

科技投入效率与建筑业发展水平:协调状态及影响因素

杨德钦,岳奥博

(郑州航空工业管理学院 土木建筑学院,河南 郑州 450000)

摘要:依据科技资源投入与建筑业发展的耦合机理,构建了两系统综合评价指标体系。引用熵值法对指标客观赋值,利用协调度模型测算出 2007—2017 年两系统协调度,量化分析其协调状态。最后使用回归分析模型研究影响科技投入效率与建筑业发展水平耦合协调度的主要因素。结果表明:1)研究期内,科技投入效率与建筑业发展水平两系统具有显著相关性,为研究的进行奠定了基础;2)科技投入效率与建筑业发展水平两系统的协调系数逐年增大,协调状态趋向有序,但整体协调水平仍较低;3)解释变量中,政府干预指数与耦合协调度呈现显著负相关;从业人员受教育水平与被解释变量呈正相关;市场发育指数不具有显著性。

关键词:科技投入;建筑业发展;耦合协调度;回归分析

中图分类号:F426.92 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-7192(2019)03-0049-09

作为国民经济的支柱产业,建筑业在服务我国城镇化进程、拉动其他产业发展方面发挥了持续性的重要作用。但从目前来看,我国建筑业的规模增长相当程度上仍被动受惠于国内建设投资的增加。与其他行业相比,建筑业存在自主创新能力弱、产业结构不合理、生产模式粗放等明显缺陷,亟待转型升级。技术进步是建筑业的必然选择,行业健康发展不仅需要量的扩张,质的跃迁亦必不可少,而质的跃迁主要以技术创新能力为支撑条件。面对以创新和技术升级为主要特征的产业竞争,建筑业技术创新能力已经成为制约其发展的严重问题。2017 年 2 月国务院办公厅发布的《关于促进建筑业持续健康发展的意见》中指出,要积极支持建筑业科技研发工作,大幅提高技术创新对产业发展的贡献率。高技术产业的科技资源投入(简称科技投入,下同)规模和方向在很大程度上决定了技术创新的形式、内容和质量。有鉴于此,建筑业应在政府创新政策、商业竞争等外部环境的驱动下,基于自身的创新资源与优势,共同参与科学研究与创新活动。使资金、人才、知识、技术等资源要素突破系统之间的壁垒,提高科技成果转化效率,形成一个

与科技资源投入优势互补、风险共担、利益共享的耦合协调关系。那么,寄希望于科技资源投入的体量增加能否实现建筑业发展水平的提升?二者耦合协调状态如何?影响其耦合协调状态的主要因素究竟是什么?综上,在我国高度重视产业转型升级、全力推进建筑业高质量发展的时代背景下,开展科技投入与建筑业发展的耦合协调度研究具有十分重要的理论与实践意义。

一、文献述评

诸多学者从不同角度对科技投入和建筑业发展进行了有益的研究。在科技投入效率与技术创新能力层面,Romer^[1]认为科技投入效率是影响技术创新的关键因素之一,Solow^[2]在研究中也得出类似结论。刘伟、王宏伟^[3]基于国内省际面板数据,对中国技术创新能力影响因素的区域差异进行了分析,结果表明科技资源投入是地区技术创新的主要推动因素。在科技资源投入与建筑业发展层面,刘桦、卢梅^[4]指出政府投资于基础研究和探索性研究,对实现建筑业技术创新战略目标至关重要。叶耀先^[5]认为建筑行业科技研发水平、规模较低,导

收稿日期:2018-01-04

基金项目:河南省软科学计划项目(152400410587);郑州航院大学生科技创新基金项目(Y2018L74)

作者简介:杨德钦(1963-),男,郑州航空工业管理学院土木建筑学院教授,博士,研究方向为建筑经济与管理;岳奥博(1994-),男,郑州航空工业管理学院土木建筑学院硕士研究生,研究方向为建筑经济与管理。E-mail:3571733352@qq.com

致生产效率低下、工程建设组织方式落后。刘炳胜^[6]等运用时序多指标模型对建筑业发展水平进行测度,结果表明科技投入在不同发展梯度水平下的有效性存在明显差异,梯度越高科技投入的重要性愈加凸显。孙梦颖^[7]运用随机前沿函数分析出了建筑业增长需要依赖技术进步而非资本增长。尚梅^[8]分析发现,科技资源投入、知识产权保护水平是影响建筑业创新产出的主要因素,技术创新产出对建筑业发展水平及科技活动投入对技术创新都有积极影响。郭庆军^[9]等通过使用柯布-道格拉斯生产函数模型和索洛余值法对陕西省建筑业产出贡献率分析,结果显示影响增长贡献率的最主要因素是资本和劳动力配置效率,科技进步影响作用不突出,与刘炳胜所得出的科技投入在不同梯度水平下有效性存在着明显差异的结论相符。近几年一些学者从物理学概念中引申出了“耦合关系”的概念,并将其运用到产业融合、经济发展等研究中来。段婕、孙明旭^[10]利用系统论模型,构建高技术产业、传统产业与区域经济三系统耦合协调度模型,并以陕西省为例,对高技术产业、传统产业与区域经济之间的耦合协调关系进行量化分析。周焘、沈红^[11]采用面板固定效应模型和耦合协调模型,对高等教育投入与区域经济之间的关系进行了分析。田时中^[12]等运用熵值法和耦合协调模型测算长三角城市群综合发展指数和耦合协调度。

综上,学者们运用日渐成熟的方法手段,对科技投入效率与建筑业发展水平的研究开展大量工作。但是研究多数为独立进行,缺乏从相互耦合和协调性方面考察两者关系,关于系统间耦合关系的研究尚存继续深入的空间,特别是在量化分析两者之间的耦合协调程度方面,依然留有空白。因此,本研究构建科技投入效率与建筑业发展水平测度指标体系,利用耦合协调模型,量化分析两者之间的耦合协调关系。最后运用回归分析模型进一步研究两系统协调状态的影响因素,以期揭示当前科技投入与建筑业发展的协调规律。

二、研究方法

1. 相关度分析

科技投入效率与建筑业发展水平两系统协调发展研究得以进行的前提是两系统之间存在一定

的相关关系,这种关系可以用相关度来量化分析。相关度即是两个事物间相互联系的程度。本文在对两系统耦合机理进行定性分析以外,利用所构建的能较好反映科技投入效率与建筑业发展状况的指标体系,选取年鉴数据运用 SPSS22.0 软件进行相关度分析。

2. 耦合协调度计算

(1)熵值法赋权。权重的确定方法常用的有 AHP 和熵值赋权法,本研究采取更具客观性的熵值赋权法计算权重。

(2)综合评价指数计算。运用合成法中的线形加权综合得分法计算科技投入效率与建筑业发展水平的综合得分:

$$U_A(u_1) = \sum_{i=1}^a \omega_i x_i \quad U_A(u_2) = \sum_{j=1}^b \omega_j y_j \quad (1)$$

式中, $U_A(u_1)$ 、 $U_A(u_2)$ 表示科技投入效率与建筑业发展水平的综合评价价值。

(3)耦合度计算。将科技投入与建筑业发展两个系统通过耦合作用产生的相互影响程度,视为两个子系统的耦合度,以其值反映两系统间相互作用强度。根据耦合理论,多元系统的耦合度模型表达式如下:

$$C = \sqrt{\frac{U_A(u_1) \times U_A(u_2)}{[U_A(u_1) + U_A(u_2)]^2}} \quad (2)$$

式中, $U_A(u_1)$ 、 $U_A(u_2)$ 分别为科技投入效率与建筑业发展水平。耦合度 C 介于 0 和 1 之间。当 C 趋向 1 时,科技投入效率与建筑业发展水平的耦合度较大,说明这两个系统之间达到了良性共振耦合,系统将趋向新的有序结构;而当 C 趋向 0 时,科技投入效率与建筑业发展水平的耦合度最小,说明这两个系统之间处于无关状态,系统将向无序发展。

(4)耦合协调度计算。耦合度 C 作为反映科技投入效率与建筑业发展水平耦合程度的重要指标,对判别两系统耦合作用强度,预警二者的发展秩序等具有十分重要的意义。然而不可忽视的是,由于每个时期的科技投入效率与建筑业发展状况都有交错、动态和不平衡的特性,单纯依靠耦合度,会出现两系统发展程度较低而耦合度偏高的假性判断^[11],不能全面反映系统间的差异性、平衡性和动态性。为此研究引入协调度模型,不仅可以评判不同时期科技投入效率与建筑业发展水平耦合协调

程度,还能反映出二者发展水平的相对高低。耦合协调度函数式如下:

$$T = mU_A(u_1) + nU_A(u_2) \quad D = (T \times C)^{1/2} \quad (3)$$

式中, D 为协调度, C 为耦合度, m 、 n 为待定参数,一般取0.5。借鉴已有研究^[10-12],将耦合协调度进行阶段划分(表1)。

表1 耦合协调度 D 按层级划分标准

耦合协调度 D	等级
0 ~ 0.19	失调耦合
0.20 ~ 0.39	初级协调耦合
0.40 ~ 0.59	中级协调耦合
0.60 ~ 0.79	高级协调耦合
0.80 ~ 1	优质协调耦合

3. 回归分析

回归分析是确定两种或两种以上变量间相互依赖关系的定量统计分析方法。如果耦合协调状态的影响因素有 p 个,自变量为 $X_i (i=1, \dots, p)$ 与随机变量 Y 之间存在相关关系,即意味着 X_i 变量取定值后, Y 便有相应的值与之对应。另外,为了保证所构建模型能达到预期效果,所选自变量对因变量须有显著的影响。同时也需要测定模型的拟合度,对

回归方程、回归系数的显著性检验,判别所构建指标体系中多重共线性的存在。

4. 指标体系的构建及数据来源

高技术产业科技投入效率与建筑业发展水平两系统存在复杂的非线性耦合关系,单一指标无法全面反映两者之间的内在作用机理。本研究采用多指标综合评价分析法,依据两系统间互促机理,遵循整体对应、比例适当、全面性以及数据的可获取性等原则。参考已有研究,从人才储备、配置环境、经费投入、成果产出四个方面衡量科技投入效率高低^[13-15];从产业投入、环境投入、产业产出三个方面衡量建筑业发展水平^[16-18]。所构建评价指标体系涵盖7个一级指标,准则层含22个具体指标,能较为全面地反映目前科技投入效率与建筑业发展水平的重点内容。指标数据均来源于2008—2018年的《中国统计年鉴》《中国高技术产业年鉴》《中国教育年鉴》《中国建筑业年鉴》。通过MATLAB软件实现所建指标体系的权重计算过程,得出科技投入效率与建筑业发展水平系统的指标权重(表2)。

表2 科技投入效率与建筑业发展水平系统指标权重

目标层	一级指标	权重	准则层	指标性质	权重
科技投入效率	人才储备	0.212	大中型高技术企业从业人员 X_1	+	0.041
			研发机构人员数 X_2	+	0.069
			研究生数量 X_3	+	0.054
			大中型高技术企业 R&D 人员折合全时当量 X_4	+	0.048
	配置环境	0.171	大中型高技术企业数量 X_5	+	0.058
			科研机构数量 X_6	+	0.113
			科研开发经费占 GDP 比重 X_7	+	0.059
	经费投入	0.211	R&D 经费支出 X_8	+	0.080
			科技财政投入 X_9	+	0.072
			工程技术类论文数量 X_{10}	+	0.078
			有效发明专利数 X_{11}	+	0.135
	成果产出	0.407	出版科技著作 X_{12}	+	0.101
			高校 R&D 项目(课题)数 X_{13}	+	0.036
			大中型高技术企业新技术项目产值 X_{14}	+	0.057
建筑业发展水平	产业支撑	0.342	建筑业企业数量 Y_1	+	0.074
			技术装备率 Y_2	+	0.150
			从业人员数量 Y_3	+	0.120
	环境投入	0.274	能源投入量 Y_4	-	0.150
			建筑业碳排放量 Y_5	-	0.124
			建筑业总产值 Y_6	+	0.133
	产业产出	0.384	全年房屋竣工面积 Y_7	+	0.132
			建筑业利润总额 Y_8	+	0.120

三、相关性分析

1. 定性分析

将高技术产业科技投入与建筑业发展看作两个独立的系统,二者相互作用、相互依存。其耦合关系主要体现在:①科技投入是建筑产业结构优化升级的驱动力。现阶段建筑业的发展规模严重受制于建设投资,没有实现量的扩张与质的跃迁同频。高技术产业科技投入方向、规模与建筑业发展水平协调,可以有效地提升创新能力及技术转化效率,进而推动建筑业高质量发展。②建筑业发展对科技投入效率有着良好的反馈机制。任凤敏^[19]等研究发现产业总产值的增加与科技投入效率的增加并不存在必然联系。但产业发展与科技投入之间存在长期的均衡关系,即科技投入方式、规模会随着产业发展长期呈现自我增强效应。③当下,我国建筑业发展已从信息化、智能化时代主题朝智慧化、数字化方向迈进,该趋势将使得建筑业发展与科技资源配置方式、环境之间的依存关系更加紧

密。建筑业生产方式转变和产业链升级过程不仅需要立足于建筑业自己的发展成果,更要进一步加强同互联网+、物联网、大数据、区块链等高新技术产业新兴科技成果之间的融合应用,以提升建筑产业科技成果集成应用水平。④现有研究表明,规模效率的改善为建筑业带来的发展只是短期行为,纯技术效率的提升将是建筑产业亟待解决的问题^[20]。作为技术效率提升的基础环境——科技投入往往决定了先进生产力的发展方向。在“智慧化”开启的未来建筑业发展主题导向下,仅沿袭传统的生产、管理方式,抑或对其进行局部的改良难以契合建筑业可持续发展的主题。建筑业只有基于科技资源投入,不断地进行要素创新、要素组织方式创新,才能在国内乃至国际市场竞争中占有一席之地。

2. 定量分析

研究采用2008—2018年的年鉴数据对所构建指标体系的相关性进行分析,得出科技投入效率与建筑业发展水平两系统相关性的结果(表3)。

表3 科技投入效率与建筑业发展水平系统相关度

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8
X_1	0.96	0.57	0.98	0.57	0.72	0.98	0.97	0.98
X_2	0.77	0.48	0.77	0.65	0.64	0.75	0.72	0.75
X_3	0.92	0.47	0.96	0.52	0.61	0.97	0.96	0.98
X_4	0.95	0.56	0.98	0.55	0.71	0.99	0.98	0.99
X_5	0.97	0.57	0.97	0.66	0.71	0.98	0.97	0.98
X_6	0.97	0.55	0.97	0.64	0.70	0.99	0.97	0.99
X_7	0.92	0.59	0.93	0.65	0.75	0.94	0.92	0.94
X_8	0.94	0.49	0.97	0.75	0.64	0.98	0.96	0.98
X_9	0.95	0.56	0.97	0.65	0.71	0.99	0.97	0.99
X_{10}	0.95	0.52	0.96	0.48	0.66	0.98	0.97	0.99
X_{11}	0.88	0.33	0.92	0.57	0.49	0.92	0.90	0.93
X_{12}	0.93	0.48	0.94	0.42	0.62	0.97	0.96	0.97
X_{13}	0.97	0.56	0.90	0.40	0.69	0.89	0.87	0.90
X_{14}	0.69	0.47	0.57	0.63	0.38	0.63	0.64	0.65

从表3可以看出,除了 Y_2 (技术装备率)、 Y_4 (能源投入量)与科技投入效率系统相关度较低以外,其他各指标之间相关度都比较高。首先,该现象说明了研究期内科技资源投入在提升建筑业技术装备率中所发挥的作用比较有限,与郑继开^[21]得出的结论相吻合。其次,建筑业能耗节约对科技投入不敏感,二者未呈现较强相关性^[22],即依靠技术进步提高能源节约的效果有限。因此政府需要考虑能源效率提高和其他手段的综合运用,也从侧面反映

了建筑业绿色化之路任重而道远。但是从总体上看,科技投入与建筑业发展两系统高度相关,联系紧密,研究科技投入效率与建筑业发展水平系统之间的耦合协调度具有较为明显的意义。

四、科技投入效率与建筑业发展水平特征分析

1. 科技投入效率与建筑业发展水平现状

根据上文所述研究方法,采用2008—

2018年相关年鉴数据。利用SPSS、MATLAB等软件,测算出科技投入效率与建筑业发展水平发展评价价值,两系统评价价值变化趋势如图1所示。2007—2017年科技投入效率与建筑业发展水平呈现稳步上升趋势。科技投入效率评价指数由2007年的0.01提高到2017年的0.34。其值攀升的主要原因体现在两个方面:一是研发机构从业群体不断增加,知识体量日趋庞大。从原始数据中看,研发机构数量、研发人员及研究生人数连年上升,随之而来的知识体量的增加直接左右着生产水平、技术转

化效率、技术创新能力。二是政府财政科技投入力度不断加大、市场机制日臻完善。科研开发经费占GDP比重在2017年达到2.47%,科技财政投入年均增幅达11%,研发经费投入总量达到1.75亿元,较2015年增长19.6%。宏观政策和资本环境会影响到政府的政策制定和资本配位,产业创新政策引导企业加强技术创新能力的提升,先进技术的普及,加速业界新技术开发;同时,该过程也可反过来推进业界的知识生产成果获取与利用水平,进而使科技投入效率提高。

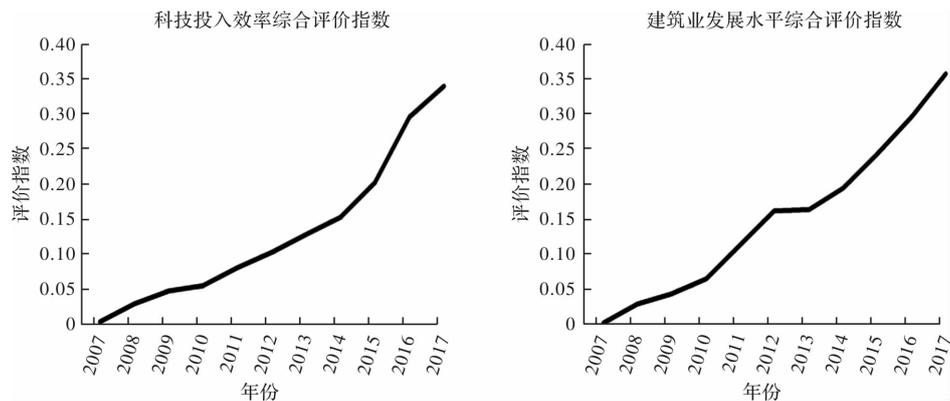


图1 2007—2017年子系统综合评价趋势

2007—2017年建筑业发展水平评价指数的均值为0.15,最高值出现在2017年,最低值出现在2007年。在此期间建筑业发展水平大致可分为3个阶段。2007—2011年,受惠于国内宽松的投资环境,建筑业规模迅速扩张,巩固了国民经济支柱产业的地位。2012—2013年,国内宏观经济形势疲软,经济结构调整、发展方式调整带来的内外部压力,使得长期以来建筑业粗放式发展模式受到严重制约,从而导致2012、2013年建筑业发展缓慢。此外,2012年底政府打出稳增长“组合拳”,全年实施降息、降准,并不断加大对地方基础投资建设的放行力度。缘于政策出台到开工建设的滞后性,直至

2014年建筑业发展水平相较于2012年方呈现回升趋势。2014—2017年,随着十二五规划的出台,明确了经济结构战略性调整作为转变经济发展方式,建筑业发展由粗放型向集约型转变,加之大规模基础建设项目开工建设,使得建筑业发展水平呈现稳步攀升态势。

2. 耦合协调度评价

根据耦合协调度模型,可以计算出2007—2017年科技投入效率与建筑业发展水平的耦合度指数,进而得到两系统协调度。科技投入效率与建筑业发展水平耦合协调度的计算结果如表4所示。

表4 耦合协调度

年份	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
D	0.02	0.12	0.15	0.17	0.22	0.25	0.27	0.28	0.28	0.29	0.32

由表4可知,2007—2017年科技投入效率与建筑业发展水平耦合协调度呈现逐步上升的态势。两系统的耦合协调度取值在0.02~0.32,根据表1的取值划分标准,2007—2017年两系统耦合协调度经历了失调耦合向初级协调耦合的转变,与范建

双^[23]研究结论相符。此外,研究还发现,两系统的耦合度取值在0.027~0.545,耦合度明显高于协调度,这体现了科技投入效率与建筑业发展状况的交错、动态和不平衡性。原因在于耦合度只聚焦于系统间的同步性。因此若两系统的综合评价指数都

处于较低水平,则耦合度将不能反映两系统间实际的互动状态。故而,基于耦合度的研究结果,引入协调度的概念能更精确地反映两系统的协调水平。

五、耦合协调度影响因素分析

1. 变量选取及数据来源

为了更科学准确地对科技投入效率与建筑业发展水平耦合协调发展的影响因素进行研究分析,基于选取评价指标的独立性、代表性和可度量性原则,本文选取如下变量对耦合协调度影响因素进行量化分析。

被解释变量:耦合协调度 D 。通过构建科技投入效率与建筑业发展水平指标体系,运用耦合协调模型计算出 2007—2017 年的科技投入水平与建筑业发展水平的耦合协调度,以此来衡量科技投入与建筑业发展的耦合协调状态。

解释变量:(1)市场发育指数 MDI 。开放完善、平等竞争、规则健全、高效有序的市场环境,意味着市场机制在建筑市场资源配置中起基础和核心作用,建筑业资源配置效率、科技创新能力、成果转化能力也将会得到大幅提升。借鉴丁艳^[24]的方法,构建要素市场发育、产品市场发育、中介市场发育 3 个一级指标,建筑业固定资产投资来源中外资、自筹和其他资金所占比重、建筑业实际利用外商直接投资金额等 9 个二级指标构成的建筑业市场发育指数测度体系(限于篇幅,计算过程略,下同)。(2)政府干预程度 GOV 。建筑业是一个对制度环境异常敏感的产业,政策导向性对建筑业发展有着重要影响,探索政府干预程度对科技投入效率与建筑业发展水平的耦合协调度影响具有较强的现实意义。本文选取政府规模合理化、政府经济资源配置规范化 2 个一级指标;建筑业政府消费占建筑业总产值的比重、建筑业固定资产投资国家预算资金占固定资产投资的比重、建筑业财政收入占建筑业总产值的比重、建筑业预算外收入占建筑业总产值的比重、建筑业企业税金总额占建筑业总产值的比重 5 个二级指标,以此来对建筑业中的政府干预程度进行量化分析。(3)从业人员受教育水平 PDL 。作为科技资源投入与成果转化的实践者,科技投入能否在建筑业中收到成效很大程度上取决于从业人员的素质水平。高素质、专业化的从业群体是保障高

效率生产、创新技术推广的关键因素。研究选取建筑业从业人员受教育年限对建筑业从业人员受教育水平进行评价,数据从《中国劳动统计年鉴》中获取。其中未曾接受教育、小学学历、初中学历、高中学历、高中以上学历参照相关研究,将年限系数分别取 0、6、9、12、16^[25]。

将耦合协调度 D 作为被解释变量,市场发育指数 MDI 、政府干预程度 GOV 、从业人员受教育水平 PDL 作为解释变量,以此进行回归分析,其衡量指标及统计描述如表 5、表 6 所示。

表 5 变量定义和衡量

变量类型	变量符号	中文名称	衡量指标
被解释变量	D	耦合协调度	用上文所计算的耦合协调度的结果
解释变量	MDI	市场发育指数	通过构建指标体系,计算后间接获得
	GOV	政府干预程度	通过构建指标体系,计算后间接获得
	PDL	从业人员受教育水平	建筑业从业人员受教育程度年鉴数据

表 6 被解释变量、解释变量原始数据

年份	PDL	GOV	MDI	D
2007	9.02	6.65	3.64	0.024
2008	9.15	5.21	4.95	0.118
2009	9.16	5.56	4.3	0.149
2010	9.26	5.42	5.57	0.172
2011	9.3	4.46	7.26	0.218
2012	9.31	4.52	8.67	0.254
2013	9.34	4.21	9.86	0.269
2014	9.4	3.97	10.83	0.277
2015	9.27	3.82	12.1	0.283
2016	9.34	3.6	14.2	0.294
2017	9.47	3.43	16.8	0.32

2. 实证结果描述

通过构造测度模型,采用 SPSS22.0 软件线性回归模型对耦合协调度的影响因素进行分析。

表 7 R^2 检验

模型	R	R^2	调整后 R^2	标准估计误差	Durbin - Watson
1	0.981	0.963	0.947	0.21	2.472

如表 7, R^2 为判定系数,用于判定线性方程拟合优度的重要指标,体现了回归模型解释因变量变异的能力,其值越接近 1 越好。 R^2 值为 0.963,初步判断模型拟合效果良好。对残差进行 Durbin - Watson 检验,用于判断残差是否独立,以此作为一个基础

条件来判断数据是否适合做线性回归。DW = 2.472, 查询 Durbin Watson table 可以发现本例 DW 值处在无自相关性的值域之中, 认定残差独立, 通过检验。

表8 模型系数的综合检验

模型	平方和	df	均方	F	显著性
1 回归	0.079	3	0.026	61.029	0.000
残差	0.003	7	0.000		
总计	0.082	10			

由表8可知, 模型显著性检验所得值为 $0.00 < 0.01 < 0.05$, 表明由解释变量“市场发育指数、政府干预程度、从业人员受教育水平”和被解释变量“耦合协调度”建立的线性关系回归模型具有显著的统计学意义, 模型通过显著性检验。

表9 回归模型结果

模型	标准化系数	T	Sig
	Beta		
MDI	0.031	0.173	0.868
GOV	-0.699	-3.03	0.019
PDL	0.333	0.195	0.092

B (Beta) 是指标准化的回归系数, 代表解释变量和被解释变量的相关性, 其绝对值的大小代表了两者的相关程度。从表9可以看出, 不同因素对科技投入效率与建筑业发展水平的耦合协调发展影响各异。其中, 政府干预程度对耦合协调发展的影响在5%水平上呈现显著负相关。表明政府干预程度愈高, 建筑市场机制趋向无序, 科技投入效率与建筑业发展水平耦合协调度越低。由表6中的原始数据可知, 随着时间推移, 政府干预指数逐渐降低。体现了政府行为规范化水平得到提高, 市场机制日趋完善。PDL (受教育程度)、MDI (市场发育指数) 与被解释变量均呈正相关。前者在10%的水平上显著, 后者则不具有显著性。说明从业人员受教育程度对建筑业科技水平进步影响较大, 低文化水平的劳动人员难以适应科学发展和技术更新的新形势和建筑技术水平提升的需求, 从而成为我国建筑业科技进步和劳动生产率提高的阻碍因素。而MDI (市场发育指数) 的显著性水平较低, 说明市场发育、完善程度与两系统耦合协调度不存在明显的相关性。

六、主要结论

1. 耦合协调度逐年上升, 但横向对比相关研究

协调水平仍较低

选取科技投入效率与建筑业发展状况的耦合协调度作为切入点, 采用定量实证方式开展研究工作。基于测算结果可获得以下结论: (1) 2007—2017年, 两者间的耦合协调度逐年增大。其中2007年最低, 为0.02, 处于“失调耦合”状态。2017年协调度达到0.32, 为“初级协调耦合”状态。(2) 两系统的耦合度明显高于协调度, 这体现了科技投入效率与建筑业发展状况的交错、动态和不平衡性。耦合度与协调度差值幅逐年递减, 这表明两系统间的耦合协调状态, 正由无序发展逐步向协调过渡。(3) 对比其他行业研究^[10-12], 我国建筑业发展与科技投入效率协调度明显低下。这反映了两系统间尚未形成良好的正向促进作用, 科技投入对建筑业的发展作用有限, 成果转化效率不足。

2. 政府干预程度对耦合协调度影响最大、从业群体素质水平次之

推动新技术、新材料在建筑业中的应用, 可以有效提高两系统的协调度。但该过程往往是源于企业内生需求、主动求变, 在明确自己的目标和需求后, 在项目建设过程中进行整体布局。对于我国建筑业生产关系落后的现状, 以政府部门为主导自上而下的推行, 必须是在底层技术和认知积累到一定程度的基础上才能奏效。从近几年政府对BIM强制推行的效果来看, 远没有达到预期^[26]。研究表明, 政府干预指数与耦合协调度发展程度呈负相关。政府干预指数GOV每升高1%, 两系统的耦合协调度就会降低0.699%。由表6可知, 随着市场化进程加快, 政府对建筑市场的干预程度日益降低, 这也从侧面反映了市场机制在建筑业的生产、交换过程中逐渐占据主导地位。此外, 若使科技投入对建筑业的发展有明显的促进效应, 需要政府和市场两方面的作用。如果市场失灵, 政府可以进行政策干预, 通过政策制定来刺激、激励建筑业技术创新能力的提升。但干预需把握一个度, 若政府政策干预过度, 则市场因不能充分发挥其作用而导致市场失灵。政府政策干预不足, 市场因政府没有采取足够纠偏和弥补措施而产生缺陷。所以, 为提高科技投入与建筑业发展的协调度, 政府应最大限度减少对市场资源的直接配置和对市场活动的直接干预, 协调好两者关系, 不断创新治理机制, 完善市

场监管体系。

现有的建筑业从业群体年龄结构老龄化、低学历问题严重。虽然人均受教育年限逐渐提升,但根据所获数据,作为科技资源投入、成果转化的实践者,2017年农民工人均受教育年限仅为9.47年,且施工人员年龄集中在30~50岁。以此为特征的建筑业从业群体对先进信息技术、建造技术的学习和应用往往持排斥的心态。所以对于技术创新能力的提高,还应注重学习能力较强的建筑类专业大学生培养。从专业课程设置、课外实践课程安排到相关软件学习,都应设立一套完善的培养体系。同时,建筑企业内部需要制定持续的激励政策。囿于软硬件成本投入及技术人才流动性,很多企业不愿意投入精力培养更多的懂信息技术的人才,这也成为整个技术创新、成果转化推广过程中的一个阻力^[26]。在目前人才紧缺的阶段,企业需要制定激励政策留住人才、管理好人才,激发人才的潜力,为科技进步、生产模式变革乃至建筑业转型升级,提供产业化工人队伍。

七、结 语

本研究具有较强的政策意义。首先,尽管数据表明两系统协调度日趋增长,但横向对比类似研究可知^[10-12],科技投入效率与建筑业发展水平的协调度并不高。这是因为建筑业发展受制于现存低下的生产管理水平及行业特殊性,使得建筑业科技资源贡献率不明显、行业发展水平与其规模不匹配。其次,政府干预指数与被解释变量所呈现的显著负相关,说明了有效且适度的政府监管角色界定、完善的市场机制对建筑业科技成果转化、技术创新能力有着重要影响。

基于此,研究提出以下几点建议:(1)政府部门应注重不同政策的搭配组合、动态调整机制的构建,增强建筑业政策体系功能完备性与适用性,为技术创新能力与技术转化能力的提升提供支持与保障。(2)应搭建技术进步与建筑业发展之间的纽带,使先进技术作为生产力进入市场,改善传统生产建造方式,推动建筑业发展进入以技术创新为内部驱动力的良性增长模式。(3)政府还要继续关注建筑业从业人员低学历劳动者的教育、再教育或再培训问题,提高劳动力的基本素质和技术水平,对

缓解当前建筑业劳动力有效供给不足问题有重要意义。

参 考 文 献

- [1] Romer. P. Endogenous Technological Change [J]. Journal of Political Economy, 1990(10): 25-28.
- [2] SOLOW R M. Technical Change and the Aggregate Production Function [J]. Review of Economics and Statistics, 1957(3): 312-320.
- [3] 刘伟,王宏伟. 技术创新影响因素的区域差异:以中国30个省份为例的研究[J]. 数学的实践与认识, 2011, 41(11): 37-45.
- [4] 刘桦,卢梅,尚梅,等. 中国建筑业技术创新面临的问题与创新战略[J]. 工程管理学报, 2011, 25(4): 359-363.
- [5] 叶耀先. 中国建筑业技术进步分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(1): 44-49.
- [6] 刘炳胜,陈晓红,王雪青,等. 中国区域建筑产业TFP变化趋势与影响因素分析[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(4): 1041-1049.
- [7] 孙梦颖. 基于随机前沿生产函数的中国建筑业增长因素分析[J]. 中国市场, 2014(8): 97-99, 116.
- [8] 尚梅,杜彦艳. 中国建筑业技术创新的地区差异研究[J]. 技术经济与管理研究, 2013(1): 45-48.
- [9] 郭庆军,王慧. 科技进步对陕西省建筑业产出贡献率分析[J]. 建筑经济, 2016, 37(10): 30-34.
- [10] 段婕,孙明旭. 高技术产业、传统产业与区域经济三系统耦合协调度实证研究[J]. 科技进步与对策, 2017(23): 54-63.
- [11] 周壺,沈红. 省级高教财政投入与区域经济增长的耦合协调度[J]. 复旦教育论坛, 2018, 16(2): 89-97.
- [12] 田时中,涂欣培. 长三角城市群综合发展水平测度及耦合协调评价——来自26城市2002—2015年的面板数据[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2017, 19(6): 103-113.
- [13] 黄海霞,张治河. 基于DEA模型的我国战略性新兴产业科技投入效率研究[J]. 中国软科学, 2015(1): 150-159.
- [14] 张建清,卜书迪. 基于三阶段SBM-DEA的区域绿色科技资源优化配置效率测度——以桂林市为例[J]. 资源开发与市场, 2017, 33(1): 1-7.
- [15] 张洁音,潘晓霞. 科技创新资源投入对区域创新产出影响研究——以浙江省11地市2003—2012年面板数据为例[J]. 华东经济管理, 2014(9): 29-32.

- [16] 杨德钦,陈丹,李红艳,等. 我国区域建筑业发展水平及变动趋势评价研究[J]. 建筑经济,2018,39(5):16-20.
- [17] 华冬冬,邓晓红,沙凯逊,等. 建筑业发展水平评价体系研究[J]. 建筑经济,2008(6):28-30.
- [18] 田成诗,潘子文. 我国建筑业发展质量指标体系的构建及评价[J]. 建筑经济,2015,36(11):9-13.
- [19] 任凤敏,张晓慧. 高新技术产业发展与科技投入的关系分析[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2013,13(1):88-92.
- [20] 刘炳胜,王然,陈晓红,等. 中国建筑产业竞争力形成机理动态演进规律空间差异化研究[J]. 管理评论,2017,29(1):93-104.
- [21] 郑继开. 建筑业 R&D 投入对劳动生产率的影响研究[D]. 杭州:浙江大学,2016.
- [22] 关军,储成龙,张智慧. 基于投入产出生命周期模型的建筑业能耗及敏感性分析[J]. 环境科学研究,2015,28(2):297-303.
- [23] 范建双,虞晓芬. 建筑业全要素生产率增长与区域经济增长的耦合效应分析[J]. 经济地理,2012(8):25-30.
- [24] 丁艳,李永奎. 建筑业市场化进程测度:2003—2012年[J]. 改革,2015(4):125-134.
- [25] 刘巍. “人均受教育年限”三种计算方法的比较[J]. 北京统计,2003(6):19-20.
- [26] 杨德钦,岳奥博,张静,等. 智慧建造采纳意愿影响因素研究[J]. 建筑经济,2018,39(10):106-110.

The Technology Input Efficiency and the Construction Industry Development Level: Coordination States and Influencing Factors

YANG De-qin, YUE Ao-bo

(Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Based on the coupling mechanism between the investment of science and technology resources and the development of construction industry, a comprehensive evaluation index system of the two is constructed. The entropy evaluation method is used to objectively assign the index, and the coordination degree model is used to calculate the coordination degree of the two systems in 2007—2017 to analyze the coordination state quantitatively. Finally, the regression analysis model is used to study the main factors that affect the coupling degree of the science and technology input efficiency and the construction industry development level. The results show that: 1) during the research period, there is a significant correlation between the scientific and technological input efficiency and the level of construction industry development, which lays a foundation for the research; 2) the coordination coefficient between the two systems has increased year by year, and the coordination status tends to be orderly, but the overall coordination degree is still low; 3) among the explanatory variables, the government intervention index and the coupling coordination degree shows a negative correlation obviously while the education degree of employees is positively correlated with the explained variables, so that the market development index is not significant.

Key words: technology investment; construction industry development; coupling coordination degree; influencing factors; regression analysis

【编辑 吴晓利】