

文章编号:1673-8411 (2016) 03-0112-05

结构方程模型在风云卫星数据服务满意度测评中的应用研究

李雪, 咸迪

(国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘要:将结构方程模型应用于风云卫星数据服务满意度研究,从平台使用、服务流程、服务响应、服务内容、服务主动性、服务宣传六个方面构建结构方程模型,通过问卷调查收集数据,采用验证性因子分析法,进行信度和效度检验,并采用潜在变量路径分析法,探讨了评价模型中各因素间的相互作用机制。结果表明完整的服务内容有助于提高平台使用满意度以及用户对服务产品、服务方式、服务内容的认知度,规范的服务流程有助于提高服务响应的及时性,此外,服务主动性对服务响应和服务宣传均存在显著正向影响。

关键词:风云卫星;数据服务;结构方程模型;验证性因子分析;路径分析

中图分类号:P49

文献标识码:A

Application of structure equation model in service satisfaction assessment of FY satellite data

LiXue, Xian Di

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the structure equation model built by convenience, service procedure, service response, content integrity, service initiative and service cognition, the service satisfaction assessment of FY satellite data was made. According to the data collected by the survey, confirmatory factor analysis (CFA) and potential variables tracking analysis, the interaction mechanism of the evaluation model between various factors were discussed. The result shows that content integrity is helpful to improve satisfaction of website, and the recognition of service product, service mode and service content. Standardized service procedure would help to improve the timeliness of service response. Beyond that, service initiative has significantly positive effect on service response and service cognition.

Key words: FY satellite; data service; structure equation model; confirmatory factor analysis (CFA); path analysis

引言

自 2005 年风云卫星遥感数据服务网上线以来,注册用户超过 3 万人,遍及中国所有省、市和自治区以及 70 多个国家和地区,分布在近 100 个行业。数据服务量逐年增加,其中风云卫星的数据下载量远

大于国外卫星。随着用户的需求不断增加,评估风云卫星的数据服务效益,有助于提高气象卫星数据服务水平。

对气象服务的效益进行评估是一项比较复杂的工作。国内外很多专家和学者用不同方法对气象服务效益进行分析和评价。如 Nguyen 等^[1]采用问卷调

收稿日期:2016-01-28

基金项目:中国气象局软科学研究项目《风云卫星应用效益评估方法研究——以风云三号为例》

作者简介:李雪(1985-),满族,女,北京人,硕士,工程师,主要从事气象卫星数据处理与应用方面的研究。

查的方式计算了越南的台风预警服务的经济效益, Krieger 等^[2]提出了服务效益评估的决策优化模型。目前公众气象服务经济效益评估主要有节省费用法、支付意愿法、影子价格法^[3-5]。张晓美等^[6]利用这三种方法,定量评价分析了 2011 年全国公众气象服务经济效益。也有学者利用条件价值评估法、密切值法等进行公众气象服务效益评估。如吴先华等^[7]采用条件价值法计算支付意愿值,并分析其影响因素。在行业气象服务效益评估方面,常用的评价方法有德尔斐(Delphi)法^[8-10]、“影子”价格法、投入产出法、损失矩阵法等。如德尔斐法用于评估风电行业^[11-12]、“三农”^[13]和苹果气象灾害^[14]、气象卫星遥感技术服务^[15]等的效益。吴亚玲等^[16]利用投入产出法对深圳市的行业气象服务效益进行评估。在决策气象服务效益评估中,奥运气象服务的效益评估是比较有代表性的工作。罗慧等^[17]建立气象服务期望度/满意度组合矩阵模型,定量分析了奥运气象服务的社会经济效益。

近几年运用结构方程模型对气象服务效益进行评估的研究逐渐增多。如王桂芝等^[18]构建了气象服务公众满意度测评的结构方程模型。李博等^[19]探讨了结构方程模型在气象防灾减灾服务效益中的应用。王云等^[20]利用结构方程模型对江苏省公共气象服务效益进行评估。吴先华等^[21]将支付意愿法与结构方程模型相结合,应用路径分析法评估了沪宁高速公路的气象服务效益值。

但目前还没有运用结构方程模型对气象卫星数据服务效益进行研究。因此,运用结构方程模型分析风云卫星数据服务效益,为进一步完善气象卫星数据服务效益评估方法,提高气象卫星数据服务水平

提供方法和决策依据。

1 研究方法

1.1 结构方程模型

结构方程模型是基于变量的协方差矩阵来分析变量之间关系的一种统计方法,整合了因素分析与路径分析两种统计方法。结构方程模型包括两个模型:测量模型与结构模型。测量模型是一组观察变量的线性函数,描述的是潜在变量与观察变量之间的关系,在结构方程模型中是一种验证性因子分析。结构模型是潜在变量间因果关系模型的说明,使潜在变量之间的关系可以以路径分析的概念来讨论。各模型方程式如下^[22-24]:

$$x=\Lambda_x\xi+\delta$$
$$y=\Lambda_y\eta+\varepsilon$$
$$\eta=B\eta+\Gamma\xi+\zeta$$

方程(1)和方程(2)为测量模型。其中, δ 和 ε 均为随机误差项矩阵。 Λ_x 是外生测量变量 x 在外生潜在变量上的因子负荷,反映了外生测量变量与外生潜在变量之间的关系, Λ_y 是内生测量变量 y 在内生潜在变量 η 上的因子负荷,反映了内生测量变量与内生潜在变量之间的关系。方程(3)称为结构模型。其中, B 、 Γ 都是路径系数, B 表示内生潜在变量之间的效应, Γ 表示外生潜在变量对于内生潜在变量值的效应, ζ 为随机误差项矩阵。

采用 Amos21 进行验证性因子分析和路径分析,模型评价标准如下^[23]:

1.2 信度

信度是指测量结果的一致性或稳定性。在进行信度分析时,常用的是系数。由于系数存在信度被低

表 1 模型适配度检验统计量的判定标准或临界值

	统计检验量	适配的标准或临界值
绝对适配度指数	$\frac{\chi^2}{DF}$ (卡方值与自由度的比值)	<2
	RMSEA (近似误差的均方根)	<0.05 (适配良好), <0.08 (适配合理)
	GFI (拟合优度指数)	>0.9
	AGFI (调整的拟合优度指数)	>0.9
增值适配度指数	NFI (规范拟合指数)	>0.9
	TLI (不规范拟合指数)	>0.9
	CFI (比较拟合指数)	>0.9
	RFI (相对拟合指数)	>0.9
	IFI (增值拟合指数)	>0.9

估,且要求潜在变量对各题项影响相等等问题,文中采用组合信度。组合信度基于同属模型,允许潜在变量对各题项的影响不同,并允许误差之间相关且不相等^[25]。计算公式如下^[23]:

$$\rho_c \frac{(\sum \lambda^2)}{[(\sum \lambda)^2 + \sum (\theta)]}$$

(4)

ρ_c 其中为组合信度, λ 为指标变量在潜在变量上的标准化参数估计值(因素负荷量), θ 为观察变量的误差变异量($1-\lambda^2$)。

1.3 效度

效度是指测量指标的有效性,一般使用内容效度和结构效度来检验^[26]。内容效度是指测量工具是否涵盖了它所测量的某一观念的所有项目,常采用逻辑分析和统计学分析相结合的方式。结构效度是指测量工具能够测量理论的概念或特质的程度,分为聚合效度和区分效度^[22]。

聚合效度是指测量相同潜在特质的题项会落在同一因素构面上,即题项之间具有高度相关^[26]。聚合效度的三个评判指标标准化因子载荷、测量变量的组合信度和平均方差抽取量需分别大于 0.4、0.7 和 0.5,表明聚合效度良好。平均方差抽取量计算公式如下^[23]:

$$\rho_v \frac{(\sum \lambda^2)}{[(\sum \lambda^2) + \sum (\theta)]}$$

(5)

区分效度是指构面所代表的潜在特质与其他构面所代表的潜在特质的低度相关或有显著的差异存在,当任一潜在变量的平均方差抽取量大于该潜在变量和其他各潜在变量之间相关系数的平方时,表示区分效度可以接受^[26]。

2 验证分析

2.1 问卷设计

基于层次分析法^[27],生成包含 6 个一级指标、19 个二级指标的风云卫星数据服务评价指标,如表 2 所示。在此基础上设计风云卫星数据服务满意度调查问卷。问卷采用 Likert5 级量表方式构建,分为“非常符合”、“符合”、“一般”、“不符合”、“非常不符合”5 个等级,在数据处理时分别赋予 5、4、3、2、1 的得分。

文中数据来源于 2015 年风云卫星数据服务

调查,通过数据服务网以及邮件邀请方式发布调查问卷,共收回问卷 264 份。

2.2 验证性因子分析

文中采用验证性因子分析法对该模型的拟合度

表 2 风云卫星数据服务评价指标

一级评价指标(潜在变量)	二级评价指标(观察变量)
平台使用	数据产品分类
	数据查询方式
	用户对服务平台的满意度
服务流程	网络服务流程规范性
	人工服务流程规范性
	电话服务流程规范性
服务响应	在线数据订购响应时间
	人工服务响应时间
	电话服务响应时间
	其他服务响应时间
服务内容	数据产品种类完整性
	用户使用手册完整性
	数据应用工具软件完整性
服务主动性	定期提供服务信息
	主动推广服务产品
服务宣传	用户对服务方式的认知度
	用户对服务内容的认知度
	用户对服务产品的认知度
	用户对服务信息的认知度

进行检验。采用极大似然估计法对风云卫星数据服务评测量表的六因素模型进行参数估计,如表 3 所示。结果表明该模型与实际数据的整体拟合效果比较理想: $\frac{\chi^2}{DF}=1.1<2$, $P=0.243>0.05$,说明假设模型较好地拟合了原始数据矩阵。RMSEA 值为 $0.02<0.05$,GFI 值为 $0.961>0.9$,CFI 值为 $0.999>0.9$,NFI 值为 $0.985>0.9$,总体拟合效果较好。

在因素分析中,以内部一致性系数作为各构念或各层面的信度系数,在结构方程模型分析中,则以组合信度作为模型潜在变量的信度系数,是模型内在质量的判别准则之一。若是潜在变量的组合信度值在 0.6 以上,表示模型的内在质量理想。利用公式(4)、公式(5)计算组合信度和平均方差抽取量,该模型的六个潜在变量的组合信度系数值均大于 0.6,模型内在质量佳。

所有题项的标准化因子载荷介于 0.808~0.997

表 3 风云卫星数据服务满意度量表整体拟合度检验结果

	RMSEA	GFI	AGFI	NFI	TLI	CFI	RFI	IFI
1.1	0.02	0.961	0.919	0.985	0.997	0.999	0.971	0.999

之间, 组合信度和平均方差抽取量均大于各自可接受的最低标准, 表明测量变量具有较好的聚合效度。

对因素间的相关系数进行运算发现, 各相关系数(0.348~0.466)的平方值在 0.121~0.217 之间, 低于上述平均方差抽取量, 说明该结构能够体现较好的区分效度。

2.3 路径分析

路径分析是线性回归分析的一种形式, 通过建立与观测数据一致的“原因”、“结果”的路径结构, 对变量之间的关系作出解释。

为探究平台使用、服务流程、服务响应、服务内容、服务主动性、服务宣传之间的关系, 提出假设:

H1:服务内容对于平台使用存在显著正向影响关系。

H2:服务内容对于服务宣传存在显著正向影响关系。

H3:服务流程对于服务响应存在显著正向影响关系。

H4:服务主动性对于服务响应存在显著正向影响关系。

H5:服务主动性对于服务宣传存在显著正向影响关系。

利用 AMOS21 对模型进行检验, 结果如表 4 所示, 表中的拟合指标值都符合判别标准, 说明该模型的路径分析结构合理。

以极大似然法估计各回归系数, 参数结果如表 5 所示。

表中的系数代表了潜在变量间的直接效果值, 可以看出, H1、H2、H3、H4、H5 假设成立, 并得出以下结论。

服务内容对平台使用和服务宣传均有显著正向影响, 直接效果值分别为 0.876 和 0.434。风云卫星遥感数据服务网作为气象卫星数据服务的重要平台, 提供二十多颗国内外卫星的实时、历史数据和产品的共享服务, 包括风云系列气象卫星、EOS/MODIS、NOAA 系列、GOES-9、MTSAT 系列、MSG 等卫星的 90 多种数据产品。考虑到气象卫星数据格式复杂, 为用户提供相应的说明文档及数据应用软件, 保证服务内容的完整性, 可大大降低用户在数据使用过程中的难度, 提高用户对服务平台的满意度。同时完善的数据产品信息和文档、用户使用手册有助于提高用户对服务产品、服务方式、服务内容的认知度。

服务流程对服务响应有显著正向影响, 直接效果值为 0.211。用户通过网络、人工、电话等获取气象卫星数据服务的过程中符合相关政策和流程规范, 不仅有助于提高服务响应的及时性, 也有助于提高气象服务管理水平。

服务主动性对服务响应和服务宣传均有显著正向影响, 直接效果值分别为 0.747 和 0.611。主动服务是做好气象卫星数据服务工作的关键。国家卫星气象中心开通了数据服务热线, 为用户提供咨询并解决数据使用中的各类问题, 除此之外, 也可发送邮件进行咨询。通过多渠道及时响应用户需求, 提高用户满意度。在服务宣传方面, 主动推送数据资讯、系统信息有助于提高用户对服务方式、服务产品、服务内容、服务信息的认知度。

3 小结

针对风云卫星数据服务满意度的评价问题, 建

表 4 风云卫星数据服务满意度量表路径分析拟合度检验结果

	RMSEA	GFI	AGFI	NFI	TLI	CFI	RFI	IFI
1.084	0.019	0.951	0.919	0.981	0.998	0.998	0.972	0.999

表 5 风云卫星数据服务满意度量表路径系数表

自变量	因变量	系数	S.E.	C.R.	P
服务内容	平台使用	0.876	0.052	16.718	**
服务内容	服务宣传	0.434	0.211	2.056	**
服务流程	服务响应	0.211	0.092	2.293	**
服务主动性	服务响应	0.747	0.090	8.321	**
服务主动性	服务宣传	0.611	0.208	2.938	**

立评测量表,并采用验证性因子分析法,对量表的信度和效度进行检验。结果表明风云卫星数据服务评测量表具有良好的信度和效度,测评模型和样本数据的总体拟合效果较理想,可以有效测量风云卫星数据服务满意度。此外,本文采用潜在变量路径分析法,探讨了评价模型中各因素间的相互作用机制,分析了服务内容完整性、服务流程规范性以及服务主动性对平台使用、服务响应和服务宣传的影响。

文中基于结构方程模型研究了风云卫星数据服务评价指标的验证以及评价指标之间的相互关系,为风云卫星数据服务效益评估提供了参考,但还存在不足。在今后的工作中,应进一步深入、系统地研究风云卫星数据服务满意度的影响因素以及不同特征用户群体气象服务满意度的差异等。

参考文献:

- [1] Nguyen T C, Robinson J, Kaneko S, et al. Estimating the value of economic benefits associated with adaptation to climate change in a developing country: A case study of improvements in tropical cyclone warning services [J]. *Ecological Economics*, 2013, 86 (1): 117-128.
- [2] Krieger A M, Green P E. A decision support model for selecting product/service benefit positionings [J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 142 (1): 187-202.
- [3] 姚秀萍, 吕明辉, 张晓美, 等. 气象服务效益评估研究和业务进展 [J]. *气象科技进展*, 2012, 2(3): 39-44.
- [4] 广西气象服务效益评估课题组. 广西公众气象服务效益评估 [J]. *广西气象*, 1995, 16 (4): 38-41.
- [5] 郑宏翔, 谭凌志. 一次公众气象服务效益调查分析和对策建议 [J]. *广西气象*, 2006, 27 (4): 65-68.
- [6] 张晓美, 吕明辉. 三种公众气象服务经济效益评估常用方法的比较 [J]. *科技创新与应用*, 2014 (31): 65-66.
- [7] 吴先华, 孙健, 陈云峰. 基于条件价值法的气象服务效益评估研究 [J]. *气象*, 2012, 38 (1): 109-117.
- [8] 胡丽华, 黄江辉, 袁锡涛. 江门市 2007 年食品制造业气象服务效益评估 [J]. *广东气象*, 2009, 31 (5): 35-36.
- [9] 林继生, 罗金铃, 张勇. 热带气旋灾害预报服务效益专家评估法 [J]. *广东气象*, 1999, 3: 8-9.
- [10] 欧阳里程, 张维. 广东省 2009 年电力行业气象服务效益值评估 [J]. *气象研究与应用*, 2011, 32 (1): 45-51.
- [11] 丁雪松, 胡程达, 孙佳丽, 等. 德尔斐法在江苏省风电行业气象服务效益评估中的应用 [J]. *气象研究与应用*, 2013, 34 (4): 35-41.
- [12] 欧阳里程, 张维, 吴巍巍. 广东省风电行业气象服务效益评估 [J]. *广东气象*, 2012, 34 (5): 50-53.
- [13] 钟飞, 马中元, 聂秋生, 等. 基于德尔斐法的江西省“三农”气象服务效益评估 [J]. *气象与减灾研究*, 2013, 36 (4): 39-44.
- [14] 吉志红. 三门峡苹果气象灾害气象服务效益评估一 [J]. *气象研究与应用*, 2014, 35 (1): 74-77.
- [15] 刘志明, 晏明, 张文哲. 吉林省气象卫星遥感技术服务效益评估研究 [J]. *遥感技术与应用*, 1998, 13 (2): 21-26.
- [16] 吴亚玲, 吴先华, 郭际, 等. 基于投入产出方法的气象服务综合经济效益评估 [J]. *南京信息工程大学学报: 自然科学版*, 2015, 7 (6): 525-533.
- [17] 罗慧, 谢璞, 薛允传, 等. 奥运气象服务社会经济效益评价的 AHP/BCG 组合分析 [J]. *气象*, 2008, 34 (1): 59-65.
- [18] 王桂芝, 都娟, 曹杰, 等. 基于 SEM 的气象服务公众满意度测评模型 [J]. *数理统计与管理*, 2011, 30 (3): 522-530.
- [19] 李博, 王利霞, 武铁明. 基于 SEM 的气象防灾减灾服务效益评估研究 [J]. *才智*, 2015 (32): 289.
- [20] 王云, 李长顺, 王琳佳. 基于 SEM 的江苏省公共气象服务效益评估 [C] // 第 31 届中国气象学会年会. 北京, 2014: 41-55.
- [21] 吴先华, 赵飞, 郭际, 等. 交通气象服务效益评估—以沪宁高速公路为例 [J]. *气象科学*, 2013, 33 (5): 555-560.
- [22] 荣泰生. AMOS 与研究方法 [M]. 2 版. 重庆: 重庆大学出版社, 2009: 7-14.
- [23] 吴明隆. 结构方程模型: AMOS 的操作与应用 [M]. 2 版. 重庆: 重庆大学出版社, 2010: 1-36.
- [24] 金玉国. 从回归分析到结构方程模型: 线性因果关系的建模方法论 [J]. *山东经济*, 2008 (2): 19-24.
- [25] 徐万里. 结构方程模式在信度检验中的应用 [J]. *统计与信息论坛*, 2008, 23 (7): 9-13.
- [26] 姚秀萍, 王丽娟. 公众气象服务满意度测评量表的设计与检验 [J]. *气象与环境科学*, 2013, 36 (2): 77-82.
- [27] 谢承华. AHP 及其应用 [J]. *兰州商学院学报*, 2001, 17 (2): 79-82.