

区域技术创新生态系统健康评价研究

苗 红, 黄鲁成

(北京工业大学 经济与管理学院, 北京 100022)

摘 要: 根据生态系统健康理论, 提出了区域技术创新生态系统健康的内涵及评价方法, 并对生态系统健康评价的评价指标权重及评价标准进行了研究。在此基础上, 对苏州科技园区的健康状况进行了评价。

关键词: 区域创新体系; 技术创新生态系统; 生态系统健康

中图分类号: F061.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2008)08-0146-04

0 引言

区域技术创新生态系统是指在一定的空间范围内, 技术创新复合组织与技术创新复合环境, 通过创新物质、能量和信息流动而相互作用、相互依存形成的系统^[1]。依据这一概念, 本文提出了区域技术创新生态系统的评价问题。

生态系统健康是衡量生态系统功能特征的隐喻标准, 是评价生态系统状态的一种方式^[2]。20世纪40年代 Leopold^[3]提出了“土地健康”的概念, 并对其进行了全面的阐述和研究, 到了80年代后期, 经过学者们的努力和探索, 生态系统健康学已成为自然科学、社会科学以及人类健康学相互交叉和整合的一门学科。目前, 国内外一些专家学者对生态系统健康进行了大量的研究, 但大部分研究主要集中在水生态系统、湿地生态系统和森林生态系统等自然生态系统的健康评价上, 对区域技术创新生态系统健康评价的深入研究尚不多见。对于区域技术创新系统的评价, 从国外的研究现状来看, Arne Isaksen, W. Nasierowski 主要围绕企业技术创新和国家创新系统进行评价。我国学者在区域技术创新系统研究方面起步相对较晚, 方成、学甄峰、唐福国等主要以知识创新、技术创新为核心, 对区域技术创新能力评价指标体系进行了研究。

目前对区域技术创新系统的评价在理论研究上仍存在不足: 一是将评价对象仅看作是一个由经济、技术、社会构成的系统, 忽视了生态系统是其重要的组成部分; 二是对区域技术创新系统的综合评价方法缺乏理论创新。有鉴于此, 本文重点探讨了如何运用生态健康理论和方法评价区域技术创新生态系统, 力求为区域技术创新生态系统评价提供新的方法。

1 区域技术创新生态系统健康的概念

1989年, Rapport^[4]论述了生态系统健康的内涵。Rapport 认为, 生态系统的健康就是指生态系统组织未受到损害或减弱, 系统远离“生态系统胁迫综合症”(Ecosystem Distress Syndrome), 如生产力的下降、生物多样性的丧失、关键种群的波动增强、生物结构的退化、疾病的广泛发生等。区域技术创新生态系统健康是在对区域技术创新生态系统加以解释的基础上, 运用生态系统健康理论和方法对区域技术创新生态系统发展状态进行的描述。我们认为, 区域技术创新生态系统健康是指技术创新复合组织和技术创新复合环境内部、技术创新复合组织和技术创新复合环境之间、系统与外部环境之间的物质、能量和信息可以进行良性的循环互动, 表现在能维持其组织且保持自我运作能力、整体功能状态良好, 系统对长期或突发的外部扰动具有抵抗力。生态系统健康是系统管理的目标。通过对区域技术创新生态系统健康的研究, 我们可以评价区域技术创新生态系统的运行状态, 寻求系统发展的不合理因素, 为系统健康有序地发展提供思路。

2 区域技术创新生态系统健康的评价

2.1 模型的选择

目前应用的生态系统指标评价方法主要有主成分分析法、层次分析法、能值分析法、生态学分析法、模糊评价法、神经网络法等。这些评价方法各有优点和适应范围, 在分析不同问题时需根据实际情况确定采用的评价方法。区域技术创新生态系统是由资源、环境、经济、社会等因素耦合而成的复杂动态系统, 生态系统健康是一个复杂的、没

收稿日期: 2007-04-11

基金项目: 国家社会科学基金项目(04BJY090)

作者简介: 苗红(1977-), 女, 吉林镇赉人, 北京工业大学经济与管理学院博士后, 研究方向为科技管理; 黄鲁成(1956-), 男, 河北徐水人, 北京工业大学经济与管理学院党委书记, 博士生导师, 研究方向为技术创新、科技管理。

有严格界限划分、很难用精确尺度来刻画的模糊现象。模糊综合评价法是近年来发展较快、应用范围正在迅速拓展的一种新方法,其优点在于考虑了客观事物内部的错综复杂关系和价值系统的模糊性。

区域技术创新生态系统健康涉及的因素较多,因素属性横跨自然、社会及经济等多个领域。对于这种涉及因素较多的综合评判问题,常采用多级综合评判的方法来解决。多层次模糊综合评价方法的基本步骤如下^[4]:

步骤一:确定因素集和评语集。因素集是由影响评价对象的各种因素组成的一个普通集合,即 $U=\{U_1, U_2, L, U_m\}$, 其中, $U_i=\{U_{i1}, U_{i2}, L, U_{in}\}$, u_{ij} 为第 i 个因素的第 j 个等级;评语集: $V=\{V_1, V_2, L, V_k\}$ 。

步骤二:建立权重集。权重集是下层评价指标对上层评价指标的隶属程度,它是因素集上的模糊子集。权重集包括因素权重集和等级权重集。设它们分别为:

$$A=\{a_1, a_2, L, a_m\}, A_i=\{a_{i1}, a_{i2}, L, a_{in}\}.$$

其中, a_i 为第 i 个因素的权重; a_{ij} 为第 j 个等级对因素 a_i 的隶属度。

步骤三:建立单因素等级评价矩阵,确定评价对象对因素等级的隶属度。区域技术创新生态系统评价指标可分为 3 类:正向指标、逆向指标和适度指标。首先我们根据各类指标的不同特性,进行隶属度计算^[4]。

若以 r_{ijk} 表示第 i 个因素等级中第 j 个等级 u_{ij} 对评语集的隶属度,则第 i 个因素的等级评价矩阵为:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & L & r_{i1k} \\ r_{i21} & r_{i22} & L & r_{i2k} \\ L & L & L & L \\ r_{in1} & r_{in2} & L & r_{ink} \end{bmatrix}, i=1, 2, L, m.$$

步骤四:进行复合运算,求得综合评价结果。第一是进行初级评价。首先按每个因素的各个等级进行评价,即进行初级评价。

$$B_i = A_i \cdot R_i = (a_{i1}, a_{i2}, L, a_{in}) \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & L & r_{i1k} \\ r_{i21} & r_{i22} & L & r_{i2k} \\ L & L & L & L \\ r_{in1} & r_{in2} & L & r_{ink} \end{bmatrix} = (b_{i1}, b_{i2}, L, b_{ik})$$

其中, b_{ik} 为按第 i 个因素的全部等级进行综合评价时,评价对象对评价集中第 k 个元素的隶属度。第二是进行多级评价。多级评价是在一级评价的基础上,将一级评价得到的结果 $B_{i1}, B_{i2}, L, B_{in}$ 进行一致性处理,构成新的判断矩阵,并作为二级评价的评价矩阵 R , 根据 $B=AgR$ 计算评价价值,以此类推,直到完成所要求的模糊评价。

步骤五:评价结果的处理。经过以上几步处理之后,得到评价结果指标集 R 。为了给出确定的评价结果,可用以下两种方法进行计算。在实际应用中,应根据具体情况,选择相应的评价结果处理方法。一是最大隶属度法。取与 B 中最大值 $b_{i_0} = \max_i b_i$ 相对应的评价等级作为评价结果,称为最大隶属度法。这种方法考虑了最大评价指标的贡献,而舍去了其它指标所提供的信息。当最大的评价指标不止一个时,最大隶属度法就很难决定具体的评价结果。二是

分值法。以 R 作为权数,将各等级加以分值化,采用加权求和表示最终结果,根据此结果和各等级的比值,判断属于哪一等级。

2.2 区域技术创新生态系统健康评价指标体系的构建

建立科学的评价指标体系是系统健康发展理念由观念层次走向操作层次的关键环节。目前,学术界对具体的生态系统健康评价指标体系尚没有形成统一的认识。区域技术创新生态系统,作为人类在自然环境基础上建设发展起来的一种人类干扰强烈的生态系统,不仅包含自然环境系统要素,更重要的是增加了满足人类需求的社会经济系统各要素,具有人工复合生态系统的特点。所以,区域技术创新生态系统是社会—经济—自然复合生态系统。技术创新生态系统的发展是一个诸多因素相互作用的过程,具有非线性、动态性等特点,建立其系统健康评价指标体系应遵循以下原则^[5]:整体性原则、层次性原则、简明性原则、动态与静态相结合的原则、可操作性原则、生态性原则。

我们根据指标体系构建原则,结合区域技术创新生态系统的基本特征,以生态系统健康评价为理论基础,建立综合评价指标体系。区域技术创新生态系统健康评价指标体系由以下两部分构成:

(1) 评价指标集。评价指标集是评价体系的主要组成部分,它由一系列有内在联系、有代表性、能够概括区域技术创新生态系统健康发展水平的要素组成。指标体系大致可以分为四级。一级指标即区域技术创新生态系统健康评价综合指标,总体反映某一时点或某一阶段区域技术创新生态系统健康发展的程度。二级指标包括 3 个,即系统自组织健康程度、系统整体功能、系统外部胁迫。三级指标、四级指标针对每个要素所涵盖的内容相应提出。

(2) 基础数据集。基础数据集是定量分析评价指标的基础,它包括分析评价指标所需的原始统计数据 and 整理后的数据。区域技术创新生态系统健康评价指标体系从系统的自组织健康程度、系统的整体功能、系统外部胁迫等方面考虑,其结构及健康评价指标体系的设计如表 1。

2.3 指标权重及指标评价标准的确定

(1) 指标权重的确定。层次分析法是指将决策问题的有关元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性分析和定量分析的一种决策方法。我们根据层次分析法确定权系数的理论方法^[5],设计了生态系统健康评价指标重要度比较调查表,对专家进行了咨询,在对咨询结果进行整理后得到判断矩阵,计算其特征根和特征向量,并检验判断矩阵的一致性,确定权系数结果。

(2) 指标评价标准的确定。孤立的数字划分或单纯的文字描述,对区域技术创新生态系统健康没有任何指示意义,必须和某些参考值加以比较后才具有指示性。本文在区域技术创新生态系统健康评价中,制定评价指标标准的参考状态主要有以下几种^[6]:历史水平;未来管理目标及理想水平;有关指标研究成果和相应的参考值;相应指标的全国最低值。在专家咨询的基础上,本文提出了

表 1 区域技术创新生态系统健康评价指标体系中 D 层对 A 层的权系数求解值

目标层 A	B 对 A 的权重	C 对 B 的权重	D 对 C 的权重	单位	健康状况				
					健康	亚健康	临界态	亚病态	病态
区域技术创新生态系统健康评价综合指标	系统自组织健康程度 B ₁ (0.731)	活力 C ₁ (0.6)	创新群落销售产值占系统销售产值的比重 D ₁ (0.158)	%	55	40	30	15	15
			每 10 万人拥有发明专利数 D ₂ (0.601)	%	40	30	20	10	8
			主导产业优势度 D ₃ (0.180)	项	60	50	40	30	20
			总资产贡献率 D ₄ (0.061)	%	14	12	10	8	6
		恢复力 C ₃ (0.2)	技术创新群落多样性指数 D ₅ (0.564)	%	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
			系统内销售额占总销售量的比重 D ₆ (0.118)	%	70	75	80	90	95
			创新个体间的关联度 D ₇ (0.263)	%	40	30	20	10	5
			创新个体间的竞争度 D ₈ (0.055)	%	50	40	30	20	15
			预警机制的完备程度 D ₉ (0.118)	%	5	10	15	20	>25 或 <5
			产品项目技术水准 D ₁₀ (0.232)	%	85	75	65	60	50
	自然环境质量 C ₄ (0.2)	R&D 经费占销售收入的比重 D ₁₁ (0.346)	%	30	20	10	8	6	
		R&D 人员数占职工总数的比重 D ₁₂ (0.305)	%	15	11	7	4	3	
		人均公共绿地面积 D ₁₃ (0.3)	%	40	30	20	10	5	
		工业固体废弃物综合利用率 D ₁₄ (0.4)	m ² /人	20	16	10	7	4	
		环保投资指数 D ₁₅ (0.3)	%	100	90	70	50	30	
	系统整体功能 B ₂ (0.188)	社会经济贡献 C ₅ (0.2)	人均技工贸总收入 D ₁₆ (0.5)	%	2	1.5	1.2	1	0.8
			工业增加值 D ₁₇ (0.5)	万元/人	50	40	35	30	25
		人类社会环境质量 C ₆ (0.6)	对创业环境的满意度 D ₁₈ (0.25)	万元/人	14	12	10	8	6
	系统外部胁迫 B ₃ (0.081)	系统输入输出胁迫 C ₇ (0.5)	对生活环境的满意度 D ₁₉ (0.75)	%	90	70	50	40	30
			资源供给风险 D ₂₀ (0.5)	%	80	70	60	50	40
		宏观管理胁迫 C ₈ (0.5)	市场风险 D ₂₁ (0.5)	%	85	75	65	55	50
政策风险 D ₁₂			%	80	70	60	50	50	
			%	70	60	50	40	30	

指标标准,把生态系统健康的评价指标划分为健康、亚健康、临界态、亚病态、病态五级,详见表 1。

在表 1 中,技术创新群落多样性是用来反映某一区域创新群落丰富程度和均匀程度的指标。常用且有效的是辛普森 (simpson) 指数: $D=1- \frac{[N_i(N_i-1)]}{N(N-1)}$ ($D \in [0, 1]$)。式中, N 为总个体数, N_i 为按产业领域(如电子信息产业、精密机械、精细化工、新材料)划分的个体数。一般情况下,辛普森指数越大,系统的组织结构越稳定。主导产业优势度主要反映各创新种群数量的变化情况,优势度越大,说明优势产业的地位越突出、创新系统特色越鲜明。优势度可以采用如下方法计算:销售产值前三位行业的销售产值之和/销售产值。总资产贡献率是反映系统资金占用的经济效益、说明系统运用全部资产收益能力的指标,可以通过如下方法计算:总资产贡献率=(利润总额+税金总额+利息支出)/平均资产总额×100%。其中,平均资产总额=(年初资产总额+年末资产总额)/2。预警机制是创新主体主动对可能面临的危机所作的各种准备。预警机制越完善,创新主体受到干扰或损害时自我恢复的时间越短。区域技术创新生态系统预警机制的完备度可以通过如下方法计算:具有完备的预警机制的创新主体数/创新主体总

数。产品项目技术水准是反映系统现有技术水平的指标,产品项目技术水准越高,系统竞争力越强,可以通过如下方法计算:系统拥有国内领先水平以上项目/项目总数。创业环境满意度反映了系统中个体对区域管理、基础设施、优惠政策、开放度等创业环境的满意程度。通过调查统计,本文用对创业环境比较满意的个体比例(对创业环境比较满意的个体数/样本数)来表示。生活环境满意度反映了对系统居住环境、通信、医疗、娱乐等生活环境的满意程度。通过调查统计,本文用对生活环境比较满意的个体比例(对生活环境比较满意的个体数/样本数)来衡量。政策风险是指社会政治、国家或地方法律、法规、政策等条件变化对生态系统产生的不利影响及导致失败的可能性。通过调查统计,本文用政策风险较小的个体比例(政策风险较小的个体数/样本数)来衡量。市场风险是指产品相对竞争优势的不确定性、市场接受的时间、市场寿命及市场开发所需资源投入强度等难以确定而导致失败的可能性。通过调查统计,本文用市场风险较小的个体比例(市场风险较小的个体数/样本数)来衡量。资源供给风险是指由于供应方的原因而无法获得资金、人力、原辅材料、设备、技术的进口许可等而导致失败的可能性。通过调查统计,本文用资

源供给风险较小的个体比例 (资源供给风险较小的个体数/样本数) 来衡量。

3 实证研究

本文以苏州科技园区作为样本进行研究, 原始数据见表 2。

表 2 2002 年苏州科技园区的原始数据

项目	指标	项目	指标
创新群落销售产值(亿元)	277	发明专利数(个)	50
系统销售产值(亿元)	339	国内领先水平以上项目数(项)	786
销售产值前三位行业的销售产值之和(亿元)	306	项目总数(项)	2 168
电子信息销售产值(亿元)	221	电子信息类企业数	88
精密仪器销售产值(亿元)	51	精密仪器类企业数	42
精细化工销售产值(亿元)	34	精细化工类企业数	44
利润总额(亿元)	12.10	新材料类企业数	15
税金总额(亿元)	16.30	研发人员数(人)	5 377
年初资产总额(亿元)	261.54	年末从业人员数(人)	69 038
年末资产总额(亿元)	287.61	公共绿地面积(万 m ²)	66
R&D 经费(亿元)	17.28	总人口(人)	98 460
销售收入(亿元)	338.81	工业固体废物综合利用效率(%)	95
技工贸总收入(亿元)	339.09	环保投资指数(%)	1.87
区域内工业增加值(亿元)	90.02		

数据来源: 由《国家高新技术产业开发区十年发展数据报告 1991-2000》、《2004 中国统计年鉴》、《苏州高新区、虎丘区年鉴 2004》整理得到。

本文根据苏州科技园区官方统计数据及《苏州高新》等相关资料整理数据, 按表 1 确定的指标体系及多级模糊评价方法, 对苏州科技园区的健康状况进行了评价。为了分析方便, 把各指标的隶属度及各级评价结果列于表 3。

从评价结果可知, 苏州科技园区健康状态的隶属度为 0.686, 临界状态的隶属度为 0.131, 亚健康状态的隶属度为 0.152, 一般疾病的隶属度为 0.026。根据最大隶属度原则, 认为苏州科技园区技术创新生态系统处于健康状态。为了进一步优化系统的健康状况, 需对影响生态系统健康的因素作进一步的分析, 还需了解各个准则层的健康情况。由表 3 的数据可以看出, 恢复力、自然环境质量等指标还存在不健康的因素, 可以通过增强生态系统恢复力、大力开展生态环境绿色工程等途径, 加强对生态系统的管理工作。

参考文献:

[1] 黄鲁成. 区域技术创新生态系统的特征[J]. 中国科技论坛, 2003(1): 23-25.

[2] Leopold A. Wilderness as a Land Laboratory[J]. Living Wilderness, 1941(6): 3.

[3] Rapport D J. What Constitutes Ecosystem Health[J]. Perspectives in Biology and Medicine, 1989, 33: 120-132.

[4] 秦寿康, 等. 综合评价原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.

表 3 苏州科技园区健康现状评价结果

准则层 C	指标	健康状况				
		健康	亚健康	临界态	亚病态	病态
活力	创新群落销售产值占全区销售产值的比重	1	0	0	0	0
	每 10 万人拥有发明专利数/新产品数	1	0	0	0	0
	主导产业优势度	1	0	0	0	0
	总资产贡献率	0	0.15	0.85	0	0
组织	技术创新群落多样性指数	1	0	0	0	0
	系统内销产品增加值占总增加值的比重	0	0	0.2	0.8	0
	创新个体间的关联度	0	0.5	0.5	0	0
	创新个体间的竞争度	0	1	0	0	0
恢复力	预警系统的完备程度	0	0	0	1	0
	产品项目的技术水准	0	0.2	0.8	0	0
	R&D 经费占销售收入的比重	0	0	0.37	0.63	0
	R&D 人员在职工总数中的比重	0	0	0	0.43	0.56
自然环境质量	人均公共绿地面积	0	0	0	0.9	0.1
	工业固体废物综合利用效率	0.5	0.5	0	0	0
	环保投资指数	0.74	0.26	0	0	0
	人均技工贸总收入	0.91	0.09	0	0	0
社会经济贡献	人均工业生产总产值	0.5	0.5	0	0	0
	创业环境满意度	0.5	0.5	0	0	0
	生活环境满意度	1	0	0	0	0
	政策风险	0	0.5	0.5	0	0
系统输入输出胁迫	市场风险	0.5	0.5	0	0	0
	资源供给风险	1	0	0	0	0
	活力	0.939	0.141	0.120	0	0
	组织	0.564	0.187	0.155	0.094	0
系统整体功能	恢复力	0	0.046	0.313	0.467	0.171
	自然环境质量	0.422	0.278	0	0.27	0.03
	社会经济贡献	0.705	0.295	0	0	0
	人类社会环境质量	0.875	0.125	0	0	0
系统外部胁迫	系统输入输出胁迫	0.25	0.5	0.25	0	0
	宏观管理胁迫	1	0	0	0	0
	系统自组织健康程度	0.676	0.131	0.166	0.112	0.034
	系统整体功能	0.750	0.190	0	0.054	0.006
系统健康状况	系统外部胁迫	0.625	0.25	0.125	0	0
	系统健康状况综合评价	0.686	0.152	0.131	0.092	0.026

[5] 刘喜华, 吴育华, 等. 信息产业与社会经济协调发展评价问题研究[J]. 中国软科学, 2001(11): 108-111.

[6] 吴长年, 魏婷. 开发区生态系统健康研究——以苏州高新区为例[J]. 四川环境, 2005(6): 54-58.

(责任编辑: 高建平)