



王桂芝<sup>1</sup> 吕肖君<sup>1</sup>

# 模糊理论在高校科技投入-产出决策中的应用

## 摘要

将模糊理论运用到高校科技投入-产出决策中,建立高校投入-产出决策模糊综合评价模型,并对我国31个地区2010年高校科技投入-产出决策进行实证分析.在模型中,将高校科技产出指标作为高校科技投入决策的评价指标,计算科技投入-产出决策的隶属度并进行排序.分析结果表明,高校R&D经费和人员投入水平高的地区,其隶属度越大,该地区的高校科技投入决策相对较优,而高校科技隶属度水平低的地区,经费投入是限制其发展的主要因素.

## 关键词

高校科技;模糊理论;隶属度

中图分类号 O213.9

文献标志码 A

## 0 引言

高校科技投入-产出决策是多属性决策问题,是一个对多因素系统进行逻辑分析和综合判断的动态过程.模糊综合评价理论已经在工程技术、经济管理和社会生活中得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>.本文将其应用于高校科技投入-产出决策,在模糊理论的基础上,依据决策矩阵信息来对高校科技属性进行客观赋权,构建高校科技投入-产出决策模糊综合评价模型,以便为今后高校科技投入决策提供有用的信息.

## 1 构建高校科技评价指标体系

依据《中国科技统计年鉴》中高校科技产出的统计数据,本文选取2个投入指标、8个产出指标,构成高校科技投入-产出综合评价指标体系.

### 1.1 高校科技投入指标

科技投入包括人力和财力两方面的投入.国际上通常采用R&D活动的规模和强度指标来反映一国的科技实力和核心竞争力.因此,本文选取高校R&D经费内部支出和高校R&D人员全时当量来衡量高校科技经费投入和人力投入.

表1 2010年我国高校科技投入情况

Table 1 R&D fund of 2010 for universities

地区	R&D经费内部支出		R&D人员全时当量	
	实际值/万元	占比/%	实际值/(人·年)	占比/%
东部	3 602 753	60.3	151 297	52.2
中部	1 345 476	22.5	78 338	27.0
西部	1 024 787	17.2	60 065	20.8
总计	5 973 019	100.0	289 700	100.0

我国高校R&D经费在东部、中部和西部之间的比例大致为60:23:17,R&D人员全时当量在东部、中部、西部间的比例大致为52:27:21.中部和西部地区R&D经费的投入水平与R&D人员的投入水平不匹配,中部和西部的人均R&D经费低于全国平均水平,远低于东部经济发达地区的人均R&D经费水平,这将直接导致中部和西部的高校科技人员由于经费上的限制而无法进行R&D活动,高校科技产出效率低下.

收稿日期 2012-06-05

资助项目 中国科协课题(SK201101110)

作者简介

王桂芝,女,教授,研究方向为数理统计、试验设计、非参数统计理论及应用研究.  
lv1988hao@126.com

<sup>1</sup> 南京信息工程大学 数学与统计学院,南京,210044

### 1.2 高校科技产出指标

高校科技产出主要包括著作、论文、专利等.根据各种产出的最终表现形式的不同,选取以下 8 个产出指标来衡量我国高校科技的产出情况:出版科技著作、发表科技论文、国外发表科技论文、专利所有权转让及许可数、专利所有权转让及许可收入、专利申请数、发明专利申请数、有效发明专利.

表 2 给出的是 2010 年我国东部、中部、西部的高校科技产出占全国高校科技总产出百分比的数据.东部地区的专利著作、论文产出占全国百分比与其专利产出相比较低,而中部和西部却恰恰相反.西部地区高校科技各项产出占全国的百分比水平大都低于其 R&D 经费投入占全国的百分比水平,因此推论,就 R&D 经费和人员投入来看,R&D 经费是制约西部地区高校科技发展的主要原因.

表 2 2010 年我国高校科技产出情况

Table 2 R&D output of 2010 for universities %

指标	东部地区	中部地区	西部地区	全国
出版科技著作	55.7	27.7	16.6	100.0
发表科技论文	50.8	27.5	21.7	100.0
国外发表科技论文	58.5	25.4	16.1	100.0
专利所有权转让及许可数	58.7	23.4	17.9	100.0
专利所有权转让及许可收入	71.2	14.8	14.0	100.0
专利申请数	70.3	16.4	13.3	100.0
发明专利申请数	68.1	17.4	14.5	100.0
有效发明专利	67.5	17.6	14.9	100.0

## 2 模糊综合评价模型

设  $n$  个高校科技投入决策组成备择对象集  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , 高校科技评价指标体系中共有  $m$  个评价指标  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$  来评价决策的优劣状况<sup>[2]</sup>. 于是得到  $m \times n$  维特征向量矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mn} \end{pmatrix} = (R_{ij})_{m \times n},$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

矩阵  $R$  中元素  $R_{ij}$  表示第  $j$  个备择对象的第  $i$  个评价指标.

一般将评价指标分为 3 种:高优指标、低优指标和适度指标<sup>[2]</sup>.在实际应用中,通常需要对低优指标和适度指标高优化,然后再按高优指标进行计算分

析.对于低优指标  $x$ ,取倒数就可得到高优指标  $x'$ ,  $x' = \frac{1}{x}$ .对于适度指标,需要先确定一个最优值  $x_0$ ,再

按如下公式转化成高优指标:  $x' = \frac{1}{|x - x_0|}$ .

高优指标的隶属度计算公式<sup>[4]</sup>为

$$\gamma_{ij} = R_{ij} / R_{\max}^i, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

其中,  $R_{\max}^i = \max\{R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{in}\}, i = 1, 2, \dots, m$ .

得到隶属度矩阵  $Y = (\gamma_{ij})_{m \times n}$ , 定义隶属度矩阵的优向量  $K$  与次向量  $B$ :

$$K = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{11} \vee \gamma_{12} \vee \dots \vee \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} \vee \gamma_{22} \vee \dots \vee \gamma_{2n} \\ \vdots \\ \gamma_{m1} \vee \gamma_{m2} \vee \dots \vee \gamma_{mn} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{11} \wedge \gamma_{12} \wedge \dots \wedge \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} \wedge \gamma_{22} \wedge \dots \wedge \gamma_{2n} \\ \vdots \\ \gamma_{m1} \wedge \gamma_{m2} \wedge \dots \wedge \gamma_{mn} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

其中,  $\vee$ 、 $\wedge$  分别为取大算子和取小算子.

通过最小二乘法准则构造目标函数,并令目标函数为 0,求得基于模糊集理论的高校科技投入-产出决策理论模型<sup>[3-5]</sup>:

$$U_j = \frac{1}{1 + \left[ \frac{\sum_{i=1}^m (w_i \cdot |\gamma_{ij} - k_i|^p)}{\sum_{i=1}^m (w_i \cdot |\gamma_{ij} - b_i|^p)} \right]^{\frac{2}{p}}},$$

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

其中,  $w_i$  为评价指标  $P_i$  的权重,  $P$  为距离系数,当  $P = 1$  时为海明距离,当  $P = 2$  时为欧氏距离,且  $P$  的取值不影响  $U_j$  的排序<sup>[2]</sup>. 本文计算采用海明距离.  $U_j$  就是不同高校科技投入-产出决策的隶属度,根据最大隶属度原则,将  $U_j$  排序,即可得到不同投入方案的优劣排序.

## 3 高校科技投入-产出决策模型的实证分析

自 2010 年起我国国家统计局和科学技术部在《中国科技统计年鉴》<sup>[6-7]</sup> 中将各地区高等学校科技产出统一口径进行统计,本文选取 2009 年和 2010 年各地区高校科技产出指标数据作为评价高校科技投入-产出决策的评价指标,采用熵值法<sup>[8]</sup> 对本文科技产出指标赋予相应的权重(表 3).

表3 熵值法计算高校科技产出指标权重

Table 3 Weight of output indicator in entropy method

	产出指标	权重
$P_1$	出版科技著作(种)	0.08
$P_2$	发表科技论文(篇)	0.06
$P_3$	国外发表科技论文(篇)	0.11
$P_4$	专利所有权转让及许可数(件)	0.12
$P_5$	专利所有权转让及许可收入(万元)	0.16
$P_6$	专利申请数(件)	0.16
$P_7$	发明专利申请数(件)	0.15
$P_8$	有效发明专利(件)	0.15
总计		1.00

在计算隶属度过程中,青海和西藏的高校科技产出数值分别排在第30位和第31位,导致模型计算出现不合理数值.因此,将这2个省份数据剔除后,对我国内地29个地区2009年和2010年的数据代入模型计算隶属度,并排序如表4所示.

表4 地区高校科技产出隶属度

Table 4 Membership grade of scientific output

2009年		2010年	
地区	隶属度	地区	隶属度
北京	0.930 065	北京	0.9785 95
江苏	0.858 798	江苏	0.956 037
上海	0.683 598	上海	0.775 830
浙江	0.434 880	浙江	0.635 923
湖北	0.292 168	湖北	0.320 143
广东	0.287 288	陕西	0.192 859
陕西	0.138 142	广东	0.191 751
山东	0.119 349	天津	0.139 525
辽宁	0.117 240	辽宁	0.137 800
福建	0.112 330	山东	0.134 621
黑龙江	0.081 081	四川	0.093 872
四川	0.071 995	黑龙江	0.086 955
天津	0.051 840	重庆	0.064 609
湖南	0.043 408	湖南	0.058 265
重庆	0.043 155	河南	0.029 240
河南	0.038 114	河北	0.026 871
安徽	0.025 466	安徽	0.026 601
河北	0.025 078	吉林	0.017 393
吉林	0.013 002	福建	0.016 452
广西	0.006 820	云南	0.007 827
云南	0.006 446	广西	0.007 800
山西	0.006 085	江西	0.005 605
江西	0.004 233	山西	0.004 707
甘肃	0.002 630	甘肃	0.002 445
内蒙古	0.000 307	内蒙古	0.000 337
贵州	0.000 278	贵州	0.000 304
新疆	0.000 159	新疆	0.000 096
海南	0.000 121	海南	0.000 074
宁夏	0.000 002	宁夏	0.000 006

由计算结果看,全国31地区中,除青海西藏属于高校科技非常落后地区无法计算隶属度外,其余29个地区的高校科技决策根据隶属度水平可以分为3类,分类标准及结果如表5所示.

表5 按高校科技产出隶属度水平的地区分类

Table 5 Region groups sorted by membership grade

隶属度	地区
(0.3,1)	北京、江苏、上海、浙江、湖北
(0.01,0.3]	陕西、广东、天津、辽宁、山东、四川、黑龙江、重庆、湖南、河南、河北、安徽、吉林、福建
(0,0.01]	云南、广西、江西、山西、甘肃、内蒙古、贵州、新疆、海南、宁夏

2010年,北京高校R&D经费投入占全国高校R&D经费投入的18%,高校R&D人员全时当量占全国高校R&D人员全时当量的10%,且高校人均R&D经费投入高于全国平均水平.北京作为我国的首都,是我国的经济文化中心,在科技经费与人员方面有着其他地区难以获得的优势.政府作为高校科技投入的主体之一,对促进北京地区高校科技发展有显著的影响.2010年我国按高校R&D人员全时当量计算的高校人均R&D经费为20.62万元,比2009年增长3.61万元(表6).高校科技投入决策最优的北京、江苏、上海、浙江、湖北的高校人均R&D经费分别为36.65、31.78、21.24、26.58和25.40万元,增长幅度均超过全国平均水平.

广东、陕西、辽宁、山东、天津、四川、黑龙江等地的高校科技投入-产出隶属度处于中等水平,其高校R&D经费和人员投入占全国高校总投入的比例在3%~6%之间,且人均R&D经费也在全国平均水平上下浮动.

高校科技投入决策隶属度最小的贵州、新疆、海南、宁夏4个地区,其高校R&D经费和人员的投入水平在全国也很低,经费和人员的投入占全国的百分比都不超过1%.高校人均R&D经费除海南较高,为18.2万元外,其余3个地区均不超过全国平均水平的50%.

在高校科技产出统计中,西藏、青海的多项高校科技产出均为0,这也是由于其在高校科技经费和人员方面的紧缺造成的.2010年西藏、青海的高校R&D经费与R&D人员全时当量占全国高校总数比重均小于0.5%,且高校人均R&D经费仅为全国平均水平的20%.

表6 各地区高校人均R&amp;D经费

Table 6 Per capita R&amp;D fund in university of different provinces

地区	人均 R&D 经费/万元	
	2009 年	2010 年
北京	25.27	36.65
江苏	25.97	31.78
天津	24.78	28.33
浙江	19.86	26.58
湖北	18.99	25.40
陕西	21.09	25.15
四川	19.87	24.93
甘肃	18.69	23.34
上海	19.21	21.24
重庆	16.63	20.11
黑龙江	15.61	19.51
湖南	19.94	18.51
海南	15.18	18.20
广东	15.23	17.68
安徽	16.08	16.26
辽宁	15.37	15.62
河南	14.25	15.47
江西	12.66	14.65
山东	11.47	14.03
福建	11.34	11.78
云南	8.87	10.77
吉林	9.81	10.59
山西	9.34	10.59
贵州	9.33	10.10
河北	10.06	10.10
新疆	5.15	7.81
青海	7.29	7.61
内蒙古	6.53	7.07
广西	5.75	6.85
西藏	4.13	5.85
宁夏	4.06	5.44
全国	17.01	20.62

#### 4 结论与建议

通过模糊综合评价模型结果可以得出3点结论:

1) 地区高校 R&D 经费和人员的投入水平与高校科技产出隶属度正相关.高校 R&D 经费和人员投入占全国总量高的地区,其高校科技产出隶属度也越高.

2) 高校科技隶属度与高校人均 R&D 经费正相关.人均高校 R&D 经费高于全国平均水平的地区,

其隶属度也越大.

3) 高校科技隶属度高的地区,其经济较发达.

因此,要提高我国中西部地区的高校科技水平,需要政府、企业等多部门共同努力,将更多的科技经费和人员投入到这些地区,特别是科技经费的投入,让中西部的高校科技人员能够有充足的科技经费来进行科学研究,并将成果更多地转化为现实生产力,促进地区经济发展.

#### 参考文献

##### References

- [1] 刘泽双,章丹,康英.基于遗传算法的模糊综合评价法在科技人才创新能力评价中的应用[J].西安理工大学学报,2008,24(3):376-381  
LIU Zeshuang, ZHANG Dan, KANG Ying. Application of fuzzy comprehensive evaluation based on genetic algorithm to evaluation of innovative capability of sci-tech talent [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2008, 24(3): 376-381
- [2] 刘琴.基于新经济增长理论的人力资本贡献率算法新探[J].统计与决策,2012(4):77-80  
LIU Qin. A new method to calculate the human capital contribution rate based on the new economic growth theory [J]. Statistics and Decision, 2012(4): 77-80
- [3] 朱干江,王桂芝,赵靖.科技进步综合评价中秩和比法的运用[J].科技进步与对策,2007,24(6):151-154  
ZHU Ganjiang, WANG Guizhi, ZHAO Jing. RSR method for comprehensive evaluation of science and technology [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2007, 24(6): 151-154
- [4] 徐辉,夏虹.基于模糊集理论的投资决策模型研究[J].技术经济,1999(8):45-47  
XU Hui, XIA Hong. Study of investment decision models based on fuzzy set [J]. Technology Economy, 1999(8): 45-47
- [5] 曾承晓,陈光玖.人力资本投资决策研究[J].科学管理研究,2010(6):69-71  
ZENG Chengxiao, CHEN Guangjiu. Study on model of human capital investment decision [J]. Scientific Management Research, 2010(6): 69-71
- [6] 国家统计局,科学技术部.中国科技统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2010  
National Bureau of Statistics of China, The Ministry of Science and Technology of the PRC. China statistical yearbook on science and technology [M]. Beijing: China Statistics Press, 2010
- [7] 国家统计局,科学技术部.中国科技统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011  
National Bureau of Statistics of China, The Ministry of Science and Technology of the PRC. China statistical yearbook on science and technology [M]. Beijing: China Statistics Press, 2011
- [8] 田智慧,高胜超.基于熵权的模糊综合评判法在地表水水质评价中的应用[J].安徽师范大学学报:自然科

学版,2012,35(1):63-66

TIAN Zhihui, GAO Shengchao. Entropy-based of fuzzy comprehensive evaluation method for surface water

quality evaluation [ J ]. Journal of Anhui Normal University; Natural Science, 2012, 35( 1 ): 63-66

## Application of fuzzy theory in input/output evaluation in university science and technology research

WANG Guizhi<sup>1</sup> LÜ Xiaojun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Mathematics & Statistics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** The fuzzy theory is applied to evaluate the input/output decision in university science and technology (S&T) research. A comprehensive fuzzy evaluation model is established based on data of China statistics yearbook on science and technology, and the scientific input/output data of universities in China's 31 provinces of 2010 are used for model verification analysis. The scientific output in university S&T research is used as an indicator for decision making of scientific input, and the membership grade is then calculated and sorted. The results show that the membership grade is high in regions with high scientific input of R&D fund and talent, where the decision making of scientific input is relatively optimal. In regions with low membership grade, the low scientific input of R&D fund is the main reason of its low level in scientific development.

**Key words** university science and technology research; fuzzy theory; membership grade