

科技活动的综合发展水平测度与分析^{*}

李建辉^{**}

(西京学院理学院, 西安 710123)

摘 要:科技活动的发展水平是整个科技产业发展水平的重要组成部分。为了更准确地观测科技活动综合发展水平及其变化规律,本文对科技活动基本情况、科学研究与开发机构、规模以上工业企业和高等学校科技活动进行了综合评价与统计分析。首先,使用变量聚类分析的方法建立相应的指标体系,以及建立基于改进灰色关联度分析法的科技活动综合评价模型;其次,对科技活动系统及其子系统的协调发展度进行计算和分析,发现我国科技活动系统及其子系统的综合发展水平不尽相同,系统的协调发展度差异明显;最后,提出相关政策建议:应重视基础研究,深化产学研合作,注重科技向生产力的转化,坚持走“高水平高协调度”的发展之路。

关键词:科技;聚类分析;灰色关联度;协调发展

中图分类号:G30;O212

文献标识码:A

doi:10.16507/j.issn.1006-6055.2019.06.008

Measurement and Analysis of Comprehensive Development Level of Scientific and Technological Activities^{*}

LI Jianhui^{**}

(School of Science, Xijing University, Xi'an 710123, China)

Abstract: The development level of science and technology activities is an important aspect of the development level of the whole science and technology industry. In order to observe the comprehensive development level of scientific and technological activities and its changing pattern more accurately, this paper carries out a comprehensive evaluation and statistical analysis of the fundamental conditions of scientific and technological activities, and those conducted by scientific research and development institutions, industrial enterprises above the scale and institutions of higher learning. Firstly, an index system is established by using the method of variable clustering analysis, and a comprehensive evaluation model of scientific and technological activities is established based on the improved grey relational analysis method. Secondly, the coordinated development degree of S&T activity system and its subsystems is calculated and analyzed. The results show that the comprehensive development level of S&T activity system and its subsystems in China is different, and the coordinated development degree of the system is varies significantly. Finally, some suggestions are put forward, such as paying attention to basic research, deepening cooperation between industry and university, focusing on the transformation of science and technology to productivity, and adhering to the development path of "high level and high coordination".

Key words: science and technology; cluster analysis; grey correlation degree; coordinated development

科学技术是国家发展的核心驱动力,科技产业的综合发展水平是国家核心竞争力的重要组成部分,科技产业的更好更快发展将直接促进经济与社会健康可持续发展。经济、社会的发展离

^{*} 陕西省创新能力支撑计划(2018GHJD-21),西京学院科研基金(XJ180209)资助

^{**} 通讯作者, E-mail: juevk@sina.cn

不开科技进步,科技进步为经济发展提供了强大推动力。

对科技产业的综合发展水平进行准确、有效地评估是观测科技发展水平的有效手段。我国科研绩效评价相对发达国家起步较晚,由于我国与国外的科研体制机制不同,因此,完全照搬或者模仿国外的绩效评价方法是不可行的,只有参照先进的评价方法和评价手段结合自身的经验不断尝试、探索和实践^[1,2]。这一领域的学者们对于这一问题进行了深入研究。李海超等^[3]构建了高科技产业原始创新能力评价指标体系,对我国高科技产业原始创新能力进行评价与分析,并提出了提升高科技产业原始创新能力的策略;李立光^[4]通过对综合评价方法进行梳理与研究,建立评价指标体系与评价模型,为进一步开展高校科技成果产业化能力评价打下基础;曹受金等^[5]将统计分析 with 文献分析相结合,借助高校科技创新能力评价指标体系,从基础创新能力、学科创新能力、技术创新能力、知识创新能力四个方面对湖南高校科技创新能力进行分析和评价;刘晓英等^[6]从专利申请量和专利类型、专利授权量和专利授权率、专利申请的主要技术领域 3 个方面对湖南省 59 所高校科技创新能力进行整体分析并提出相关建议;白华等^[7]构建陕西高校科技成果产业化绩效评价指标体系,并利用模糊综合评价法进行具体评价与分析,为提升陕西高校科技成果产业化水平提出了相关建议;张士运等^[8]构建了科技创新中心综合评价指标体系,以北京为例从横向和纵向两个维度进行实证研究,分析京、沪、苏、浙、粤五省市的相对优劣,以及北京近 6 年的发展态势;陈方等^[9]对我国近期在工业生物技术领域基础研究、应用研究、技术转化与产业发展方面取得的进展和成就等问题进行了研究。此类科研绩

效评价研究有着重要的理论和现实意义。

目前,对于科技产业发展和可持续发展问题的综合评价研究取得了一些成果,以理论研究与定性分析居多。权重是综合评价模型中最重要的因素,直接影响评价结果的精确度。权重的确定大致有两类方法,即主观赋权法和客观赋权法。主观方法主要依赖于专家主观经验,客观方法是根据指标体系原始数据之间的联系,通过一些数学方法计算各指标的权重,以真实反映各指标权重与样本数据变动的关系^[10]。鉴于此,本文在前人研究的基础上使用客观赋权法对我国科技活动的发展现状进行了综合评价与测度。

1 指标体系的建立

在数据的收集过程中,为了避免漏掉某些重要因素,选取指标时会尽可能地考虑所有的相关因素,导致指标体系中的变量过多,且变量间的相关度较高,给统计分析与综合评价带来极大不便。为了明确变量间的相似关系,可按照变量的相似度将其聚合成若干类,进而筛选影响系统的主要因素作为指标变量^[11,12],本文参考文献[11]的做法,使用 R 型聚类方法进行指标变量筛选。

1.1 数据的收集与整理

本文的数据来源于国家统计局网站^[13],选取了 2008—2017 年科技活动基本情况、科学研究与开发机构基本情况、规模以上工业企业和高等学校科技活动基本情况的各项指标数据作为样本(附表 1~4)。其中,科学研究与开发机构是一种专门从事科学技术方面研究、将研究成果开拓、发展为实际应用的工具、设备、仪器、材料、方法、工艺等的组织或组合的单位;规模以上工业企业是指年主营业务收入在 2000 万元以上的工业企业,主要包括国有企业、集体企业、私营企业和港、澳、

台商投资企业等;高等学校包括大学、专门学院、高等职业技术学院和高等专科学校。

1.2 指标聚类分析

由于考虑到各个指标之间可能存在多重共线性,所以使用 R 型聚类分析对数据进行处理,剔除相关关系,选出新的指标,分别确定科技活动基本情况、科学研究与开发机构、规模以上工业企业和高等学校科技活动基本情况的评价指标体系。在 Matlab 软件中编写 R 型聚类分析的计算机程序,利用指标数据可计算得到相应分类结果。

1) 科技活动基本情况指标聚类

科技活动基本情况反映了科研投入的人力、经费、科技成果和高技术产品交易额等 30 项指标,对其进行聚类分析筛选新的指标体系(图 1)。第 1 类有 26,第 2 类有 6、23、24、30,第 3 类有 11、12,第 4 类有 27~29,第 5 类有 20,第 6 类有 5、7~10、25,第 7 类有 18,第 8 类有 19,第 9 类有 3,第 10 类有 1、2、4、13~17,第 11 类有 21,第 12 类有 22。选取 x_1 、 x_3 、 x_5 、 x_6 、 x_{11} 、 x_{18} ~ x_{22} 、 x_{26} 和 x_{27} 为新的指标变量。

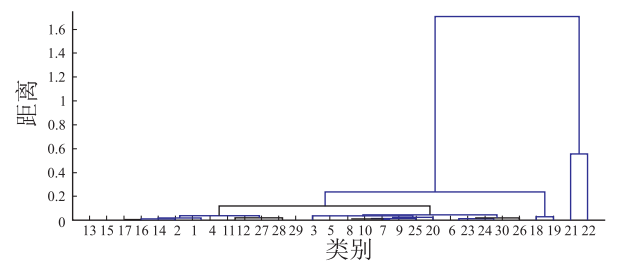


图 1 科技活动基本情况聚类

Fig. 1 Cluster analysis for basic situation of scientific and technological activities

2) 科学研究与开发机构科技活动指标聚类

科学研究与开发机构科技活动反映了科研和开发机构研究数量、试验投入的人力、经费和科技成果等 24 项指标,对其进行聚类分析(图 2)。第 1 类有 31,第 2 类有 33,第 3 类有 37,第 4 类有

38、46,第 5 类有 39、41~43、45,第 6 类有 34、35、48、49,第 7 类有 40、47、51~54,第 8 类有 36、44,第 9 类有 32,第 10 类有 50。选取 x_{31} ~ x_{34} 、 x_{36} ~ x_{40} 和 x_{50} 为新的指标变量。

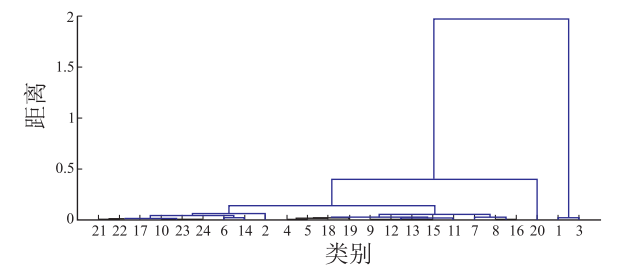


图 2 科学研究与开发机构科技活动指标聚类

Fig. 2 Index clustering of scientific and technological activities of scientific research and development institutions

3) 规模以上工业企业科技活动指标聚类

规模以上工业企业科技活动反映了规模以上工业企业的数量、投入的人力、经费和科技成果等 20 项指标,对其进行聚类分析(图 3)。第 1 类有 70,第 2 类有 55、61,第 3 类有 67,第 4 类有 57、60、62、63、65、66、68、69,第 5 类有 58,第 6 类有 56、59、64,第 7 类有 72,第 8 类有 74,第 9 类有 73,第 10 类有 71。选取 x_{55} ~ x_{58} 、 x_{67} 、 x_{70} ~ x_{74} 为新的指标变量。

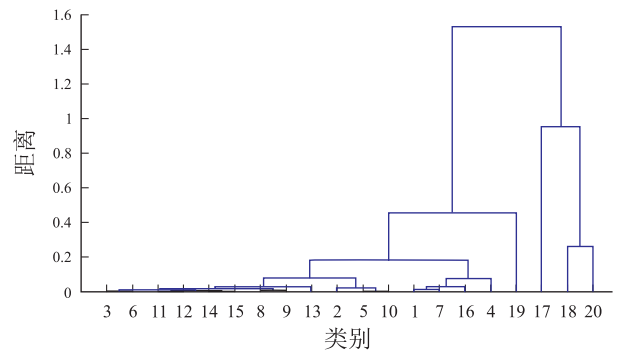


图 3 规模以上工业企业科技活动指标聚类

Fig. 3 Index clustering of scientific and technological activities of industrial enterprises above designated size

4) 高等学校科技活动指标聚类

高等学校科技活动反映了高等学校的基本情况、科学研究中的投入和科技成果等 25 项指标,对其进行聚类分析(图 4)。第 1 类有 93,第 2 类有 94,第 3 类有 79~81、85、90、91,第 4 类有 78、84、86、88、92,第 5 类有 75,第 6 类有 82,第 7 类有 89,第 8 类有 76、77,第 9 类有 96~99,第 10 类有 87,第 11 类有 95,第 12 类有 83。选取 x_{75} 、 x_{76} 、 x_{78} 、 x_{79} 、 x_{82} 、 x_{83} 、 x_{87} 、 x_{89} 、 $x_{93} \sim x_{96}$ 为新的指标变量。

2 科技活动综合发展水平测度

2.1 改进的灰色关联度模型

灰色关联分析法可以用来确定复杂系统中各因素之间的关联程度,其基本思路是使用线性插值的方法将系统因素的离散行为观测值转化为分段连续的线性函数,进而根据线性函数图像的几何特性构造测度关联度模型^[14]。本文将改进的灰色关联度分析方法作为对科技活动进行综合评价的方法。

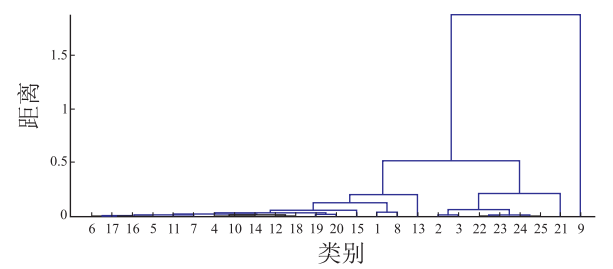


图 4 高等学校科技活动指标聚类

Fig.4 Index of scientific and technological activities in colleges and universities

Step1. 根据 3E 系统指标体系确定比较对象和参考数列,设数据集为矩阵 X ,则 $X = (x_i^{(t)})_{n \times T}, i = 0, 1, 2, \dots, n, t = 1, 2, \dots, T$ 。选取各个指标值的最优集为参考数列

$$X_0 = \max_i \{X\} = (x_0^{(1)} \quad x_0^{(2)} \quad \dots \quad x_0^{(T)}) \quad (1)$$

Step2. 将参考数列 X_0 与数据集 X 按照公式

$$y_i^{(t)} = \frac{x_i^{(t)}}{x_0^{(t)}}, i = 0, 1, 2, \dots, n \text{ 处理,得到新的数据集}$$

$$Y = (y_i^{(t)})_{n \times T}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

以及新的参考列

$$Y_0 = (x_0^{(t)}), \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

Step3. 计算数据集对参考数列在第 i 个指标上的关联系数

$$\xi_i^{(t)} = \frac{\min_i \min_t |y_0^{(t)} - y_i^{(t)}| + \rho \max_i \max_t |y_0^{(t)} - y_i^{(t)}|}{|y_0^{(t)} - y_i^{(t)}| + \rho \max_i \max_j |y_0^{(t)} - y_i^{(t)}|} \quad (4)$$

其中, $\min_i \min_t |y_0^{(t)} - y_i^{(t)}|$ 、 $\max_i \max_t |y_0^{(t)} - y_i^{(t)}|$ 分别为两级最小差及最大差, $0 \leq \rho \leq 1$ 为分标系数。取 $\rho = 0.5$ ^[14]。

Step4. 计算指标变量 $y_i^{(t)}$ 与 $y_0^{(t)}$ 之间的相似度

$$\eta_i^{(t)} = 1 - \frac{|y_i^{(t)} - y_0^{(t)}|}{|y_i^{(t)}| + |y_0^{(t)}|} \quad (5)$$

Step5. 计算修正的灰色关联度系数

$$R_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\lambda_1 \xi_i^{(t)} + \lambda_2 \eta_i^{(t)}) \quad (6)$$

其中,参数 $\lambda_1, \lambda_2 \in [0, 1]$, 且 $\lambda_1 + \lambda_2 = 1$ 。取 $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$ ^[15]。

Step6. 计算各指标权重 $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$,

$$\omega_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Step7. 根据指标数据与权重,计算综合发展水平

$$F = \sum_{j=1}^n \omega_j x_j \quad (8)$$

由于本文选取 2008—2017 年科技活动基本情况、科学研究与开发机构、规模以上工业企业和高等学校科技活动的指标数据作为研究对象,因

此参数 $T = 10, n$ 的取值集合为 $\{12, 10, 10, 12\}$ 。

2.2 科技活动综合发展水平计算与分析

权重体现了指标对综合发展水平的贡献率，表 1 给出了各系统的指标权重。从定量研究的角度对影响科技活动综合发展水平的主要指标进行计算和分析，结果表明：

1)对科技活动基本情况综合发展水平影响较大的指标依次为：国家科学技术进步奖、发明专利申请授权数、研究与试验发展应用研究人员全

时当量和高技术产品进出口额等。2)对科学研究与开发机构基本情况综合发展水平影响较大的指标依次为：研究与试验发展折合全时人员、研究与试验发展企业资金经费支出、应用研究与试验发展折合全时人员和地方属科学研究与开发机构数等。3)对规模以上工业企业科技活动基本情况综合发展水平影响较大的指标依次为：研究与试验发展经费支出与主营业务收入之比、研究与试验发展人员全时当量、技术改造经费支出和引

表 1 各系统的指标权重¹⁾

Tab. 1 Index weight of each system¹⁾

科技活动基本情况		科学研究与开发机构		规模以上工业企业科技活动		高等学校科技活动	
权重	取值	权重	取值	权重	取值	权重	取值
$\omega_1^{(1)}$	0.0826	$\omega_1^{(2)}$	0.0980	$\omega_1^{(3)}$	0.0943	$\omega_1^{(4)}$	0.0820
$\omega_2^{(1)}$	0.0842	$\omega_2^{(2)}$	0.0989	$\omega_2^{(3)}$	0.1046	$\omega_2^{(4)}$	0.0879
$\omega_3^{(1)}$	0.0833	$\omega_3^{(2)}$	0.0997	$\omega_3^{(3)}$	0.0974	$\omega_3^{(4)}$	0.0799
$\omega_4^{(1)}$	0.0826	$\omega_4^{(2)}$	0.0986	$\omega_4^{(3)}$	0.0967	$\omega_4^{(4)}$	0.0816
$\omega_5^{(1)}$	0.0819	$\omega_5^{(2)}$	0.1019	$\omega_5^{(3)}$	0.0995	$\omega_5^{(4)}$	0.0778
$\omega_6^{(1)}$	0.0807	$\omega_6^{(2)}$	0.1011	$\omega_6^{(3)}$	0.1059	$\omega_6^{(4)}$	0.1013
$\omega_7^{(1)}$	0.0836	$\omega_7^{(2)}$	0.1044	$\omega_7^{(3)}$	0.1011	$\omega_7^{(4)}$	0.0845
$\omega_8^{(1)}$	0.0828	$\omega_8^{(2)}$	0.0983	$\omega_8^{(3)}$	0.0972	$\omega_8^{(4)}$	0.0827
$\omega_9^{(1)}$	0.0809	$\omega_9^{(2)}$	0.0996	$\omega_9^{(3)}$	0.0995	$\omega_9^{(4)}$	0.0776
$\omega_{10}^{(1)}$	0.0879	$\omega_{10}^{(2)}$	0.0995	$\omega_{10}^{(3)}$	0.1038	$\omega_{10}^{(4)}$	0.0797
$\omega_{11}^{(1)}$	0.0856	—	—	—	—	$\omega_{11}^{(4)}$	0.0821
$\omega_{12}^{(1)}$	0.0839	—	—	—	—	$\omega_{12}^{(4)}$	0.0829

1) $\omega_j^{(k)}$ 表示第 k 个系统的第 j 个指标对应的权重。

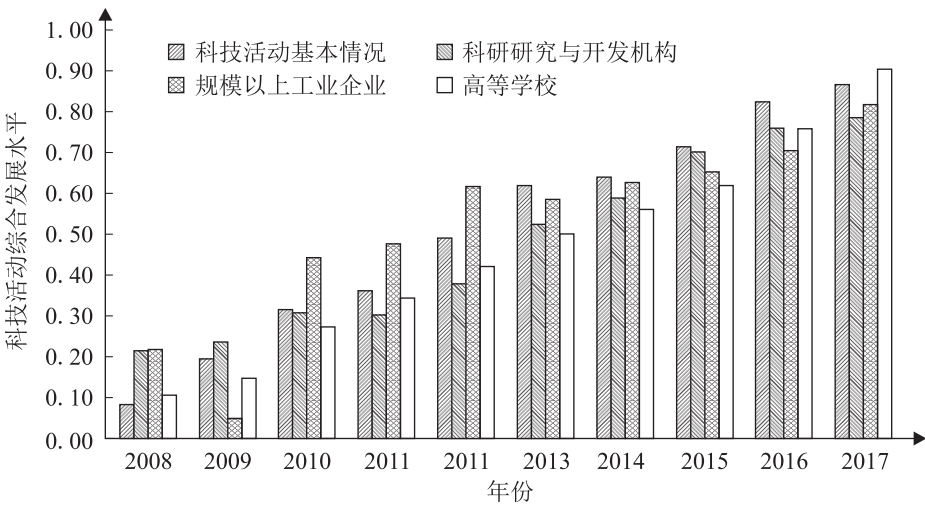


图 5 各系统综合发展水平

Fig. 5 Comprehensive development level of each system

进国外技术经费支出等。4)对高等学校科技活动综合发展水平影响较大的指标依次为:试验发展机构研究与试验发展折合全时人员、理工农医学校数、高等学校试验发展经费支出和专利申请受理数等。这些结果符合我国科技发展的实情,比如:理工农医类学校和高等学校中的学科主要包含数学、物理学、化学、生物学、天文学、工程技术科学、环境学、建筑学及这八大类的各种运用与组合,正是科技活动较为活跃的学科领域,因此理工农医学校数量成为影响高等学校科技活动综合发展水平的重要指标较为合理。

综合发展水平体现了系统内部各个指标发展的综合情况。表 2 分别给出了各系统 2008—2017 年的综合发展水平及其年增长率。研究发现:

1)科技活动基本情况的综合发展水平呈逐年上涨趋势(2008—2009 年增长率最大),平均年增长率 35.38%,增长率标准差 0.4097;2)科学研究与开发机构科技活动的综合发展水平近似呈逐年上涨趋势(2010—2011 年略有下降),整体增长较为平稳,平均年增长率 16.36%,增长率标准差 0.1218;3)规模以上工业企业科技活动的综合发展水平呈波动变化,但总体仍呈现上涨趋势,增长率较为不稳定,极差较大,平均年增长率 101.81%,增长率关于均值的偏离程度较大,增长率标准差为 2.9359;4)高等学校科技活动综合发展水平呈平稳逐年增长的趋势,平均年增长率 29.25%,增长率标准差较小,仅 0.23。

为了深入观测各系统综合发展水平的演进趋势和统计规律,在此进行综合发展水平的 Weibull 分布验证,结果如图 6 所示,其中, $F_1 \sim F_4$ 依次表示科技活动基本情况、科学研究与开发机构、规模以上工业企业和高等学校科技活动的

综合发展水平。图中, F_1 、 F_2 和 F_4 的数据呈直线分布状态,且 F_1 和 F_4 的直线斜率近似相等,表明其分布规律基本相同, F_3 的数据大部分呈直线分布,说明各系统的综合发展水平近似服从 Weibull 分布,直线的斜率不同表明分布函数中的参数有所不同。

表 2 各系统综合发展水平的年增长率
Tab. 2 Annual growth rate of comprehensive development level of each system

年份	科技活动基本情况	科学研究与开发机构科技活动	规模以上工业企业科技活动	高等学校科技活动
2008—2009	139.24%	10.32%	-80.13%	40.08%
2009—2010	66.14%	29.69%	928.04%	89.01%
2010—2011	14.68%	-0.60%	7.98%	27.52%
2011—2012	35.91%	24.43%	29.80%	22.60%
2012—2013	26.17%	39.40%	-5.30%	19.01%
2013—2014	3.66%	12.91%	7.23%	12.26%
2014—2015	11.87%	18.90%	4.36%	10.21%
2015—2016	15.14%	8.38%	7.79%	23.16%
2016—2017	5.57%	3.84%	16.57%	19.37%

3 科技活动的协调发展度

在得到科技活动发展综合水平的基础上,可以对各项活动发展水平之间的协调发展度进行计算,以明确科技活动系统中每个子系统之间是否协调发展的问題。在此采用几何平均的方法来计算各系统间的协调发展度,以便同时包含每个系统的综合发展水平和各系统间的关联度。将第 i 个子系统与第 j 个子系统之间的协调发展度定义为

$$T_{ij} = (\bar{F}_{ij}^\alpha R_{ij}^\beta)^{\frac{1}{\alpha+\beta}}, \quad i, j = 1, 2, 3, 4 \tag{9}$$

其中, $\bar{F}_{ij}$ 和 R_{ij} 分别表示第 i 个子系统与第 j 个子系统的平均综合发展水平和关联度系数。

将数据带入式(9)计算得到 2008—2017 年间我国科技活动各子系统间的协调发展度(表 4),然后采用国内外通用的协调发展度等级标准(表 3)^[16]划分其协调发展度的等级。结果表明,

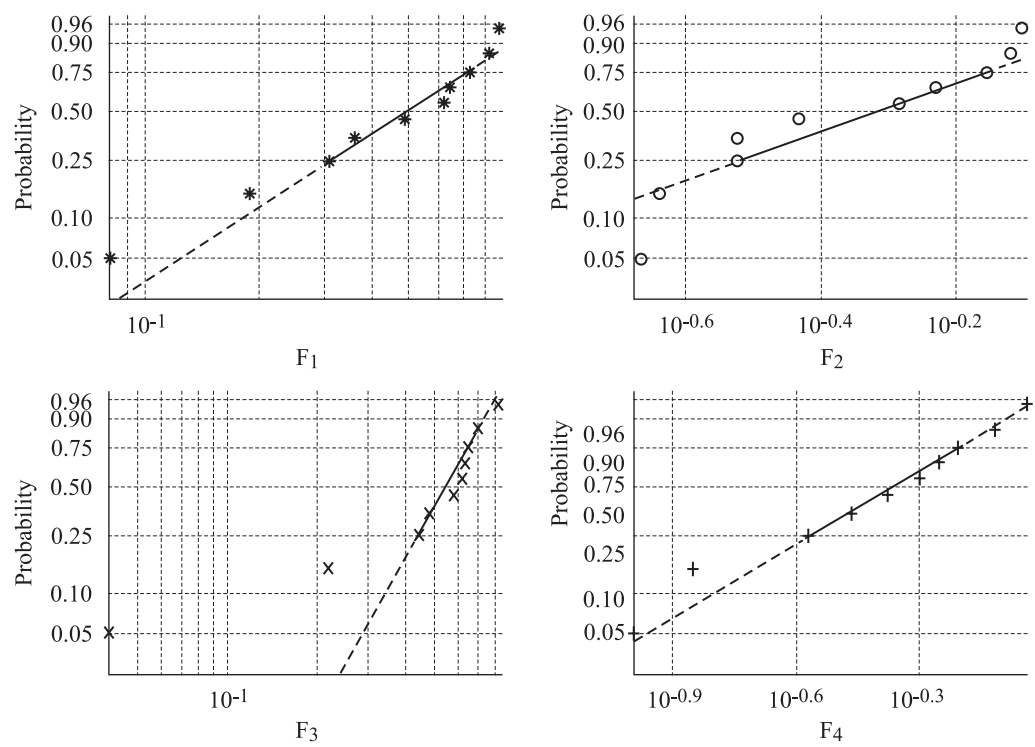


图6 各系统综合发展水平的 Weibull 分布验证

Fig.6 Weibull distribution verification of comprehensive development level of each system

表 3 系统间的协调发展度等级标准

Tab.3 Grade standard of development coordination among systems

协调度	[0,0.2)	[0.2,0.4)	[0.4,0.5)	[0.5,0.6)	[0.6,0.8)	[0.8,1)
等级	严重失调	中度失调	轻度失调	轻度协调	良好协调	优质协调

从“十一五”到“十二五”初期,各子系统间的发展基本都处于中度失调,发展不协调;经过“十二五”期间的努力,各子系统间的发展基本都变为轻度失调;“十三五”规划纲要提出“构建全方位开放新格局,优化现代产业体系”,我国科技活动的发展迈上的新的台阶,各子系统的协调发展度稳步提升,在“十三五”初期都达到了轻度协调的等级。以上分析正好切合我国科技活动发展的实情,证实了本研究的准确性和可靠性。

4 结论与建议

本文从系统分析的角度,基于聚类分析建立了评价科技活动综合发展水平的指标体系。采

用改进的灰色关联度分析方法对指标权重进行了计算,得到了科技活动及其子系统的综合发展水平,并在此基础上对科技活动及其子系统之间的协调发展度进行了测度与分析,得到两个主要结论:

1)科技活动及其子系统综合发展水平的变化规律不尽相同。纵向来看,规模以上工业企业科技活动发展较不稳定,综合发展水平年增长率呈跳跃性变化;科学研究与开发机构科技活动发展水平变化较为平稳;高等学校科技活动的综合发展水平增长稳定,年增长率极差较小。横向来看,“十二五”前期规模以上工业企业科技活动的综合发展水平处于领先地位,而中后期科技活动

表 4 各系统之间的协调发展度

Tab. 4 Development coordination among systems

年份	S1 与 S2		S1 与 S3		S1 与 S4		S2 与 S3		S2 与 S4		S3 与 S4	
	协调度	等级	协调度	等级	协调度	等级	协调度	等级	协调度	等级	协调度	等级
2008	0.2541	中度失调	0.2598	中度失调	0.1813	严重失调	0.2700	中度失调	0.2559	中度失调	0.2615	中度失调
2009	0.2739	中度失调	0.2389	中度失调	0.2476	中度失调	0.2622	中度失调	0.2702	中度失调	0.2075	中度失调
2010	0.3208	中度失调	0.3758	中度失调	0.3187	中度失调	0.3753	中度失调	0.3141	中度失调	0.3735	中度失调
2011	0.3428	中度失调	0.3937	中度失调	0.3453	中度失调	0.3905	中度失调	0.3350	中度失调	0.3927	中度失调
2012	0.3979	中度失调	0.4486	轻度失调	0.4005	轻度失调	0.4430	轻度失调	0.3711	中度失调	0.4453	轻度失调
2013	0.4500	轻度失调	0.4528	轻度失调	0.4490	轻度失调	0.4368	轻度失调	0.4153	轻度失调	0.4358	轻度失调
2014	0.4596	轻度失调	0.4614	轻度失调	0.4583	轻度失调	0.4564	轻度失调	0.4421	轻度失调	0.4551	轻度失调
2015	0.4890	轻度失调	0.4869	轻度失调	0.4855	轻度失调	0.4809	轻度失调	0.4795	轻度失调	0.4640	轻度失调
2016	0.5204	轻度协调	0.5180	轻度协调	0.5204	轻度协调	0.5008	轻度协调	0.5034	轻度协调	0.5009	轻度协调
2017	0.5354	轻度协调	0.5366	轻度协调	0.5486	轻度协调	0.5216	轻度协调	0.5456	轻度协调	0.5467	轻度协调

的整体水平有所提升,尤其是科学研究与开发机构和高等学校发展较为迅速。到“十三五”初期,高等学校经过长足发展,其科技活动综合发展水平稳步提升至整个系统的首位。

2)科技活动及其子系统的协调发展度差异明显。“十二五”以来,在 4 个系统形成的 6 个两两组合中,包含高等学校的 3 个组合相比其余 3 个组合,其协调发展度均较高。根据协调发展度的定义分析可发现,在整个系统中高等学校与其余 3 个子系统的发展较为协调且综合发展水平较高,而科学研究与开发机构与规模以上工业企业的协调发展度较低。

为促进我国科技活动更好更快发展,提高系统内部协调度,实现科技活动持续协调发展,本文提出如下建议:

1)重视基础研究,奠定坚实基础。强化对基础研究的顶层设计和前瞻部署,构建基础研究多元投入体系以及稳定性经费与竞争性经费的合理配置机制。高等学校和科学研究与开发机构是整个科技活动系统发展的基础驱动,因此,应鼓励和支持其产出更多的原创性基础研究成果,为科技活动的长足持续发展奠定坚实的基础。

2)深化产学研合作,提高核心动力。在落实《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》的基础上,深化高等学校与规模以上工业企业的交流与合作,建立一种深度校企合作的长效稳定机制,实现互利共赢,深化产学研合作。促进新工科多方协同育人模式改革背景下的应用型高校产学研深度合作,从而有力推进应用研究、实验发展和研究与发展成果应用等方面的迅速发展。实现高等学校与规模以上工业企业协调发展,进而推动整个科技活动系统的持续协调发展。

3)注重科学技术向生产力的转化。应实现高等学校和科学研究与开发机构与规模以上企业的无缝对接,将前期研发得到的新产品装置、新工艺、新技术、新方法等投入生产实际中,解决实际应用中存在的技术问题,最终实现提高社会生产力的目的。

4)坚持“高水平高协调度”的发展理念。科技活动的协调发展问题研究不能局限于如何保持较高的协调发展能力,而是要在整个科技活动系统具有较高综合发展水平的条件下保持较高的协调发展能力。既要保证科技活动系统高速

发展,又要保证整个系统及其子系统协调发展。

附录

附表 1 科技活动基本情况指标
Supplement Tab. 1 Index of basic situation of scientific and technological activities

指标	符号
研究与试验发展人员全时当量(万人年)	x_1
研究与试验发展基础研究人员全时当量(万人年)	x_2
研究与试验发展应用研究人员全时当量(万人年)	x_3
研究与试验发展试验发展人员全时当量(万人年)	x_4
研究与试验发展经费支出(亿元)	x_5
研究与试验发展基础研究经费支出(亿元)	x_6
研究与试验发展应用研究经费支出(亿元)	x_7
研究与试验发展试验发展经费支出(亿元)	x_8
研究与试验发展政府资金经费支出(亿元)	x_9
研究与试验发展企业资金经费支出(亿元)	x_{10}
科技经费筹集额(亿元)	x_{11}
来源于政府资金的科技经费筹集额(亿元)	x_{12}
来源于企业资金的科技经费筹集额(亿元)	x_{13}
来源于金融机构贷款的科技经费筹集额(亿元)	x_{14}
科技经费内部支出(亿元)	x_{15}
科技经费内部支出中劳务费(亿元)	x_{16}
科技经费内部支出中固定资产构建费(亿元)	x_{17}
发表科技论文(万篇)	x_{18}
出版科技著作(种)	x_{19}
科技成果登记数(项)	x_{20}
国家技术发明奖(项)	x_{21}
国家科学技术进步奖(项)	x_{22}
专利申请受理数(项)	x_{23}
发明专利申请受理数(项)	x_{24}
专利申请授权数(项)	x_{25}
发明专利申请授权数(项)	x_{26}
高技术产品进出口额(亿美元)	x_{27}
高技术产品出口额(亿美元)	x_{28}
高技术产品进口额(亿美元)	x_{29}
技术市场成交额(亿元)	x_{30}

附表 2 科学研究与开发机构的科技活动指标
Supplement tab. 2 Scientific and technological activity index of scientific research and development institutions

指标	符号
科学研究与开发机构数(个)	x_{31}
中央属科学研究与开发机构数(个)	x_{32}
地方属科学研究与开发机构数(个)	x_{33}

指标	符号
研究与试验发展人员(万人)	x_{34}
研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{35}
基础研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{36}
应用研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{37}
研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{38}
研究与试验发展经费支出(亿元)	x_{39}
基础研究经费支出(亿元)	x_{40}
应用研究经费支出(亿元)	x_{41}
试验发展经费支出(亿元)	x_{42}
研究与试验发展政府资金经费支出(亿元)	x_{43}
研究与试验发展企业资金经费支出(亿元)	x_{44}
研究与试验发展项目(课题)数(项)	x_{45}
研究与试验发展项目(课题)人员全时当量(万人年)	x_{46}
研究与试验发展项目(课题)经费支出(亿元)	x_{47}
发表科技论文数量(篇)	x_{48}
发表科技论文中国外发表数(篇)	x_{49}
出版科技著作(种)	x_{50}
专利申请受理数(件)	x_{51}
发明专利申请受理数(件)	x_{52}
专利申请授权数(件)	x_{53}
发明专利申请授权数(件)	x_{54}

附表 3 规模以上工业企业科技活动指标
Supplement tab. 1 Index of technical activities of industrial enterprises above designated size

指标	符号
有研究与试验发展活动企业数(个)	x_{55}
研究与试验发展人员全时当量(人年)	x_{56}
研究与试验发展经费支出(万元)	x_{57}
研究与试验发展经费支出与主营业务收入之比(%)	x_{58}
研究与试验发展项目数(项)	x_{59}
研究与试验发展项目经费支出(亿元)	x_{60}
办研究与试验发展机构数(个)	x_{61}
办研究与试验发展机构人员数(万人)	x_{62}
办研究与试验发展机构经费支出(亿元)	x_{63}
新产品开发项目数(项)	x_{64}
新产品开发经费支出(万元)	x_{65}
新产品销售收入(万元)	x_{66}
新产品出口销售收入(万元)	x_{67}
专利申请数(件)	x_{68}
发明专利申请数(件)	x_{69}
有效发明专利数(件)	x_{70}
引进国外技术经费支出(亿元)	x_{71}
引进技术消化吸收经费支出(亿元)	x_{72}
购买国内技术经费支出(亿元)	x_{73}
技术改造经费支出(亿元)	x_{74}

附表 4 高等学校科技活动指标

Supplement tab.4 Index of scientific and technological activities in colleges and universities

指标	符号
普通高校数(所)	x_{75}
理工农医学校数(所)	x_{76}
人文社科学学校数(所)	x_{77}
研究与试验发展机构数(个)	x_{78}
研究与试验发展人员(万人)	x_{79}
科研和开发机构研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{80}
基础研究机构研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{81}
应用研究机构研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{82}
试验发展机构研究与试验发展折合全时人员(万人年)	x_{83}
研究与试验发展经费支出(亿元)	x_{84}
基础研究经费支出(亿元)	x_{85}
应用研究经费支出(亿元)	x_{86}
试验发展经费支出(亿元)	x_{87}
研究与试验发展政府资金经费支出(亿元)	x_{88}
研究与试验发展企业资金经费支出(亿元)	x_{89}
研究与试验发展项目(课题)数(项)	x_{90}
研究与试验发展项目(课题)人员全时当量(万人年)	x_{91}
研究与试验发展项目(课题)经费支出(亿元)	x_{92}
发表科技论文数量(篇)	x_{93}
发表科技论文中国外发表数(篇)	x_{94}
出版科技著作(种)	x_{95}
专利申请受理数(件)	x_{96}
发明专利申请受理数(件)	x_{97}
专利申请授权数(件)	x_{98}
发明专利申请授权数(件)	x_{99}
研究与试验发展政府资金经费支出(亿元)	x_{88}
研究与试验发展企业资金经费支出(亿元)	x_{89}

参考文献

[1] 官海滨,武德昆. 中外高校科研绩效评价理论比较[J]. 中国高校科技,2013,28(z1):112-114.

GUAN Haibin, WU Dekun. A Comparison of the Theory of Scientific Research Performance Evaluation between Chinese and Foreign Universities [J]. Chinese University Science & Technology, 2013,28(z1):112-114.

[2] 卢苇. 国内外高校科研绩效评价体系比较研究[J]. 南京财经大学学报,2014,32(6):73-77.

LU Wei. Comparative Study of Domestic and Inter-

national University Scientific Research Performance Evaluation System [J]. Journal of Nanjing University of Finance and Economics,2014,32(6):73-77.

[3] 李海超,张赞,陈雪静. 我国高科技产业原始创新能力评价研究[J]. 科技进步与对策,2015,32(7):118-121.

LI Haichao, ZHANG Yun, CHEN Xuejing. Research on Evaluation of Primitive Innovation Ability of High-tech Industry in China[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2015, 32 (7): 118-121.

[4] 李立光. 高校科技产业化能力评价体系的构建与评价方法研究[J]. 福州大学学报(哲学社会科学版),2016,30(5):36-44.

LI Liguang. Study on the Construction and Evaluation Method of the Ability Evaluation System of Science and Technology Industrialization in Colleges and Universities[J]. Journal of Fuzhou University(Philosophy and Social Sciences), 2016, 30 (5):36-44.

[5] 曹受金,田英翠. 湖南高校科技创新能力分析和评价[J]. 海峡科技与产业,2015,28(8):99-101.

CAO Shoujin, TIAN Yingcui. Research on the Construction and Evaluation Method of the Assessment System of the Ability of Scientific and Technological Industrialization in Colleges and Universities [J]. Technology and Industry Across the Straits, 2015,28(8):99-101.

[6] 刘晓英,文庭孝,杨忠. 基于专利计量分析的湖南省高校科技创新能力研究[J]. 中国科技资源导刊,2015,59(2):46-55.

LIU Xiaoying, WEN Tingxiao, YANG Zhong. Research on Technological Innovation Ability of Universities in Hunan Province Based on Patent Econ-

- ometric Analysis[J]. China Science & Technology Resources Review, 2015, 59(2): 46-55.
- [7] 白华, 徐英. 陕西高校科技成果产业化绩效评价研究[J]. 中国高校科技, 2015, 30(5): 39-41.
BAI Hua, XU Ying. Research on Performance Evaluation of Industrialization of Scientific and Technological Achievements in Shaanxi Universities[J]. Chinese University Science & Technology, 2015, 30(5): 39-41.
- [8] 张士运, 王健, 庞立艳, 等. 科技创新中心的功能与评价研究[J]. 世界科技研究与发展, 2018, 40(1): 61-70.
ZHANG Shiyun, WANG Jian, PANG Liyan, et al. Research and Evaluation of Functions of S&T Innovation Center [J]. World Sci-Tech R & D, 2018, 40(1): 61-70.
- [9] 陈方, 丁陈君, 陈云伟, 等. 工业生物技术领域国际发展态势及我国发展前景展望[J]. 世界科技研究与发展, 2018, 40(2): 133-148.
CHEN fang, DING Chenjun, CHEN Yunwei, et al. A Study on Global Trends of Industrial Biotechnology and the Perspectives in China, [J]. World Sci-Tech R & D, 2018, 40(2): 133-148.
- [10] 王晓甜, 贾勇. 中外高校科研绩效评价比较分析[J]. 产业与科技论坛, 2016, 15(15): 220-221.
WANG Xiaotian, JIA Yong. A Comparative Analysis of Scientific Research Performance Evaluation in Chinese and Foreign Universities [J]. Industrial & Science Tribune, 2016, 15(15): 220-221.
- [11] 宋东林, 孙娟. 基于 R 型聚类的知识产权强省评价指标体系构建[J]. 科技与管理, 2017, 19(2): 16-22.
SONG Donglin, SUN Juan. Establishment of Strong Province in IP Evaluation Indicators System based on R-cluster [J]. Science-Technology and Management, 2017, 19(02): 16-22.
- [12] 赵盟, 廖虹云, 张伟, 等. 基于聚类分析的省域低碳发展评价指标体系研究[J]. 中国能源, 2017, 39(1): 20-25.
ZHAO Meng, LIAO Hongyun, ZHANG Wei, et al. Research on Evaluation Index System of Provincial Low Carbon Development based on Cluster Analysis [J]. Energy of China, 2017, 39(1): 20-25.
- [13] 国家统计局. 国家统计局网站 [EB/OL]. [2019-02-01]. <http://data.stats.gov.cn/index.htm>.
China National Bureau of Statistics . Website of China National Bureau of Statistics [EB/OL]. [2019-02-01]. <http://data.stats.gov.cn/index.htm>.
- [14] 刘思峰, 蔡华, 杨英杰, 等. 灰色关联分析模型研究进展[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(8): 2041-2046.
LIU Sifeng, CAI Hua, YANG Yingjie, et al. Advance in Grey Incidence Analysis Modelling[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2013, 33(8): 2041-2046.
- [15] QIU B, WANG F, LI Y, ET AL. Research on Method of Simulation Model Validation Based on Improved Grey Relational Analysis [J]. Physics Procedia, 2012, 25(22): 1118-1125.
- [16] 崔立志, 江海峰. 3E 系统协调发展的 PLSPM-GIA 测度模型及其应用研究[J]. 数理统计与管理, 2016(6): 984-996.
CUI Zhili, JIANG Haifeng. Study on the Application of the PLSPM-GIA Model to Measure the Coordination Development of the 3E System [J]. Journal of Applied Statistics and Management, 2016(6): 984-996.