

The Construction and Comprehensive Evaluation of Regional Scientific and Technological Innovation System of Xuzhou City

——Based on AHP and Entropy Weight Methods

Aiwen Zhao¹, Ruilin Li²

¹School of Economics, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou Jiangsu

²Jincheng School, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu

Email: xzzhaoaiwen@163.com

Received: Nov. 8th, 2019; accepted: Nov. 22nd, 2019; published: Dec. 2nd, 2019

Abstract

This paper proposes an evaluation system involving one target layer, four criterion layers and twelve indicators, measuring Xuzhou's regional scientific and technological innovation capability from 2010 to 2017. The approaches used for determination of weights are combination of subjective weighting and objective weighting methods. Specifically, the weight of the criterion layer is determined by the analytic hierarchy process (AHP) while the weight of the index layer is determined by the entropy weight algorithm. Then, the evaluation values are synthesized in terms of regional scientific and technological innovation capability and indicator layers as well. To conclude, suggestions are recommended in strict accordance with the research results.

Keywords

Regional Scientific and Technological Innovation System, Comprehensive Evaluation, Analytic Hierarchy Process, Entropy Weight Algorithm

徐州市区域科技创新体系建设及综合评价研究

——基于AHP和熵权法

赵爱文¹, 李瑞林²

¹徐州工程学院经济学院, 江苏 徐州

²南京航空航天大学金城学院, 江苏 南京
Email: xzzhaoaiwen@163.com

收稿日期: 2019年11月8日; 录用日期: 2019年11月22日; 发布日期: 2019年12月2日

摘要

本文构建1个目标层、4个准则层、12个评价指标的区域科技创新评价指标体系, 评价徐州市2010年~2017年区域科技创新能力。在权重的确定上采用主观赋权和客观赋权相结合的办法, 采用层次分析法(AHP)确定准则层的权重, 通过熵权算法确定指标层的权重, 通过线性加权合成区域科技创新及指标层综合评价价值。最后根据研究结果, 提出对策建议。

关键词

区域科技创新体系, 综合评价, 层次分析法, 熵权算法

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

推动区域科技创新是践行“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念的集中体现, 也是贯彻落实创新驱动发展战略的重要组成部分。近年来徐州市立足科技创新和产业发展实际, 大力实施创新驱动战略, 以建设区域性产业科技创新中心为目标, 建立完善区域科技创新体系, 引领徐州经济高质量发展。区域科技创新能力评价是建设区域创新体系、制定区域科技创新战略的基础。只有明确徐州区域科技创新能力的水平, 发现其中的问题, 才能有针对性地采取措施, 提高徐州市区域科技创新能力。

对于科技创新体系评价的研究已经趋于成熟, 学者们所用指标体系因研究区域不同而呈现差异, 但主要依据科技创新投入、科技创新产出、科技创新绩效、科技创新环境四个方面进行具体指标选取及重新整合。研究方法主要有灰色关联分析法[1] [2]、主成分分析法[3] [4]、因子分析法[5]、层次分析法[6] [7]、TOPSIS法[8] [9]、DEA [10]法等。本文在其他学者研究的基础上, 结合徐州市区域科技创新的实际情况及数据的可得性, 构建1个目标层、4个准则层、12个评价指标的徐州市区域科技创新指标体系, 在权重的确定上采用主观赋权和客观赋权相结合的办法。采用层次分析法确定准则层的权重, 通过熵权算法确定指标层的权重, 最后通过线性加权合成徐州市区域科技创新及指标层综合评价价值。

2. 区域科技创新评价指标体系

构建合理的指标体系, 是评价徐州市区域科技创新的重要环节。本文在其他学者研究的基础上, 结合徐州市实际情况, 分别从创新资源(B_1)、创新投入(B_2)、创新产出(B_3)和创新绩效(B_4)4个方面构建徐州市区域科技创新评价指标体系。见表1。

Table 1. Evaluation index system of regional science and technology innovation in Xuzhou City
表 1. 徐州市区域科技创新评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位
区域 创新 评价 指标 A	创新资源(B ₁)	民办科技型企业(C ₁₁)	个
		各类专业技术人员(C ₁₂)	人
	创新投入(B ₂)	机构经费支出(C ₂₁)	万元
		科技支出/公共财政预算支出(C ₂₂)	%
		R&D 经费内部支出合计(C ₂₃)	万元
	创新产出(B ₃)	高新技术产业产值/GDP (C ₃₁)	%
		有效发明专利数(C ₃₂)	件
		高新技术产业产值占全省比重(C ₃₃)	%
		高新技术产业利税总额(C ₃₄)	万元
		人均 GDP(C ₄₁)	元/人
	创新绩效(B ₄)	能源效率(C ₄₂)	万元/吨标准煤
		全员劳动生产率(C ₄₃)	万元/人

3. 区域科技创新评价模型构建

3.1. 层次分析法(AHP)

准则层采用主观赋权法更为合理, 因为准则层权重所采用的确定方法能够直接反映出循环经济评价结果是否具有科学性。本文利用 AHP 法建立评价模型, 对准则层进行权重赋值, 主要有以下四个步骤:

1) 建立递阶层次结构模型

最上层即为目标层, 往往是 1 个要素, 最下层通常是对象层或者方案层, 而中间层级可以有一个层次或者多个层次, 一般为准则层或者指标层。

2) 构造成对比较判断矩阵

建立模型之后, 构造判断矩阵, 即将各层元素之间进行参考, 从而判断出各层要素重要性排名。

3) 判断矩阵的一致性检查

为了保证应用层次分析法得到的结论合理, 还需要对构造的判断矩阵进行一致性检验。

a) 计算判断矩阵每一行元素的乘积

$$M_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

b) 计算 M_i 的 n 次方根 \bar{w}_i

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{M_i}$$

c) 对向量 $\bar{w} = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_n]^T$ 正规化(归一化处理)

$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i}$$

则 $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ 即为所求的特征向量。

d) 计算矩阵的最大特征根 λ_{\max}

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}$$

其中 $(AW)_i$ 表示向量 AW 的第 i 个元素。

e) 为了检验判断矩阵的一致性, 需要计算它的一致性指标,

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

然后, 查表得出相对应的平均随机一致性指标 RI , 随机构造 500 个矩阵样本, 随意抽取 1~9 及其倒数, 构造正互反矩阵, 得到最大特征根的平均值 λ'_{\max} , 并定义为一致性指标(表 2):

$$RI = \frac{\lambda'_{\max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{RI \cdot (n - 1)}$$

只有当 $CR < 0.1$ 时, 层次单排序的结果才认为是满意的; 否则, 判断矩阵的元素需要调整。

Table 2. Mean random consistency index

表 2. 平均随机一致性指标

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

3.2. 熵权算法

熵权算法是一种客观赋权法, 因为它仅依赖于数据本身的离散性。熵权算法确定权重主要有以下几步骤:

1) 形成原始数据矩阵

对 n 个样本, m 个指标, 则 x_{ij} 为第 i 个样本的第 j 个指标的数值 ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2) 对原始矩阵进行无量纲化处理

由于各指标的评价单位不同, 必须将各种指标转化为无量纲的相对量。本文采用均值化法对数据进行无量纲化处理。

$$r_{ij} = x_{ij} / \bar{x}_{ij} \quad (2)$$

3) 计算第 j 个指标下, 第 i 个项目的指标值的比重 p_{ij} :

$$p_{ij} = r_{ij} / \sum_{i=1}^m r_{ij} \quad (3)$$

4) 计算第 j 个指标的熵值 e_j :

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m (p_{ij} \cdot \ln p_{ij}) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

其中, $k = 1/\ln m$ 。

5) 计算第 j 项指标的差异系数 h_j :

$$h_j = 1 - e_j \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

6) 计算第 j 个指标的熵权 w_j :

$$w_j = \frac{h_j}{\sum_{i=1}^n h_j} = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

7) 分别计算各个评价对象的综合评价价值:

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_j p_{ij} \quad (7)$$

4. 实证研究

4.1. 数据的搜集和整理

本文四个准则层为创新资源(B_1)、创新投入(B_2)、创新产出(B_3)、创新绩效(B_4)，指标层共包括 12 个指标：民办科技型企业(C_{11})、各类专业技术人员(C_{12})、机构经费支出(C_{21})、科技支出/公共财政预算支出(C_{22})、R&D 经费内部支出合计(C_{23})、高新技术产业产值/GDP (C_{31})、有效发明专利数(C_{32})、高新技术产业产值占全省比重(C_{33})、高新技术产业利税总额(C_{34})、人均 GDP (C_{41})、能源效率(C_{42})和全员劳动生产率(C_{43})。指标层的原始数据(2010 年~2017 年)来源于《徐州统计年鉴 2011~2018》，徐州国民经济和社会发展公报(2011~2018)，部分数据通过计算得到。

4.2. 权重的确定

4.2.1. 准则层权重确定

根据表 1 可知，目标层为 A，准则层为 $B_i (1 \leq i \leq 4)$ ，指标层为 $C_{ij} (1 \leq i \leq 4, 1 \leq j \leq 4)$ ，所建立的徐州市区域创新综合评价指标体系的层次结构如图 1 所示。

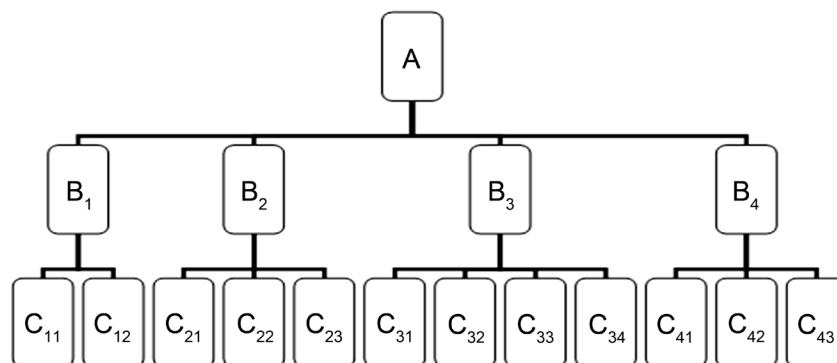


Figure 1. Hierarchical structure diagram

图 1. 层次结构图

为客观地评价徐州市区域科技创新发展状况，将准则层要素两两之间进行比较，以下的层次分析是准则层 B 之间进行比较。见表 3。

Table 3. Judgment matrix A-B**表 3.** 判断矩阵 A-B

A-B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	权重
B ₁	1	1/5	1/3	1/2	0.0878
B ₂	5	1	2	3	0.4814
B ₃	2	1/2	1	2	0.2519
B ₄	3	1/3	1/2	1	0.1789

注: $\lambda_{\max} = 4.0729, CI = 0.0243, CR = 0.0273 < 0.10$ 。

由上表可以看出, 层次单排序的结果是令人满意的, 即一致性检验通过。准则层各指标重要性排序为: 创新投入(0.4814), 创新产出(0.2519), 创新绩效(0.1789), 创新资源(0.0878), 可见创新投入对区域科技创新的影响是最重要的, 投入是创新的源泉。

4.2.2. 指标层熵权确定

首先, 利用均值化法对所搜集到的数据进行标准化处理。见表 4。

Table 4. Normalized data in the entropy method**表 4.** 熵值法中标准化后的数据

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
C ₁₁	0.231	0.399	0.763	1.031	1.151	1.246	1.561	1.618
C ₁₂	0.649	0.946	1.003	1.041	1.086	1.053	1.080	1.141
C ₂₁	0.376	0.562	1.002	0.949	0.901	1.164	1.447	1.600
C ₂₂	0.598	0.977	1.006	1.041	1.054	1.093	1.115	1.116
C ₂₃	0.428	0.592	0.724	0.835	0.958	1.118	1.305	1.468
C ₃₁	0.653	0.730	0.979	1.062	1.114	1.135	1.162	1.164
C ₃₂	0.200	0.351	0.538	0.605	0.887	1.262	2.111	3.157
C ₃₃	0.725	0.777	0.999	1.034	1.054	1.095	1.150	1.166
C ₃₄	0.323	0.614	0.714	1.038	1.174	1.210	1.362	1.566
C ₄₁	0.693	0.784	0.882	0.965	1.030	1.121	1.252	1.273
C ₄₂	0.600	0.739	0.822	0.924	1.056	1.168	1.305	1.386
C ₄₃	0.619	0.752	0.859	0.966	1.057	1.130	1.232	1.385

其次根据标准化后的数据计算每一个被评价对象的熵值、差异系数和熵权。见表 5。

由表 5 可知, 在创新资源准则层中, 民办科技型企业的熵权最大; 在创新投入准则层中, 机构经费支出这一指标的熵权最大; 在创新产出准则层中, 有效发明专利数的熵权最大; 在创新绩效准则层中, 能源效率这一指标的熵权最大。

Table 5. Entropy value, difference coefficient and entropy weight of each index
表 5. 各指标的熵值、差异系数及熵权

目标层	准则层	指标层	熵值 e_j	差异系数 h_j	熵权 w_j
区域 创新 评价 指标 体系 A	创新资源(B ₁)	民办科技型企业(C ₁₁)	0.9381	0.0619	0.9193
		各类专业技术人员(C ₁₂)	0.9946	0.0054	0.0807
	创新投入(B ₂)	机构经费支出(C ₂₁)	0.9622	0.0378	0.496
		科技支出/公共财政预算支出(C ₂₂)	0.9931	0.0069	0.09
		R&D 经费内部支出合计(C ₂₃)	0.9684	0.0316	0.4141
	创新产出(B ₃)	高新技术产业产值/GDP (C ₃₁)	0.9909	0.0091	0.0438
		有效发明专利数(C ₃₂)	0.8479	0.1521	0.7323
		高新技术产业产值占全省比重(C ₃₃)	0.994	0.006	0.0286
		高新技术产业利税总额(C ₃₄)	0.9594	0.0406	0.1953
	创新绩效(B ₄)	人均 GDP(C ₄₁)	0.9906	0.0094	0.2375
		能源效率(C ₄₂)	0.9835	0.0165	0.4152
		全员劳动生产率(C ₄₃)	0.9862	0.0138	0.3472

根据准则层的权重和指标层的熵权, 可进一步计算出各指标的总权重。见表 6。

Table 6. Total weight of indicator layer
表 6. 指标层总权重

目标层	准则层	权重	指标层	熵权 w_j	总权重 W_j	排名
区域 创新 评价 指标 体系 A	创新资源(B ₁)	0.0878	民办科技型企业(C ₁₁)	0.9193	0.0807	4
		0.0878	各类专业技术人员(C ₁₂)	0.0807	0.0071	12
	创新投入(B ₂)	0.4814	机构经费支出(C ₂₁)	0.496	0.2388	1
		0.4814	科技支出/公共财政预算支出(C ₂₂)	0.090	0.0433	8
		0.4814	R&D 经费内部支出合计(C ₂₃)	0.4141	0.1993	2
	创新产出(B ₃)	0.2519	高新技术产业产值/GDP (C ₃₁)	0.0438	0.0110	10
		0.2519	有效发明专利数(C ₃₂)	0.7323	0.1845	3
		0.2519	高新技术产业产值占全省比重(C ₃₃)	0.0286	0.0072	11
		0.2519	高新技术产业利税总额(C ₃₄)	0.1953	0.0492	7
	创新绩效(B ₄)	0.1789	人均 GDP(C ₄₁)	0.2375	0.0425	9
		0.1789	能源效率(C ₄₂)	0.4152	0.0743	5
		0.1789	全员劳动生产率(C ₄₃)	0.3472	0.0621	6

表 6 可知, 指标层中机构经费支出(C₂₁), 所占权重最大为 0.2388, 其次是 R&D 经费内部支出合计(C₂₃), 所占权重为 0.1993, 两个指标均属于创新投入(B₂), 由此可见, 创新投入在徐州市区域科技创新中的重要地位。

4.3. 综合评价确定

通过指标层的总权重, 可以进一步计算出 2010 年~2017 年徐州市区域创新综合评价及各指标层综合评价。见表 7。

Table 7. Xuzhou regional scientific and technological innovation and comprehensive evaluation value of index layer (2010~2017)
表 7. 徐州市区域科技创新及指标层综合评价价值(2010 年~2017 年)

年份	区域科技创新综合评价价值	创新资源综合评价价值	创新投入综合评价价值	创新产出综合评价价值	创新绩效综合评价价值
2010	0.0402	0.0331	0.0539	0.0301	0.0786
2011	0.061	0.0554	0.0788	0.0500	0.0943
2012	0.0868	0.0978	0.1138	0.0696	0.1061
2013	0.1014	0.1290	0.1171	0.0835	0.1185
2014	0.1199	0.1432	0.1211	0.1098	0.1313
2015	0.1446	0.1538	0.1468	0.1411	0.1430
2016	0.1963	0.1903	0.1750	0.2134	0.1584
2017	0.2497	0.1974	0.1936	0.3025	0.1699

为了便于说明问题, 将表 7 绘图如下。见图 2。

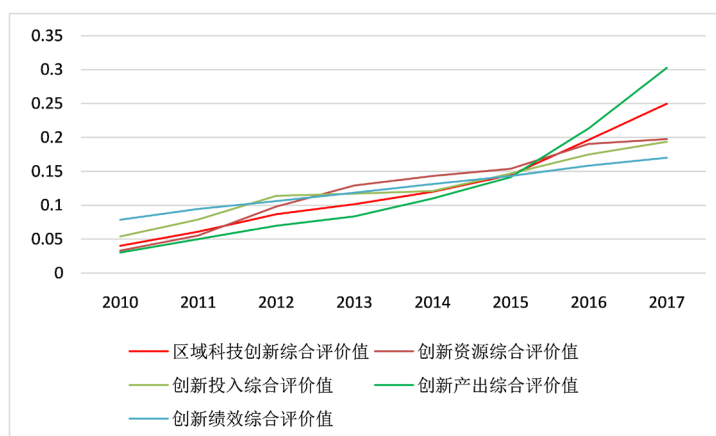


Figure 2. Xuzhou regional scientific and technological innovation and comprehensive evaluation value of index layer (2010~2017)

图 2. 徐州市区域科技创新及指标层综合评价价值(2010 年~2017 年)

通过计算可知, 2010 年~2017 年间徐州市区域科技创新综合评价价值稳步上升, 各评价指标的综合评价价值也呈稳定上升趋势, 说明徐州市区域科技创新发展状况良好。

5. 提高徐州市区域科技创新能力的对策建议

5.1. 优化创新环境, 建设创新平台

推进江苏淮海科技城和徐州科技谷建设, 构建高效率的区域创新体系, 形成区域性产业科技创新中心框架体系。依托徐州软件园、中国矿业大学文昌校区、中国矿业大学国家大学科技园、徐州工程学院城南校区、徐州“2.5 产业园”等载体, 规划建设 5 平方公里的淮海科技城。统筹产业创新布局, 着力建设徐州产业技术研究院和一批国家重点实验室、国家技术中心等国家级科技创新平台。

推进徐州科技创新谷建设。依托徐州国家高新技术产业开发区、徐州国家安全科技产业园、中国矿业大学南湖校区, 规划建设 5 平方公里的徐州科技创新谷, 配套建设徐州国际学术交流中心、科技创新大厦、大学生创新训练中心等创新载体, 重点发展主导产业和战略性新兴产业研究院集聚区, 加快建成全球优势创新资源集聚区、政产学研金深度融合发展示范区、区域性高新技术产业发展助推器。

5.2. 增加科技创新投入

设立徐州市国家创新型城市建设专项资金,用于科技成果转化、科技创新平台建设等重大项目。建立和完善以财政投入为引导、企业投入为主体,财政资金与社会资金、直接融资与间接融资、股权融资与债权融资有机结合的科技创新投融资体系。建立和培育发展科技金融服务中心等多种形式的服务平台,支持天使投资、私募基金、产业投资等股权投资对科技企业进行投资和增值服务。

5.3. 培育、引进创新创业人才

着眼于徐州产业发展的需要,大力培育复合型创新创业人才队伍和技能型人才大军。实施创新型企业企业家培育工程,通过组织定向培训、选聘发展顾问、开展个性服务等措施,提升企业家综合素质和创新能力。通过项目和实绩激励,引导在科研生产一线建功立业。实施新型技能大军培育工程,积极推进职业院校提档升级,创新培养模式,加强载体建设。同时注重引进高层次创新创业人才,大力引进符合徐州产业发展方向、具有自主创新成果、能够突破产业核心技术的高层次创新创业。加强国外人才智力对接,以重大科研项目、重点学科建设为载体,综合采取柔性引进、项目引进、专项资助引进等方式,大力引进符合徐州产业发展方向、具有自主创新成果、能够突破产业核心技术的高层次创新创业人才及团队。对高层次创新创业人才实行“一张绿卡全程服务”,凭卡可享受奖励补贴、创业扶持、居留落户、医疗社保等相关待遇和服务,一窗口受理、一站式联办、一网式运行。

5.4. 强化政策保障,建立监测和考评机制

认真贯彻落实《国家创新驱动发展纲要》,完善相关配套政策,形成完善的科技政策支撑体系,大力提升自主创新能力,加快科技成果转化。建设科技数据指标动态监测平台,随时分析掌握科技创新状况。

基金项目

本文为徐州市科技计划项目:徐州市区域科技创新体系建设及综合评价研究(KC19265)阶段性成果。

参考文献

- [1] 童纪新,陈继兴,蔡元成.基于灰色关联分析的区域科技创新效率评价研究——以江苏省为例[J].科技进步与对策,2011,28(10):108-110.
- [2] 姜文仙.广东省区域科技创新能力评价研究[J].科技管理研究,2016,36(8):75-79+86.
- [3] 巴吾尔江,董彦斌,孙慧,张其.基于主成分分析的区域科技创新能力评价[J].科技进步与对策,2012,29(12):26-30.
- [4] 张志新,孙照吉,薛翹.黄河三角洲区域科技创新能力综合分析与评价研究[J].经济问题,2014(4):100-105.
- [5] 张燕,徐燕,史伟.基于因子分析法的徐州市农业科技创新能力评价研究[J].江苏科技信息,2019,36(4):15-17.
- [6] 蒋兴华.区域科技创新能力评价体系构建及综合评价实证研究[J].科技管理研究,2012,32(14):64-68.
- [7] 张立恒.基于AHP-熵权法的我国区域科技创新可拓学评价模型及实证研究[J].工业技术经济,2019,38(8):130-136.
- [8] 赵黎明,刘猛.基于熵权TOPSIS的区域科技创新能力评价模型及实证研究[J].天津大学学报(社会科学版),2014,16(5):385-390.
- [9] 陈艳华.基于熵权TOPSIS的区域科技创新能力实证研究[J].工业技术经济,2017,36(5):46-51.
- [10] 赵绍娟.基于DEA模型的徐州市科技创新效率研究[J].创新科技,2019,19(5):22-30.