

基于微粒群算法的自主创新能力综合评价研究

肖 智, 吕世畅

(重庆大学 经济与工商管理学院, 重庆 400030)

摘 要: 应用数量方法对自主创新能力评价是一个较新的课题。在引入自主创新能力内涵以及自主创新能力评价指标体系基础上, 以与最优和最劣对象距离之和最小为目标, 运用微粒群优化算法(PSO)确定指标权重, 用模糊隶属赋值方法确定隶属度, 进而对区域自主创新能力做出模糊综合评价, 最后以我国八大经济区为实例加以说明, 并进行了差异、比较分析。

关键词: 微粒群算法; 模糊评价; 权重; 自主创新

中图分类号: F124.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2008)04-0121-05

0 引言

自主创新战略是党中央面对激烈的国际竞争大形势下作出的重要部署^[1]。在这个政策环境下, 无论是国家、区域, 或者企业对于目前自身自主创新能力的把握是未来自主创新能力发展的基石, 因此对自主创新能力的评价是十分有必要的。

纵观自主创新能力的文献, 运用数量方法对自主创新能力做出评价的文献较少, 到此次科技大会进一步推进自主创新的热潮以来, 刘凤朝等应用集对分析法对区域自主

创新能力做出了尝试性评价, 并在文中对有关自主创新能力的概念、构成以及评价指标体系做出了有意义的界定^[2]。本文尝试应用数量方法对自主创新能力做出合理评价。由于自主创新能力评价具有一定程度的不确定性, 因为影响自主创新能力的某些因素是模糊的, 因此模糊综合评价方法的运用是实际可行的。模糊综合评价中权重和隶属度的确定至今仍是一个难点问题, 本文就权重的确定采用客观赋权法, 即以与最优和最劣对象距离之和达到最小为目标, 运用微粒群优化算法(PSO)确定指标的权重, 隶属度的确定采用模糊隶属赋值方法来获得, 进而对区域自主创新能力做出尝试性评价。

价指标体系, 体现了各指标间的内在联系。从知识管理角度评价区域创新能力的研究并不多见, 无论是评价体系和评价方法方面, 以及知识管理与区域创新的关系方面, 还有许多问题可以进一步探索。本文在评价指标与模型方面进行了研究, 有待于进一步研究的问题包括: 知识管理与区域创新的相互作用机制, 知识管理对区域创新能力的贡献, 区域创新系统内外部学习机制及其博弈模型等。

参考文献:

- [1] Chun - Che Huang, Gu - Hsin Lai. Knowledge Management System: An Agent - based Approach [J]. Knowledge Management Research & Practice, 2004(2): 80-94.
- [2] 赵光州, 赵立龙, 熊磊. 区域创新体系的知识管理[J]. 经济问题探索, 2004(3): 42-45.
- [3] 魏江. 创新系统演进和集群创新系统构建[J]. 自然辩证法通讯, 2004(1): 48-54.
- [4] Yuan - Chieh Chang, Ming - Huei Chen. Comparing Approaches

to Systems of Innovation: the Knowledge Perspective [J]. Technology in Society, 2004(26): 17-37.

- [5] 范柏乃. 城市技术创新透视: 区域技术创新研究的一个视角[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003: 97-98.
- [6] 曾国屏, 李正风. 世界各国创新系统——知识的生产、扩散与利用[M]. 济南: 山东教育出版社, 1999: 156-157.
- [7] Ikujiro Nonaka, Ryoko Toyama. The Knowledge - creating Theory Revisited: Knowledge Creation as a Synthesizing Process [J]. Knowledge Management Research & Practice, 2003(1): 2-10.
- [8] 中国科技发展战略研究课题组. 中国区域创新能力报告 [B]. 北京: 经济管理出版社, 2003: 21-22.
- [9] 秦海菁. 知识经济测评论[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004: 193-195.
- [10] 刘普寅, 吴孟达. 模糊理论及其应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1998: 194-200.

(责任编辑: 赵贤瑶)

收稿日期: 2007-01-17

作者简介: 肖智(1961~), 男, 重庆人, 重庆大学经济与工商管理学院教授, 博士生导师, 研究方向为信息智能分析、软计算方法; 吕世畅(1981~), 男, 吉林人, 重庆大学经济与工商管理学院硕士研究生, 研究方向为管理科学与工程优化。

表1 自主创新能力评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	
创新人 力资源	创新人 力资源	科学家与工程师数(万人) x_1	
		科学家与工程师/科技活动人数(%) x_2	
		企业科学家与工程师(万人) x_3	
资源能力	资源能力	R&D 经费支出量(亿元) x_4	
		基础研究投入(亿元) x_5	
创新财 力资源	创新财 力资源	R&D 经费支出占 GDP 比重(%) x_6	
		企业 R&D 经费支出总量(%) x_7	
		基础研究 研究载体	国家重点实验室(个) x_8
载体能力	载体能力	国家重点学科(个) x_9	
		技术创 新载体	国家工程技术研究中心(个) x_{10}
		国家工程研究中心(个) x_{11}	
环境能 力	环境能 力	孵化器个数(个) x_{12}	
		宏观经 济环境	国内生产总值(亿元) x_{13}
		政府财政收入(亿元) x_{14}	
环境能 力	环境能 力	市场化 程度	非国有经济所占比重(%) x_{15}
		国际投 资规模	民营科技企业销售额占企业销售额比重(%) x_{16}
		外商直接投资(亿美元) x_{17}	
成果能 力	成果能 力	技术市场成交额(亿美元) x_{18}	
		对外投资额(亿美元) x_{19}	
		发明专利授权量(件) x_{20}	
成果能 力	成果能 力	近三年发明专利申请量年均增幅(%) x_{21}	
		发明专利占专利授权量比重(%) x_{22}	
		国际论 文	国际论文数(篇) x_{23}
品牌能 力	品牌能 力	近三年国际论文年均增幅(%) x_{24}	
		新产品	新产品产值(亿元) x_{25}
		新产品产值占工业总产值比重(%) x_{26}	
品牌能 力	品牌能 力	商标注册数(件) x_{27}	
		著名商 标	著名商标(件) x_{28}
		驰名商标(件) x_{29}	
品牌能 力	品牌能 力	产业国 际竞争 力	高技术出口额(亿美元) x_{30}
		近三年高技术出口额年均增幅(%) x_{31}	
		高技术出口额占工业增加值比重(%) x_{32}	

1 自主创新的内涵、构成及评价指标体系^[3]

1.1 自主创新内涵

一般意义上来讲,自主创新是一种创新主体依靠自身(或主要依靠自身)的力量实现科技突破,以期支撑和引领经济社会发展,保障国家安全的活动。

1.2 自主创新能力构成

综合来讲,自主创新能力是多种能力复合作用的结果,既包括创新主体对资源的掌握和运用能力,也包括使创新主体资源能力得以实现的载体能力和环境能力;既包括科技成果的创造能力,也包括市场品牌的培育能力。自主创新能力构成主要有以下5个方面:资源能力;载体能力;环境能力;成果能力;品牌能力。

1.3 自主创新能力评价指标体系

依据文献[3],自主创新能力评价指标体系见表1。

2 微粒群算法 (PSO) 简介

PSO是一种群体智能搜索算法,最早是由Kennedy 和 Eberhart对一个简化社会模型的模拟而开发出来的一种演化进化算法^[4],这是PSO的最初版本。Russell C. Eberhart 和 Yuhui Shi在算法中引入了惯性权重以达到更好地控制算法的开发与探索能力,形成了目前PSO的标准版本^[5]。本文之所以应用微粒群算法(PSO),是因为微粒群算法的智能学习能力,可使得求解更为精确可靠,并且其具有容易理解以及操作简单等优点,因此被应用到许多科研领域。

2.1 算法原理

PSO中,每个优化问题的解被称之为“微粒”(或粒子),所有的微粒就构成了微粒群,并且都有一个被优化的函数决定的适应值(fitness value),每个微粒都具有一个速度决定它们飞行的方向和距离,然后这些微粒就追随当前的最优微粒在解空间中搜索。PSO依据个体(微粒)的适应值大小进行操作,它的飞行速度由个体的飞行经验和群体的飞行经验协调进行动态调整。

设 $X_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ 为微粒i的当前位置; $V_i=(v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$ 为微粒i的当前飞行速度; $P_i=(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in})$ 为微粒i所经历的最好位置; $P_g(t)$ 为所有微粒所经历过的最好位置。

PSO的进化方程可描述成下式:

$$v_{ij}(t+1) = wv_{ij}(t) + c_1 * rand1() * (p_{ij}(t) - x_{ij}(t)) + c_2 * rand2() * (p_{gj}(t) - x_{ij}(t)) \quad (1)$$

$$x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + v_{ij}(t+1) \quad (2)$$

其中“j”表示微粒j,“i”表示微粒i,“t”表示第t代。“w”表示惯性权重。 c_1 、 c_2 为加速度常数; $rand1()$ 、 $rand2()$ ~U(0, 1)为两相互独立的随机函数。

2.2 算法参数

PSO参数包括:群体规模m,惯性权重w,加速度常数 c_1 、 c_2 ,最大进化代数N。

结合文献[6]中测试函数特点以及笔者编程实际验证,相关参数如下:

(1) 群体规模。群体规模大小直接影响算法的进化进程,规模大计算速度会有所下降,但最优适应值出现的概率将加大。本文中群体规模取100。

(2) 惯性权重。惯性权重表示了微粒速度惯性的一个重要参数,它的存在使得算法有能力在解空间探索新的区域,从而保证算法随进化代数增加搜索出更优的适应值。本文中设定其表达式是随迭代代数逐步减少的线性函数,这样,使进化方程在初期具有较强的全局收敛能力,而晚期有较好的局部收敛能力,函数如下:

$$w(t) = 0.9 - 0.5 * t / \text{最大进化代数} \quad (3)$$

(3) 加速度常数。加速度 c_1 和 c_2 对算法性能同样具有重要影响。若 $c_1=0$, 算法失去认知能力; 若 $c_2=0$, 微粒之间没有信息共享, 丧失了社会认知能力。本文中设定加速度 c_1, c_2 均等于2.0。

(4) 最大进化代数 N 。进化代数大小也决定了算法寻优的效果。进化代数越大, 寻优的效果越好, 但会降低计算速度, 本文结合实际目标函数特点, 设定进化代数为1 000。

3 区域自主创新能力模糊综合评判

3.1 隶属度的确定

从表1的评价指标体系来看, 各个指标具有不同的量纲和量纲单位, 为了消除量纲和量纲单位不同所带来的不可公度性和便于计算, 需要对评价指标的绝对量进行转化。本文采用模糊数学中模糊隶属赋值方法对指标进行了绝对量转化。在文献[3]中, 使用了集对分析法中同一度的计算方法构造了评价矩阵(模糊评价中的隶属度矩阵), 其做法是用指标值与所有指标值中的最优值进行比较来确定。本文根据指标特点, 并且区分正指标、逆指标和适度指标, 运用模糊数学中隶属赋值方法对原始数据进行处理。由于采用的是模糊隶属赋值方法, 转化过程也可以理解为隶属度矩阵获得的过程, 通过这样的处理以期得到较合理的隶属度矩阵。

由于评价指标体系中绝大部分是正指标, 部分是适度指标($X_2, X_6, X_7, X_{15}, X_{16}, X_{22}, X_{26}, X_{32}$ 8项指标), 因此分别具有不同转化模型。

(1) 正指标隶属赋值模型:

$$R_{ij} = 1/2 + 1/2 \sin \frac{\pi [X_{ij} - (X_j^{\max} + X_j^{\min})]}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \quad (X_j^{\min} < X_{ij} < X_j^{\max}) \quad (4)$$

(2) 适度指标隶属赋值模型:

$$R_{ij} = 1/2 + 1/2 \sin \frac{\pi [X_{ij} - (X_j^{\min} + X_j^{ave})]}{X_j^{ave} - X_j^{\min}} \quad (X_j^{\min} < X_{ij} < X_j^{ave}) \quad (5)$$

$$R_{ij} = 1/2 + 1/2 \sin \frac{\pi [X_{ij} - (X_j^{\max} + X_j^{ave})]}{X_j^{\max} + X_j^{ave}} \quad (X_j^{ave} < X_{ij} < X_j^{\max}) \quad (6)$$

式中, R_{ij} 为第 i 地区第 j 项指标评价值; X_{ij} 为第 i 地区第 j 项指标原始数值; $X_j^{\max}, X_j^{\min}, X_j^{ave}$ 为各项指标下的最大值、最小值和平均值。

3.2 指标权重的确定

权重的确定方面, 传统做法主要有主观赋权法、AHP法和德尔菲法等, 这些做法其主观随意性大, 有时很难得到相关专家的参与。本文在确定权重中应用客观赋权法^[7], 以与最优和最劣对象距离之和达到最小为目标来确定指标的权重。

设最优对象为 $G=(1, 1, \Lambda, 1)^T$, 最劣对象为 $H=(0, 0, \Lambda, 0)^T$, 目标即为:

$$\begin{aligned} \min f(w) &= \sum_{j=1}^n f_j(w) \\ &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m w_i^2 [(1-R_{ij})^2 + R_{ij}^2] \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} \sum_{i=1}^m w_i = 1 \\ w_i \geq 0, i=1, \Lambda, m \end{cases} \end{aligned}$$

n是隶属度个数, m是指标个数。

以上目标函数是非线性的, 因此采用PSO智能学习能力对其求解是较好的选择; PSO采用的参数均按照2.2中所设定的。主要做法是从三级指标开始, 由3.1隶属度, 依据以上优化目标确定三级指标权重, 据此对二级指标做出评价, 再根据评价结果确定二级指标权重, 直到对一级指标评价完毕, 此过程也就是多层模糊综合评判过程。

3.3 多层模糊综合评判模型

通过以上计算求得隶属度矩阵和权重, 运用模糊综合评判数学模型进行多层模糊评价, 下一层评价是上一层评价的基础, 逐步完成总的评价过程。模糊综合评判的数学模型为:

$$B = W \circ R = (b_1, b_2, \Lambda, b_n) = (w_1, w_2, \Lambda, w_m) \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \Lambda & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \Lambda & r_{2n} \\ M & & & M \\ r_{m1} & r_{m2} & \Lambda & r_{mn} \end{bmatrix}$$

式中: “ \circ ”表示模糊运算符。对此运算符的定义不同, 则对应不同的模糊综合评判模型。本文中采用综合评判效果最佳的模型进行评价, 即模型 $M(\cdot, \oplus)$, 式中“ \cdot ”代表实数乘法, “ \oplus ”代表有上界求和。

3.4 八大经济区自主创新能力的综合评价

(1) 数据来源。本文数据是采用文献[3]中所提供的原始数据, 读者可以查阅。

(2) 一级综合评价。根据以上计算方法, 对原始数据进行转化, 计算隶属度, 再根据权重的确定方法, 运用微粒群算法优化计算得到权重。下面做一个范例, 以下的做法均与此范例相同。

范例: 由原始数据可求创新人力资源下的3个指标的隶属度矩阵:

$$R_{人力} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.2802 & 0.9451 & 0.5226 & 0.3344 & 0.3163 & 0.3590 & 0.0000 \\ 0.7784 & 1.0000 & 0.0084 & 0.0035 & 0.3387 & 0.4018 & 0.0000 & 0.0005 \\ 0.9499 & 0.4387 & 1.0000 & 0.4269 & 0.4239 & 0.3236 & 0.5761 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

由此矩阵根据与最优和最劣对象距离之和达到最小为目标, 运用PSO优化计算确定指标权重, 权重向量如下:

$$W_{人力} = (0.3483 \quad 0.2940 \quad 0.3577)^T$$

则可求得创新人力资源的综合评价结果如下:

$$B_{人力} = (0.9169 \quad 0.5485 \quad 0.6894 \quad 0.3357 \quad 0.3677 \quad 0.3441 \quad 0.3311 \quad 0.0001)$$

为清晰起见, 本文将一级综合评价结果统计如表2。

4 二级综合评价

在一级评价基础上, 运用同一级综合评价相同的方法计算, 得到权重向量分别为:

$$W_{资源} = (0.5024 \quad 0.4976)^T, W_{载体} = (0.4519 \quad 0.5481)^T$$

表2 一级综合评价结果

一级评价	北部沿海	东北地区	东部沿海	长江中游	南部沿海	西南地区	黄河中游	西北地区
创新人力资源	0.9169	0.5485	0.6894	0.3357	0.3677	0.3441	0.3311	0.0001
创新财力资源	0.9562	0.3177	0.6549	0.3971	0.3234	0.3749	0.3960	0.0000
基础研究载体	1.0000	0.1330	0.7743	0.1497	0.0203	0.0246	0.0787	0.0000
技术创新载体	1.0000	0.2785	0.6241	0.3380	0.2208	0.1941	0.1900	0.0000
宏观经济环境	0.9116	0.2361	1.0000	0.3833	0.7277	0.3400	0.2683	0.0000
市场化程度	0.2990	0.5813	0.9822	0.5078	0.9916	0.6087	0.2777	0.0000
国际投资规模	0.6615	0.0482	0.8663	0.0736	0.5425	0.0406	0.0090	0.0000
专利	0.8620	0.1884	0.5737	0.2860	0.3992	0.3261	0.3357	0.3222
论文	0.8951	0.5774	0.8652	0.5033	0.2498	0.1661	0.4664	0.2074
新产品	0.6730	0.5338	1.0000	0.5344	0.6332	0.5013	0.3760	0.0000
商标	0.8932	0.0272	0.9781	0.3697	0.6891	0.0960	0.0413	0.0019
产业国际竞争力	0.3972	0.1169	0.7395	0.0493	0.8863	0.3853	0.1689	0.3251

表3 二级综合评价结果

二级评价	北部沿海	东北地区	东部沿海	长江中游	南部沿海	西南地区	黄河中游	西北地区
资源能力	0.9365	0.4336	0.6722	0.3663	0.3457	0.3594	0.3634	0.0001
载体能力	1.0000	0.2127	0.6920	0.2529	0.1302	0.1175	0.1397	0.0000
环境能力	0.6205	0.2997	0.9529	0.3323	0.7636	0.3427	0.1924	0.0000
成果能力	0.8114	0.4271	0.8069	0.4373	0.4265	0.3309	0.3913	0.1803
品牌能力	0.6220	0.0762	0.8476	0.1945	0.7969	0.2542	0.1111	0.1786

$$W_{环境}=(0.3442 \quad 0.3504 \quad 0.3054)^T$$

$$W_{成果}=(0.3500 \quad 0.3256 \quad 0.3244)^T$$

$$W_{品牌}=(0.4533 \quad 0.5467)^T$$

二级综合评价结果统计如表3。

5 三级综合评价

三级综合评价权重向量为： $W=(0.2101 \quad 0.1735 \quad 0.1969 \quad 0.2286 \quad 0.1909)^T$ ，最终的区域自主创新能力评价结果为：

$$B=(0.7967 \quad 0.2992 \quad 0.7952 \quad 0.3234 \quad 0.4952 \quad 0.2875 \quad 0.2491 \quad 0.0753)$$

由评价结果可知，区域自主创新能力由强到弱的排序为：北部沿海、东部沿海、南部沿海、长江中游、东北地区、西南地区、黄河中游、西北地区。与参考文献计算结果相比较，第一名和第二名、第五名和第六名的排序刚好颠倒。下面就此差异进行分析。

6 自主创新能力的综合比较分析

由本文计算方法得到的评价结果，排序具有一定的合理性，较为符合众多专家主观认识(经过调查统计)，也较为符合大众普遍认识。下面就本文计算结果与文献[3]的差异进行分析，最后对区域间的自主创新能力作出比较分析。

6.1 差异分析

(1) 北部沿海和东部沿海的排名差异分析。大众就自主创新能力的认识上，都会认为东部沿海地区较好，

北部沿海地区不差，这是一种综合概念，单凭主观感觉出来的。本文是在实际数据存在的情况下进行分析的，从原始数据来看，32个指标中北部沿海在15个指标值上大于东部沿海，北部沿海稍处于劣势；再从二级综合评价结果来看，在资源、载体和成果能力上，北部沿海位列第一，而在环境和品牌能力上，东部沿海位列第一，这是与实际情况较符合的，与参考文献得到的二级综合评价结果排序也是一致的；再从评价结果的差值来看，本文三级综合评价结果中，第一名与第二名的差值为0.002，参考文献中的差值为0.03，因此可以近似说北部沿海和东部沿海自主创新能力的差异较小；另外，北部沿海在资源和载体能力上具有绝对优势，即表明了该地区是基础研究的重要基地，因此自主创新能力是具有更大潜能的。综上，北部沿海与东部沿海在名次排序上虽与参考文献中不同，但从差异比较分

析来看，二者之间的差异性不大。

(2) 东北地区和西南地区的排名差异分析。同以上差异分析一样，从原始数据来看，32个指标中东北地区在19个指标值上大于西南地区，东北地区稍处于优势；再从二级综合评价结果来看，除了在品牌能力方面差别较大外，其它4项能力相差都较小，东北地区在资源、载体和成果能力上有略微优势；再从差值来看，本文三级综合评价结果中，第五名和第六名的差值为0.01，参考文献中的差值为0.003，因此亦可近似说东北地区和西南地区自主创新能力的差异较小。综上，东北地区与西南地区在名次上虽与参考文献中不同，但从差异分析来看，二者之间的差异性亦是不大的。

通过比较评价结果计算差值，可以把八大区域近似分成北部沿海与东部沿海区域、南部沿海区域、长江中游、东北地区、西南地区 and 黄河中游构成的区域，最后是西北地区区域。

6.2 八大经济区自主创新能力的比较分析

北部沿海地区。从二级综合评价结果可以说明北部沿海地区是基础研究以及应用基础研究的中心，是国家优质创新资源密集所在以及辐射中心。但北部沿海地区的环境与品牌能力相对要相差许多，尤其品牌能力是排在南部沿海之后的，因此北部沿海地区虽承载着自主创新的重任，但其成果转化能力较差，这是北部沿海地区面临的重大问题。

东部沿海地区。得益于全方位对外开放以及大范围的民营经济发展，该地区自主创新环境能力得到较大提升，

同时形成了众多民营企业自主品牌。但部分品牌技术含量是外源式的或缺乏技术含量, 这同东部沿海地区的资源、载体能力不相协调, 因此, 品牌能力与资源、载体能力的有机结合是未来东部沿海地区需要关注的问题。

南部沿海地区。从二级综合评价结果分析, 该地区是自主创新能力要素匹配程度较好的区域, 特点就在于有众多自主知识产权的名牌企业和知名企业支撑其产业国际竞争能力。缺点在于其载体能力较为欠缺。

长江中游地区。该地区载体能力较好, 众多科研院所集聚于此, 但因其处于内陆, 所以不及沿海地区对外开放的广泛程度。该地区源于载体能力较好, 技术研发、产品创新和品牌培育取得了一定成果, 未来需将这种成果进一步扩大, 进一步提升自主创新能力。

东北地区。该地区资源与载体能力具有一定优势, 其专利与论文数也基本与之相匹配, 但它的创新环境却是较差的, 品牌能力更是很差。东北老工业基地的复兴为东北地区带来了发展的契机, 但其良好的发展前景还需将资源、载体能力与品牌培育有机结合起来。

西南地区。从评价结果来看, 西南地区的自主创新能力处于稍靠后的地位, 值得注意的是它的产业国际竞争力排在第四, 这得益于部分军转民企业的产品开发及市场开拓的显著成就。但该地区不足之处, 是其载体能力的建设相对落后。

黄河中游地区。该地区自主创新能力是相对较弱的, 与其丰富的科技资源存量是不相匹配的。因此该地区应加

大对优势区域的重点帮扶, 以期能够带动整个区域创新能力的提高。

西北地区。各项指标中, 西北地区排名均靠后, 因此该地区是我国创新能力最为薄弱的地区, 各项能力的提升都是亟待解决的。

参考文献:

- [1] 徐冠华. 把推动科技自主创新摆在全部科技工作的突出位置[J]. 中国软科学, 2005(4): 7-9.
- [2] 徐冠华. 关于自主创新的几个重大问题 [J]. 中国软科学, 2006(4): 1-7
- [3] 刘凤朝等. 基于集对分析法的区域自主创新能力评价研究 [J]. 中国软科学, 2005(11): 83-106
- [4] Kennedy J, Eberhart R.C. Particle Swarm Optimization. In: Proc. IEEE Int'l Conf. on Neural Networks [C]. Perth, 1995. 1942-1948.
- [5] Shi Y, Eberhart R. C. A Modified Particle Swarm Optimizer. In: Proc. IEEE Int'l. Conf. on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ: IEEE Press, 1998, 69-73.
- [6] Shi Y, Eberhart R. C. Empirical Study of Particle Swarm Optimization. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation. Piscataway, NJ, IEEE Service Center, 1999, 1945-1950.
- [7] 李洪兴等. 工程模糊数学方法及应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1991.

(责任编辑: 焱 焱)

Comprehensive Evaluation Research of the Ability of Independent Innovation Based on PSO Algorithm

Abstract: Application of quantitative methods to evaluate the ability of independent innovation is a relatively new topic. Based on the introduction of the content and evaluation Index System of the ability of independent innovation, this paper uses PSO algorithm to determine the weights under the objective of the minimum sum of to-Optimal distance and to-worst distance, and adopt fuzzy valuation method to determine membership. Then fuzzy comprehensive evaluation result of China's independent innovation capability is given out based on the example of eight economic zones. And the future difference and comparative analysis is also given out.

Key Words: PSO; fuzzy evaluation; weight; independent innovation