

信息系统学科结构方程模型使用规范研究*

闵庆飞¹ 刘子龙^{1,2} 刘振华^{1,3}

- (1. 大连理工大学管理与经济学部, 大连 116024;
2. 东北财经大学管理科学与工程学院, 大连 116025
3. 东北财经大学萨里国际商学院, 大连 116025)

摘要 作为一种重要的数据分析工具,结构方程模型(structural equation modeling, SEM)已经被广泛应用到多个学科领域。虽然 SEM 有自身的使用规范和衡量指标,但由于受到多方面因素的影响,对 SEM 的使用方法和规范依然有很多争议,在信息系统(information system, IS)这样的交叉学科更是如此。本文对近六年间发表在三大顶级 IS 国际期刊上使用 SEM 的论文进行了深入系统的统计与分析,以期揭示 IS 学术界对 SEM 的实际使用情况,探讨 SEM 的应用规范、总结规律、发现问题、把握趋势、深化细节,为指引我们未来更好地运用 SEM 提供指导和建议。

关键词 结构方程模型, 信息系统, 应用情况, 使用规范

中图分类号 C931.6

1 引言

结构方程模型(SEM)20世纪70年代起源于心理计量学与经济计量学^[1],20世纪90年代初开始得到广泛应用,是在已有的因果理论基础上,用与之相应的线性方程系统表示该因果理论的一种统计分析技术,其目的在于探索事物间的因果关系,并将这种关系用因果模式、路径图等形式加以表述,包含了方差分析、回归分析、路径分析和因子分析等统计分析技术^[2]。一般而言,SEM由测量模型(measurement model)和结构模型(structural model)两部分组成。测量模型反映的是观测变量与潜变量之间的关系,而结构模型则反映了潜变量之间的关系。

从大体上来说,SEM有两种方法:一种是基于主成分分析的SEM(component-based SEM),也称偏最小二乘分析(partial least square, PLS),强调实际数据中可以由模型解释的变异量(如 R^2);另一种是基于协方差的SEM(covariance-based SEM, CBSEM),强调观测的协方差矩阵(实际数据)与假设的协方差矩阵(研究模型)间的整体拟合。两者不同之处在于,PLS更适用于进行预测和理论建立(如探索性的研究),CBSEM更适用于参数的估计和模型的验证(需有较强的理论基础);CBSEM通常要求样本数据呈正态分布,PLS则无此要求;而且,一般情况下PLS所需样本量较小^[3]。

作为一种重要的数据分析工具,SEM将研究理论与数据测量有机地统一起来,对理论的建构和知识的积累有着重要意义,在社会学、心理学、市场营销、人力资源管理等多个学科领域中SEM已被广泛应用,对SEM的内涵、外延和使用规范已形成较高的共识。而这要归功于那些对SEM使用的数量与质量进行系统回顾的研究。这些研究关注于各自领域中SEM的使用情况,通过定量统计分析,

* 基金项目: 国家自然科学基金(71072108、71033002)。

通信作者: 闵庆飞,大连理工大学管理与经济学部部长助理、副教授、博士生导师。E-mail: minqf@dlut.edu.cn。

识别出 SEM 应用的恰当与不当之处,并提出改进建议。这对于保证高质量的学术研究是十分重要的。

尽管 SEM 有自身的使用规范和衡量指标,但是由于受到应用软件、模型复杂程度、样本数据以及研究者个人偏好等多方面因素的影响,在其应用过程中难免会有不合规范、质量参差不齐的现象。SEM 软件今年来发展很快,界面越来越友好,操作越来越简便,但这也使运行参数的选择愈发重要,误用对研究质量的影响也越大。

而在 IS 领域,SEM 被引入研究的时间较晚,虽然应用 SEM 的研究已不鲜见,对于 SEM 的使用也多有探讨,但仍缺乏对 SEM 应用现状的了解和系统回顾,这对 IS 学科长期发展不利。因此,有必要对 IS 领域内的 SEM 应用情况进行系统的梳理和总结,识别最佳实践,减少不规范的误用。本文对 2006—2011 年间发表在三大顶级 IS 期刊 MIS Quarterly (MISQ)、Information Systems Research (ISR)、Journal of Management Information Systems (JMIS) 上使用 SEM 的论文进行了深入系统的统计与分析,以揭示 IS 学术界对 SEM 的实际使用情况,探讨 SEM 的应用规范、总结规律、发现问题、把握趋势、深化细节,为更好地运用 SEM 提供指导和建议。

2 研究方法

2.1 期刊与文章的选取

为了能在最大程度上准确反映 IS 领域 SEM 的应用情况,作者认为与大范围的粗略检索相比,选择顶级学术期刊并通过深入阅读进行人工编码的方式更能保证研究信度与效度。通过参考多位学者对 IS 领域期刊的排名,本文选择了公认的前三位期刊——MISQ、ISR 和 JMIS。尽管三个期刊都在美国,但所出版的论文来自世界各地,有着较好的分析“厚度”,我们相信 MISQ、ISR 以及 JMIS 会有着很好的代表性。时间跨度上,选择了 2006—2011 六年的期刊,这一较大的样本以及每年稳定的 SEM 使用率(见后文)可以表明,所选取的时间段足以用于分析近年来 IS 领域中 SEM 的应用现状。

但对于本文研究目标来说,即便是上述三刊也并不是所有论文都是我们所关注的。入选论文应该同时满足两个标准:①专注于 IS 领域研究问题的学术论文(research article);②明确采用实证范式。因此,通过对三刊文章版块的分析,作者剔除了 MISQ 中 Research Essay 和 Research Commentary (Research Essay 主要阐述方法论问题,而 Research Commentary 则为受主编邀请的学者对研究方向或研究方法进行的讨论及对某领域的展望)、ISR 中的 Research Commentary (对当前研究的批评和对未来研究的建议)等类型的文章,最终共筛选出 632 篇论文,我们称之为基础论文库。接下来我们下载了所有 632 篇入选论文,在全文范围内以 SEM 及其关键技术,如测量模型(measurement model)、结构模型(structural model)、验证性因子分析(confirmative factor analysis, CFA)等为关键词(包括各种词形变化和同义词)进行检索,辅以人工阅读来进行筛查。最终确定共有 153 篇论文(24.2%)明确、正式地使用了 SEM 技术。

2.2 编码系统和编码策略

为保证编码过程的严谨,本研究首先建立了一套 SEM 使用情况评估程序,对每篇文章采用相同标准和流程进行结构化编码。我们首先参考社会学研究领域对 SEM 应用的研究论文^[4],提出了一套初始编码系统,然后选择一部分 IS 论文进行分析测试,发现问题后进行修改并进行下一轮试测。如

此反复,直至试测不再出现新问题为止。最终的编码系统主要包括了 SEM 类别、使用软件、样本大小、模型修正和模型拟合等部分。

除了上述多轮试测外,为保证编码的信度,本文的两位作者分别、独立地阅读每一篇论文,独立编码并交叉验证。对验证结果的 Cronbach α 检验表明编码过程有着较好的信度($\alpha > 0.8$)。对有分歧的地方,由本文的所有作者共同讨论确定最终结果。

3 研究结果

3.1 SEM 应用情况概述

通过使用上述编码过程,三大 IS 期刊在过去六年间使用两类 SEM 的频率如表 1 所示,数字为期刊中使用某种 SEM 方法的论文数,括号中数字为其占该期刊文章总数的百分比。三个期刊具有很大的相似性:PLS 的应用频率是 CBSEM 的两倍以上。两种方法的应用频率分别为 16.9% 和 6.6%。还有 4 篇论文(0.6%)同时采用了 PLS 和 CBSEM。

表 1 六年间三大期刊 SEM 应用情况

	论文总数	SEM 论文数量	PLS	CBSEM	PLS+CBSEM
MISQ	207	60(29.0%)	43(20.8%)	15(7.2%)	2(1.0%)
ISR	182	36(19.8%)	25(13.7%)	10(5.5%)	1(0.5%)
JMIS	243	57(23.5%)	39(16%)	17(7.0%)	1(0.4%)
总计	632	153(24.2%)	107(16.9%)	42(6.6%)	4(0.6%)

三刊各年 SEM 应用频率如表 2 所示,表中数字为各年使用某种 SEM 方法的论文数,括号中数字为其占当年三刊论文总数的百分比。由表可知,除了 2006—2007 年的下滑之外,两种 SEM 的应用在五年的时间里一直保持在稳定的平均水平(22%左右),各单个期刊的趋势亦如此。本文认为,这一发展趋势反映出在 IS 领域,SEM 的合理性与严谨性已不再那么富有争议,适用范围与边界不再那么模糊。而且,SEM 也不再被认为是研究或分析方法上的一种创新,而是更理性地被用做一种工具而已。这也反映出 SEM 进入了一个广泛而合理应用的成熟阶段。

表 2 2006—2011 年 SEM 应用趋势

年份	三刊论文总数	SEM 论文数量	PLS	CBSEM	PLS+CBSEM
2006	104	32(30.8%)	24(23.1%)	8(7.7%)	0(0.0%)
2007	93	22(21.5%)	15(16.1%)	5(5.4%)	2(2.2%)
2008	102	23(21.6%)	14(13.7%)	8(7.8%)	1(1.0%)
2009	95	24(24.2%)	18(18.9%)	5(5.3%)	1(1.1%)
2010	107	21(19.6%)	16(15.0%)	5(4.7%)	0(0.0%)
2011	131	31(23.7%)	20(15.3%)	11(8.4%)	0(0.0%)

3.2 SEM 应用的基本属性与特征

SEM 应用的基本属性与特征如表 3 所示。在应用软件方面,PLS-Graph 使用最为广泛,其次是

Amos、LISREL、SmartPLS、EQS、Mplus 和 SAS。对于数据收集方法,问卷调查、实验室实验、现场实验和二手数据的使用率分别为 74.5%、17.0%、7.2%和 2.0%(有的论文使用了不止一种数据收集方法)。

表 3 SEM 应用的基本属性与特征

属性与特征		论文数	%(N=153)
使用软件	PLS-Graph	55	35.9
	Amos	18	11.8
	Lisrel	16	10.5
	SmartPLS	12	7.8
	EQS	4	2.6
	Mplus	4	2.6
	SAS	2	1.3
	warpPLS	1	0.7
	未报告	41	26.8
数据收集方法	问卷调查	114	74.5
	实验室实验	26	17.0
	现场实验	11	7.2
	二手数据	3	2.0
估计方法	PLS	109	71.2
	ML	8	5.2
	WLS	1	0.7
	WLSVA	1	0.7
	未报告	34	22.2
使用中介变量	是	68	44.4
	否	85	55.6
使用调节变量	是	94	61.4
	否	59	38.6
模型修正与否	是	33	21.6
	否	120	78.4

关于估计方法的发现与之前的研究一致,即极大似然估计(maximum likelihood, ML)是 CBSEM 中使用最为广泛的估计方法,另外各有 1 篇论文使用加权最小二乘法(weighted least squares, WLS)和加权最小二乘法及方差调整(weighted least squares and variance adjustment, WLSVA)估计方法。

在对理论的阐释过程中,常常需要引入调节变量(mediator)或中介变量(moderator)。调节变量为现有理论划出限制条件和适用范围,而中介变量解释关系背后的作用机制^[5]。在本研究中,94 篇论文(61.4%)使用了调节变量并检验了调节作用,68 篇论文(44.4%)使用了中介变量并检验了中介作用^①。

① 有的论文虽然对中介变量和调节变量有涉及,但并未在研究模型中详述,更没有实证检验,故此类论文未计入。

4 SEM 应用规范探讨

SEM 作为一种统计分析技术,过程中各种指标、数据的报告可以使其他学者对研究有更全面、深入的了解,而原始数据的报告更可使研究过程得以清晰重现。作者应报告的内容包括选择 SEM 的原因、研究模型、样本选取过程、样本大小、估计方法的选择、相关矩阵/协方差矩阵、总体模型拟合统计量、模型参数估计和参数估计的标准误差等^[6]。本节对 SEM 使用过程中应报告的内容及应用情境进行了探讨。

4.1 估计方法

SEM 使用拟合函数将总体与样本间的差异最小化,而拟合函数就是将数据转化为估计量。多数 SEM 软件中默认的估计方法——ML(如文献[7])在本研究中亦被证明是领域中除 PLS 之外应用最为广泛的估计方法。但与 PLS 不同,ML 估计应用的基本前提条件是数据的多元正态性(multivariate normality)。在这种前提下,“ML 方法给出的参数估计无偏、一致、渐近有效。而如果数据非正态分布,整体模型拟合的 χ^2 值会膨胀,个别参数值的标准误估计偏小,导致该参数估计值达到统计上的显著水平,接纳实际上没有意义的参数”^[8]。然而,在本研究所分析的论文中,明确表明使用 ML 的 8 篇论文均没有对样本数据是否呈正态性进行检验。另外,尽管未声明估计方法的论文中有 6 篇检验了多元正态性,这一问题在其他学科中同样存在,文献[9]的研究发现,在战略管理领域中 81% 的研究都没有对样本的正态性进行检验,而且这种现象在近年来的研究中并没有得到有效的改善。从社会科学研究范畴来看,其所涉及的潜变量反映了用户对某一问题的主观倾向,而这些数据往往呈现出偏正态分布的倾向。这也是 PLS 方法被广泛应用的原因之一,这一点也在其他学科的研究中得到了支持。例如,文献[10]的研究发现在营销领域内超过 50% 使用 PLS 方法进行估计的原因是由于样本的非正态分布。

4.2 样本量大小

学界对于 SEM 中使用多大的样本量是合适的一直都有争议。影响样本量大小的因素很多,如 SEM 类型(PLS 或 CBSEM)、数据类型(正态数据、顺序数据等)、模型复杂度、变量数目、数据收集方法等。因而在学界对此并无硬性标准,即便是经验法则也是众说纷纭且差别极大,有时甚至是矛盾的。本研究中样本量最小值为 41^[11],最大值为 1596^[12],中值为 215,均值为 300,标准差为 264^①。从其他如心理学、营销、会计等领域来看,样本的比例的分布和信息系统学科也大致相同^[10,13,14],这也佐证了学界对样本量问题莫衷一是的现状。

本研究比较 SEM 不同类型对样本量选择的差异性,如表 4 所示。由于 CBSEM 对样本量要求较高,因此使用 CBSEM 的论文的样本量没有低于 100 以下,其样本多集中于 100~500 之间,而 PLS 方法有相当一部的论文在 100 以下(20.6%),更多的比例集中于 100~200 之间(34.6%)。这也从一个侧面反映了样本量是用户选择使用 PLS 方法的原因之一。然而对于大样本数据来看,更多的学者倾向于用 CBSEM,其中在 500~1000 样本区间中,CBSEM 的比例(16.7%)明显高于 PLS(9.3%),同样的情况在 1000 以上的区间也存在(7.2% vs 3.6%)。

① 存在着一篇论文中有着多个样本的情况,原因可能是样本来自不同时间段、用于检查不同研究模型或是用于组间比较,故没有将其加总而是计算算术平均值作为该论文的样本量。

表 4 不同 SEM 类型样本量比较

样本区间	PLS(N=107)	CBSEM(N=42)
100 以下	22(20.6%)	0(0%)
101~200	37(34.6%)	11(26.2%)
201~300	17(15.9%)	12(28.6%)
301~400	12(11.2%)	6(14.3%)
401~500	6(5.6%)	3(7.1%)
501~1000	10(9.3%)	7(16.7%)
1001 以上	4(3.6%)	3(7.2%)
合计	107(100%)	42(100%)

4.3 潜变量与观测变量

学术研究中所涉及的变量常常是不可直接测量的,即潜变量。如何选择合适的观测变量来间接测量潜变量,是论文中的重要组成部分,对于信效度的建立也是不可或缺的。本研究中,大部分论文都报告了用于测量潜变量的观测变量,只有 15 篇(9.8%)没有报告。

观测变量是潜变量的标识(indicators),根据 SEM 的原理,每个潜变量至少应该有 3 个观测变量才能被认为是“可识别的”(identifiable)^[15]。然而本研究却发现在 153 篇 SEM 论文中,有 55 篇(35.9%)论文中个别潜变量只有 2 个观测指标,另有 4 篇(2.6%)论文没有潜变量(即变量均为单一指标的显变量,如文献[16],还有 6 篇(3.9%)没有报告指标使用情况。根据统计,单篇论文中观测变量个数与潜变量个数的比值最小值为 2.0^[17],最大值为 7.6^[18],中值为 3.5,均值为 3.7,标准差为 1.0。

观测变量不充分的具体原因不得而知,但是一个很可能的原因是出于数据结果的驱动而被迫删除个别观测指标,以达到统计上可以接受的结果。事实上,添加或删除因子负荷是对测量方程进行修正的一个途径^[19],这本无可厚非,但是为了达到理想的数据结果而使指标数量低于两个这种做法无疑是值得研究者深思的。

由于 CBSEM 无法有效地处理构成性指标,PLS 成为验证构成性测量模型有效性的方法之一。在本研究分析的使用 PLS 方法的 107 篇文献中,有 54 篇(50.5%)涉及了构成性指标,这也是学者们选择 PLS 方法的重要因素之一。但也有个别使用 CBSEM 方法的论文直接通过算术平均数相对简单地处理构成性指标(5 篇,11.9%)

4.4 模型拟合度

模型拟合度是指研究模型与样本数据间的吻合程度,对于其量化指标——拟合指数,在 SEM 发展历史上一直受到较高的重视,“从 1973 年 Tucker 和 Lewis 提出的第一个指数 TLI 至 1996 年 Marsh 和 Balla 提出的 NTLI 文献上正式发表,有名字的指数有 40 多个”^[19]。本研究中各论文的拟合指标使用情况如表 5 所示^①: 46 篇应用 CBSEM 的论文中有 5 篇没有报告任何拟合度指标;最常用的拟合指标为 χ^2 、CFI、RMSEA;各指数都显示出研究对数据有着较好的拟合度。在其他领域中近年来的研究中,这些拟合指标报告的比例也在日趋提高。例如文献[9]指出 1995 年以后的战略管理领域内的文献 70%都报告了常用的拟合指标。在三个最常用的拟合指标中,争议最大的为 χ^2 。有文献指

① PLS 使用的效度评价标准与 CBSEM 不尽相同,故表中百分比基于使用 CBSEM 论文数(46)。

出, χ^2 值与样本规模相关联, 因而它常常不能很好地判定模型的拟合。由于 χ^2 值会随着样本量的增大而增大, “所以, 即使观测的与模型引申的方差协方差矩阵之间的差别其实不大, 拒绝一个模型的概率”也会随着样本规模的增加而增加。为了使样本规模对拟合检验的影响降低, 研究者们提倡用卡方与自由度之比来衡量拟合效果, 如果这一比值小于 2, 则可以认为模型拟合较好。也有研究认为拟合小于 3 较好, 甚至小于 5 也是可以接受的。

表 5 拟合指标的应用

拟合指标	论文数	%(N=46)
χ^2	39	84.8
CFI	37	80.4
RMSEA	35	76.1
GFI	20	43.5
NFI	17	37.0
AGFI	15	32.6
NNFI	15	32.6
TLI	11	23.9
SRMR	9	19.6
IFI	8	17.4
RMR	7	15.2
RMSR	4	8.7
RFI	2	4.3
AIC	2	4.3
WRMR	1	2.2

4.5 模型的修正

没有一个模型是完美的, 模型修正有助于认识初始模型的缺陷。在 SEM 使用过程中也常常会出现统计拟合较差的情况, 即初始模型被数据拒绝, 这时我们需要了解这个模型在什么地方有问题, 怎样才能使其拟合较好, 也就是需要对模型进行修正, 然后再用相同的观测数据进行检验。需要指出的是, 统计结果只是为模型修正提供建议, 是否修正主要还应以理论和逻辑为基础。本研究中有 33 篇论文(21.6%)提及对模型进行了修正, 其中有 29 篇(87.9%)报告了修正过程。修正的依据主要是验证性因子分析(CFA)或探索性因子分析(exploratory factor analysis, EFA)后的载荷系数^[20]或系数的 t 值(如文献[21]), 却鲜有强有力的理论或逻辑上的支持。当然, 模型修正势必会带来额外的研究工作量, 延长了研究周期, 这也是学者们所面临的又一个挑战。

4.6 估计参数与重现数据的报告

估计参数(包括因子载荷系数和路径系数)是 SEM 的基本结果, 大部分文章都进行了报告。在 153 篇应用 SEM 的论文中, 有 127 篇(85.2%)报告了因子载荷系数(factor loading), 有 22 篇(14.8%)只提及均超过了基准值, 而没有报告具体数值。对于路径系数(coefficients), 151 篇(98.7%)论文进行了报告, 有 1 篇论文没有报告, 有 1 篇论文对于研究假设的检验没有使用 SEM^[22]。

结构方程的数学和统计学基础是完全建立在方差和协方差分析之上的, 所以, 结构方程分析也被称作协方差结构分析, 即结构方程所分析的数据是原始数据的协方差。也正因为如此, 协方差矩阵

(covariance matrix)的报告可以使研究者对原始数据有所了解,是研究可重现的一个体现。有时候,研究者也会用相关矩阵(correlation matrix)来代替协方差矩阵。这种做法大多数情况下是可以的,但是这有一个前提,即需要保证分析的模型和模型中的参数都是尺度不变的^[19]。结构方程是将协方差矩阵分解成八大矩阵,经过不断迭代并估计这几个矩阵的值,计算出模型的一些适配度指标等。所以,协方差矩阵或相关矩阵的报告有着基础性的意义。但在我们分析的 153 篇论文中,只有 2 篇(1.3%)报告了协方差矩阵(如文献[23]);报告相关矩阵的也只有 15 篇(9.8%),其余 136 篇(88.9%)没有报告。这一问题在其他学科中也同样存在,例如文献[10]年对营销领域综述发现只有 4.9%的论文报告了协方差矩阵或者相关性矩阵。文献[13]的研究发现在心理学领域 25%的论文都无法确定其模型拟合是否和协方差矩阵或者相关性矩阵相一致。Shook 等也同样发现在战略管理领域 81%的论文都没有指出协方差矩阵或者相关性矩阵。其中的原因可能是与数据相比结果更为重要,甚至是版面上的考虑(本研究中平均变量数达 26 个)。

4.7 共同方法偏差

在社会科学领域,研究受困于各种测量误差已是公认的事实^[24]。个体在某一测量上的回答可以分为两个部分,一部分来自相应的构念(construct);一部分则来自各种测量手段。具体来说,当使用相同或近似的测量手段测量两个变量时,两个变量值中的测量误差会发生共变(covary),从而使观测到的相关被放大。Podsakoff 等^[25]提出一个观测相关的成分公式:观测相关=构念层面的相关+共同方法变异(common method variance, CMV)造成的伪相关+误差。上式中的误差包括除 CMV 之外的所有误差,而 CMV 造成的伪误差即为共同方法偏差(common method bias, CMB)。

近年来,IS 学界开始关注 CMB 的影响^[26]。Woszczyński 和 Whitman^[27]估计在主流 IS 领域期刊中超过半数的研究中 CMV 已构成了对效度的威胁。但与此相反,Malhotra 等^[28]提出 IS 领域的偏差程度并不严重,对已出版研究的效度并不构成潜在威胁。

针对于此,我们在研究设计中加入了对共同方法偏差的考察。本研究中,有 86 篇论文(56.2%)考虑了共同方法偏差问题(如文献[11]),采取了研究设计上的预防措施或对其进行了统计检验。但仍有 67 篇(43.8%)没有考虑这一问题。学者们通常采用以下技术来检验和控制共同方法偏差:Harman 的单因素检验(Harman's Single-Factor Test)、相关性标记技术(Correlation Marker Technique)、验证性因子分析标记技术(CFA Marker Technique)和未测量的潜在标记构念(Unmeasured Latent Marker Construct, ULMC)等。ULMC 由于其使用的简单性和直观性,一经 Liang 等^[20]提出,就迅速在 IS 领域内得到了迅速的应用。但 Chin 等^[23]认为 ULMC 并不能有效地检验使用 PLS 方法中的 CMB 问题。目前的趋势是高水平的国际期刊都越来越重视 CMB 问题,可以说如何有效地检验和控制 CMB 已经成为衡量论文水平的一个重要指标。

4.8 SEM 的灵活应用

在编码过程中我们发现,SEM 常常并不是唯一的统计分析手段,应用的目的、方式也不尽相同,有着很大的灵活性。

学者常常会根据研究的特点和目的来选择合适的 SEM 类型。PLS 常被认为是预测导向的(prediction-oriented),而 CBSEM 常被认为是参数导向的(parameter-oriented),因而一些学者使用 CBSEM 软件进行因子分析,而使用 PLS 对结构模型进行检验(如文献[29]、[30])。也有学者基于构成性指标(formativ indicator, CBSEM 被认为不可对其分析)的考虑而在结构模型验证阶段仅使用 PLS 进行分析(如文献[31])。也有学者只是将 SEM 分析视为对其主要统计分析方法的佐证,如文

献[32]将 PLS 作为最小二乘(ordinary least squares, OLS)估计的验证, Mithas 等[33]将 CBSEM 用以验证其主要使用的似不相关回归(seemingly unrelated regression estimation, SURE)技术, 文献[21]仅将 CBSEM 用于共同方法偏差的检验等。

研究中多数对 SEM 的使用都是对线性模型的分析。但 SEM 同样适用于非线性模型的统计检验。如 Titah 和 Barki^[34]将二次变量加入线性模型, Guo 等^[35]使用 WarpPLS 软件, 基于非线性的假设对参数进行估计。

5 结论

我们识别了 IS 领域在 SEM 的应用过程中对统计效度的五个威胁。第一, 估计方法的选择是 SEM 使用过程中必须考虑的重要问题, 研究中所使用数据的类型与分布情况、样本量大小等都是需要考虑的因素, 不同估计方法的选择会对研究的效度产生很大的影响。但统计结果表明, IS 领域中应用 SEM 的研究对估计方法的指明和选择过程的论述尚为不足。对于 PLS 的选择多数 IS 学者都能通过 PLS 与 CBSEM 的比较为自己的选择做出辩护, 但应用 CBSEM 的研究却鲜有报告估计方法, 即便报告也缺乏充分的理由(如最常用的 ML 估计, 对 ML 估计的基本假设——多元正态分布却没有检验)。第二, SEM 中应使用多大的样本? 我们的统计结果表明 IS 学界中并没有一个标准答案。影响样本量大小的因素众多, 最低标准众说纷纭, 都是导致不同研究的样本量相差极大的因素。第三, 对于观测变量数与潜变量数的比率问题, 55 篇(35.9%)论文中某些潜变量只有 2 个指标, 这显示出 IS 学界对模型的识别(identification)问题的认识也不够统一。第四, 对于 CMB 问题, 尚有 67 篇(43.8%)研究未对此进行研究设计和统计上的预防与检验。第五, 实际研究中初始研究模型的统计参数往往不尽如人意, 需要对其反复推敲与修改才能最终成型。但在本研究中多数 IS 学者(78.4%)并没有将这一过程报告出来, 即使报告也较为简单, 看来学术对话的深度与效率是 IS 研究者需要把握的平衡之一。

本研究系统分析了 SEM 这一统计分析技术在国际 IS 学界的应用情况, 在 SEM 广泛应用和迅速发展的同时, 我们也注意到其应用尚有不够规范之处。希望本文能够引起学界同仁对 SEM 使用规范的重视, 更好地夯实这一领域的方法论基础, 促进 IS 学科的发展。

参考文献

- [1] Kaplan D. Structural equation modeling: Foundations and extensions[M]. SAGE Publications, 2009.
- [2] Kline R. Principles and practice of structural equation modeling Guilford[M]. New York, 1998.
- [3] Gefen D, Straub D W, Boudreau M C. Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice[J]. Communications of the Association for Information Systems, 2000, 4(7).
- [4] Guo B, Perron B E, Gillespie D F. A systematic review of structural equation modelling in social work research[J]. British Journal of Social Work, 2009, 39(8): 1556-1574.
- [5] 陈晓萍, 徐淑英, 樊景立. 组织与管理研究的实证方法[M]. 北京大学出版社, 2008.
- [6] Hoyle R H. Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications[M]. Sage, 1995.
- [7] Angst C M, Agarwal R. Adoption of electronic health records in the presence of privacy concerns: The elaboration likelihood model and individual persuasion[J]. MIS Quarterly, 2009, 33(2): 339-370.
- [8] 方敏, 黄正峰. 结构方程模型下非正态数据的处理[J]. 中国卫生统计, 2010, 27(1): 4.
- [9] Shook C L, Ketchen D J, Hult G T M, Kacmar K M. An assessment of the use of structural equation modeling in strategic management research[J]. Strategic Management Journal, 2004, 25(4): 397-404.

- [10] Hair J F, Sarstedt M, Ringle C M, Mena J A. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research [J]. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 2012, 40 (3): 414-433.
- [11] Malhotra A, Gosain S, El Sawy O A. Leveraging standard electronic business interfaces to enable adaptive supply chain partnerships [J]. *Information Systems Research*, 2007, 18(3): 260-279.
- [12] Venkatesh V, Ramesh V. Web and wireless site usability: Understanding differences and modeling use [J]. *MIS Quarterly*, 2006, 30(1): 181-206.
- [13] MacCallum R C, Austin J T. Applications of structural equation modeling in psychological research [J]. *Annual Review of Psychology*, 2000, 51(1): 201-226.
- [14] Lee L, Petter S, Fayard D, Robinson S. On the use of partial least squares path modeling in accounting research [J]. *International Journal of Accounting Information Systems*, 2011, 12(4): 305-328.
- [15] Kim G, Shin B, Grover V. Investigating two contradictory views of formative measurement in information systems research [J]. *MIS Quarterly*, 2010, 34(2): 345-365.
- [16] Joshi K D, Chi L, Datta A, Han S. Changing the competitive landscape: Continuous innovation through IT-enabled knowledge capabilities [J]. *Information Systems Research*, 2010, 21(3): 472-495.
- [17] Boh W F, Yellin D. Using enterprise architecture standards in managing information technology [J]. *Journal of Management Information Systems*, 2007, 23(3): 163-207.
- [18] Klein G, Jiang J J, Cheney P. Resolving difference score issues in information systems research [J]. *MIS Quarterly*, 2009, 33(4): 811-826.
- [19] 侯杰泰, 温忠麟, 成子娟. 结构方程模型及其应用 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2004.
- [20] Liang H, Saraf N, Hu Q, Xue Y. Assimilation of enterprise systems: The effect of institutional pressures and the mediating role of top management [J]. *MIS Quarterly*, 2007, 31(1): 59-87.
- [21] D'Arcy J, Hovav A, Galletta D. User awareness of security countermeasures and its impact on information systems misuse: A deterrence approach [J]. *Information Systems Research*, 2009, 20(1): 79-98.
- [22] Tallon P P. A process-oriented perspective on the alignment of information technology and business strategy [J]. *Journal of Management Information Systems*, 2007, 24(3): 227-268.
- [23] Chin W W, Johnson N, Schwarz A. A fast form approach to measuring technology acceptance and other constructs [J]. *MIS Quarterly*, 2008, 32(4): 687-703.
- [24] Burton-Jones A, Gallivan M J. Toward a deeper understanding of system usage in organizations: a multilevel perspective [J]. *MIS Quarterly*, 2007, 31(4): 657-679.
- [25] Podsakoff P M, MacKenzie S B, Lee J-Y, Podsakoff N P. Common method biases in behavioral research: a critical review of the literature and recommended remedies [J]. *Journal of Applied Psychology*, 2003, 88(5): 879.
- [26] Burton-Jones A. Minimizing method bias through programmatic research [J]. *MIS Quarterly*, 2009, 33(3): 445-471.
- [27] Whitman M E, Woszczyński A B. *The handbook of information systems research* [M]. IGI Global, 2004.
- [28] Malhotra N K, Kim S S, Patil A. Common method variance in IS research: A comparison of alternative approaches and a reanalysis of past research [J]. *Management Science*, 2006, 52(12): 1865-1883.
- [29] Cenfetelli R T, Bassellier G. Interpretation of formative measurement in information systems research [J]. *MIS Quarterly*, 2009, 33(4): 689-707.
- [30] Cenfetelli R T, Benbasat I, Al-Natour S. Addressing the what and how of online services: Positioning supporting-services functionality and service quality for business-to-consumer success [J]. *Information Systems Research*, 2008, 19(2): 161-181.
- [31] Hsieh J J, Rai A, Keil M. Addressing Digital inequality for the socioeconomically disadvantaged through government Initiatives: Forms of capital that affect ICT utilization [J]. *Information Systems Research*, 2011, 22(2): 233-253.
- [32] Klein R, Rai A. Interfirm strategic information flows in logistics supply chain relationships [J]. *MIS Quarterly*,

- 2009,33(4): 735-762.
- [33] Mithas S,Ramasubbu N,Sambamurthy V. How information management capability influences firm performance [J]. MIS Quarterly,2011,35(1): 237-256.
- [34] Titah R,Barki H. Nonlinearities between attitude and subjective norms in information technology acceptance: a negative synergy? [J]. MIS Quarterly,2009,33(4): 827-844.
- [35] Guo K H,Yuan Y,Archer N P,Connelly C E. Understanding nonmalicious security violations in the workplace: A composite behavior model[J]. Journal of Management Information Systems,2011,28(2): 203-236.

Norms of Using Structural Equation Modeling in IS Discipline

MIN Qingfei¹, LIU Zilong^{1,2}, LIU Zhenhua^{1,3}

- (1. Faculty of Management & Economics, Dalian University of Technology, Dalian, China, 116024
2. School of Management Science & Engineering, Dongbei University of Finance & Economics, Dalian, China, 116025
3. Surrey International School, Dongbei University of Finance & Economics, Dalian, China, 116025)

Abstract As an important data analysis method, structural equation modeling (SEM) has been widely used in some disciplines. Unfortunately, there are some controversy and confusions on the using norms of SEM. This is especially true in some interdisciplinary fields like IS. This paper systematically reviewed and analyzed articles published in the top 3 IS journals in the last six years, and try to explore SEM using norms, sum up the rules, identify problems and grasp the trends. Hope our findings can shed some lights on future IS studies in terms of SEM using.

Key words Structural equation modeling, Information systems, Using status, Using norms

作者简介

闵庆飞(1974.9—),男,大连理工大学管理与经济学部部长助理、副教授、博士生导师。研究方向:社会化媒体、IS/IT 实施与采纳、电子商务等。

刘子龙(1980.2—),男,大连理工大学管理与经济学部博士后、东北财经大学管理科学与工程学院副教授。研究方向:电子商务社会化媒体、网络隐私等。

刘振华(1980.9—),女,大连理工大学博士后、东北财经大学萨里国际商学院讲师。研究方向:IS/IT 实施与采纳、电子商务等。