

国家自然科学基金资助项目

# 综合评价

—理论·模型·应用

孙曰瑤 宋宪华 著

宁夏人民出版社

(宁)新登字01号

**综合评价——理论·模型·应用**

孙曰瑤 宋宪华 著

\*

宁夏人民出版社出版发行

宁夏大学印刷厂印刷

\*

开本：787×1092 1/32 印张：8.375 字数：180千

1993年9月第1版第1次印刷

印数：1—3000册

ISBN 7—227—01124—0/Z·44 定价：4.40元

## 前 言

综合评价在许多领域中均存在。实质上，综合评价是人们试图尽可能地全面地完整地认识事物的一种手段。在地理学、生态学、空间经济学、区域科学等综合性较强的学科中，综合评价的应用尤为广泛。

本书是我们承担的国家自然科学基金资助项目“区域土地生态经济系统设计模式及在宁夏平原的应用”（项目编号49161005）的主要内容之一。因为在我们的研究过程中，首先碰到的一个问题，便是如何进行综合评价、包括理论互补性评价、因素权重评价、分级评价、相对评价、相似性评价、稳定性评价等。而要更好地解决这些问题，必须从理论上搞清楚综合评价，包括综合评价的概念究竟是什么？综合评价能进行的理论依据是什么？怎样才能保证综合评价的可靠性？针对这些理论问题及数学模型及其应用，我们进行了较为系统的讨论。

本书的完成，首先要感谢恩师陈传康教授、朱德威教授、蒋蔚然副教授，没有他们的教诲和指导，本书是难以完成的。感谢国家自然科学基金委员会，没有他们的资助，我们也很难能将综合评价作为一个专题进行研究。还要感谢宁夏大学科研处李正兴副教授、丁永生工程师，宁夏大学地理系马雪映老师，他们给予了多方面帮助，在此，表示衷心的感谢。

谢意。

综合评价的实践虽然很长，但对其基本理论及现代数学应用的研究，尚不是太多，加之我们水平有限，书中错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

孙曰瑶 宋宪华

1992年12月于银川

## 数学、物理学与跨学科研究（代序）

张 奎

近些年来，我一直鼓励理科的青年教师或青年学者，积极从事于跨学科研究，特别是从事于社会科学研究。由我校地理系孙曰瑶和经济系宋宪华两位青年教师合著的这部书——《综合评价：理论、模型、应用》，是作者主持的国家自然科学基金项目的部分成果。主要是将数学（特别是模糊数学）、物理学的有关理论与方法，具体应用于经济学等学科中常需进行的综合评价研究。尽管该书还存在一些不足，但却是将数理科学有关理论与方法，用于经济学科而进行的跨学科研究的一次有益的及较好的探索。作者一定要我写篇序言，盛情难却，也趁此机会，我想就数学、物理学等理科工作者，从事跨学科研究，发表一点拙见。

跨学科研究，并非是一般意义上的交叉科学研究，后者主要是指不同学科之间，特别是自然科学与社会科学之间交叉产生的新的边缘学科或综合性学科。**我这里所说的跨学科研究，专指从事理科研究的学者，将本学科中的有关理论或方法，用于研究社会科学中有关领域的行为。**因此，这种跨学科研究，并不一定要彻底“转行”，也可以是“扩大”本行的研究范围或对象。

对于从事数学、物理学等理科研究的青年学者来讲，要进行跨学科研究，似乎就需要首先搞清楚三个问题，这就是

## 为什么要进行，为什么能进行和怎样去进行跨学科研究。

将数理科学的有关理论、方法，用于社会科学研究 的典范，当属经济学。1968年，瑞典中央银行在其建立300周年时，为纪念诺贝尔奖提供者，设立了“纪念诺贝尔经济学奖”。并从1969年颁奖。在获奖者中，有三分之一以上的学者，是从数理科学“转行”从事经济研究。例如，W·列昂节夫等。而许多西方哲学家，也是从数理科学领域中“半路出家”，而成名的。在我国，将数理科学中的有关理论、方法，用于社会科学研究，也取得了较大发展，数理经济学、计量经济学、计量史学、定量社会学等的形成和迅速发展，都是明显的例证。近几年来，将系统论、控制论、信息论、耗散结构理论、协同论、突变论、超循环理论等一大批数理科学或生物学用于社会科学跨学科研究的浪潮，方兴未艾。这种现象绝非偶然。这首先是出于社会科学抽象研究的内在需求。社会科学和自然科学都需要从复杂的现象中，抽象出具有一定普遍性或特殊性的规律。但是，二者使用的符号却大不相同。数学、物理学等理科，更多地是使用数学语言，具有高度的抽象性，从而保证了其传播过程的保真性。而社会科学更多地是使用自然语言，如英语、汉语等，其抽象性及传播保真性均远不如数学语言。因此，如果要使从众多的社会现象中找出的社会科学规律或特征，具有高度抽象和保真性，就必须借助数学、物理学等理科的有关理论、方法，发挥数学语言的优势。同时，数学、物理学等理科的逻辑性，也是社会科学研究所应借鉴的。也许正是在这个意义上，马克思才认为：一门科学只有在成功地运用数学才能真正发展起来。其次，转换思维方式，促进社会科学创新的需

要。思维创新，是社会科学研究创新的重要条件之一。从学科教育来看，我国高校社会科学专业，大都是从高中文科班招生，在大学学习的全过程中，社会科学知识的教学又常占绝对优势，理科知识很少涉及或根本没有涉及。学生毕业后，其知识结构在一定时期内便会相对稳定（除非自学更新）从而导致思维定势，一旦遇到新问题，便从已有知识结构中，进行信息处理——并从中求解。这样的思维方式，要取得突破性的创新是不容易的。但是，如果用数学、物理学等理科的有关理论、方法，来研究社会科学中的有关领域，无疑是从一个全新的角度，或用全新的工具，对其进行研究。由于转换了思维方式，就很可能产生新的发现。例如，用分形学理论，可以更好地分析《红楼梦》并评价其社会价值。再次，从事数学、物理学等理科研究的青年学者，进行跨学科研究，既能发挥自己的专业优势，又有符号运用方面的有利的条件。实际上，从符号转换角度看，从理科转向社会科学研究，要比社会科学转向理科研究更容易。因此，理科的青年学者从事跨学科研究，正是跨学科研究的内在要求。从另一个角度讲，跨学科研究也可以说是理科青年学者的义务和责任。

从事数学、物理学等理科研究的青年学者从事跨学科研究，也具有内在可能性。这首先是因为数理科学研究，具有较高的横断性。所谓科学研究的横断性，或横断学科，是指对不同专业或学科领域的某一个方面或侧面的共同特征，进行研究。因此，横断性具有不同层次。我认为，可分为整域横断性、多域横断性、域内横断性三个层次。所谓整域横断性，是指对各个专业领域的某一方面或侧面的共同特征的研究。

究。数学、哲学是其典型代表。多域横断性，则是指对某几个专业领域的某一方面或侧面共同特征的研究。物理学、生物学等多具有这种特点。而域内横断性，则是指某专业领域中的基本理论和基本方法。正是由于数学、物理学具有较高的横断性，使其理论和方法，具有较高的普遍性或通用性，故可进行社会科学的跨学科研究。例如，协同学理论，是哈肯教授从事激光研究建立起来的，它最初研究的是物理学范畴内的开放系统从无序到有序，或从低级有序向高级有序演化过程机制。但是，由于社会系统、经济系统也均是开放系统，有许多类似特征，因此，协同学理论的主要理论、方法，如同熵原理，对社会科学研究，也是很适用的。再如熵和分维理论，虽然都是首先从物理学中建立起来，但是，因其反映的特征，在社会经济系统中广泛存在，所以，它们在社会科学中的应用也有越来越广的趋势。

跨学科研究的可能性，还在于物理学等理科的研究对象，具有较高的全息性。全息的概念，是从物理学中的全息摄影开始的，后经张颖清教授的全息生物学研究、陈传康教授的更具方法论意义的普通全息学研究而使全息成为一独立范畴。全息概念，原来只是指系统的部分映射整体的特征。陈传康教授则认为还有另外二个特征，合为三条特征。即部分映射整体（从部分来研究整体）、时段映射发展过程（从某一时段来重建历史、预测未来）、时空域或多维抽象“域”映射统一形成过程。除此之外，我认为，还应有另一全息特征，即系统的部分之间相互映射。组成同一系统的各个部分之间，其特征具有不同程度的相互映射，从而使某一组成部分的特征，可以在一定程度上反映其它组成部分的特



征。其原因在于，各部分之间既有共同的特征或规律（即系统的基本特征或规律），也存在着相互联系相互作用。实际上，客观世界的各部分，本来是一个统一整体，科学研究中的分门别类（即专业化），只是为了研究的方便。然而，客观世界的各部分之间的关系，远比各专业或各学科之间的关系更密切更复杂。在专业化研究时，人们为了使问题简化，往往要规定各种假设条件，以便研究对象同其环境（个义的）独立开来。这种研究方法，是人类对客观世界缺乏统一认识的根本原因。系统理论及天地生综合研究，之所以得以兴起并迅速发展，也就在于它克服了专业化的弊端，从而进一步说明，各种系统的各组成成份之间，存在着不可分割的相互联系。正是这些联系，使部分之间具有相互映射性。例如，中医治病，某部位有病，并不一定对该部位施药，而是对与该部位有密切联系的其它部位施药，最终达到治病的目的。再如，我国古代著名著作《易经》，便是将天道、地道、人道统一起来，通过天道、地道的变化，来预测人道变化。这实际上就包含着朴素的部分间相互映射的全息性思想。从天地生或天地人综合研究角度看，自然系统与社会系统，都是天地人这一巨系统的两个组成成份，两者间相互联系相互作用，便具有部分间相互映射的全息性。部分间相互映射的全息性，是物理学等理科有关理论或方法对社会科学进行跨学科研究的重要保证。换言之，如果自然系统与社会系统完全独立，互不联系互不影响，跨学科研究是既不可能也无必要的。

一般地，从事数学、物理学等理科研究的青年学者，从事跨学科研究的方式，主要有三处。其一为直接方式，即将

数学、物理学等理科的有关理论、方法，直接用于社会科学有关专业领域的研究。例如，计量经济学，便是将数学方法直接用于经济现象研究中。再如，将物理学中熵的概念或原理，直接用于揭示社会系统或经济系统演变特征。其二是间接方式，即将数学、物理学等理科的有关理论、方法，通过具体化或上升为方法论后，再用于社会科学有关专业领域研究。例如，将协同学理论用于区域发展研究中，更重要的是将影响区域发展的因素，依据其重要性或阻尼性，分为快变量、中变量，序参量，通过它们之间的关联促进作用，使区域发展呈现有序性。但是，协同学中的伺服原理，是将因素分为快变量与序参量两类，并且通过绝热消去法，将快变量消掉，从而仅考虑序参量的作用。这种方法对揭示系统整体最终运行轨迹或状态，是极为有效的，但对于经济发展就不适用了，因为对于那些投入小见效快的项目（即快变量），虽然对经济发展不起决定作用，但在一定时期一定范围内，是不能忽视甚至不能超越，除非有非常充足的资金保证。这样，对协同学的有关理论，通过具体化后，其应用价值就更大了。其三是符号转换方式，即利用数理科学的数学语言符号，来代替社会科学的自然语言符号。例如数理经济学。这种跨学科研究的方式，目的在于使社会科学研究更具抽象性和逻辑性，特别是有关规律的推导或理论证明。因此，符号转换应用，不在于建立可求解的模型。

孙曰瑶、宋宪华两位同志完成的这本著作，主要是采用直接和间接两种方式。其中，将量子物理学中著名的互补原理加以扩展，构成广义互补原理，对于评价研究同一问题不同理论认识之间的相互关系，具有较高的实用价值。而将分

形学中的Hausdorff分维方法，用于评价经济系统的稳定性，并加以具体化，则是将分形学方法用于经济学这一领域的跨学科研究的较早者。由于社会经济系统存在着较多的模糊现象，故模糊数学的应用，也是该书的一大特色。总之，综合评价古今有之，但像本书这样，将数学、物理学中的较多的有关现代理论、方法，较好地应用于综合评价研究，还是不多见的。

两位作者虽然不是专攻数学、物理学的，但却能刻苦自学，主动向有关数学、物理学专家请教，并积极从事跨学科研究，这对许多专门从事数理科学研究的青年学者来讲，是一个较好地启示。因此，希望更多的理科青年学者，积极投身于跨学科研究，在新的学科中，发挥自己的优势。

最后，请允许我用这样一句话来结束这个序吧，“欢迎青年朋友们攻读数学、物理学等理科专业，但是，希望你们学有成就后，不要都从事数学、物理学研究”。

（本文作者系宁夏大学校长、物理学教授）

1993年3月于银川

# 目 录

<b>第一章 综合评价的基本理论</b> .....	( 1 )
一、综合评价的概念.....	( 1 )
二、综合评价的理论依据.....	( 4 )
三、综合评价的原则.....	( 9 )
<b>第二章 理论互补性评价的GMC</b>	
<b>模型与应用</b> .....	( 12 )
一、GMC模型.....	( 12 )
二、社会经济发展基本理论的	
互补性评价.....	( 23 )
三、现代系统科学理论的互补	
性评价.....	( 27 )
四、现代国土开发理论的互补	
性评价.....	( 39 )
<b>第三章 因素权重综合评价的SRC</b>	
<b>和AHP模型及其应用</b> .....	( 46 )
一、SRC模型及其应用.....	( 46 )
二、AHP模型及其应用.....	( 104 )
<b>第四章 分级评价的EFCE</b>	
<b>模型与应用</b> .....	( 154 )

一、EFCE模型 .....	( 154 )
二、蒙阴县果树种植地质 量综合评价 .....	( 168 )
<b>第五章 相对评价的ROSCE</b>	
<b>模型与应用</b> .....	( 182 )
一、ROSCE模型 .....	( 183 )
二、地区间经济发展相对评价 .....	( 186 )
三、多方案相对评价 .....	( 194 )
四、时段间的相对评价 .....	( 202 )
<b>第六章 系统稳定性评价的FD</b>	
<b>模型与应用</b> .....	( 204 )
一、系统演化稳定性评价 的FD模型 .....	( 204 )
二、FD模型的应用 .....	( 213 )
<b>第七章 相似性评价的FRPR</b>	
<b>模型与应用</b> .....	( 228 )
一、相似性评价的FRPR模型 .....	( 229 )
二、FRPR模型的应用 .....	( 236 )
<b>参考文献</b> .....	( 251 )

# 第一章 综合评价的基本理论

综合评价，作为人们对客观事物的一种认识方法，具有悠久的历史。我国早在2000多年前为了征税的需要，就对土地进行了综合评价，在《管子·地员算》中，将土地对农林生产优劣而分为“上土”、“中土”和“下土”三等，每等又分六类，每类分为六种，其划分依据包括地貌、土壤、水文、气候等因素的综合特征。而在信息呈指数增加的现代社会，人们在作出某种决策时，也总是强调“要全面综合地评价或分析各种因素”。因此，我们认为，综合评价是人们认识事物的一个永恒的需求。为此，我们就必须搞清楚以下三个问题：（一）究竟什么是综合评价；（二）综合评价的理论依据是什么，或者，为什么能进行综合评价；（三）综合评价的原则是什么？换言之，怎样才能保证所进行的评价是综合的。

## 一、综合评价的概念

综合评价，作为人们的一种认识活动，尚未有公认的定义。对此，我们认为可以根据术语学的原理，进行讨论。术语学第一个基本原理，是指“术语”是由概念（所指）和名称（能指）构成的语言符号，加拿大语言学家Guy Rond-eau认为，术语的这一原理可表示为：

$$T(\text{术语}) = \frac{D(\text{名称})}{N(\text{概念})} = \frac{\text{能指}}{\text{所指}}$$

其含义不是“商”，而是指术语由能指与所指组成。术语学家们总是首先从概念(所指)出发，去思考这个概念的名称是什么，如果它没有名称，那么怎样给它命名呢？这一观点，构成了术语学第二个基本原理，即概念先于名称。术语学的第三个基本原理是，一个名称与一个概念之间的关系是单参照性的，即对于任何一个术语，一个名称与一个而且仅与一个概念相对应，否则，便产生歧义性。在这里，所指名称，是指术语的外部语言形成，而概念，与哲学中的概念相似，是指实体(物体或思想)共同具有的全部本质属性的抽象表现，是去掉了实体的个别属性后形成的抽象表现。

但是，在科学研究或日常生活中，要将一个概念给定一个而且是唯一的一个名称，是很困难的，这有三个原因，第一，概念本身认识的差异性，第二，语言符号的非单义性，第三，不同语言符号之间转换的信息噪音。对于综合评价来讲，“综合评价”作为名称，是明确的，但这个名称所包含或代表的概念，却是不明确的。我们认为，这并没有违反思维先于语言这一规律，而是由于思维模糊性所致。换言之，从思维角度看，人们是能理解“综合评价”这一名称的意义，但却无法用完整的语言符号对它予以形式化。

从思维角度看，人们在对某一事物进行综合评价时，或人们在应用“综合评价”这一名称时，至少包括四个方面内容，第一，必须首先明确评价的目的，即为什么要进行综合评价。例如，土地质量综合评价的目的，是通过揭示土地综合属性，以便更合理地利用土地。第二，在明确了评价目的

后，还必须确定评价形式，我们认为，评价形式有两类，一类是给定标准的评价，即给定某标准，将各评价对象个体与所给定的标准进行比较。例如，我们规定亩产 400 公斤的农田为高产田，那么，将所有农田地块的亩产与 400 公斤比较。再如，我们规定 45 岁至 55 岁为中年，则每个人的实际的年龄与 45 岁到 55 岁相比，若在这个年龄段，即为中年，否则，则不是。第二类是无给定标准的相对评价，例如，农业亩产是一个动态概念，在不同技术管理水平时代，高产田的标准是不同的，现在有 5 块地，问哪一块地亩产最高，则这 5 块地相互比较，其亩产高低是客观存在。因此，明确了评价目的后，还要清楚进行哪一种评价形式。第三，确定评价形式后，为了全面进行比较，必须从评价对象中选择多个因素或指标，组成评价因素或评价指标体系，不同因素或指标，反映不同的方面或不同的子系统。第四，建立相应的数学模型，通过数学模型，来将多因素或多指标联系起来，以求获得反映评价对象总体特征的信息。换言之，用于综合评价的数学模型，其主要功能在于尽可能准确的对评价对象各组成成份或子系统间的相互联系相互作用的关系进行仿真，使代表总体的部分信息的评价因素或评价指标，通过数学模型能转化为反映总体特征的信息。

我们认为，这四个方面或环节，是综合评价的共性，概括起来，所谓综合评价，是指人们根据不同的评价目的，选择相应的评价形式，据此选择多个因素或指标，并通过一定的数学模型，将多个评价因素或指标转化为能反映评价对象总体特征的信息。实际上，上述四个方面或环节所构成的概念，与人们所理解的综合评价这一名称是一致的。



## 二、综合评价的理论依据

使用一定的数学模型，使评价对象的多因素与指标所包含的部分总体特征统一起来，构成反映评价对象总体特征的信息，其理论依据是什么？这个问题可进一步分解为两个问题，第一，评价对象的组成成份或部分或子系统，能否包含评价对象总体特征的信息？第二，如果上述问题是肯定的，那么，是否有能将包含总体部分信息的多因素多指标统一起来，转化成为反映总体特征的信息数学模型或数学方法？

### 1. 系统组成成份的全息性

对于第一个问题，我们认为回答是肯定的，即从评价对象中选择出来的多个评价因素或多指标，均不同程度的包含评价对象总体特征的信息，这是利用多因素多指标来综合认识总体特征的前提。从另外一个角度来讲，这个问题也即部分与整体，或局部与整体关系的问题。对此，有二种对立的观点，一种认为部分组成整体，即部分决定整体，这种观点以牛顿为代表，他的研究方法是应当先研究小的局部或部分，然后，再研究整体如何由这些局部的东西构成。牛顿的方程是微分方程，也正体现了这一点，即先描写微分（局部或部分）的一段，然后，再积分出整体的情况来。这样，部分或局部性质中就没有包含整体的信息，也就难以从一个局部或部分认知整体。另一种观点则相反，认为部分或局部决定于整体，使部分或局部包含着整体的信息，从而可以从部分或局部特征来认知整体特征。这种观点来源多且历史长，因为