

博弈视角下中国制造业创新绩效评价 与提升路径研究

刘 涛^{1,2}, 金英淑^{1,2}, 霍静娟³

(河南理工大学 1. 安全与应急管理研究中心; 2. 应急管理学院; 3. 物理与电子信息学院, 河南 焦作 454003)

摘要:利用改进的博弈交叉效率模型和博弈交叉 Malmquist 指数模型,测算了 2012—2015 年中国 28 个制造业行业创新绩效。主要结论有:①从静态分析结果看,中国制造业创新绩效总体上比较低,且不同制造业行业的创新绩效差异明显。②从动态分析结果看,中国制造业创新的 Malmquist 指数处于负增长状态,而且有进一步下降的趋势。③中国制造业创新的 Malmquist 指数增长乏力的根源在于技术变化指数比较低。④不同制造业行业创新的 Malmquist 指数及其驱动因素差异明显。为此,需从技术进步水平提升、落后产能化解、行业创新资源配置方式优化等方面,进一步提升中国制造业创新绩效。

关键词:制造业;创新绩效;博弈交叉效率模型;博弈交叉 Malmquist 指数模型

中图分类号:F276.44 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2017)07-0069-06

制造业是国民经济的主体,是科技创新的主战场。2015 年国务院印发《中国制造 2025》,部署通过“三步走”实现制造强国的战略目标,明确提出了 9 项战略任务和重点,其中第一项是提高国家制造业创新能力,而创新能力的提高则要依托高效的制造业创新绩效。

目前理论界利用不同的评价方法对制造业创新绩效进行了大量研究,主要有两种评价方法:随机前沿方法(即 SFA)和数据包络方法(即 DEA)。一些学者利用随机前沿方法(即 SFA)对中国制造业及其相关行业的创新绩效进行了评价研究,刘鹏林基于随机前沿分析方法对航空航天制造业创新效率进行了经验分析^[1]。于霞等利用随机前沿模型测度了 2007—2014 年中国 30 个省市高端装备制造业的创新绩效^[2]。随机前沿方法需要事先设定生产函数的形式,与之不同,数据包络方法(即 DEA)则不需要事先设定生产函数的基本形式,是一种非参数的效率评价方法,在实践中得到较多应用。许多学者利用非参数 DEA 方法对中国制造业及其相关行业的创新绩效进

行了评价研究,Toshiyuki Sueyoshi 等利用 DEA 方法对日本机电设备行业的研发效率及其影响进行了比较分析^[3]。沙敏通过采用 DEA-Malmquist 指数方法,从总体与省域的视角对 2000—2009 年中国制造业创新绩效进行了实证研究^[4]。代碧波等基于 DEA-Malmquist 生产率指数法实证测评了 2001—2008 年间我国制造业 29 个行业技术创新效率的动态变化^[5]。宫晓莉等运用 Malmquist 指数法对我国装备制造业全要素生产率增长状况进行了测算^[6]。申远等使用 DEA-BCC 模型和 Malmquist 指数模型分析了 2008—2012 年江苏省医药制造业创新效率^[7]。林迎星等运用 DEA 两阶段法和 DEA-Malmquist 指数法,对 2008—2012 年福建省高端装备制造业 5 个细分行业的技术创新效率进行了静态和动态评价^[8]。韩东林等采用 DEA-Malmquist 模型对 2012—2014 年中部地区文化制造业科技创新效率进行动态分析^[9]。Kexin Bi 等对中国制造业低碳技术创新绩效及影响因素进行了评价研究^[10]。丁勇等采用 DEA-BCC 模型对全国 20 个地区航空制造业的

收稿日期:2017-04-01

基金项目:教育部人文社会科学研究规划基金项目(16YJA790026);河南省教育厅人文社会科学研究一般项目(2017-ZZJH-190);河南省教育厅科学技术研究重点项目(13A630343);河南省高校基本科研业务费专项资金资助项目(SKJYB2017-16);河南理工大学博士基金项目(B2012-037);河南理工大学青年骨干教师资助项目(2016XQG-27)。

作者简介:刘涛(1983—),男,山东沂水人,河南理工大学应急管理学院,副教授,博士,研究方向:产业效率评价;金英淑(1972—),女,吉林延吉人,河南理工大学应急管理学院,副教授,博士,研究方向:公共管理;霍静娟(1981—),女,河北邯郸人,河南理工大学物理与电子信息学院,讲师,硕士,研究方向:DEA 效率评价。

创新效率进行测算分析^[11]。Wenxi Wang 等对中国制造业绿色创新绩效进行了评价研究^[12]。

以上研究得出了一些具有价值的结论,但是所使用的 DEA 模型基本都是基于“自评体系”展开,导致评价结果偏大,出现大量评价单元等于 1 的情况,主要原因在于未考虑评价单元之间的博弈关系,导致过分夸大自身效率,使得结论缺乏真实性。本文利用改进的博弈交叉效率模型和博弈交叉 Malmquist 指数模型,测算了 2012—2015 年中国 28 个制造业行业创新绩效的静态博弈结果和动态博弈结果,有效解决了已有研究的不足,得出的结论更具客观性,对于推动我国制造业创新发展具有重大指导价值。

1 模型方法与数据来源

1.1 模型方法

博弈交叉效率是在解决传统 CCR 模型不能有效排序基础上,引入被评价单元之间的博弈关系,避免了交叉效率模型二次目标选择问题,放宽了传统模型严苛的假设条件,该模型更加贴近实际,是对传统效率测度思路的一种改进。

博弈交叉效率模型将被评价单元当做博弈的参与人,假设他们之间存在非合作博弈关系,并把这种关系反映到数学规划的约束条件中。假设参与人 DMU_d 的效率值为 α_d , 剩余参与人 DMU_j 在保持 DMU_d 的效率值不被降低的情况下最大化自身的效率值^[13]。在此,定义 DMU_j 利用 DMU_d 的权重所获取的博弈交叉效率值为:

$$\alpha_{dj} = \sum_{r=1}^s \mu_{rj}^d y_{rj} / \sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{ij}^d, j = 1, \dots, n$$

其中, μ_{rj}^d 和 ω_{ij}^d 是模型的可行权重。 α_{dj} 为 DMU_j 关于 DMU_d 的博弈交叉效率,可通过以下线性规划算得:

$$\begin{aligned} &Max \sum_{r=1}^s \mu_{rj}^d y_{rj} \\ &s. t. \sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_{rj}^d y_{rj} \geq 0, j = 1, \dots, n \\ &\sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{id} = 1 \\ &\alpha_d \times \sum_{i=1}^m \omega_{ij}^d x_{id} - \sum_{r=1}^s \mu_{rj}^d y_{rj} \leq 0 \\ &\omega_{ij}^d \geq 0, i = 1, 2, \dots, m \\ &\mu_{rj}^d \geq 0, r = 1, 2, \dots, s \end{aligned}$$

其中 $\alpha_d \leq 1$ 为参数,其初始值为传统交叉效率值,后续取值可通过迭代算法求得。综上,定义 DMU_j 的博弈交叉效率值为:

$$\bar{\alpha}_j = \frac{1}{n} \sum_{d=1}^n \alpha_{dj}$$

最后,构建博弈交叉 Malmquist 指数模型及其分解量:

$$\begin{aligned} M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = & \left[\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \right]^{1/2} = \\ & \underbrace{\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)}}_{ef\,fch\,(EC)} \times \underbrace{\left[\frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}} \times \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{1/2}}_{tech\,ch\,(TC)} \end{aligned}$$

其中,第一项是技术效率变化(EC),第二项是技术变化(TC)。

若 Malmquist 指数小于 1,则表明该评价单元效率水平从第 t 时期到 t+1 时期呈现衰退现象,若 Malmquist 指数大于 1,表示评价单元效率水平从第 t 时期到 t+1 时期有所改善。同时,Malmquist 指数可以分解为技术效率变化指数和技术变化指数。技术效率变化指数表明了效率值的变动,若技术效率变化指数小于 1,表明技术效率退步,若技术效率变化指数大于 1,表示技术效率有所改善。技术变化指数大于 1,表明了技术进步,技术变化指数小于 1,表明技术退步。

1.2 评估指标与数据来源

表 1 中国制造业创新绩效评价指标体系

指标类型	指标构成	指标性质
投入指标	R&D 人员(人)	人员投入
	R&D 内部经费支出(万元)	资本投入
	新产品开发经费(万元)	
产出指标	新产品开发项目数(件)	物质总量
	有效发明专利数(件)	
	新产品开发销售收入(万元)	经济总量

关于制造业创新绩效的评价指标,目前理论界进行了较多研究,本文比较借鉴已有研究成果建立了“3 投入—3 产出”的制造业创新绩效评价指标体系。其中 R&D 人员反映了制造业创新绩效的人员投入状况,R&D 内部经费支出和新产品开发经费反映了制造业创新绩效的资本投入状况。新产品开发项目数和有效发明专利数反映了制造业创新绩效的物质产出状况,新产品开发销售收入反映了制造业创新绩效的经济产出状况。

根据《国民经济行业分类标准》划分,本文选取 28 个制造业行业作为评价,行业编号从 13 到 40,并对行业名称进行了简化处理。评价区间为 2012—2015 年,各统计指标数据来源于历年《中国科技统计

年鉴》。

2 中国制造业创新绩效的博弈分析

2.1 中国制造业创新绩效的静态博弈分析

选取产出导向型博弈交叉效率模型,利用 Max-

dea Pro6.18 软件,测算了 2012—2015 年我国 28 个制造业行业创新绩效的静态博弈状况,对原始结果进行整理计算,得到表 2。

表 2 2012—2015 年中国 28 个制造业行业创新绩效的博弈交叉效率值

DMU	2012	2013	2014	2015	均值
农副食品加工业	0.746	0.687	0.750	0.856	0.757
食品制造业	0.685	0.728	0.802	0.865	0.767
饮料制造业	0.572	0.570	0.564	0.630	0.583
烟草制品业	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
纺织业	0.695	0.695	0.731	0.670	0.697
纺织服装业	0.653	0.686	0.781	0.588	0.673
皮革制造业	0.639	0.651	0.716	0.755	0.689
木材制造业	0.833	0.669	0.682	0.704	0.719
家具制造业	0.779	0.992	0.940	0.944	0.910
造纸制造业	0.431	0.427	0.491	0.598	0.482
印刷制造业	0.703	0.783	0.859	0.915	0.811
橡胶和塑料制品业	0.746	0.846	0.859	0.927	0.842
石油制造业	0.542	0.570	0.512	0.631	0.562
化学制造业	0.675	0.647	0.671	0.766	0.688
医药制造业	0.867	1.000	0.927	0.982	0.943
化学纤维制造业	0.560	0.531	0.544	0.633	0.566
文化制造业	1.000	0.954	0.890	0.906	0.936
非金属矿物制品业	0.625	0.653	0.670	0.725	0.668
黑色金属制造业	0.423	0.367	0.390	0.471	0.411
有色金属制造业	0.499	0.487	0.537	0.577	0.524
金属制品业	0.706	0.709	0.773	0.809	0.748
通用设备制造业	0.844	0.806	0.849	0.898	0.849
专用设备制造业	0.775	0.858	0.886	0.878	0.848
汽车制造业	0.747	0.624	0.663	0.703	0.683
交通运输设备制造业	0.634	0.527	0.592	0.542	0.572
电气制造业	0.790	0.823	0.809	0.830	0.813
计算机制造业	0.744	0.880	0.691	0.607	0.724
仪器仪表制造业	0.899	0.940	1.000	1.000	0.959
均值	0.692	0.696	0.717	0.749	0.713

中国制造业创新绩效总体上比较低,但处于不断上升趋势。2012—2015 年间其平均效率值仅为 0.713,与有效前沿面还有较大的差距,表明中国制造业创新的产出水平总体上还比较低,虽然投入大量的创新资源,但并未得到较高的产出回报。2012 年制造业创新绩效均值为 0.692,此后逐年上升,2015 年上升为 0.749,增长 8%,反映了中国制造业创新资源的利用效率在不断提升。

制造业不同行业的创新绩效差异明显。2012—2015 年间达到有效前沿面的行业很少,每年只有 2

个,占比 7%,大部分的行业都属于无效的单元,其创新资源利用不充分。2012 年有 2 个行业达到有效前沿面,分别为烟草制造业和文化制造业,2013 年演变为烟草制造业和医药制造业,2014 年演变为烟草制造业和仪器仪表制造业,2015 年与 2014 年相同。在达到有效前沿面的行业里,烟草制造业是唯一一个连续达到有效的行业,这是由于该行业的垄断特殊性,高昂的烟草价格保证了高额的产出总量。效率最高的烟草制造业(效率为 1)比最低的黑色金属制造业(效率为 0.411)高出 1.4 倍。

通过聚类分析,将效率值处于 0.9~1 之间的行业称为高效率行业,2012—2015 年间主要有 5 个行业,即烟草制造业、家具制造业、医药制造业、文化制造业和仪器仪表制造业,占比 18%,这些行业的创新产出率比较高,特别是医药制造业、文化制造业和仪器仪表制造业这些新兴制造业创新形势比较好,需要大力鼓励和支持。将效率值处于 0.7~0.9 之间的行业称为中效率行业,2012—2015 年间主要有 10 个行业,即农副食品加工业、食品制造业、木材加工业、印刷制造业、橡胶和塑料制品业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、电气制造业和计算机制造业,占比 36%,其中很多行业都是传统制造业,其创新势头相对缓慢,而计算机制造业等一些新兴行业出现一定程度的过剩状况。将效率值低于 0.7 的行业称为低效率行业,主要包括剩余的 13 行业,占比 46%,这些行业一度曾是我国发展较快的产业,如纺织业类、石油化工类、金属类,但是近些年这些传统行业都出现了明显的过剩,创新势头下滑很厉害,需要不断化解过剩产能,进而提高这些行业的创新绩效水平。

2.2 中国制造业创新绩效的动态博弈分析

利用博弈交叉-Global-Malmquist 指数方法,测算了 2012—2015 年我国 28 个制造业行业创新绩效的动态博弈状况,对原始结果进行整理计算,得到表 3 和表 4。

1)时间维度的测算结果。表 3 反映了 2012—2015 年我国 28 个制造业行业创新绩效的 Malmquist 指数均值及其变化情况。总体来看,中国制造业创新的动态绩效比较低,而且呈现出下降趋势。2012—2015 年间中国制造业创新绩效的 Malmquist 指数为 0.964,从平均意义上看制造业创新绩效出现了负增长。其中 2012—2013 年制造业创新绩效的 Malmquist 指数为 1.001,表明 2013 年制造业创新绩效比 2012 年增长了 0.1%。此后逐年下降,2013—2014 年 Malmquist 指数为 0.987,2014—2015 甚至下滑到 0.906,差点突破 0.9。由此可见,中国制造业创新绩效总体上有下滑趋势,形势不容乐观。

从指数分解来看,中国制造业创新的动态绩效比较低,根源在于技术变化指数比较低。我国制造业创新的效率变化指数一直都大于 1,表明我国制造业创新资源的管理水平是比较高的,但是制造业创新的技术变化指数小于 1,2012—2013 年技术变化指数为 0.995,此后持续下降,2013—2014 年变为 0.959,2014—2015 年突破 0.9,下降为 0.866。由此可见,

技术进步速度放缓是我国制造业创新绩效下滑的根本原因。

表 3 时间维度下 2012—2015 年中国制造业创新绩效的 Malmquist 指数均值及其分解

年份	效率变化指数	技术变化指数	Malmquist 指数
2012—2013	1.006	0.995	1.001
2013—2014	1.029	0.959	0.987
2014—2015	1.045	0.866	0.906
均值	1.027	0.939	0.964

2)行业维度的测算结果。表 4 反映了 2012—2015 年我国 28 个制造业行业创新绩效的 Malmquist 指数均值及其分解情况。

创新绩效 Malmquist 指数大于 1 的行业有 4 个,分别为食品制造业、造纸制造业、印刷业和石油制造业,表明这些行业创新绩效处于增长态势。这些行业的创新绩效的技术变化指数都小于 1,说明其技术进步速度在放缓,但是由于其对创新资源的利用比较合理,效率变化指数大于 1,最终使得这些行业的创新总体绩效大于 1。

创新绩效 Malmquist 指数小于 0.9 的行业有 4 个,分别为纺织服装业、木材制造业、文化制造业和交通运输设备制造业。这些行业的技术变化指数和效率变化指数都不高,处于负增长的状态,不仅技术进步速度放缓,而且对于创新资源的利用程度也比较低,对于这些地市来说亟待在技术进步和效率提升两个方面着手改进。

创新绩效 Malmquist 指数大于 0.9 小于 1 的行业有 20 个,这些行业又可以划分为三类:一是技术效率变化指数小于 1,而技术变化指数大于 1 的行业,只有计算机制造业。2012—2015 年间中国计算机制造业创新的技术变化指数为 1.038,表明该行业近几年技术进步速度比较快,但是由于创新投入比较高,出现资源利用不充分的情况,导致效率变化指数小于 1。二者效应相综合导致该行业创新的 Malmquist 指数小于 1。二是技术效率变化指数和技术变化指数都小于 1 的行业,主要包括纺织业、汽车制造业。这两个行业面临同样的问题,其创新的技术进步速度明显放缓,与此同时创新的投入产出率不高,需要从两个方面加以改进。三是技术效率变化指数大于 1,而技术变化指数小于 1 的行业,主要包括 17 个行业。反映出我国大部分行业创新面临的共同问题是,创新资源的配置与管理水平明显提升,但是技术进步速度趋于放缓,导致 Malmquist 指数增长乏力。

表 4 行业维度下 2012—2015 年中国 28 个制造业行业创新绩效的 Malmquist 指数均值及其分解

行业	效率变化 指数	技术变化 指数	Malmquist 指数
农副食品加工业	1.047	0.925	0.968
食品制造业	1.081	0.930	1.005
饮料制造业	1.033	0.927	0.957
烟草制品业	1.000	0.991	0.991
纺织业	0.988	0.926	0.915
纺织服装业	0.966	0.923	0.891
皮革制造业	1.057	0.925	0.978
木材制造业	0.945	0.931	0.880
家具制造业	1.066	0.924	0.985
造纸制造业	1.115	0.933	1.040
印刷业	1.092	0.921	1.005
橡胶和塑料制品业	1.075	0.925	0.994
石油制造业	1.052	0.953	1.002
化学制造业	1.043	0.939	0.979
医药制造业	1.042	0.935	0.975
化学纤维制造业	1.041	0.936	0.974
文化制造业	0.967	0.924	0.894
非金属矿物制品业	1.051	0.942	0.989
黑色金属制造业	1.036	0.943	0.977
有色金属制造业	1.049	0.952	0.999
金属制品业	1.046	0.932	0.975
通用设备制造业	1.021	0.930	0.950
专用设备制造业	1.042	0.945	0.985
汽车制造业	0.980	0.928	0.909
交通运输设备制造业	0.949	0.937	0.890
电气制造业	1.017	0.939	0.954
计算机制造业	0.935	1.038	0.970
仪器仪表制造业	1.036	0.938	0.972
均值	1.027	0.939	0.964

3 结论及建议

本文利用改进的博弈交叉效率模型和博弈交叉 Malmquist 指数模型,测算了 2012—2015 年中国 28 个制造业行业创新绩效的静态博弈结果和动态博弈结果。研究发现:

一是从静态分析结果看,中国制造业创新绩效总体上比较低,且制造业不同行业的创新绩效差异明显。①2012—2015 年间中国制造业创新绩效平均值仅为 0.713,表明中国制造业创新的产出水平总体上还比较低,但处于不断上升趋势。②2012—2015 年间达到有效前沿面的行业很少,每年只有 2 个,占比 7%,大部分的行业都属于无效的单元,其创新资源利用不充分。效率最高的烟草制造业(效率为 1)比最低的黑色金属制造业(效率为 0.411)高出 1.4 倍。

效率值处于 0.9~1 之间的高效率行业有 5 个行业,即烟草制造业、家具制造业、医药制造业、文化制造业和仪器仪表制造业,占比 18%。将效率值处于 0.7~0.9 之间的中效率行业有 10 个行业,即农副食品加工业、食品制造业、木材加工业、印刷制造业、橡胶和塑料制品业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、电气制造业和计算机制造业,占比 36%,其中很多行业都是传统制造业,其创新势头相对缓慢,而计算机制造业等一些新兴行业出现一定程度的过剩状况。效率值低于 0.7 的低效率行业包括剩余的 13 行业,占比 46%。

二是从动态分析结果看,中国制造业创新的 Malmquist 指数处于负增长状态,而且有进一步下降的趋势。2012—2015 年间中国制造业创新绩效的 Malmquist 指数为 0.964,从平均意义上看制造业创新绩效出现了负增长,而且中国制造业创新绩效总体上有下滑趋势,形势不容乐观。

三是中国制造业创新的 Malmquist 指数增长乏力的根源在于技术变化指数比较低。中国制造业创新的效率变化指数一直都大于 1,表明我国制造业创新资源的管理水平是比较高的,但是制造业创新的技术变化指数小于 1,技术进步速度放缓是我国制造业创新绩效下滑的根本原因。

四是不同制造业行业创新的 Malmquist 指数及其驱动因素差异明显。Malmquist 指数大于 1 的行业有 4 个,分别为食品制造业、造纸制造业、印刷业和石油制造业,表明这些行业创新绩效处于增长态势。Malmquist 指数小于 0.9 的行业有 4 个,分别为纺织服装业、木材制造业、文化制造业和交通运输设备制造业。Malmquist 指数大于 0.9 小于 1 的行业有 20 个,这些行业又可以划分为三类:一是技术效率变化指数小于 1,而技术变化指数大于 1 的行业,只有计算机制造业。二是技术效率变化指数和技术变化指数都小于 1 的行业,主要包括纺织业、汽车制造业。三是技术效率变化指数大于 1,而技术变化指数小于 1 的行业,主要包括 17 个行业。

为了进一步提升中国制造业创新绩效,需要从以下路径着手:一是以技术进步水平提升为切入点,通过提高技术进步指数,进而推动中国制造业创新绩效提升。为此,积极贯彻国家创新发展战略,大力推动创新理念的发展,打破制约制造业创新的行业垄断与市场分割,建立鼓励创新的透明、规范的制造业市场环境,同时改进新技术、新产品、新商业模式的准入管理,健全制造业技术政策和管理制度。二是以化解产

能过剩为突破口,通过提高制造业技术效率指数,进而推动中国制造业创新绩效提升。为此,不断淘汰制造业的落后产能,对现有的制造业创新资源进行优化调整。三是实施差异化的行业创新绩效提升路径。对于食品制造业、造纸制造业、印刷业和石油制造业来说,加大创新的投入,不断提高技术进步水平。对于纺织服装业、木材制造业、文化制造业和交通运输设备制造业来说,要合理控制创新资源的投入力度,不断提高创新资源的利用程度,同时继续加大技术进步,提高技术进步水平。对于其余的 20 个行业,亟待在技术进步和效率提升两个方面着手改进。

参考文献

- [1] 刘鹏林. 航空航天制造业创新效率的经验分析——基于随机前沿分析方法[J]. 西安财经学院学报, 2013(2): 93—97.
- [2] 于霞, 徐敏. 我国高端装备制造业创新绩效的测度及空间集聚性分析[J]. 世界科技研究与发展, 2017(2): 101—107.
- [3] TOSHIYUKI SUEYOSHI, MIKA GOTO. Can R&D expenditure avoid corporate bankruptcy? comparison between Japanese machinery and electric equipment industries using DEA discriminate analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2008(2): 1—23.
- [4] 沙敏. 中国制造业创新绩效实证研究[J]. 南京航空航天大学学报: 社会科学版, 2011(4): 25—29, 81.
- [5] 代碧波, 孙东生, 姚凤阁. 我国制造业技术创新效率的变动及其影响因素——基于 2001—2008 年 29 个行业的面板数据分析[J]. 情报杂志, 2012(3): 185—191, 123.
- [6] 宫晓莉, 金波. 基于 Malmquist 指数的装备制造业创新效率及影响因素分析[J]. 科技和产业, 2013(3): 61—67, 122.
- [7] 申远, 李湘君, 孙峰. 新常态经济视角下我国制造业创新效率研究——以江苏省医药制造业为例[J]. 学海, 2015(6): 61—65.
- [8] 林迎星, 李昊, 李鹏. 福建省高端装备制造业技术创新效率评价[J]. 技术经济, 2015(5): 5—12.
- [9] 韩东林, 袁茜, 李春影. 我国中部地区文化制造业科技创新效率评价[J]. 科技进步与对策, 2016(17): 43—48.
- [10] KEXIN BI, PING HUANG, XIANGXIANG WANG. Innovation performance and influencing factors of low-carbon technological innovation under the global value chain: a case of Chinese manufacturing industry[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2016, 111(10): 275—284.
- [11] 丁勇, 陈凯. 中国航空制造业的创新效率及影响因素研究[J]. 西安航空学院学报, 2016(4): 3—8.
- [12] WENXI WANG, BO YU, XIAO YAN, etc. Estimation of innovation's green performance: a range-adjusted measure approach to assess the unified efficiency of China's manufacturing industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 149(4): 919—924.
- [13] L LIANG, J WU, WD COOK, J ZHU. The DEA game cross-efficiency model and its Nash equilibrium[J]. Operations Research, 2008, 56(5): 1278—1288.

Research on the Evaluation of Innovation Performance of Manufacturing Industry in China and Promotion Path from the Perspective of Game Theory

LIU Tao^{1,2}, JIN Ying-shu^{1,2}, HUO Jing-juan³

(1. Research Center of Safety and Emergency Management; 2. Emergency Management School;

3. School of Physics & Electronic Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454003, China)

Abstract: Using the game cross efficiency model and game cross Malmquist index model improved, we estimate the innovation performance of 28 manufacturing industries in China from 2012—2015. The main results are as follows: ① From the result of static analysis, manufacturing innovation performance in China is relatively low, the difference about innovation performance in different manufacturing industry is obvious. ② From the result of dynamic analysis, Malmquist index of manufacturing innovation in China is in a state of negative growth, and is further decreasing. ③ The root that Malmquist index of manufacturing innovation in China is weakly growing is relatively low technical change index. ④ The difference about Malmquist index of manufacturing innovation in different manufacturing industry and its driving factors is obvious. Therefore, we need to enhance the technological progress level, resolve production capacity, and optimize the model of innovation resource allocation in different manufacturing industry, to further enhance the innovation performance of manufacturing industry in China.

Key words: manufacturing industry; innovation performance; game cross efficiency model; game cross Malmquist index model