

科学发展优先领域的选择方法^{*}

邱均平 颜金莲 王大成

(武汉大学 邮编:430072)

摘要 在阐述科学发展优先领域的概念及意义的基础上,对优先领域选择的三类方法进行了总结和评价,并集中探讨了优先领域选择的两种新兴方法——科学计量分析法和灰色系统方法及其应用问题。

关键词 科学 发展 优先领域 选择 方法

在科学学与科技管理领域,科学选择或评价一直是人们普遍关注的核心问题之一。所谓“科学选择”,是指在一定范围内对科学研究活动的现状和未来进行评价与预测的行为,其目的是为了确定科学发展的重点,进行有效地规划和调控,从而优化科技资源配置、促进科学的健康发展。就其内容和范围来说,科学选择包括宏观意义上的科技发展战略和模式、中观层次的重点学科和微观上的优先专业领域的选择。因此,科学选择与优先领域的确定是密不可分的。可以说,科学选择是优先领域确定的基础,而优先领域确定则是科学选择的具体化,是一个实际的选择过程。目前,关于科学发展优先领域的研究必须解决和回答两个方面的问题:一是为什么要选择和确定优先领域?二是怎样选择和确定优先领域。具体说,就是采用什么方法,按照什么标准、由谁来选择和确定优先领域。在这里,方法的选择和运用至关重要,然而我国在这方面的研究却十分缺乏,亟待加强。这就是本文的基本出发点。

1 优先领域及其选择方法

简单来说,科学发展中的“优先领域”是指那些可望获得最大回报的领域。优先领域的概念有着丰富的内涵。首先,“优先领域”是一个战略概念,是一种战略规划和调控引导思想的体现;其次,优先领域选择是以“最大回报”为前提,以促进科学进步和社会发展为特定目标的;再次,优先领域是一个动态的概念,它随时间的变化而变化,也受到政治、经济、军事、社会等各方面因素的影响。因此,优先领域的选择应不断进行,要随时根据科学技术的发展进行调整,使之更为合理和优化。在当前形势下,科学发展优先领域的选择和确定显得更为重要。这是因为,随着科学的不断发展,科学所必需的支撑条件与社会能够提供给科学的物质资源之间的矛盾日益加剧。因此,如何选择科学发展中的优先领域,如何将有限的科研经费合理地分配到各个学科领域的研究中去,已成为各国科技管理和决策者面临的首要问题,也是科技政策和决策研究中的重要课题之一。

在科学评价的基本模型中,评价方法是其中的三大要素之一。对于科学发展优先领域的选择来说,选用什么方法同样十分重要,因为它直接影响到评价结果的准确性、科学性

和说服力。目前,虽然国内外学者研究开发了数百种科学评价方法,但由于优先领域评价的特殊性和复杂性,可供使用的适合的评价方法却并不多见。一般来说,科学发展优先领域的选择方法可归纳为三大类型,即定性评价方法、定量评价方法和定性一定量相结合的评价方法。在定性评价方法中,最有代表性的常用方法是同行评议法(Peer Review),包括访问调查及调查表法。这种方法主要是请有关专家对某些学科领域的现状、发展前景和研究力量等直接进行评价,并提出结论性意见。由于定性评价方法都或多或少地存在着代表性、客观性、人为偏见等方面的问题,所以定量评价方法则是最近20年来人们研究和开发的重点。在这方面,已经取得进展并有所应用的方法主要有以下三种:①科学计量分析方法,包括科学指标、文献计量、引文分析等计量分析方法;②数学分析方法,包括层次分析法(AHP)、模糊综合评判法、数据包络分析法、相关矩阵分析法、多目标效用综合评价法等;③灰色系统(Grey System)方法。这是将灰色系统理论应用于优先领域选择的一种新兴方法。由于科学活动中有些因素难以量化或者量化不准确,因此,定量评价方法在优先领域选择中的应用也受到一定的局限。为了克服定性评价方法和定量评价方法各自的缺陷,互相取长补短,因此,定性一定量方法越来越受到人们的关注和重视,也是当前科学选择方法研究中的重要课题之一。

2 优先领域选择的新兴方法——科学计量分析法和灰色系统方法

在科学发展优先领域选择的方法体系中,科学计量分析法和灰色系统方法都是最近一个时期才开发出来的新兴方法。其共同特点是,都力图结合科学评价的实际,从“量”的角度来选择和确定优先领域。限于篇幅,下面仅对其基本原理和方法作概括性的探讨。

2.1 优先领域选择的科学计量分析法

从目前的研究来看,这种基本方法主要包括科学指标分析、文献计量分析等具体方法,其中科学文献计量分析占有较大比重,是一种具有广泛应用前景的科学评价方法。它是根据科学文献的数量变化、结构特征和被引频次来评价学科发展的现状水平、重点领域、力量分布以及资助政策方向的。

^{*} 国家自然科学基金资助项目“科学文献统计分析与学科资助政策优化研究”论文之一。

具体评价方法包括以下三个方面:①从文献的数量及其变化规律来预测和选择科学发展的优先领域。科学文献数量及其增减变化是科学本身发展的一个重要标志,可以反映出学科发展的程度、阶段和速度,因此可以用科学文献增长规律来模拟科学发展过程。一般来说,科学文献增长可以用逻辑增长规律描述: $F(t) = \frac{K}{1 + ae^{-kt}}$ 。在学科发展的初始阶段,虽然文献量不是很大,但增长速度很快,呈指数增长趋势,或者出现突变性增长时,就最有可能形成优先领域;随着学科研究的深入,学科发展进入相对成熟阶段,文献增长减缓,并逐步趋于极限值(k)时,产生优先领域的可能性也相应减小。研究表明,优先领域的文献绝对数量不一定很大,但它的增长速度却一定很快,或者开始出现突变性的快速增长。②通过科学生产率和被引率来判断研究力量的分布,从而为优先领域的选择提供依据。文献计量学的原理表明,科研人员的成就和学术造诣与其发表的文献数量及其被引次数有关。在一定时期内,各学科发表的论著数量及其被引率可以作为衡量各专业领域的科研人员个人或科研团体的科学生产率与学术地位的指标;同时,文献的学科分布还可以反映出各学科领域在发展阶段和程度上的差异,从而有助于识别科学发展中的优先领域;③通过学科领域之间的关系分析来判断各学科的地位和作用,从而为优先领域的选择提供依据。

2.2 优先领域选择的灰色系统方法

灰色系统理论是我国著名教授邓聚龙于80年代创立的。他所称的灰色系统是指那些其中的信息一部分明确、一部分不明确的系统。灰色系统又分为本征性灰色系统和非本征性灰色系统。这种理论可以应用于科技预测、系统分析等许多方面,并形成了灰色预测、灰色关联分析等一些基本方法。从方法论的角度来看,优先领域选择的灰色系统方法主要包括以下内容和基本步骤:①界定研究对象,即划分系统边界。在选择优先领域时,正确界定研究对象系统有利于选择适当的参数,使建立的预测方程关联性较强。这是预测和选择获得成功的基础。对于系统的组成部分,主要考虑所要研究的问题的重点部分和有重大影响的部分,前者相当于美国总统的科技顾问布鲁姆利(A·Bromley)提出的评价优先领域的三类准则中的“内在准则”部分,后者则相当于“外在准则”部分;与研究问题相关但无重大影响的部分被划为系统环境。在这方面,灰色系统理论的关联分析法为划分系统边界提供了一种定量方法。②选择参数。在科学预测和选择中,其参数可分为系统内部参数(情报参数、技术参数)和外部参数(经济参数、社会参数、环境参数);内部参数对应于重点部分,外部参数对应于有重大影响部分。其中,情报参数包括某领域的文献量、词频、引文指标、研究机构与研究人员的数量及其变化等;技术参数又分为内涵型参数和外延型参数;经济参数包括投入参数和产出参数,分别表示各研究领域的经费投资、产品成本等和产品的品种、数量、科技进步速度、经济效益等。所选用的各个参数要能够反映系统的某一性质或相关因素特征;参数的概念必须明确、范围清晰、来源可靠、数据力求准确;同时,要尽量减少参数量,以降低预测的复杂程度,提高预测效率。③处理数据,主要包括数据生成和数据补缺。在灰色预测中,建立模型所用的数据不是原始数据,而是经过一定方式处理的生成数据,常用的生成方式

有累加生成(简称AGO)与累减生成(IAGO)。在科学预测和优先领域选择中,经常碰到的一个问题是数据缺项(即序列中有灰数)。为了使系统行为在时间轴上具有的连续性在模型中得到反映,一般都要要求数据是完整的,因此往往需要进行数据补缺。灰色预测常用的数据补全办法是用一个离散的均值函数来计算空缺项的数值。④建立模型。灰色预测是基于灰色系统理论的GM(1,1)模型的一种预测方法。GM(1,1)是指单变量一阶常系数灰色动态模型,类似于时序预测法,是通过自身的数据预测其未来发展的。对于本征性灰色系统的科学系统及优先领域的选择均可采用GM建模。灰色模型可记为GM(d,N),d为系统特征参数。一般来说,用于预测的模型为GM(1,N)。GM(1,N)模型适合于建立系统的状态模型和各变量动态关联分析,在系统预测时为GM(1,1)提供依据,而GM(1,1)则是各种类型灰色预测必不可少的核心模型。⑤模型检验。灰色预测模型的检验主要有三种方法,即残差检验、后验差检验和关联度检验。残差检验是检验各时点预测值与实际值的算术差大小;后验差检验是按照残差的概率分布进行的,属统计检验;关联度检验是根据模型曲线与行为数据曲线的几何相似程度进行检验,属于几何检验的范围。⑥预测及后处理。所谓预测,是指建立模型并通过精度检验之后,运用模型获取具有一定可靠性的未来预测值的过程;而后处理主要包括预测精度评估以及为提高精度而进行的修正等。⑦关联度与优势分析。灰色关联分析是基于行为因子序列的微观或宏观的几何逼近,分析和确定各因子之间的影响程度或因子对主行为的贡献大小的一种分析方法。它可以从不完全的信息中,对所分析研究的各因素通过一定的数据处理,在随机的因素序列中找出主要的影响因素,并根据因素之间发展态势的相似或相异程度来衡量因素间的接近程度。其关联度可以从图形直观地判断,凡是几何形状与参考序列的图形比较接近的,关联度就较大;或者采用一定的方法来计算。假设对参考序列 X_0 ,比较序列 X_i ($i=1,2,\dots,m$)的关联度为 r_i ($i=1,2,\dots,m$),则将 r_i 从大到小排序,即得关联序,排得越靠前的,表示对 X_0 的影响越大。若以某领域的发展水平为参考序列,其它领域发展水平为比较序列,就可以选择和确定对其影响较大的那些领域。通过灰色关联矩阵,还可以进行各领域的优势分析。在科学系统中,显然存在着准优特征和准优因素,与关联序相类似,可以排出特征优先序和因素优先序。如果以经济产出参数作为系统特征,以各领域发展水平为因素,就可以分析出各领域的经济价值大小顺序;若以科学投入参数为因素,以各领域发展水平为系统行为,可以评价影响各领域发展的因素的主次顺序;若以各领域发展水平为系统行为,再以各领域发展水平为因素,就可以得到一个内部关联矩阵,并进而获得各领域对系统的准优顺序。它表示各领域对研究范围内的整个科学系统的贡献大小的顺序。由于优先领域选择必须要评价某领域对整个科学系统的潜在价值与作用程度,因此,通过关联度、关联序、优先序的比较分析,进行科学发展优先领域的选择和确定是一种可行的有效方法。

(责任编辑 慧超)

收稿日期 1997-11-21