

基于多层次灰色评价模型的生物医药产业集群创新能力实证研究

□曹 阳 朱丽娜 茅宁莹

[摘要] 通过对生物医药产业集群创新能力要素的分析,构建评价指标体系,并运用多层次灰色评价模型,对江苏、广东、上海、河北、山东、浙江、四川、天津等省市的生物医药产业集群创新能力进行实证分析,进而找出阻碍集群创新的相关因素,为生物医药产业集群的健康、持续发展奠定基础。

[关键词] 生物医药产业集群;创新能力;多层次灰色评价模型

[中图分类号] F269.23 [文献标识码] A [文章编号] 1006-5024(2012)05-0094-04

[基金项目] 江苏省哲学社会科学基金项目“全球价值链视角下的江苏省医药企业创新战略研究”(批准号:2010SJD630072)

[作者简介] 曹 阳,中国药科大学国际医药商学院经济学教研室主任、副教授,博士生,研究方向为医药产业政策;

朱丽娜,中国药科大学国际医药商学院硕士生,研究方向为医药产业政策;

茅宁莹,中国药科大学国际医药商学院副教授,博士,研究方向为医药技术创新政策。(江苏 南京 211198)

Abstract: Through the analysis on the factors influencing the innovation capability of biological pharmaceutical industry cluster, and constructing evaluation index system, this paper applies multilevel grey evaluation model to conduct empirical analysis on the innovation capability of biological pharmaceutical industry cluster in Jiangsu, Guangdong, Shanghai, Hebei, Shandong, Zhejiang, Sichuan, and Tianjin provinces or direct-controlled municipality, and further identify relevant factors impeding the cluster innovation so as to place the foundation for healthy sustainable development of biological pharmaceutical industry cluster.

Key words: biological pharmaceutical industry cluster; innovation capability; multilevel grey evaluation model

发展生物医药、抢占生物经济制高点已经成为世界各国新一轮竞争的焦点^[1]。客观认识产业集群的创新能力,并及时消除阻碍集群创新能力提升的负面因素,使产业集群对技术创新产生持续的正协同作用具有十分重要的意义^[2]。本文对多个省市的生物医药产业集群进行了实证研究,为科学认识产业集群的创新优势与不足,促进政府管理者制定完善的集群发展战略进而提升集群创新能力和国际竞争力。

一、生物医药产业集群创新能力及其评价指标体系的构建

(一) 生物医药产业集群创新能力

生物医药产业集群是指处于以生物医药产业为核心、相关辅助性机构为支撑,在拥有同一产业文化的地域

范围内高度集聚,相互之间存在着密切的垂直和水平联系,区域综合竞争力不断提升的生物医药企业及相关机构所构成的地域产业综合体^[3]。集群创新能力是指蕴藏在产业集群整体组织结构中的有利于交互式创新活动的程序性知识总和,体现为集群在搜索与获取外部知识、共享与交流内部知识、协同与整合互补性知识单元,以及在此基础上创造和积累新知识等方面的总体能力^[4],是支撑集群创新和保持持续技术竞争力的基础。

(二) 生物医药产业集群创新能力评价指标体系的构建

在对集群创新能力相关文献研究的基础上^[5,6,7],遵循科学性、现实性、有效性、可操作性、可比性、动态性原

则,构建生物医药产业集群创新能力评价指标体系,如表1所示。

表1 生物医药产业集群创新能力评价指标体系及各指标权重

目标层	准则层	指标层
生物医药产业集群创新能力 U	创新投入能力 U ₁ (0.29)	R&D 经费投入强度 V ₁₁ (0.41) 研究开发机构数量 V ₁₂ (0.15) 技术引进、购买成交金额占 GDP 的比例 V ₁₃ (0.09) 技术改造费用占 GDP 的比例 V ₁₄ (0.09) R&D 活动人员折合全时当量 V ₁₅ (0.26)
	创新产出能力 U ₂ (0.43)	拥有新药发明专利数 V ₂₁ (0.14) 创新产品的产值比率 V ₂₂ (0.24) 创新产品市场占有率 V ₂₃ (0.40) 科技成果转化 V ₂₄ (0.14) 创新产品出口额占全国份额 V ₂₅ (0.08)
	创新支持能力 U ₃ (0.29)	金融机构贷款占科技活动经费筹集额比重 V ₃₁ (0.14) 政府资金占科技活动经费筹集额比重 V ₃₂ (0.14) 创新基础设施状况 V ₃₃ (0.14) 创新中介服务水平 V ₃₄ (0.14) 企业与大学、科研机构等知识创造机构的合作关系 V ₃₅ (0.29) 集群文化 V ₃₆ (0.14)

二、生物医药产业集群创新能力的多层次灰色评价模型

基于灰色系统理论的灰色评价方法能有效解决部分信息确知、部分信息不确定或未知的不对称性问题,提高评价的精度。因此,本文构建了多层次灰色评价模型对生物医药产业集群的创新能力的分析评价,具体评价方法如下:

(一) 指标处理与标准确定

1. 指标无量纲归一化处理

将三级评价指标 V_{ij} 按照是否可以量化分为定量指标和定性指标。在定量指标中,为了避免计算结果受指标量纲和数量级的影响,应在运算前对原始数据进行无量纲归一化处理,其计算公式为:

$$Z_{ij} = \frac{(X_{ij} - X_j)}{S_j}$$

公式中: Z_{ij} 为无量纲指标值; X_{ij} 为有量纲指标值; X_j、S_j 分别为指标 j 的算术平均值和标准差。

2. 指标评价等级与标准确定

将评价指标体系分为 3 个层次,即目标层(U)、准则层(U_i)、指标层(V_{ij})。将已无量纲归一化处理的定量指标按 5 分制折算其得分;定性指标按照其优劣等级统一划分为优、良、中、差、很差 5 个标准,对应分值分别为 5, 4, 3, 2, 1 分。

(二) 确定评价指标权重

采用层次分析法确定评价指标 U_i(i=1, 2, 3) 的权重向量为 A=(a₁, a₂, a₃)、V_{1i}(i=1, 2, …, 5) 的权重向

量为 A₁=(a₁₁, a₁₂, …, a₁₅)、V_{2i}(i=1, 2, …, 5) 的权重向量为 A₂=(a₂₁, a₂₂, …, a₂₅)、V_{3i}(i=1, 2, …, 6) 的权重向量为 A₃=(a₃₁, a₃₂, …, a₃₆)。

(三) 组织评价专家评分,确定样本矩阵

组织 p 位专家按照评价指标评分等级标准对生物医药产业集群创新能力指标层指标 V_{ij} 评分,设评价专家序号为 k, k=1, 2, …, p, 第 k 位专家对指标 V_{ij} 打出的分值记为 d_{ij}^k。根据专家们的评分结果,得到受评对象的评价样本矩阵:

$$\begin{pmatrix} d_{11}^1 & \cdots & d_{11}^k & \cdots & d_{11}^p \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{15}^1 & \cdots & d_{15}^k & \cdots & d_{15}^p \\ d_{21}^1 & \cdots & d_{21}^k & \cdots & d_{21}^p \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{31}^1 & \cdots & d_{31}^k & \cdots & d_{31}^p \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{36}^1 & \cdots & d_{36}^k & \cdots & d_{36}^p \end{pmatrix}$$

(四) 确定评级灰类

根据上述评价指标的评分等级,设灰类序号为 e,对生物医药产业集群创新能力评价采用 5 个评价灰类,分别为:优(e=1)、良(e=2)、中(e=3)、差(e=4)、很差(e=5)。

(五) 计算灰色评价系数

对于评价指标 V_{ij},受评对象属于第 e 个评价灰类的灰色评价系数记为 X_{ije}(e=1, …, 5),且

$$X_{ije} = \sum_{k=1}^p f_e(d_{ij}^k) \cdot f_e(d_{ij}^k) \text{ 为白化权函数。}$$

对于评价指标 V_{ij},受评对象属于各个评价灰类的总灰类评价数记为 X_{ij},且

$$X_{ij} = \sum_{e=1}^5 X_{ije}$$

(六) 计算灰色评价权向量和权矩阵

所有评价专家就评价指标 V_{ij},主张第 e 个评价灰类的灰色评价权为 r_{ije},且

$$r_{ije} = \frac{X_{ije}}{X_{ij}}$$

评价指标 V_{ij} 对于各灰类的灰色评价权向量 rij=(rij1, rij2, rij3, rij4, rij5)。综合灰色评价权向量,得到灰色评价权矩阵 Ri。

$$R_i = \begin{pmatrix} ri1 \\ ri2 \\ \cdots \\ rij \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ri11 & ri12 & ri13 & ri14 & ri15 \\ ri21 & ri22 & ri23 & ri24 & ri25 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ rij1 & rij2 & rij3 & rij4 & rij5 \end{pmatrix}$$

(i=1, 2, 3, 且 i=1 时 j=5; i=2 时 j=5; i=3 时, j=6)

(七) 计算综合评价值

将各评价灰类等级按灰水平赋值,即优($e=1$)取100,良($e=2$)取80,中($e=3$)取60,差($e=4$)取40,极差($e=5$)取20,得到各级评价灰类等级值化向量 $CT = (100, 80, 60, 40, 20)$, 根据各级评价灰类等级值化向量(CT)和灰色评价权矩阵(R_i)计算评价指标 V_{ij} 的评分值,记为 B_{ij} , B_{ij} 值越大代表该指标得分越高。再根据指标 V_{ij} 的评分值及其权重(a_{ij}),计算出准则层评价指标 U_i 的评分值,记为 B_i , B_i 值越大,表示创新投入能力($i=1$)或创新产出能力($i=2$)或创新支持能力($i=3$)越强。最后,根据指标 U_i 的评分值及其权重(a_i),计算生物医药产业集群创新能力的总得分,记为 W , W 值越大,表示该生物医药产业集群的创新能力强,计算表达式为:

$$B_{ij} = CT \cdot R_i; B_i = \sum a_{ij} \cdot B_{ij}; W = \sum a_i \cdot B_i$$

($i=1, 2, 3$, 且 $i=1$ 时, $j=5$; $i=2$ 时, $j=5$; $i=3$ 时, $j=6$)

三、基于多层次灰色评价模型的生物医药产业集群创新能力实证分析

根据文献资料,生物医药产业集聚水平排在全国前列的省市有:江苏、广东、上海、河北、山东、浙江、四川、天津。为全面分析我国生物医药产业集群的创新能力强,通过调查问卷和专家打分,并参考《中国统计年鉴2009》和《中国高技术产业统计年鉴2009》中的统计数据,以上述省份为实证研究对象,应用多层次灰色评价模型对其进行评价分析。调研对象包括集群的管理部门和集群内企业,共发放调查问卷(问卷中包含打分表)100份,收回有效问卷84份,回收率为84%。

定量指标无量纲归一化处理结果及原始数据平均值如表2所示,指标值大于0说明该省市的该项指标高于平均水平,小于0说明其低于平均水平,绝对值越大表示偏离平均水平程度越大。采用层次分析法确定各个指标权重,如表1所示。为验证权重的合理性,对权重进行一致性检验。经过检验 $C.R$ 值(一致性比例)均小于0.1,判断矩阵具有满意的一致性,权重设置合理。运用多层次灰色评价模型,得到各项评价指标 V_{ij} 八个省市的平均分,如表3所示;江苏等八个省市生物医药产业集群的创新投入能力 B_1 、创新产出能力 B_2 、创新支持能力 B_3 得分及创新能力总得分 W ,见表4所示。

表2 数据表

	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	V_{21}	V_{22}	V_{23}	V_{24}	V_{25}	V_{31}	V_{32}
天津	1.05	-0.77	-0.10	-0.79	-0.77	-0.65	0.81	0.28	-1.34	-0.47	-0.22	-0.67
河北	-0.79	-1.14	-1.02	-0.26	-0.39	-0.82	-0.99	-1.00	1.72	-0.36	0.90	-0.75
上海	-0.87	-0.71	0.32	-0.72	-0.91	-0.73	0.75	1.06	-0.13	-0.53	-0.30	2.38
江苏	1.05	0.85	0.25	0.87	0.54	1.36	0.72	0.77	0.65	-0.27	-0.78	-0.39
浙江	1.02	1.12	1.25	1.76	1.62	0.17	1.18	1.26	-1.26	2.43	-1.27	-0.04
山东	-0.39	0.95	-1.24	0.72	1.20	1.45	-0.34	-0.38	0.21	0.04	0.05	-0.08
广东	0.38	0.76	-0.86	-1.09	-0.30	0.34	-0.57	-0.51	-0.21	-0.32	-0.31	-0.04
四川	-1.45	-1.07	1.39	-0.49	-0.99	-1.13	-1.56	-1.48	0.35	-0.53	1.93	-0.40
平均值	1.35	51	0.0048	0.019	2949	230	15.41	14.94	44.08	9.62	4.93	9.65

表3 评价指标 V_{ij} 的八个省市平均得分

指标	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	V_{21}	V_{22}	V_{23}
平均得分	62.68	63.90	69.39	65.67	69.32	59.91	59.79	60.33
指标	V_{24}	V_{25}	V_{31}	V_{32}	V_{33}	V_{34}	V_{35}	V_{36}
平均得分	64.95	55.64	61.89	59.35	73.46	60.86	65.09	65.76

(一) 各产业集群创新能力存在较大差异

从表4的评价结果可以看出,上海、江苏、浙江三个省市的生物医药产业集群创新能力相对较强,呈现出与人才、技术、资金、管理等资源分布的一致性。但从最高值100分的评价标准看,八个省市的生物医药产业集群的创新能力强均处于较低水平,平均得分仅有63.01。最高分浙江(表4: $w: 70.89$)与最低分四川(表4: $w: 52.83$)之间相差18.06分,不同区域生物医药产业集群的创新能力强存在很大差异。且除上海外,其余省市均表现出创新产出小于投入的现象($B_2 < B_1$),创新资源未得到有效利用。

表4 各省市生物医药产业集群创新能力得分表

	天津	河北	上海	江苏	浙江	山东	广东	四川
B_1	64.93	59.05	59.78	72.45	76.08	70.20	67.18	53.77
B_2	61.40	52.85	63.38	67.78	69.38	62.09	59.38	46.90
B_3	60.96	61.83	67.95	63.23	67.95	66.39	66.91	60.78
W	62.28	57.19	63.66	67.82	70.89	65.64	63.76	52.83

(二) 集群经费投入与技术创新的资金需求之间尚存在缺口

国际上普遍认为 $R\&D$ 投入占销售收入的比重小于1%是难以生存的,达到2%可以维持,大于5%企业才有竞争力,而我国八个省市生物医药产业集群的平均 $R\&D$ 经费投入强度仅为1.35%(表2),河北(表2: $V_{11}: -0.79$)、上海(表2: $V_{11}: -0.87$)、山东(表2: $V_{11}: -0.39$)均低于平均水平,四川(表2: $V_{11}: -1.45$)远远低于平均水平,与一些大型的全球医药企业10%~20%的 $R\&D$ 经费投入强度差距显著。技术引进、购买成交金额占GDP的比例与技术改造费用占GDP的比例两项指标八

个省市的平均值分别为 0.0048% (表 2: V_{13})、0.019% (表 2: V_{14}), 尽管均值较小, 但除江苏 (表 2: V_{13} : 0.25, V_{14} : 0.87)、浙江 (表 2: V_{13} : 1.25, V_{14} : 1.76) 外, 其余 6 个省市仍至少有一项指标低于平均水平, 集群经费投入远远无法满足技术创新的资金需求。而作为创新经费支持的金融机构贷款及政府资金投入所占科技活动经费筹集额的比重却差强人意, 八个省市的平均值分别为 4.93% (表 2: V_{31}) 和 9.65% (表 2: V_{32}), 平均得分分别为 61.89 分 (表 3: V_{31})、59.35 分 (表 3: V_{32}), 集群内企业并未获得有效的资金支持而减轻筹资负担。

(三) 创新产品的市场占有率和科技成果转化有待提高

八个省市生物医药产业集群的平均科技成果转化率为 44.08% (表 2: V_{24}), 平均得分 64.95 分 (表 3: V_{24}), 科技成果未得到有效转化。平均创新产品的产值比率为 15.41% (表 2: V_{22}), 河北 (表 2: V_{22} : -0.99)、山东 (表 2: V_{22} : -0.34)、广东 (表 2: V_{22} : -0.57)、四川 (表 2: V_{22} : -1.56) 四个省份低于平均水平, 其中四川的创新产品产值显著不足, 创新成果未能有效产业化以实现利润。根据兰查斯特战略模式导出的市场占有率目标值, 市场占有率超过 26.1%, 则表示企业有可能从势均力敌的竞争中脱颖而出而形成领先地位。但八个省市的生物医药产业集群的创新产品市场占有率均未达到这一下限目标值, 平均创新产品市场占有率为 14.94% (表 2: V_{23}), 与之相差较大。科研机构 and 大学是集群发展的智囊团, 为集群的发展输入知识、技术和人才。但是, 我国生物医药产业集群均存在产学研合作机制不完善的现象, 八个省市生物医药产业集群的产学研合作关系这一评价指标得分均不超过 70 分, 平均 65.09 分 (表 3: V_{33})。此外, 从技术引进、购买成交金额占 GDP 的比例这一指标也可以反映该现象。生物医药产业具有投入高、周期长的特点, 大部分企业不具有独立完成新药研发的能力, 这就促使企业借助科研机构、高校通过技术转移的形式引进新技术, 技术引进、购买是集群内部技术合作的一种方式, 其成交金额反映了合作的程度。而技术引进、购买成交金额占 GDP 的比例这一指标八个省市生物医药产业集群的平均值仅为 0.0048% (表 2: V_{13}), 产学研合作关系急需完善。而产学研脱节导致的研发目标与市场需求偏离, 在一定程度上必然影响着创新产品的市场占有率和科技成果转化。政府对创新的资金投入多流向了科研机构和大学, 而大型科学仪器设备的重复申请以及较

低的科技成果转化等负面因素使得资源未能得到有效配置, 创新产出能力小于创新投入能力。

(四) 集群的创新支持能力尚需加强

我国生物医药产业集群创新基础设施状况良好, 平均 73.46 分 (表 3: V_{33}), 与之相比, 集群创新文化的培育显得明显不足。集群文化这一评价指标各省市的平均得分 65.76 分 (表 3: V_{36}), 集群内未形成浓厚的创新文化氛围, 存在着企业创新意识薄弱, 企业间缺乏交流与合作等问题。这种现象的产生与我国生物医药产业集群的形成机制不无关系。我国的生物医药产业集群大都属于规划引导型, 该类集群普遍存在着集而不群、企业间关联度低、产业布局不合理、集群定位模糊等问题, 企业为了获取资源优势而聚集, 生产同质化, 产品缺乏创新, 合作研发意识薄弱, 企业积极自主创新和企业合作创新的集群文化较难沉淀。中介服务机构为集群内企业提供专业化的服务, 可以有效降低企业成长过程中的运营成本 and 风险, 提供技术评估和技术转让服务的专业化中介结构还能促进研发成果的快速产业化。然而, 我国生物医药产业集群的创新中介服务水平不高, 八个省份此项指标平均得分为 60.86 分 (表 3: V_{34}), 中介服务机构发展良莠不齐, 伴随集群快速发展所需要的各项专业化服务相对欠缺, 且机构间没有形成相互分工协作的关系, 造成整体服务效益低下。

参考文献:

- [1] 刘燕华. 加强技术创新引领生物产业[J]. 中国生物工程杂志 2007, (7).
- [2] Cooke P. Biotechnology cluster, "Big Pharma" and the knowledge-driven economy[J]. International Journal of Technology Management 2003, (25).
- [3] 玛利亚, 樊鸿伟. 上海张江高科技园区生物医药产业集群研究[J]. 开发研究 2008, (3).
- [4] 周泯非, 魏江. 产业集群创新能力的概念、要素与构建研究[J]. 外国经济与管理 2009, (9).
- [5] 徐道宣. 中小企业集群创新能力综合评价模型[J]. 科技进步与对策 2007, (10).
- [6] 马靖忠, 关军. 钢铁产品集群创新能力评价体系探析[J]. 企业经济 2010, (4).
- [7] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.

[责任编辑: 何雄伟]