

# The Application of AHP and EWM Fusion Technology in Innovation Driven Development Evaluation Model

Yanling Chen

School of Business, Jinan University, Jinan Shandong  
Email: 851976598@qq.com

Received: May 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 17<sup>th</sup>, 2017; published: Jun. 20<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

The implementation of innovation-driven development strategy is an important part of China's national innovation system. This paper summarizes the predecessors of innovation-driven development evaluation of the status quo, to build a more systematic innovation-driven development of evaluation index system. Aiming at the shortcomings of the existing weight calculation methods, an improved weight calculation method is proposed, which combines the analytic hierarchy process with the intermediate process of the entropy method. Through empirical research on Beijing, Shanghai and Shenzhen, weight has a higher degree of credibility.

## Keywords

Innovation Driven Development, Analytic Hierarchy Process, Entropy Weight Method, Evaluation Model

---

# 改进层次分析法与熵权法融合技术的应用 ——基于创新驱动发展评价模型

陈燕玲

济南大学商学院, 山东 济南  
Email: 851976598@qq.com

收稿日期: 2017年5月30日; 录用日期: 2017年6月17日; 发布日期: 2017年6月20日

## 摘要

创新驱动发展战略的实施,是我国建设国家创新体系的重要一环。本文通过总结前人对创新驱动发展评价研究的现状,构建了较为系统的创新驱动发展评价指标体系。针对现有权重计算方法的诸多不足,提出了一种改进的权重计算方法,将层次分析法与熵权法的中间过程相融合,并通过在北京、上海及天津进行实证研究,证明求得的权重具有更高的可信度。

## 关键词

创新驱动发展,层次分析法,熵权法,评价模型

Copyright © 2017 by author 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. 创新驱动发展评价研究现状

发达国家对创新型国家、区域以及城市的研究起步较早,并建立了完善的评估体系,如欧洲国家现普遍采用欧盟创新记分牌(EIS) [1]对各个国家进行创新绩效的评价;欧洲工商管理学院基于全球创新指数(GII) [2],将创新指标划分为创新投入与产出两部分,对全球142个经济体展开评价。美国竞争力委员会将创新评价指标体系的发展划分为四个阶段,并指出我们现处于第四阶段,强调创新投入、创新产出的同时关注创新的环境、条件以及过程的影响。国外学者 Mikel 等通过对欧洲区域创新系统的影响因素进行实证分析,得出区域创新能力不仅受区域环境的影响,还受到区域内企业、大学以及研发机构的影响 [3]。

国内学者对创新驱动发展进行综合评价,主要基于建立指标体系的方式。如刘欣英(2007) [4],李琬、张玉利等(2010) [5],吴尤可、钟坚(2011) [6]以及邹燕(2012) [7]等学者都是通过构建创新驱动发展评估的三维模型对某一地区或城市进行评价分析。吴宇军、胡树华等(2011) [8],白嘉(2012) [9],李靖华等(2013) [10]等学者均构建了城市创新驱动发展的四维评价模型,他们之间的共同点是对基本要素的选取都包含创新主体和创新环境两部分,并分别根据所构建的体系进行不同城市的实证分析。谢攀(2008) [11]认为创新型城市的评价要素中,除了创新资源和环境,还应该包含创新能力、创新载体和优势品牌。宋河发、穆荣平等(2010) [12]建立了国家创新型城市七维要素评价指标体系,但并未进行实证研究。基于众学者的研究,中国科学院提出了从“创新实力”和“创新效力”两方面构建国家创新能力评价指标体系 [13];国家统计局社科文司从创新的投入、产出、环境以及成效四个维度出发,评估我国创新能力,并公布了中国创新指数(CII)。

众学者对创新驱动发展关键要素的不同理解,导致构建的指标体系存在众多差异。同样,基于不同的认识层面,学者运用多种计算方法对评价指标体系进行实证分析。袁潮清,刘思峰(2013) [14]通过灰色聚类法对我国31个省份的创新投入与产出效率进行对比分析,并评估了不同省份的创新体系成熟度。徐小阳、赵喜仓(2012)运用两阶段DEA模型及BBC模型对全国31个省市的创新绩效影响因素进行分析 [15]。吴优(2014)运用熵权法计算权重的方式,对北京、上海、深圳、广州的创新驱动发展现状进行比较 [16]。

本文在分析国内外学者研究成果的基础上,基于创新驱动发展的过程,提出一个较为系统的创新驱

动发展评价指标体系，并以此来对各地创新驱动发展的实践进行实证分析。

## 2. 评价指标体系的构建

创新驱动发展评价体系是评价各地区综合创新驱动发展能力的载体。本文所构建的评估体系主要包括两部分：一是反映地区创新能力和水平的指标，包括创新主体、投入及产出等。二是地区创新的基础条件，从软硬两方面考虑。

根据动态性、系统性与科学性、可操作性和目标导向性等原则，本文确定了 4 个一级指标、9 个二级指标和 30 个三级指标，具体如表 1 所示。

**Table 1.** Innovation-driven development evaluation index system

**表 1.** 创新驱动发展评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
创新主体	企业创新	规模以上工业企业研发人员数(万人)
		企业资金对高校和科研院所内部支出所占比(%)
		科技活动经费占主营业务收入的比重(%)
		企业新产品销售收入占主营业务收入的比重(%)
	高校及科研机构创新	企业拥有企业专利数(件)
		高校所属研发机构数(个)
		高校研发经费内部支出(亿元)
		高校在校研究生数量(个)
		研发机构科技活动人员数(人)
		研究与开发机构数(个)
创新投入	人力投入	R&D 人员数(千人)
	财力投入	每万就业人员中 R&D 人员数(个/万人)
	经济增长	各类专业技术人员(万人)
	知识产出	地方财政 R&D 经费投入(亿元)
	技术产出	R&D 经费投入占 GDP 比重(%)
创新产出	知识产出	人均 GDP(元/人)
	技术产出	第三产业增加值占 GDP 比例(%)
	硬环境	专利授权数量(件)
	软环境	发明专利占专利授权量的比重(%)
	地方开放程度	每万人科技研究与发展成果数(个)
创新环境	硬环境	高新技术产业增加值(亿元)
	软环境	高技术产品出口额占商品出口额的比例(%)
	硬环境	技术市场活动成交额(亿元)
	软环境	新产品增加值(亿元)
	硬环境	每万人国际互联网用户数(户/万人)
创新环境	硬环境	每百人公共图书馆藏书量(本/百人)
	软环境	科技孵化器数量(个)
	软环境	创新文化程度(每万人)
创新环境	硬环境	企业融资难易程度
	软环境	地方开放程度

### 3. 基础知识

#### 3.1. 层次分析法

层次分析法是通过分析问题，将问题分解为不同的要素，并将要素划分为不同的层次，在此基础上进行定性预定量分析。通过对每一层要素建立判断矩阵，得出该层要素对于该准则的权重，最后计算各个层次对总目标的权重。

层次分析法求取指标权重的过程如下：

**步骤 1** 对研究问题进行分析，确定系统的总目标，收集影响目标决策的准则，因素等。

**步骤 2** 建立层次结构模型，将与决策相关的各个元素划分为不同的层次，上层元素作为准则对下层元素起支配作用。

**步骤 3** 构造成对的判断矩阵，确定某一层中各个元素对上层元素的相对重要性排序。

**步骤 4** 计算单排序权重向量并进行一致性检验。

#### 3.2. 熵权法

熵值法是一种客观赋权法，该方法只利用信息熵这个工具，根据指标的变异程度，计算指标权重。熵在信息论中，指的是不确定性，信息量越大，不确定性越小，熵越小，权重越大；反之，指标之间数据差异越大，熵越大，权重越小。

熵值法的运算过程主要包括：

**步骤 1** 数据的非负数化处理。计算熵时，需要进行对数运算，而负数是无法进行对数运算的，故要进行非负化处理。其计算公式为：

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} + 1 \quad (1)$$

**步骤 2** 计算第  $j$  项指标下第  $i$  个方案占该指标的比重：

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_i x_{ij}} \quad (2)$$

**步骤 3** 计算第  $j$  项指标的熵值：

$$e_j = -k \sum p_{ij} \ln p_{ij}, \quad k = 1/\ln m \quad (3)$$

**步骤 4** 计算权重：

$$W_j = (1 - e_j) / \sum (1 - e_j), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

### 4. 改进的熵权-层次分析法

层次分析法的判断矩阵完全由专家主观打分而来，难以消除专家经验丰富程度对指标权重的影响；熵权法是根据客观数据对权重进行计算，但其反映的是指标间相对竞争激烈程度，而非实际重要程度；熵权 - 层次分析法仅仅是将前两种方法的底层指标进行了简单的综合，并未将二者有机的融合起来。针对以上问题，笔者改进了熵权 - 层次分析法，即在求取权重时，将主客观方法的中间过程相结合，而不是最后简单综合。

具体步骤如下：设一级指标有  $x$  个，二级指标有  $m$  个，三级指标有  $n$  个准则。每个二级指标中分别

包含  $n_1, n_2, \dots, n_m$  个子准则, 且  $n_1 + n_2 + \dots + n_m = n$ 。

**步骤 1** 通过 AHP 法, 构造判断矩阵, 求出一级指标的权重  $A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_x\}$ , 二级指标的权重  $B = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ , 以及三级指标权重向量  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 。

**步骤 2** 熵权法求得各准则的权重  $U = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$ 。

**步骤 3** 将 AHP 与 EWM 求得的三级指标的权重进行简单综合, 得综合权重  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ 。

$$t_j = u_j c_j / \left( \sum_{j=1}^n u_j c_j \right), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

**步骤 4** 按照与二级指标的对应关系, 重新表示三级指标的综合权重,

$T = \{t_{11}, t_{12}, t_{13}, \dots, t_{1n_1}, t_{21}, t_{22}, t_{23}, \dots, t_{2n_2}, \dots, t_{m1}, t_{m2}, t_{m3}, \dots, t_{mn_m}\}$ , 并对每个二级指标内的三级指标的权重进行归一化处理,  $D = \{d_{11}, d_{12}, d_{13}, \dots, d_{1n_1}, d_{21}, d_{22}, d_{23}, \dots, d_{2n_2}, \dots, d_{m1}, d_{m2}, d_{m3}, \dots, d_{mn_m}\}$ 。

$$d_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_k} t_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m; k = n_1, n_2, \dots, n_m \quad (6)$$

**步骤 5** 将二级指标的权重  $B$  与步骤四所求的权重  $D$  对应相乘, 得权重

$E = \{e_{11}, e_{12}, e_{13}, \dots, e_{1n_1}, e_{21}, e_{22}, e_{23}, \dots, e_{2n_2}, \dots, e_{m1}, e_{m2}, e_{m3}, \dots, e_{mn_m}\}$ , 其中,  $e_{ij} = \beta_i * d_{ij}$

**步骤 6** 将权重  $E$  重新表示为  $F = \{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n\}$ , 并对权重  $F$  进行归一化处理, 得到最终权重  $W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$ 。

$$w_j = \frac{f_j}{\sum_{j=1}^n f_j}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

## 5. 实证分析

### 5.1. 数据来源

文中, 层次分析法的判断矩阵由 15 位专家打分而来, 均为研究创新驱动发展、技术创新以及创新管理领域的教授及副教授; 熵权法的数据为我国东中西部地区区域创新能力前 5 的省份, 数据均来自于 2014 年的《中国统计年鉴》, 地方《统计年鉴》、《科技统计年鉴》及所在省市统计局、国家科技部等官方网站。

### 5.2. 数据预处理

为便于对数据进行分析处理, 首先对原始数据进行预处理:

1) 将指标数据划分为效益型和成本型指标两类, 对于效益型的指标, 其值越大越好; 对于成本型的指标, 采用取倒数的方法, 进行数值转换。

2) 使用层次分析法进行数据分析时, 需要对全部数据进行标准化处理, 包括无量纲化以及指标归一化处理。

3) 使用熵权法进行数据处理, 需要对数据进行非负化处理。

4) 对于含有异常值的指标(如数据极度不符), 可采用功效转换法对数据进行处理。

### 5.3. 计算结果

各级指标的计算结果如表 2、表 3、表 4 所示。

**Table 2.** Level 1 Indicator Weight Table**表 2.** 一级指标权重表

指标	A1	A2	A3	A4
权重	0.43	0.16	0.27	0.14

**Table 3.** Level 2 Indicator Weight Table**表 3.** 二级指标权重表

指标	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
权重	0.198	0.232	0.086	0.074	0.143	0.062	0.065	0.059	0.081

**Table 4.** Level 3 Indicator Weight Table**表 4.** 三级指标权重表

指标	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
权重	0.085	0.026	0.033	0.029	0.026	0.019	0.054	0.019	0.078	0.062
指标	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
权重	0.016	0.043	0.027	0.017	0.057	0.020	0.123	0.015	0.013	0.034
指标	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30
权重	0.009	0.004	0.038	0.014	0.011	0.019	0.029	0.021	0.013	0.047

#### 5.4. 评价结果分析

##### 1) 权重比较分析

根据计算得到的权重来看，熵权 - 层次分析法与文中方法的共同点是都认为创新主体和创新产出所占的比重较大，区别在于具体权重不同。在熵权 - 层次分析法中，创新主体与产出的比重占总体比重的近 80%，而其余两项都仅占 10%，这显然是不合理的。无论是在 AHP 还是 EWM 的分析中，创新投入与环境的比重均在总体的 30% 以上，导致上述现象的原因在于熵权 - 层次分析法仅仅是对 AHP 和熵权法的最底层权重进行简单综合，使最后的结果都偏向于较小的一方，造成比例失调。由文中方法得到的权重中，创新主体和产出的比重和与创新投入和环境的比重和大致在 7:3 左右，基本与 AHP、EWM 的比重相吻合。所以，文中的方法在一定程度上做到了主观和客观的相结合，具有较高的可信度。

##### 2) 实证分析

根据对北京、上海以及天津的综合得分可以看出，北京的综合得分最高，上海其次，北京共得分 12.05，超出天津近 26.7%。创新投入和创新产出两个模块是北京创新驱动发展的优势所在，均领先于上海和天津；上海在创新主体模块中，得分最高，其中高校与企业对其创新驱动发展做了很大的贡献；尽管天津的领先优势不大，但其在创新产出和创新环境两方面具有一定的优势。

**创新主体：**包含企业、高校及科研机构两部分，北京和上海的企业众多且教育资源丰富，尤其是高校所属研发机构和高校研发费用都占据较大比例。天津企业方面与北京上海差距不大，但在高校及科研机构创新方面却明显不足，尤其是高校研究生数量、研发机构科技活动人员数等指标中，仅占北京的 1/5，高校研发经费指标中，上海共支出 264.04 亿元，而天津仅有 32.64 亿元，差距明显。

**创新投入：**包括人力和财力投入两部分。北京与天津在二者的投入比重基本持平，上海对人力投入约为财力投入的 2 倍，但无论是从人力还是财力角度看，北京都是投入最多的。在各类专业技术人员指标中，上海投入程度最高，共 90.67 万人，接近北京和天津投入的 2 倍。有关 R&D 经费投入的指标中，

北京的财力投入达到 1185.05 亿元, 约占上海的 1.5 倍, 天津的 3 倍。

创新产出: 共有经济、知识和技术三个指标。创新驱动发展效果的主要表现形式就是创新产出, 在这三个指标中, 北京在知识产出中占据主要优势, 就专利授权数而言, 比上海多近 22.6%, 比天津多近 59.7%。对于技术产出方面, 天津在新产品增加值一项中, 以绝对的优势领先于北京和天津, 共 1104.05 亿元。上海整体处于中间水平, 但在高新技术产业增加值指标中, 出现负增长现象, 导致得分偏低。

创新环境: 划分为软硬两个方面。硬环境方面, 北京与天津的得分基本相当, 天津略胜一筹, 优势主要体现在科技孵化器的数量上; 软环境方面, 北京处于领先地位, 尤其是企业融资和地区开放程度上, 较上海和天津都有较大的提升, 上海在开放程度指标中由于天津, 得分也高于天津。

## 6. 结语

进行评价的目的是寻找自身发展的优势及不足, 扬长避短, 进而实现构建国家创新体系的目标。创新驱动发展是一个多目标决策问题, 合理地计算方式将直接决定最后评估的效果。本文运用改进的熵权 - 层次分析法对创新驱动发展体系进行评价, 并通过结果表明了其优势。

## 参考文献 (References)

- [1] European Commission. Innovation Union Scoreboard 2013. [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/ius-2013\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/ius-2013_en.pdf), 2015-9-9.
- [2] INSEAD. Global Innovation Index Report 2013 (6th Edition). <https://www.globalinnovationindex.org/>
- [3] 刘慧, 钱俊明. 国外区域创新系统研究综述[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2014(4): 107-108.
- [4] 刘欣英. 西部技术创新指标体系的构建及评价[J]. 统计与决策, 2007(4): 120-121.
- [5] 李琬, 张玉利, 胡望斌. 创新型城市第四代创新评价指标体系构建与实证研究[J]. 科技管理研究, 2010(1): 54-57.
- [6] 吴尤可, 钟坚. 基于熵值法的创新型城市评价体系构建研究[J]. 科技管理研究, 2011(18): 13-16.
- [7] 邹燕. 创新型城市评价指标体系与国内重点城市创新能力结构研究[J]. 管理评论, 2012(6): 50-57.
- [8] 吴宇, 胡树华, 代晓晶. 创新型城市创新驱动要素的差异化比较研究[J]. 中国科技论坛, 2011(10): 23-27.
- [9] 白嘉. 中国区域技术创新能力的评价与比较[J]. 科学管理研究, 2012(1): 15-18.
- [10] 李靖华, 李宗乘, 朱岩梅. 世界创新型城市建设模式比较: 三个案例及其对上海的启示[J]. 中国科技论坛, 2013(2): 139-146.
- [11] 谢攀. 创新型城市指标评价体系问题研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2008: 17-19.
- [12] 穆荣平, 宋河发, 任中保. 国家创新型城市评价指标体系研究[J]. 中国科技论坛, 2010(3): 20-25.
- [13] 中国科学院创新发展研究中心. 2009 中国创新发展报告[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [14] 袁潮清, 刘思峰. 区域创新体系成熟度及其对创新投入产出效率的影响——基于我国 31 个省份的研究[J]. 中国软科学, 2013(3): 101-108.
- [15] 徐小阳, 赵喜仓. 创新型省份建设绩效评价及其影响因素分析[J]. 统计与决策, 2012(24): 70-73.
- [16] 吴优, 李文江, 丁华, 等. 创新驱动发展评价指标体系构建[J]. 开放导报, 2014(4): 88-89.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ass@hanspub.org](mailto:ass@hanspub.org)