_03	0.884	0.015	60.499					
	Q18_04	0.935	0.007	126.529					
	Q18_05	0.890	0.015	61.080					
Experiential Brand Image	Q19_01	0.917	0.008	110.817	0.829	0.917	0.008	109.260	0.829
	Q19_02	0.888	0.014	62.551					
	Q19_03	0.923	0.008	112.236					
	Q19_04	0.914	0.008	108.300					
	Q19_05	0.911	0.009	101.315					
Satisfaction	Q20_01	0.936	0.007	128.976	0.874	0.936	0.007	131.790	0.874
	Q20_02	0.936	0.007	137.154					
	Q20_03	0.932	0.006	145.807					
Attitudinal Loyalty	Q21_01	0.934	0.006	148.496	0.864	0.934	0.006	155.759	0.864
	Q21_02	0.924	0.008	112.419					
Behavioral Loyalty	Q22_01	0.934	0.010	89.159	0.901	0.934	0.011	85.064	0.901
	Q22_02	0.960	0.004	219.537					
	Q22_03	0.953	0.007	134.276					

〈Table 2〉 Results of Discriminant Validity(SmartPLS vs. R)

Latent Variable	SmartPLS						R					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) Functional Brand Image	0.854						0.854					
(2) Symbolic Brand Image	0.559	0.909					0.559	0.909				
(3) Experiential Brand Image	0.677	0.692	0.911				0.677	0.692	0.911			
(4) Satisfaction	0.763	0.558	0.706	0.935			0.763	0.558	0.706	0.935		
(5) Attitudinal Loyalty	0.743	0.579	0.684	0.812	0.929		0.743	0.579	0.684	0.812	0.929	
(6) Behavioral Loyalty	0.681	0.468	0.608	0.774	0.744	0.949	0.681	0.468	0.608	0.774	0.744	0.949

〈Table 3〉 Results of Internal Consistency(SamrtPLS vs. R)

Latent Variable	SmartPLS		R	
	Cronbach's alpha	CR	Cronbach's alpha	CR
Functional Brand Image	0.876	0.915	0.876	0.915
Symbolic Brand Image	0.948	0.960	0.948	0.960
Experiential Brand Image	0.948	0.960	0.948	0.960
Satisfaction	0.928	0.954	0.928	0.954
Attitudinal Loyalty	0.842	0.927	0.842	0.927
Behavioral Loyalty	0.945	0.965	0.945	0.965

동일한 결과를 나타내었고, 모든 기준을 충족하여 타당성과 신뢰성이 확보되었다고 평가할 수 있다.

4.2 구조모형의 비교 분석

측정모형에서 신뢰성과 타당성이 확보되었기 때문에 다음 단계로 연구모형의 개념 간 경로계수의 유의성을 검증하는 구조모형의 추정을 실시하였다. PLS-SEM은 자료의 분포에 관한 가정을 하지 않는 비모수적 접근법의 성격을 갖기 때문에 모수의 유의성 검증을 위해 부트스트래핑을 하게 되고 여기에서 얻어진 t 통계량을 기초로 판단한다[7]. 구조모형의 검증은 잠재변수 간 경로계수의 크기와 부호, 부트스트래핑(bootstrapping)에 의한

통계적 유의성, 내생변수의 결정계수(R^2) 등에 의해 평가한다[10].

<Table 4>에서 보는 것처럼 잠재변수 간 경로계수의 크기와 부호는 SmartPLS와 R의 결과가 동일하게 나타났다. 경로계수의 유의성은 전적으로 부트스트래핑에 의한 표준오차에 따라 달라지기 때문에 t 값과 유의확률은 조금 다르게 나타났지만, 상징적 브랜드 이미지가 고객 만족에 미치는 경로를 제외한 모든 경로가 통계적으로 유의한 것으로 나타나 SmartPLS와 R의 분석결과 모두 차이가 없음을 확인할 수 있다.

또한 <Table 5>, <Table 6>에서 보는 것과 같이 갤럭시와 아이폰 사용자 집단에 따라 경로계수의 차이가

〈Table 4〉 Results of Model Analysis(SmartPLS vs. R)

Path	SmartPLS				R			
	coefficient	S.E.	t	p-value	coefficient	S.E.	t	p-value
Functional Brand Image → Satisfaction	0.519	0.048	10.935	0.000	0.519	0.049	10.516	0.000
Symbolic Brand Image → Satisfaction	0.044	0.039	1.119	0.264	0.044	0.038	1.147	0.251
Experiential Brand Image → Satisfaction	0.324	0.059	5.515	0.000	0.324	0.062	5.256	0.000
Satisfaction → Attitudinal Loyalty	0.812	0.021	38.435	0.000	0.812	0.021	38.582	0.000
Satisfaction → Behavioral Loyalty	0.499	0.070	7.136	0.000	0.499	0.071	6.987	0.000
Attitudinal Loyalty → Behavioral Loyalty	0.339	0.071	4.751	0.000	0.339	0.072	4.696	0.000

〈Table 5〉 Moderating Effect of SmartPLS

Path	Galaxy User			iPhone User			Galaxy vs. iPhone		
	coefficient	S.E.	t	coefficient	S.E.	t	diff.	t	p-value
Functional Brand Image → Satisfaction	0.396	0.08	4.971	0.524	0.058	9.07	0.129	1.27	0.205
Symbolic Brand Image → Satisfaction	0.123	0.061	2.018	-0.013	0.046	0.28	0.136	1.729	0.084
Experiential Brand Image → Satisfaction	0.329	0.082	3.987	0.352	0.076	4.645	0.023	0.202	0.84
Satisfaction → Attitudinal Loyalty	0.789	0.034	23.157	0.778	0.035	22.119	0.011	0.217	0.828
Satisfaction → Behavioral Loyalty	0.499	0.106	4.696	0.437	0.089	4.888	0.061	0.433	0.665
Attitudinal Loyalty → Behavioral Loyalty	0.331	0.107	3.081	0.347	0.093	3.74	0.016	0.114	0.91

〈Table 6〉 Moderating Effect of R

Path	Galaxy User			iPhone User			Galaxy vs. iPhone		
	coefficient	S.E.	t	coefficient	S.E.	t	diff.	t	p-value
Functional Brand Image → Satisfaction	0.396	0.074	5.322	0.524	0.056	9.419	0.129	1.178	0.120
Symbolic Brand Image → Satisfaction	0.123	0.060	2.064	-0.013	0.051	-0.252	0.136	1.645	0.051
Experiential Brand Image → Satisfaction	0.329	0.078	4.238	0.352	0.082	4.265	0.023	0.172	0.432
Satisfaction → Attitudinal Loyalty	0.789	0.031	25.156	0.778	0.037	21.164	0.011	0.243	0.404
Satisfaction → Behavioral Loyalty	0.499	0.098	5.100	0.437	0.091	4.782	0.061	0.429	0.334
Attitudinal Loyalty → Behavioral Loyalty	0.331	0.099	3.340	0.347	0.092	3.760	0.016	0.077	0.469

나는지 조절효과를 검증하였는데, SmartPLS와 R의 분석결과 집단 간 경로계수의 차이, 통계적 유의성 모두 동일하게 일치하는 것으로 나타났다. 다시 말해 두 프로그램의 결과 모두 갤럭시와 아이폰 사용자 집단에 따른 조절효과는 나타나지 않는 것으로 확인되었다.

마지막으로 PLS-SEM은 CB-SEM의 적합도지수 (goodness of fit index) 대신 모형이 정확하게 구체화되었는지, 모형이 내생변수를 얼마나 잘 예측하는지 R^2 을 사용하는데, 이 계수는 모형에서 예측의 정확성을 측정하며 1에 가까울수록 높은 수준의 예측 정확성을 나타낸다. R^2 가 0.19 이상인 경우 모형의 적합성이 존재하고, 0.67 이상이면 강력한 설명력을 나타낸다고 볼 수 있다 [10]. SmartPLS의 분석결과 고객만족에 대한 설명력은 64.9%, 태도적 충성도에 대한 설명력은 66.0%, 행동적 충성도에 대한 설명력은 63.9%로 나타났고, R의 분석결과도 이와 정확하게 일치하였다.

5. 결론

오픈 소스인 R은 무료로 사용이 가능하고, 연구자가 원하는 분석을 위해 다양한 패키지를 이용하여 확장할

수 있다는 장점으로 인해 통계분석 분야에서 주목받는 언어이자 도구로 각광받고 있다. 이러한 상황 속에서 본 연구는 PLS-SEM을 위한 R의 활용방법과 분석결과에 대한 신뢰성에 대한 의문을 정립하고자 상용 소프트웨어인 SmartPLS와 함께 측정모형과 구조모형을 구분하여 통계량을 각각 비교분석하였다.

연구결과, 측정모형의 집중타당성, 판별타당성, 내적 일치도 모두 SmartPLS와 R의 분석결과가 통계량의 차이 없이 동일하게 나타났고, 구조모형의 경로계수와 조절효과에서도 마찬가지로 분석결과가 모두 일치하는 것으로 나타났다. 통계 패키지를 이용한 분석은 연구자에게 정확한 결과를 제시하는 것이 중요한데, R은 상용 소프트웨어에 뒤지지 않는 통계분석 기능을 제공하면서 동일한 분석결과를 나타내어 타당성과 신뢰성을 확보하는 것으로 볼 수 있다.

다만 분석결과에서 통계량의 큰 차이 없이 타당성과 신뢰성 부분은 검증되었지만, GUI(Graphical User Interface) 방식인 SmartPLS에 비해 R은 CUI(Command User Interface) 방식이기 때문에 모형작성과 분석이 모두 명령어로 작성해야 한다. 이는 GUI에 익숙한 연구자들이 초반에 배우기 어렵다고 볼 수 있지만, CUI 방식은 1) 각 분석단계를 간결하고 간단한 코드 형태로 저장하

여 재현할 수 있고 2) 텍스트 코드로 새로운 데이터를 빠르게 자동화하여 분석할 수 있으며 3) 분석과정을 코드로 구조화하여 동료들과 협업을 할 수 있기 때문에 훨씬 더 유용하고 강력한 도구가 될 수 있다.

마지막으로 R은 일반 사용자들이 무료로 사용할 수 있는 점으로 인해 최근 쟁점화 되고 있는 저작권 문제에서 자유로울 수 있다. 불법 복제품을 사용하여 얻은 연구 결과를 발표하는 것은 윤리적으로도 문제가 될 수 있는데, 기관, 학교, 학생 모두 저작권 문제에서 비용이 발생하지 않기 때문에 연구개발에 자유도를 높일 수 있고 비용절감의 측면에서 도움이 될 것이다. 본 연구결과는 PLS-SEM을 활용하는 연구자들에게 도움이 될 수 있을 것으로 판단되며, 향후 통계분석에 있어 R의 활용도가 높아질 수 있기를 기대해본다.

ACKNOWLEDGMENTS

This paper was supported by the Semyung University Research Grant of 2015.

REFERENCES

- [1] J. F. Hair Jr, G. T. M. Hult, C. Ringle, and M. Sarstedt, "A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling(PLS-SEM)", Sage Publications, 2013.
- [2] W. W. Chin, "The Partial Least Squares Approach to Structural Equation Modeling", *Modern Methods for Business Research*, Vol. 295, No. 2, pp. 295-336, 1998.
- [3] J. F. Hair, C. M. Ringle, and M. Sarstedt, "PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet", *Journal of Marketing Theory and Practice*, Vol. 19, No. 2, pp. 139-152, 2011.
- [4] M. Haenlein and A. M. Kaplan, "A Beginner's Guide to Partial Least Squares Analysis", *Understanding Statistics*, Vol. 3, No. 4, pp. 283-297, 2004.
- [5] J. Verzani, "Using R for Introductory Statistics", Chapman & Hall/CRC, 2004.
- [6] W. W. Chin, "Issues and Opinion on Structural Equation Modeling", *MIS Quarterly*, Vol. 22, No. 1, pp. 7-16, 1998.
- [7] B. R. Bae, "Analyses of Moderating and Mediating Effects with SPSS/AMOS/LISREL/ Smartpls", Ckbooks, 2015.
- [8] C. Cassel, P. Hackl, and A. H. Westlund, "Robustness of Partial Least-Squares Method for Estimating Latent Variable Quality Structures", *Journal of Applied Statistics*, Vol. 26, No. 4, pp. 435-446, 1999.
- [9] H. Kim, K. H. Park, "The Impact of Collaboration Process and Capabilities on Innovation Performance in Convergence Environment", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 5, pp. 151-158, 2015.
- [10] J. Henseler, C. M. Ringle, and R. R. Sinkovics, "The Use of Partial Least Squares Path Modeling in International Marketing", *Advances in International Marketing(AIM)*, Vol. 20, pp. 277-320, 2009.
- [11] Y. B. Yang, M. C. Kim, "Effect of HPM Factors on Adoption Attitude of u-Health System: Moderating Effects of Gender", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 13, No. 7, pp. 213-221, 2015.
- [12] L. A. Pace, "Beginning R: An Introduction to Statistical Programming", Apress, 2012.
- [13] G. Grolemond, "Hands-on Programming with R: Write Your Own Functions and Simulations", O'Reilly Media, 2014.
- [14] G. Sanchez, "PLS Path Modeling with R", Online, 2013.
- [15] S. Y. Kim, S. J. Lee, "Effects of Smart Phone's Brand Images on Customer's Satisfaction and Loyalty: Focused on Galaxy and iPhone User Groups", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 12, No. 10, pp. 223-233, 2014.
- [16] E. G. Carminesa and R. A. Zeller, "Reliability and Validity Assessment", Sage Publications, 1979.
- [17] C. Fornell and D. F. Larcker, "Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error", *Journal of Marketing Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 39-50, 1981.

김 용 태(Kim, Yong Tae)



- 2001년 2월 : 단국대학교 컴퓨터과 학 및 통계학과(이학석사)
- 2010년 8월 : 단국대학교 컴퓨터과 학 및 통계학과(이학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 통계학과 외래강사
- 관심분야 : 통계프로그래밍, 응용통계, 데이터마이닝

· E-Mail : dataminer@naver.com

이 상 준(Lee, Sang Jun)



- 2004년 8월 : 단국대학교 컴퓨터과 학 및 통계학과(이학석사)
- 2010년 8월 : 동국대학교 경영학과 (경영학박사)
- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 : 배화여자대학교 경영과 겸임교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 교양과정부 교수

· 관심분야 : 마케팅, 전산통계, 데이터마이닝

· E-Mail : leesangjun@semyung.ac.kr