

相似学

周美立 著

中国科学技术出版社

相 似 学

周美立 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 175 号

图书在版编目(CIP)数据

相似学/周美立著. —北京:中国科学技术出版社,1993. 8

ISBN 7—5046—1083—6/N·27

I. 相…

II. 周…

III. 相似性—理论

IV. N02

中国科学技术出版社出版

北京海淀区白石桥路 38 号 邮政编码:100081

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国科学技术大学印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:10.5 字数:224 千字

1993 年 10 月第 1 版 1993 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:9.80 元

内 容 提 要

相似学是本书作者创立的一门新学科,它是研究自然界中相似性规律及其应用的科学。本书实为国内外第一部相似学专著,具有一定的理论和应用价值。

本书揭示了相似现象的本质,探讨了系统相似性形成原理和演变规律,论述了相似学原理、万有信息概念、信息场理论、相似度量方法、相似系统分析与设计原理,具体地讨论了这门新学科在诸多领域中的实际应用。

相似学着力于打破学科之间的壁垒,内容涉及到系统科学、信息科学、物理学、天文学、生物学、生态学、人体科学、仿生学、仿真技术、机械科学和哲学等多种学科领域,是一门新兴的边缘学科。

本书可供各学科的科技人员和高等院校师生阅读与参考。

责任编辑:朱桂兰

封面设计:江 源

前 言

多年来,我怀着浓厚的兴趣考察自然界中相似现象,寻求相似背后的基本原理。今天,在我看来,相似现象的发生,遵循着普遍规律,并非在某一特定条件下孤立地出现。相似现象在本质上是统一的,它将为相同的自然规律所支配。相似性是客观存在,自然形成,或者说是自然的理性。

对于生物之间千姿百态的相似现象,我在《论生物系统相似与演化关系》一文中,论证了生物系统之间存在相似性,且相似性可变。在《论系统进化中变异、相似与熵》的论文中,进一步用相似熵的新思想讨论相似与系统特性演变关系。这种用动态的观点来研究自然界相似性的演变过程的思想,将对自然界各种相似性的动态研究普遍适用,被有关专家称赞为具有科学意义,该论文已被评为省自然科学优秀论文奖。

我于 1989 年 6 月发表《天体系统与粒子系统作用力形式相似性探讨》一文,论证了宏观的天体系统与微观粒子系统之间同样存在相似性。该文研究目的在于揭示出微观同宏观的密切联系,进一步寻求自然界中不同物理系统之间的相似关系。由相似原理得出,银核是由多恒星及天体星际物质聚集而成的系统,这一观点已经由美国科学家于 1990 年 5 月拍摄到第一张银河系中心照片所证实。

在研究自然系统间存在大量相似现象时,我发现相似实质是系统间特性的相似,感到应从系统角度研究相似,对相似性研究不能仅是一般语言的描述,而要定性分析与定量计算

相结合,才能使相似性研究深入发展。

接着,我发表了《相似系统探讨》、《相似系统理论的若干概念及其数学描述》(英文)、《工程技术系统间相似性系统分析》(英文)、《系统相似度的数值方法》等论文,提出了相似元、相似系统、相似熵等一系列新概念、新理论,以及相似度量的方法,受到国内外专家的肯定与好评。其中,有欧、美专家认为:系统相似的概念并达到相似度量有意义,综观相似系统理论的成果,理当称心合意。

在一系列研究论文的基础上,我写成了《相似系统论》学术专著,系统地论述了相似系统理论的基本概念,处理系统相似的方法,自然界相似性系统的形成与演变规律。

十年前,我已初步觉察到相似性的概念渗透到各个学科领域。自那时起,我就试图建立一门新的边缘学科—相似学,去研究各门学科中出现的相似性问题。1988年,我写出《相似学》部分文稿后,又经过这些年对自然界中相似规律和相似系统理论的深入研究,进一步提出相似学基本原理,并逐步在实践中应用,终于写成《相似学》书稿。书中有关内容进行了学术性的讨论,引起了青年教师的热烈响应,受到广大青年学生欢迎,从而在大学开创了《相似学》这门新课程。

我为什么要研究相似学这一领域呢?因为我坚信,相似学将为人类认识相似现象,揭示大自然客观规律,探索生命和非生命,宏观和微观不同类型、不同层次系统间相似特性,提供有益的启发。同时,可以应用相似学原理和方法,进行科学研究,技术革新,造福于全人类。

在研究过程中,我同北京信息与控制研究所于景元教授、中国科学院动物研究所盛承发教授等有关专家进行过有益的

讨论,并得到了他们的关心。值得一提的是,我在申请国家自然科学基金过程中,得知对自然界相似现象形成规律的研究,有专家认为:“立论新颖,具有明确的科学意义”、“促进和推动许多学科的发展”。这激励我在十分困难的条件下,始终在这一领域中摸索前进。同时,我也取得了有关专家不少建设性的意见,这些都有利于相似学的研究不断深入发展。

最近,我读了张存浩主任为国家自然科学基金 1993 年度项目指南所写的序,对“探索自然界的本质,发现自然界演变、发展的规律,增加人类对自然界理性认识”的基础性研究,给予高度评价,提出对新兴学科、边缘学科予以重视,这使我对“相似学”这一基础研究增加了信心。

相似学是一门很年轻的边缘学科,它涉及的领域广泛,很多方面有待深入发展,很多成果有待于我们去发现。可以期望,相似学将有利于增进不同学科之间的相互联系,为促进多学科的发展做出贡献。我希望通过对这一领域的介绍,使读者能全面完整地理解相似学的理论体系,并从中受到启发,同我们一道去开拓和发展这一学科,为揭示自然界中相似现象的奥秘,做出自己的贡献。

作者深感水平有限,书中难免有不妥或错误之处,欢迎各方面专家和广大读者帮助指正。

周美立

1993 年春于安徽合肥

目 录

导论	(1)
§ 0.1 相似学的含义	(1)
§ 0.2 相似性定义	(4)
§ 0.3 相似类型	(7)
第一编 相似学基本原理	(14)
第一章 序结构原理	(14)
§ 1.1 序结构的概念	(14)
§ 1.2 空间有序	(17)
§ 1.3 时间有序	(25)
§ 1.4 功能有序	(31)
§ 1.5 相似学第一定律	(37)
§ 1.6 序结构的关联性	(44)
第二章 信息原理	(48)
§ 2.1 信息的基本问题	(48)
§ 2.2 信息场理论	(54)
§ 2.3 场中信息作用相似性	(67)
§ 2.4 相似学第二定律	(79)
第三章 同源性原理	(83)
§ 3.1 同源性原理	(83)
§ 3.2 相似与演化	(86)
§ 3.3 演化中信息积累	(100)
第四章 共适性原理	(108)
§ 4.1 共适性原理	(108)
§ 4.2 起源的共适性	(110)
§ 4.3 系统适应	(112)

§ 4.4	自适应	(120)
§ 4.5	系统的共进化	(125)
§ 4.6	共适应促进自组织	(132)
第五章	支配原理	(140)
第二编	相似系统分析原理	(144)
第六章	相似元	(144)
§ 6.1	系统要素的表示	(144)
§ 6.2	相似元的若干概念	(151)
§ 6.3	相似元构造	(155)
§ 6.4	相似元数值方法	(164)
§ 6.5	相似元动态分析	(175)
第七章	相似系统	(179)
§ 7.1	相似的系统性	(179)
§ 7.2	相似系统概念	(183)
§ 7.3	系统相似度引论	(188)
§ 7.4	要素数量的计算	(193)
§ 7.5	相似系统的度量	(195)
§ 7.6	相似系统的动态分析	(202)
第八章	相似熵	(206)
§ 8.1	熵	(206)
§ 8.2	相似熵的概念及意义	(211)
§ 8.3	相似熵与系统演化	(214)
第三编	应用相似学	(220)
第九章	生物学	(220)
§ 9.1	感应活动相似性	(220)
§ 9.2	生理活动相似性	(230)
§ 9.3	生物系统自相似	(238)
第十章	生态学	(242)
§ 10.1	生态系统共适应	(242)
§ 10.2	生态系统相似性分析	(248)

§ 10.3 物种迁移的可行性	(256)
第十一章 物理学	(265)
§ 11.1 运动形式的相似性	(265)
§ 11.2 系统结构相似性	(274)
§ 11.3 作用力形式相似性	(278)
§ 11.4 电磁特性相似性	(282)
第十二章 工程技术	(285)
§ 12.1 机械系统相似分析与设计	(285)
§ 12.2 仿生学	(293)
§ 12.3 系统仿真	(304)
参考文献	(317)

导 论

§ 0.1 相似学的含义

相似现象,古今中外,倍受关注。古时候,人们以为同类事情可以交感相生。在《周易》中已经有相似和自相似的初始概念,蕴涵着整体观念、系统原理、周期性有序的初始思想。以《黄帝内经》为代表的子午流注理论、五轮八廓学说,把人作为天地间子系统,自相似理论颇为丰富。相似和自相似原理统治了中国古代重要的学术论坛,其影响深远而又广泛。

古希腊人试图用自然界的某种特殊事物或性质说明自然现象,并且力图从某些相似关系中去把握自然现象的总的联系。莱布尼茨说过:“自然界都是相似的”。至于为什么相似,他认为是神定的先天和谐。针对这句话,列宁指出:“具有深刻的辩证法,虽然有僧侣主义的解释,但是,我们不妨站在唯物主义的立场上,把神的概念理解为大自然规律,这样可以别其谬误了”。达尔文研究大量生物间相似性,揭示出相似性是生物进化中发生的自然规律,从而说明了物种起源,人类的由来,创立了进化论。

1686年,牛顿在其著作《原理》中,把相似模型成功地运用于工程技术。1848年,法国J. Bertrmd 首先提出了相似不变量存在定理,即相似正定理;后来又有了相似逆定理和模型化定理。相似三定理的提出,为工程技术系统中模拟技术提供了理论基础。近年来,从工程技术系统中模拟发展到生命系统的模拟,并应用于植物生长和农作物生产,以及人体科学模拟

研究等。随着计算机的出现,运算技术的大幅度提高,从相似模拟发展到了系统仿真。

由于科学技术的迅速发展,打破了各种学科领域的界限。在1948年,数学家维纳在他的著作《控制论》一书中指出:调节机器的功能与生物体的功能间有着深刻的相似性。维纳证明了生物组织与工程技术中的自动调节原理的机制是相似的,可以用共同模式和数学理论来描述。控制论突破了作为生物的动物与非生物的机器的界限,突破了控制和通讯的界限,把动物的行为赋予机器,抓住一切通讯和控制系统中共有特征,为仿生学的诞生奠定了基础。

1973年,贝塔朗菲(L. v. Bertalanffy)发表了《一般系统论》一书,指出了各种不同学科领域出现相似的定律,虽不能用数学语言表达其一般原理,但可以用通常语言描述相似现象。支配这些不同现象的原理却惊人地相似。该书在一些例子中,特别提到了不同领域一般认识原理的相似性。通过建立一般系统论,探索不同领域存在着结构相似定律,就有可能把比较简单、比较熟悉的模型,运用到比较复杂、不易处理的现象上去,再没有必要在彼此隔绝的不同领域中,一再重复发现同一原理,论证了科学中的同型性。从系统学角度,刺激和吸引人们,把一个领域的原理转移到另一领域中去。

我在对相似系统理论研究过程中,认识到自然界诸多系统之间存在相似性⁽¹⁾,而且相似特性都为相同自然规律支配时,感到在跨学科领域建立一门新学科——相似学(Similology),去考查分门别类的自然科学领域中相似性的时刻已经来临。

相似学是研究自然界中相似规律及其应用的科学。它主

要研究自然界中相似现象的本质、相似性形成原理和演变动力,系统相似的一般规律及其应用。相似学从系统科学角度研究相似,它以自然界中相似现象,不同类型、不同层次系统间相似特性的形成原理及应用为研究对象。相似学通过对各种系统间相似特性分析,寻求统一认识自然界中各种相似现象的形成原理,从本质上阐明了各种系统间相似特性形成的内在联系。相似学对相似性认识的发展,为人类认识自然界中相似现象,进行科学实践提供新的科学理论,具有深刻的科学意义和广泛的应用前景。

现今,相似学理论和研究方法,已把对自然界中相似性的认识大大推向前进,在几个方面超出先前范围。

1、相似学从系统的角度研究相似,而不是从个别现象上研究相似;相似是系统的相似,而不是个体相似。相似性的出现,是系统间特性上存在共同性的表现。

2、相似学不再是仅用通常语言来描述相似现象,讨论认识相似性过程,而是把相似性问题从概念明确到数值确定。通过认识系统中组成要素的数量及其特性的特征值,在定性分析与定量计算相结合的基础上,进行相似性的数值度量,确定相似程度大小。

3、相似学论证了相似性可变,进行相似性动态分析,提出相似熵新概念,描述相似性变化方向与过程,揭示相似性变化方向与系统演化方向及过程的联系。

4、在研究系统的序结构组成和信息作用方式的基础上,提出相似学定律和原理,阐明各种系统间存在相似性的成因,相似性形成过程和演变动力。

5、通过对不同系统间相似特性本质上联系的研究,相似

度数值大小的确定,相似性支配原理的揭示,找出系统间相互关系。根据相似学原理,可从一系统中的已知特性,探求与之相似系统的未知特性,以利于各自然科学领域中的科学实践。相似学原理和数值方法,为相似系统的设计、系统仿真、仿生学及控制系统中相似性问题研究,提供新的理论基础。

§ 0.2 相似性定义

大自然中存在大量相似性,各门学科领域中都出现相似性概念:在天文学中,不同天体之间有相似性;在生物学中,不同生物之间有相似性;流体力学中,流体的运动状态存在相似性;在控制论中,原型和模型重要关系基于相似性;系统科学有大量结构和功能相似概念;信息科学、协同学、混沌学都不同程度涉及相似和自相似。同时,相似性也是人们日常生活中的一个常用概念。然而,究竟什么是相似性?相似性是怎样形成和演变的?至今仍未真正解决。

首先在于相似是现象还是本质。有人从思维科学和辩证法角度认为:相似是事物的现象,不是事物的本质。相似性是人们在反映外部世界时,对两个或两个以上事物的表现进行比较过程中,产生的一种感性认识。换言之,相似性是主观对客观事物的反映,人们对相似性的认识是一种思维过程。再者,相似性的本质是什么?有人认为可以是纯粹外表,可以是内部结构,也可以是行为的一般性质。

实际上,相似性实质是系统间特性的相似。在自然界中,一切事物都可视为一个系统,从宏观的天体到微观的粒子,从物理技术装置到生物体,从低等的原生生物到高级的人类,都

是由一定要素组成的系统,存在着具体的属性和特征。然而,在不同类型、不同层次的系统之间,可能存在某些共有的物理、化学、几何、生物等具体属性或特征,以下简称特性。当刻划这些共有特性的特征值时,可能会得出差异。当系统间存在共有特性,其特征值的数值上存在差异,则共有对应的特性,称“相似特性”^{〔1〕}。当系统间存在相似特性时,我们认为系统间存在相似性。由于各个系统中属性和特征的客观性,因此,相似性不依赖于人们的感性认识而存在,相似性是系统间的特性相似。

宏观的天体和微观的粒子都存在自旋角动量和轨道角动量的特性。同时,我们又注意到,天体与粒子自旋和轨道角动量数值不等。太阳系中行星都在自转和绕日公转运动,有同向性、近圆性和共面性的共有特征。不同行星的自转和公转周期有别,轨道运动速度大小不等。因而,在宏观天体系统与微观粒子系统之间,不同行星系统之间存在相似性。

在不同的生物有机体系统间,人们常发现很多共有的特性。这些特性往往在空间尺度上、时间间隔上、物理状态上和化学组分上不尽相同,从而在不同生物之间存在相似性。例如,人和猿具有相同的肌肉,猿身上每一特征在人身上都有体现,其差别几乎是各部分成比例大小关系。很多生物都有活动节律,但是,其节律发生的方式、时间长短、功能强弱都并不完全一致。各种高等动物和人体中都存在共有脏器,但结构与功能大同小异,尺寸不一,呈现出相似性。

通过对不同物种细胞色素 C 的化学结构测定,得出不同物种间氨基酸数目的不同,揭示出不同生物间相似性,且相似程度不等。黑猩猩和人的细胞色素 C 中氨基酸全部相同,猕

猿和人有 1 个不同,鲸和人有 10 个不同,小麦和人的氨基酸不同数目有 35 个,这说明了不同生物有机体系统间存在相似特性,具有明确的概念和意义,并可进行数值上的度量。

几何学中的圆是相似形,两个○的半径分别为 R_1 和 R_2 ,当 $R_1 \neq R_2$ 时,两个○大小不等,即存在相似性。对于○,当取不同的 R_1 和 R_2 值时,其两○的相似程度大小不等。当且仅当 $R_1 = R_2$ 时,两○等同,是相似的特例——相同。同理,对于相似三角形和相似多边形,首先都是存在相同几何特征。再者因空间尺度大小不等,呈现出相似性,而且都可用空间几何尺寸来度量相似程度。

为了叙述方便,当两特性存在相似性时,称特性相似或相似特性。当系统间对应要素的特性存在相似性时,我们称之为“相似要素”⁽²⁾⁽³⁾。系统相似是整体系统间相似,它是多个相似要素和相似特性的函数。

由上述相似性的定义和讨论,使我们能够由“相似特性”具体内涵,成功地建立起“相似性”的概念,尤其系统相似性的概念。我们说“相似特性”要比说“相似”具体、明确。因为,我们能够通过对系统的具体属性或特征的观察,找出系统间存在相似特性,进而认识系统间客观存在的相似性⁽¹⁾。实现相似性大小的度量,阐明相似性的形成原理与演变规律,使我们获得对相似性的正确认识。