

相似系统和谐 ——生存发展之道

周美立 著



科学出版社

相似系统和谐

——生存发展之道

周美立 著



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书论述了和谐造就相似,相似促进和谐,相似与和谐相辅相成,是一切事物的生存发展之道。阐明了系统间似而不同,差而不异,发展多样化生存本领,促进可持续发展的道理。揭示了自然界相似现象的本质原因,相似系统为何和谐有序,协调演变怎样造就新和谐,以及差异化和谐会造就多样性。揭示了系统内和谐配合出自相似,协和整体与部分的道理。提出万有信息维系和谐新理论,论述了信息在促成自然、社会、经济、工程系统有序运行的重要作用。介绍了运用系统相似规律,实施相似工程,创造人工自然,改善生态环境,促进人与自然和谐、社会和谐、企事业群体协调发展。运用相似模仿和差异创新,设计多样化协调运行工程系统。提出相似运筹统合处理知识应用问题,用规则推理相似性,阐明多种系统相似与和谐认知的统一性。

书中大多以大道理、小命题形式论述,阐述了相似系统和谐的原理与应用。结合大量生动实际的相似与和谐现象实例加以论证和讨论,力求精炼、准确。其中,很多事例、图片都是作者结合实际考察研究得出的成果。

本书重在摆事实、讲道理,融科学理论探索与实践应用于一体,思想新颖、知识丰富、启发性强、适用面广,可供系统科学、信息科学、认知科学、设计方法学、管理科学、系统仿真、仿生学、生命科学、生态学、社会学、行为学、哲学和边缘交叉科学等广大科技和社会管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

相似系统和谐:生存发展之道/周美立著. —北京:科学出版社,2013.7
ISBN 978-7-03-038043-2

I. ①相… II. ①周… III. ①系统科学-理论 IV. ①N94-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 136427 号

责任编辑:钱 俊 鲁永芳 / 责任校对:刘亚琦

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 静

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 7 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 7 月第一次印刷 印张:15 1/4

字数:290 000

定价:58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介



周美立, 1949 年生于安徽省庐江县。1975 年毕业于东华大学, 1981 年合肥工业大学研究生班结业, 1995 年上海交通大学访问学者, 1997 年任合肥工业大学教授、硕士研究生导师。现任和曾经的国内外社会兼职有中国机械工程学会成组技术分会常务委员、中国生命科学学会理事、Active Member, New York Academy of Science(纽约科学院会员), Active Member, American Association for the Advancement of Science(美国科学促进协会会员)。简历入选 *Who's Who in the World* (世界名人录) 和 *Who's Who in the Science and Engineering* (科学与工程名人录)。

作者长期从事相似学、机械设计教学工作, 致力于自然、社会、工程系统相似原理与应用研究, 开展相似与和谐有益于生存发展道理的探索。在 *Int. J. of General systems Theory* (《国际通用系统学报》) 等期刊发表 *Principles and Practices of Similarity System* (《相似系统理论的原理与实践》) 等论文 50 多篇, 著有《相似学》《相似系统论》《相似工程学》《相似性科学》。在国际上独创相似学和相似系统理论并得到学术界公认, 得到了众多科技人员深入持久地大量引用和应用。在美国亚特兰大(Atlanta)、中国北京、上海、南京、成都、武汉、杭州、苏州、昆明、兰州等国内外会议上学术交流, 受到赞扬。

作为项目负责人, 主持完成国家自然科学基金、机械工业技术发展基金、安徽省自然科学基金、安徽省软科学研究计划等 8 项科学技术基金研究。作为独立或第一完成人和获奖者, 获得安徽省和教育部组织鉴定成果“相似性形成原理和系统分析方法及应用”等 6 项省部级研究成果, 荣获安徽省自然科学奖、中国机械工业科学技术奖等 6 项奖励。

前言

童年时,我在家乡打谷场上看见光身爬行的儿童与青蛙形态行为相似的现象;后来,看到蝴蝶的颜色与花朵色彩大量相似的现象;今天,我观察到天上、地上和人间都有相似性现象。长期以来,一直在想为什么古今中外说相似,多个领域应用相似,事物间相似性从何而来?相似系统为何和谐有序?相似与和谐的关系是什么?为什么差异性和谐会造就多样性,协调变异造成新的和谐?系统内自相似怎样维系整体与部分和谐?由这些问题,我思索和领悟出:和谐造就相似、相似促进和谐、相似与和谐相辅相成,是一切事物的生存发展之道。和谐相处系统之间有一定相似性,只有在诸多条件中的多数上取得相似,才有可能实现较好的彼此和谐。而且,差异化和谐有利于多样性系统生存发展。在相似促进和谐中,似而不同,差而不异,以保持系统创新发展的活力,是一个基本道理。因此,本书致力于研究相似与和谐关系理论,提出用万有信息作为维系系统和谐的方式之一,揭示相似系统和和谐规律,为人类认识相似性,应用相似性,促进和谐发展提供理性知识。

相似与和谐的关系,古今中外,备受关注。古往今来,人类运用相似思想方法看待世界,认识事物,处理问题,取得了丰硕成果,影响深远。《论语》中的和而不同,即和睦相处,但不苟同。《周易》中认为同类性质的事物可以互相感应,同类汇聚、相互牵动、同声相应、同气相求,往前进发,可获吉祥。钱学森看了我写的《相似系统论》一书后认为,两个系统或一个系统的不同层次有相似也有相异;相似对人认识客观世界有很大的推动力^①。

古希腊人试图从某些相似关系中去把握自然现象的联系,增强人类认识自然的能力。亚里士多德(Aristotle)认为艺术作品和谐和美,原来零散的因素得到了统一。牛顿(Isaac Newton)在《自然哲学之数学原理》一书中提出:宇宙这幅最美丽的图卷,谁也不能挑剔说其中缺乏简单性或和谐性。开普勒(Johannes Kepler)在《世界的和谐》中将行星公转周期的平方与到太阳平均距离的立方成正比称为“和谐比例”,认为“上帝在世界中赋予的和谐比例是以最高的技巧配合在一起,以致于它仍在同一框架内相互支持,而不会有一个与其他相冲撞。天上地下,只要和谐持续着,一切都生机勃勃,一旦和谐受到了干扰,一切都会杂乱无章”。莱布尼茨

^① 钱学森. 创建系统学. 太原:山西科学技术出版社,2001;姜路. 钱学森论系统科学. 北京:科学出版社,2012

(Leibniz)说:“自然界都是相似的,是神定的先天和谐”。爱因斯坦(Albert Einstein)认为大自然的美与和谐不会无缘由凭空出现,宇宙是空间和时间的和谐统一体。

欧几里得(Euclid)在《几何原本》中指出,世界上很多图形或事物是可以相等或相似的,相似是事物得以存在的重要属性之一。物理学中相似三定理为判定物理相似现象提供理论基础。卢瑟福(Ernest Rutherford)用原子与太阳系类比模型认识原子内部结构与太阳间相似性。近代科学发现宏观天体同微观粒子都有自旋性相似特征,化学中的相似相溶原理揭示同族元素性质相似性;生物学中达尔文(Darwin)用生物间相似性说明物种进化和适者生存。

如今,科学技术进步打破了类的界限,发现多个学科领域间都有相似性。维纳(Wiener)创立的控制论发现,调节机器的功能与生物体功能有着深刻的相似性;贝塔朗菲(Bertalanffy)在一般系统论中指出,相似的概念、模型、定律出现在相距很远的领域中,支配不同现象的原理惊人的相似;哈肯(Haken)提出的协同学(Synergetics)揭示,当大量系统从无序态转变为有序态时,行为显示出引人注目的相似性;尼科里斯(G. Nicolis)和普利高津(I. Prigogine)在《探索复杂性》一书中发现,阿米巴聚集细胞群旋涡波同化学螺旋波相似。复杂性科学揭示了不同等级系统的某些共同性质。在混沌学和分形理论中,发现了自然系统中自嵌套、自相似结构。仿生学说明生物与技术系统间有相似性。人工生命主题是获得类似生命行为,人工生态在人工系统中形成与自然生态相似性,人工智能在机器上实现智能。然而,不同领域中对相似性已有的认识,尚未在广泛的领域中找到统一原理。正如歌德(Goethe)所说,部分已掌握在我们手中,可惜还缺少精神纽带。过去一些被看来是孤立的相似与和谐的现象,今天用新眼光来看存在某种内在联系。

为此,本书论述了自然界和人工系统中各种各样相似与和谐及相关联系问题。在绪论中,我给出相似与和谐的相关定义、原理及相似性分析度量方法。第1篇主要介绍自然界系统相似与和谐相辅相成,有利于系统生存发展的道理;第2篇主要介绍自然系统内多层次系统协调配合造化自相似性,协和整体与部分,有利于整个系统和谐运行和生存发展的道理;第3篇主要论述示范运用系统相似与和谐原理,实施相似工程方法,师造化人工自然,促进人与自然和谐、社会和谐和多样化工程系统协调发展。第4篇讨论相似与和谐知识的统合应用,相似运筹统合处理多样化复杂的问题,由规则推理相似性,实现相似与和谐认知的统一。

在本书写作中,我多次研读了牛顿的《自然哲学之数学原理》一书,体会到科学大师在建立科学体系时的精确描述,深受启迪。为此,我对相似与和谐关键问题尽可能精确解释和细致处理,既注重系统多方面相似综合整体和谐,又注意分析少数或个别特性相似的局部和谐。通常,以大道理论述相似系统整体和谐,小命题描述部分或个别的局部和谐,并对相关问题用附注加以讨论。同时,引用大量客观事例

和成果加以论证,说明理论及应用方法。书中很多事例都是作者在国内考察、指导培养研究生、结合实践开展研究得出的成果。

在阅读本书的过程中,我希望读者要注重和谐造就相似,相似促进和谐的意义,突破传统用引力解释太阳系和谐,把力作为信息的一个方面,用信息维系群体系统和谐。突破传统的欧几里得几何中相似图形、牛顿所说相似物体系统、相似定理描述相似现象要求同类事物间所有同类物理量都对应相似的约束的局限性,注意复杂系统间既有相似性也有差异性的实际情况。突破分形几何中整体与部分特征都对应自相似的观念,认识到整体系统与部分既有相似又有差别,自相似不能用还原论方法求解;同时,注意同类系统间有相似性,不同类型系统间也可以有相似性;注意相似是多层次、多种特性综合系统相似,而不是个别特性相似。注意不仅讲相似,更要讲相似程度大小问题;注重相似系统间和谐是多个相似特性协调配合,而不是个别特性相似匹配的理念。我们只有用这种新视野去认知和处理相似与和谐问题,使之真正符合客观实际,才能具有深刻科学意义和广泛应用前景。

本书理论基础是相似性科学和相似系统理论。目前,我在该方面的论著已得到大量引用、应用,经受了科学实践的检验,这对我来说是鼓舞和鞭策。我感谢这些有成就的专家学者们乐于检验我的理论方法,并进行成功的实际应用。

在相似与和谐方向上的长期研究中,我有幸受到相当多专家和领导的关注。清华大学卢强院士和温诗铸院士、华中科技大学杨叔子院士、同济大学郭重庆院士、东北大学闻邦椿院士、青岛大学张嗣瀛院士、浙江大学谭建荣院士、中国人民解放军南京炮兵学院刘怡昕院士、中国航天科技集团 710 所于景元研究员给予了关心。该领域的科研工作曾获得国家自然科学基金项目、机械工业技术发展基金、安徽省自然科学基金、安徽省软科学研究计划等多个科研项目支持。本书出版工作中,得到国家自然科学基金项目:复杂机械系统相似性与差异性分析方法及应用研究(编号:50475072)、教育部高等学校特色专业建设点规划项目:合肥工业大学机械设计制造及其自动化(编号:TS11478)资助。作者感谢合肥工业大学徐枋巍校长的关心、刘志峰副校长在出版和写作方面给予的宝贵支持,科学出版社有关领导的重视,以及我的妻子郭春荣副研员在写作中给予的帮助。

本书在 30 多年研究基础上,数次易稿增删写成。并运用理论方法去认识或猜测自然界中更多相似与和谐现象,进行科学合理的人工自然活动,从而为增进人类和谐生存和可持续发展提供有益知识。但是,作者深感水平有限,不少问题还难以精确描述,复杂系统相似度量依然是一大难题。由相似现象去研究和谐原理,或由和谐原理推测其他相似现象,以及如何运用相似性和差异性促进和谐创新发展问题,有待深入研究。加上本书内容涉及广泛,其中不少问题带有探索性,有些引证

例子或许牵强附会。因此,书中有不妥之处在所难免。希望读者细心阅读本书,领悟相似与和谐的深刻内涵和广泛用途,对我就此方面所作艰辛劳作给予批评指正时,勿太过苛求。同时,我也欢迎对此感兴趣者参与研究,共谋发展。

周美立

2012年11月18日于安徽合肥

目 录

前言

绪论	1
定义	1
相似与和谐的定律或原理	11
系统相似性或差异性度量方法	20
第 1 篇 系统相似与和谐	29
第 1 章 行为相似造化和谐	31
第 2 章 时间相似协调活动	50
第 3 章 相似匹配出协调融洽的结构	61
第 4 章 对称组合出和谐有序系统	71
第 5 章 功能相似促成和谐共存	76
第 6 章 共性信息维系群体和谐	82
第 7 章 差异化和谐造就多样性	88
第 8 章 协调演变趋向新和谐	99
第 2 篇 系统自相似与整体和谐	109
第 9 章 活动自相似和合	111
第 10 章 运动自相似耦合	115
第 11 章 结构自相似对应	120
第 12 章 功能自相似配合	125
第 13 章 信息自相似作用	128
第 14 章 系统自相似协调变动	131
第 3 篇 实施相似工程促进和谐发展	135
第 15 章 师造化人工自然	137
第 16 章 运用相似促进人与自然和谐	151
第 17 章 运用相似促进社会和谐	162
第 18 章 运用相似协调企业集群发展	174
第 19 章 运用相似设计和和谐运行的工程系统	182

第 4 篇 相似与和谐知识应用的统合·····	199
第 20 章 相似运筹统合处理认知与应用 ·····	201
第 21 章 相似学中推理规则 ·····	209
第 22 章 相似与和谐认知的统一 ·····	215
参考文献·····	225
索引·····	230

绪 论

定 义

定义 1

系统间存在共同具有的特性，其特征值可以有差异，称为“相似特性”，可从系统间对应共有特性或事物共同性去识别。

究其根源，相似特性反映事物间客观存在的共有特定属性和特征，不依赖于人们的主观臆想。属性一般指实体本质方面的特性，如运动是一切有质量物体共有的本质属性。特征是指一事物区别于其他事物的特别显著的征象、标志，如星球、人体的骨骼、植物树干、车轮、机器中的轴和建筑物中的圆形立柱都具有圆形特征。然而，系统间相似特性往往在空间尺度、时间间隔、物理状态和化学组分方面不尽相同，从而存在特性相似程度大小问题。

每一系统存在的具体属性或特征，简称特性。每一特性有一定的特征值，用相似特征值分析特性相似程度大小。特征值相等的相似特性为相同特性，而其中一个特征值为零的是相异特性，相同特性和相异特性是相似特性的两个极端^[1-13]。例如，两个圆的半径分别为 R_1 和 R_2 ，当 $R_1 \neq R_2$ 时，两个圆形的相似特性大小不等；当且仅当 $R_1 = R_2$ 时，两圆等同，这是相似的特例——相同。同理，对于相似三角形和相似多边形，彼此间存在几何相似特征，但特性相似度大小不等；天体系统和粒子系统之间存在作用力和自旋相似特征^[14]，但特征数值不等；太阳系中的行星之间存在旋转运动相似特征，但自转和公转周期有别，运动速度也不相等；人和猿身上很多特征相似，但其各部分的空间比例大小不同^[15,16]。很多生物都有活动节律相似特征，但其节律发生的时间长短并不完全一致。通过对不同物种细胞色素 C 的化学结构的测定，发现黑猩猩和人的细胞色素 C 中氨基酸全部相同，猕猴和人有 1 个不同，鲸和人有 10 个不同，小麦和人的氨基酸的不同数目为 35 个，说明了不同生物有机体系统间细胞色素 C 的化学结构相似性程度不等。同样，人和动物共有血液凝集特性作为系统间第“j”个相似特性，但相似程度有差异。例如，用人的血液注射到兔子体内，再用兔子血清给其他动物注射，观察凝集特性程度。设人的凝集特征的程度为 100%，测得其他动物血

液凝集程度分别为黑猩猩 97%、大猩猩 92%、狒狒 75%、狐猴 37%、刺猬 17%、猪 8%。设人与黑猩猩、大猩猩、狒狒、狐猴、刺猬、猪分别为 A、B、C、D、E、F、G。由上述数值获得同一凝集特性“j”特征值数据分别得出： $U_j(A) = 1$ 、 $U_j(B) = 0.97$ 、 $U_j(C) = 0.92$ 、 $U_j(D) = 0.75$ 、 $U_j(E) = 0.37$ 、 $U_j(F) = 0.17$ 、 $U_j(G) = 0.08$ ，得出不同生物血液凝集特性相似程度有变化，以适合时代变迁。

定义 2

相似特性的外部表现形式为相似现象。凡是系统间共有对应现象相互联系，协调运行，有利于系统生存发展的现象必为相似现象。

事物间的相似现象彼此之间有内在联系，在本质上受同一自然规律所支配。例如，生物节律相似现象本质上受同一地球自转、公转周期变化规律所支配。相似现象是易见的外部宏观表现形式，相似特性反映系统内部在本质上存在共性。因此，人们只有认识了相似特性的内部本质联系，才能真正认识表面相似现象。

附 注

相似三定理是识别物理相似现象的基础^[17]。1848 年，法国贝特朗 (J. Bertrand) 提出相似正定理：同类现象受相同物理定律支配。同类物理量都对应相似，组成相似现象的一切单值量彼此互成比例，相似比之间综合约束关系构成相似指标数值为 1，相似指标综合量为相似准则。用相似指标为 1 和相似准则相等判定相似现象，如运动相似、动力相似等。服从同一自然规律的同类相似现象，不仅要求性质同类才有相似可言，而且用完全相同的方程组所描述。

1914 年，美国波汉金 (J. Buckingham) 针对相似正定理中相似准则可能有的多个问题，提出相似 Π 定理。对于相似现象中有 n 个物理量，其中 k 个物理量的量纲是相互独立的，则 n 个物理量可表示成相似准则 $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_{n-k}$ 个之间的函数关系，即

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_{n-k}) = 0$$

上式中的相似准则称 Π 项，用于描述一个已知包含 n 个物理量的现象，独立相似准则 Π 项为 $n-k$ 。 $n-k$ 中的 n 为物理量数， k 为基本量纲数。每一个 Π 项都是无量纲，且相互独立，其中任一个 Π 项不能用现象中所包含的其他项线性组合来表示。在 Π 关系式中，包括带量纲的物理量和不带量纲的物理量，并把不带量纲的物理量直接当作 Π_i 项处理，进行求解相似准则。

1930年,前苏联的基尔皮契夫(М. В. Кирпичев)针对获取单个物理量条件,提出相似逆定理。凡属同一类物理现象,要求在某一时刻取值满足全部过程相似,其几何、物理、边界等初始单值条件相似,单值量所组成相似准则数值相等时,则现象必定相似。

定义 3

系统间存在相似特性时就形成相似性,系统间相似性可称之为系统相似性。相似反映系统间彼此有共性(共同点)或相似性,同时又是相似性与差异性的对立统一体。系统间存在的多种相似要素及特性综合称为系统相似。

由于事物或系统间有共同特性出现相似特性从而形成相似性。构成相似的基础是相似性。系统相似实质是综合反映多种要素相似性。通常,系统相似指系统间有多个相似要素及特性且相似程度较大,而不是局部或个别特征有相似性。

系统相似性与差异性表征系统特性的两个方面,两者关系参见下述相似和差异度量方法中图2所示。相似或差异程度有大小,相同或相异是相似和差异的两个极端。即相似极大值为相同,极小值为相异;差异极大值为相异,极小值为相同。当相似性大或差异性小时有接近相同之意,常说相仿或相近。当相似性小或差异性大时有接近相异之意,有时说不相似。可见,相似既不是相似性极端一相同,也不是差异性极端一相异,而是同中有异,异中有同,在本质上反映事物间相似性与差异性对立统一,且可相互转换的中间值。

由于系统或特性众多,因此在认知相似性时应打破类的界限,注意同类系统有相似性,不同类系统间也可以有相似性,出现分门别类相似性。

类型 1 同类相似性常指同一类事物间存在的相似特性,或为同类型系统相似性。例如,两个三角形之间存在几何形状特征相似性,不同种类原子之间存在自旋、电磁相似特性,生物之间存在生理活动相似性,社会组织之间存在着结构与功能相似性,不同行星系统间存在运动形式的相似性,不同人之间存在形态特征的相似性,同类型的企业之间存在组织结构与功能的相似性,不同型号汽车间存在外形特征、内部结构等相似性,各种计算机信息处理性能的相似性,都属于同类相似性。通常,同类系统的相似程度较大。

类型 2 异类相似性指不同类系统间存在相似性。例如,生物日节律与地球自转周期节律相似性,人脑和电脑计算功能相似性,生物体功能与机器调节功能相似性^[18],不同系统序结构转变过程相似性^[19],有限资源下的人口增长与自催化反应系统增长相似性^[20],多类型复杂系统控制、变异、进化过程相似性^[21-23],人与机器人的动作相似性。通常,异类系统的相似程度较小。

类型3 一般相似性指哲理、表现形式、处理方法、思维方式、意识形态等相似性。例如，世界各国社会发展过程的相似性，很多历史事件处理方式的相似性，不同人对事物看法和处理方式的相似性，不同国家和地区经济体系的相似性，汉语拼音方法与英语拼音方法的相似性，机械工程中组合设计与和土木工程中组合装配的相似性，都属一般相似性。目前，对于一般相似性以定性分析与定量计算相结合判定相似程度。

类型4 具体相似性指系统间具体属性和特征的相似性。例如，行星间自转运动特性相似性，动物与人之间的对应器官功能相似性，机器人与人之间存在的信息控制相似性。对于具体相似性而言，明确具体，常可进行定量分析。

类型5 自然相似性指自然系统间相似性。例如，行星间的相似性，动物之间的相似性，植物之间的相似性，人与人之间相似性，人同动植物之间的相似性，都为自然相似性。自然相似性是自然理性造化的表现。

类型6 人工相似性指用人工方法在系统间实现相似性，其中包括人工系统间的相似性、人工系统与自然系统间相似性。例如，系统仿真原型与模型间的相似性^[24-27]，仿生机器人与生物系统间的相似性，生态型企业管理系统与自然生态系统间的相似性^[28]。值得注意的是，人工系统相似性中也应含有某些自然特征，因为任何一个好的人工系统都要遵从自然规律。

附 注

欧几里得在《几何原本》中认为，世上很多图形和事物是可以相等或相似的，相似性是事物存在属性之一^[29]。亚里士多德在《形而上学》一书中认为^[30]，在各方面有相同属性的事物，或那些事物性质相同的属性多于相异的属性称为“似”。一事物与另一事物的大多数属性，或属性中较重要的属性为两相共通者，则这两事物相似。现代汉语词典中把相似解释为：相像或彼此有相同点或共同点。可是，有人在习惯上把类似、类同、差不多或接近说成相似，而把相似性程度较小说成差异或相异，且相似与相似性有时混用。但是，这些表达相互之间既有联系又有区别。

实际上，我认为系统或事物间只要有共同点或共有特性就有相似性存在，只是相似性或差异性大小而已。相似性程度有大小，相似度大有接近相同之意，相似度小有接近相异之意，而相同或相异是相似性的两个极端。例如，相似三角形的对应边成比例，差别无论有多大，都说相似三角形或三角形相似。因此，我对相似、差异相关问题加以进一步说明。

(1) 相似性小可认为差异性大。当共同性大于差异性或相似性较大时可认为相似，如特性相似程度较大可称为特性相似。共同性小于差异性或相似性较小则

可称为差异,如特性相似程度较小可称为特性差异。

(2) 类的含义之一是相似,类同即类似。类似常指同类系统或事物间有相似性,或不同类型系统间有同类相似特性。凡是系统特性可合并为一类者即为同类系统,系统特性多样化则为分门别类或异类系统。异类系统间虽有差别,而在某些方面仍有同。因而,无论同类系统中特性有异,或异类系统中特性有同,只要系统间有相似性都可形成系统相似性。

(3) 相似有时包括宏观把握的思想方法和哲理有共同性,如对事物处理方法中接近相同或差不多即认为处理方法相似,对某问题看法有共同性则认为看法或观点相似。

(4) 实现相似就要求同去异,扩大共性,减少差异。

定义 4

同一系统内不同层次主子系统间存在共有特性,其特征值可以有差异,称为自相似特性。主子系统间特性协调关联,维系整体与部分和谐的特性必为自相似特性。多层次主子系统间多特征自相似的综合称系统自相似,多层次系统特征自相似构成自相似系统。

复杂系统具有丰富的内部层次的“有序”状态,具有多种形式自相似特性。系统自相似性注重整体系统与某个层次上子系统中空间结构、运动时间、功能多个特征综合自相似,而不再是部分与整体某个特征自相似。而且,不同层次系统特性数量及自相似特征值也有差异,从而构成自差异^[8,31]。例如,人体系统与其细胞子系统特性既有自相似也有自差异。通常,子系统是整体系统的部分,不会简单地与整体完全重合。整体复杂系统作为部分的子系统不仅特性数量难以完全都对对应相似,而且自相似特征值也可有差异。加之,整体系统被分解到子系统时,整体某些特性不复存在,多个子系统不同组合成整体时可涌现新的特征,因而自相似性不能用还原论方法求解。

附 注

相似学中系统自相似与哲学、混沌学和分形自相似既有联系又有区别。哲学上描述整体与部分自相似,而局部并非一定是子系统。混沌学认为混沌态虽没有明显的周期和对称,但具有丰富的层次的“有序”状态,并具有无穷嵌套的自相似结构^[32,33]。如一张星团的照片放大后,仍可见到其中更小的星团,空间上出现自相似性。大涡流中有小涡流,小涡流中有更小的涡流,直至湍流,不同层次

上大小涡流的形态特征在不同尺度上存在着自相似性。

分形几何中描述图像具有无穷嵌套的几何结构对应自相似^[34-37]，反映部分与整体几何特征自相似。但是，这种自相似只是在空间尺度上成比例的缩小，而不是主子系统多个特征自相似，也不能反映复杂系统多层次多特性既有自相似也有自差异。例如，空间自相似表现为：任一部分子系统与整体在空间尺度上是成比例的缩小，一个具有自相似性的物体，不论将其放大或缩小，形态特性均不会发生变化。分形体系内局部与整体在不同方向上的缩放比例 S_i 是同一常数，在一定程度上都是整体的缩影，满足标度不变性。费根鲍姆 (Feigenbaum) 发现了自相似倍周期分歧序列中的间距比值是一个普适常数 $\delta \approx 4.67$ ，分枝后缩小因子趋向极限是常数 $\alpha \approx 2.5$ 。当 $S_i = S$ ($i=1, 2, 3, \dots, n$) 时，称为均匀自相似分形集。若几何特征都对应自相似，当特征放大或缩小倍数不全相等时，即每个子集都各自有一个相似比 S_i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) 时，是一种非均匀自相似分形集。若 S_i 放大或缩小 S_i 倍后与几何图形重合，则 S 是一个自相似分形集。

图形中的基本要素称为生成元，按一定规律经多次组合就可形成整体。1968年，匈牙利生物学家林登麦伊尔 (Linden Mayer) 提出林氏系统 (L 系统) 的有关生长数学模型。L 系统是由 F, +, - 等组成的字符串重写系统，用生成元按照一定的规则对子串重复多次替换，即可生成新一代系统。通常，用 L 系统生成的形态是由一个或多个基本生成元经过多次迭代生成图形，其部分与整体形态特征自相似。

分形图案总体与部分间的结构具有自相似性，是在不同层次上结构的重复构建，隐含多层次嵌套和递归性。不论采用什么样“尺度”大小的测量，物体的形状不变。不同特征长尺度对称变换，无论系统哪一级，每一级放大比例不变的为跨层次对称。特征长度是指所考虑的对象中最具代表性的尺度，如空间的长、宽、高，时间的分、秒、时等。不过，这种标度不变性只在一定的范围内适用。构成分形整体相对独立的、放大与缩小均不改变的基本部分称分形元，是变换中共性结构性质的基本单元。决定分形自相似的内在机理是 D 分形维，最有现实意义的分形维在 $D=0.618$ 附近。

Mandelbrot 提出分形几何中分形重要特征是自相似性，这种自相似可以是近似的，也可能是统计意义上的。通过压缩映射得到图像具有无穷嵌套的几何结构对应自相似^[34-36]。但是，分形几何反映部分与整体几何特征自相似，而不是主子系统多个属性和特征综合系统自相似，也不能反映复杂系统多层次多特性既有自相似也有自差异。

定义 5

当系统存在相似要素和特性时,则构成相似系统,或者说一系统相似于另一系统。凡是系统间有相似性,促进彼此和谐,有利于生存发展的共存系统必为相似系统。

只要系统间彼此有相似性,无论相似性大小便构成相似性系统。自然相似系统是由自然规律设计或自然造化的适应性系统。例如,由数目相同的粒子组成,对应粒子位置相似、运动相似的物体系统;行星之间存在着运动等相似特性构成天体相似系统,生物系统之间存在活动节律相似特性构成生物相似系统,不同人有机体之间呈现出的形态结构、生理机能等相似性构成整体相似系统,都是由自然界造化的相似系统。人工相似系统是按相似规律设计的系统。如仿生系统特性与生物属性有相似性构成相似系统,仿真模型与原型间结构功能相似性构成相似系统,国家间组织结构与功能相似性构成社会相似系统,两个大学存在系、部、处组成职能相似性构成相似系统,用相似工艺及设备集成相似生产系统,两部机器之间结构与功能特性相似为相似机械系统等,都是人工设计的相似系统。

定义 6

系统组成子系统(要素)或特性存在相似性,便在系统之间构成相似单元或相似要素,简称相似元。

情形 1 同级相似元。同一层次上系统间的对应相似子系统及特性构成的相似元为同级相似元,如恒星系统间对应行星构成相似元,行星系统间对应卫星构成相似元,不同植物的两个叶片、正枝、块茎、花朵特性对应相似,构成相似元,生物体间对应细胞构成相似元,不同动物之间对应的眼睛、心脏都可构成相似元,两个国家间对应的省、县、市或州构成相似元。

情形 2 异级相似元。同一系统中主子系统间存在相似要素,构成自相似元。设系统 A 与其中某个子系统 a_i 特性自相似构成自相似元 $U(A, a_i)$ 如太阳系中的太阳与地球构成自相似元,生物体同细胞构成自相似元,国家同省构成自相似元等。

复杂系统都是有层次等级的,同系统与子系统一样,相似元也是要对于特定层次而言。跨层次主子系统自相似性构成跨层次自相似元。如太阳与月球构成的跨层次异级自相似元,国家与对应省下属的市县或乡镇构成的异级自相似元。系