

相似性

科学

周美立 著



科学出版社

www.sciencep.com

相似性科学

周美立 著

合肥工业大学出版基金资助

安徽省自然科学基金资助

中国科学院复杂系统与智能科学重点实验室资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

相似性科学是一门研究自然、社会、工程和思维中相似性规律及其应用的新兴综合性科学。全书共分相似分析、相似原理、相似工程、相似创造 4 篇,系统地介绍了相似性概念、相似系统、考察相似性方法、相似性度量方法、万有信息、相似与和谐、相似性与复杂性、相似性形成原理和演变规律、相似模拟、相似推理、相似调控、相似再现、相似管理、相似设计、相似创造思想和规律及其在人工自然等多方面的应用方法。

本书可供系统科学,信息科学,管理科学,设计方法学,工程学,系统仿真、仿生学,生命科学,物理学,哲学,认知科学及其边缘交叉科学等学科领域的科技人员和大专院校有关专业师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

相似性科学/周美立著. —北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-012415-4

I. 相… II. 周… III. 相似性—研究 IV. O212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 106254 号

责任编辑:李 锋 胡 凯 邱 璐 贾瑞娜/责任校对:朱光光
排版制作:科学出版社编务公司/责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

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>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004年4月第一次印刷 印张:21 1/4

印数:1~1 000 字数:404 000

定 价:65.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

作者简介

周美立 1949 年出生,安徽庐江人。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。现为合肥工业大学教授,纽约科学院院士,美国科学促进会成员,主要进行相似学和相似系统设计教学与研究。入选《世界名人录》(*Who's Who in the World*)和《科学与工程名人录》(*Who's Who in the Science and Engineering*)。在 *Int. J. of General Systems* 等国内外期刊上发表论文 50 多篇,其中 2 篇论文获安徽省自然科学优秀论文一等奖。著有《相似学》、《相似系统论》、《相似工程学》。在国际上首先提出相似系统理论和相似学,并进行了相似工程实践,在相似性科学领域做了开创性工作。在相似性定理化分析、相似性形成原理和系统相似性规律及其应用方面取得丰硕成果。



前 言

20多年前,我就觉察到古今中外说相似,多个领域用相似,相似性似乎是一个永恒的话题。可是,相似性还没有作为一门科学来研究。相似性的本质是什么?相似性怎样形成和演变?怎样分析度量相似性?怎样用统一的原理来处理各种相似性?怎样应用相似性等问题正处于探索之中。我一直以相似性和相似系统为研究对象,力图建立相似性科学,为更多的人认识相似性、分析相似性、应用相似性和创造相似性“铺路架桥”。我坚信:相似性科学将为人类认识相似现象提供理性知识,为系统相似规律及应用的科学研究、技术革新提供新的理论与方法。

20多年来,我研究多学科领域中种种相似性的概念、术语,考察自然界、人类社会、工程技术和思维过程中的相似现象。提出了相似学、相似系统理论和相似工程学,给出了相似性形成原理和相似分析方法,统一认识和处理多个学科领域中的相似性,为多学科发展中的交叉融合起到积极作用。如今,相似学已在系统科学、信息科学、自动控制、系统工程、系统仿真、机械科学、管理科学、生命科学和认知科学等领域中得到大量成功应用,经受了实践的检验并证实了其科学性。10多年对本科生、研究生的相似学教学和对相似性规律及应用的研究,也促进了相似性科学的建立和发展。

在阅读本书过程中,读者应注意相似的关键问题是相似性,事物间有相似性为相似系统,并要注意相似性程度大小问题。相似性的极值是相同或相异,而普遍情况是存在不同性质、不同程度的相似性。即使相似性很小,也不要认为不相似,依然有相似性问题存在。同时,要注意相似性与差异性的辩证统一,善于从多样性、复杂性中找出其相似性的方面,用统一的原理和方法处理。

本书取材广泛,层次分明,各篇章既有独立性,又有一定的联系。在第一篇相似分析中,给出相似性、相似和相似系统概念及意义,考察相似性的方法,从特性、要素、系统三个层次上有效分析度量相似性。对于缺乏数学功底的读者,可跳过数学描述较深部分,只要领会:①系统间有共性,又有差异个性,才会形成相似性;②相似性是系统相似性,不是个别要素或特性相似;③相似程度大小是动态的,且相似性与差异性辩证统一。

在第二篇相似原理中,从系统科学和信息科学的角度提出相似性科学的基本原理,

阐明了相似性形成的原理和演变规律,为认识相似性和应用相似性提供了基础理论方法。

第三篇是相似工程,主要介绍基于相似性原理和相似分析方法实施相似工程原理与方法,在科学研究、工程技术和系统管理中应用相似的思想方法解决问题,以取得最佳的工作效果。

第四篇是相似创造,主要介绍基于相似原理,运用人类已掌握知识、信息和规律进行相似创造,而不是凭空创造。而且,通过相似性变化求得变革和创新的相似创造,不断创造新事物、新特性,而不是简单的模仿和重演。同时,您将会看到相似创造在人类认识自然、利用自然、改造自然、进行人工自然的活动中发挥的巨大作用。

目前,我所写的有关相似性科学方面的论著已被数十所大学和研究所等多方面的科技人员引用、应用,丰富了相似性科学的理论知识,增加了实践应用的方法,其中不少好的思想方法也融入本书中。我感谢这些有成就的专家学者们乐于检验我的理论方法,并成功地应用于实践。同时,国内外很多专家的最新科研成果也为本书写作提供了丰富资料,作者在此深表谢意。

在相似性科学的研究和本书的出版工作中,我国著名科学家中国科学院院士钱学森研究员看了我写的《相似系统论》一书后指出:“相似对于人认识客观世界具有很大的推动力”,给予了我研究工作的指导和关心。中国科学院院士清华大学卢强教授给予我关心与推荐。中国工程院院士同济大学郭重庆教授给予我关心与指导。中国航天科技集团710研究所科技委主任于景元研究员给予我指导和帮助,并就系统相似性等书中许多问题与我进行过多次有益的讨论。在合肥工业大学校长陈心昭教授和学术委员会等领导及专家的关心下,本书得到了合肥工业大学出版基金、安徽省自然科学基金项目(编号01044108)和中国科学院自动化研究所复杂系统与智能科学重点实验室资助。在此,谨向支持、关心相似性科学研究和本书出版的各位专家和领导表示衷心的感谢。

在本书写作中,我的妻子郭春荣副研究员也付出了辛勤劳动。

相似性科学是一门很年轻的新兴科学,涉及领域广泛,很多方面有待深入发展。我希望通过本书的介绍,使读者对相似性科学的理论体系和实际应用方法有一个基本的了解,以便解决本学科领域中涉及相似性的科学技术问题,并从中受到启发,同我们一道去开拓这一新兴科学,为揭示相似现象的奥秘,加强相似性规律在多方面应用,促进相似性科学的建立与发展做出自己的贡献。

作者深感水平有限,加之本书内容涉及广泛,其中不少问题带有探索性,书中难免会有不妥和错误之处,望广大读者批评指正。

周美立

2003年4月20日于安徽合肥

目 录

导论	1
1 相似性研究的意义	1
2 相似系统	3
3 相似性科学的进展	5
第一篇 相似分析	7
第一章 分析相似性方法	7
1.1 相似性定义	7
1.2 相似与相似性	9
1.3 相似性类型	9
1.4 考察相似性方法	18
第二章 相似特性分析	23
2.1 相似特性分析方法	23
2.2 精确相似特性分析	25
2.3 可拓相似特性分析	40
2.4 模糊相似特性分析	42
2.5 自相似特性分析	43
第三章 相似元分析	45
3.1 相似元的概念	45
3.2 相似元构造方法	47
3.3 相似元数值方法	48
3.4 相似元的动态分析	57
第四章 相似系统分析	60
4.1 系统相似度引论	60
4.2 相似系统度量模型	62
4.3 相似度量数值方法	64
4.4 相似系统动态分析	75
第二篇 相似原理	81
第五章 序结构原理	81
5.1 序结构概念	81
5.2 空间有序相似性	83
5.3 时间有序相似性	86
5.4 功能有序相似性	88

5.5	结构有序相似性	90
5.6	相似学第一定律	94
第六章	信息原理	99
6.1	信息的若干概念	99
6.2	信息场理论	101
6.3	万有信息	105
6.4	信息作用的相似性	107
6.5	相似学第二定律	112
第七章	同源性原理	116
7.1	自然的起源	116
7.2	同源形成相似性原理	118
7.3	系统相似与演化	119
7.4	自相似与自然界演化	128
第八章	共适应原理	130
8.1	共适应涵义	130
8.2	相似与和谐	132
8.3	趋同适应形成相似性	138
8.4	趋异适应促进相似性演变	139
8.5	共适应形成相似性原理	140
第九章	支配原理	144
9.1	相似现象与本质	144
9.2	相似性与简单性	146
9.3	相似性与复杂性	148
9.4	相似性与差异性	151
9.5	相似性与统一性	153
9.6	相似学第三定律	154
第三篇	相似工程	160
第十章	相似模拟	160
10.1	相似模拟概述	160
10.2	相似系统建模原理	165
10.3	相似模拟的可行性分析	171
10.4	物理模拟	172
10.5	系统仿真	177
10.6	虚拟仿真	181
10.7	模拟自然	182
第十一章	相似推理	184
11.1	相似推理思想方法	184
11.2	物理系统相似推理	186

11.3	生物系统相似推理	193
11.4	自相似推理	195
11.5	相似推理设计	196
第十二章 相似调控		202
12.1	相似调控原理方法	202
12.2	生物节律相似调控	202
12.3	生命活动相似调控	207
12.4	基因信息相似调控	211
12.5	自相似调控	212
12.6	经济技术系统相似调控	213
第十三章 相似再现		215
13.1	相似再现的思想方法	215
13.2	生产系统相似再现	216
13.3	信息技术中的相似再现	218
13.4	经验学习推广	219
第十四章 相似管理		220
14.1	相似运筹思想方法	220
14.2	相似管理方法	220
14.3	自相似管理系统	223
14.4	相似生态型组织管理系统	226
14.5	社会系统相似工程	230
14.6	相似制造系统工程	232
第十五章 相似设计		237
15.1	相似设计思想方法	237
15.2	相似系统设计	239
15.3	杂交集成设计	245
15.4	相似产品系统设计	248
15.5	工程系统相似设计	253
第四篇 相似创造		256
第十六章 相似创造的思考		256
16.1	相似创造的意义	256
16.2	相似创造的思想方法	257
16.3	相似创造的规律	259
第十七章 模仿天然相似创造		261
17.1	仿天学的涵义	261
17.2	人造相似天然的环境	261
17.3	人造相似天然的物质	264
17.4	人造相似天然的信息	266

17.5 人造天体	267
17.6 行星轮系	268
第十八章 模仿生物相似创造	269
18.1 仿生相似创造的思想方法	269
18.2 相似创造人工器官	272
18.3 在机器上相似创造生物特性	285
18.4 在建筑中相似创造生物特性	289
18.5 创造与生物特性相似的物品	291
第十九章 相似创新	296
19.1 相似创造新生命的思考	296
19.2 相似创造生命物质新特性	297
19.3 人造基因	299
19.4 相似创造人工细胞	300
19.5 相似创造新物种	301
第二十章 相似启示创造	308
20.1 创造相似的生命特性	308
20.2 人工智能中相似性的作用	310
20.3 相似生态型农业	314
20.4 相似生态型工业	320
20.5 相似生态型社会	321
20.6 相似自然型养生法	324
参考文献	328

导 论

1 相似性研究的意义

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，其影响深远。古时候，人们关注相似现象，以为同类相似事情可以交感相生。古希腊人试图从某些相似关系中去把握自然现象总的联系，增强人类认识自然的能力。在古书《周易》中已有取象比类，用相似思想预测自然灾害，哲理颇丰。《黄帝内经》中的子午流注理论，初步认识了节律相似现象。

如今，相似性科学 (similarity science) 不仅是研究相似现象，还注重认识相似性和相似系统，尤其是系统相似性，探索相似性的由来，阐明相似性形成原理和演变规律，分析度量相似性，进行系统相似性规律及其应用研究^[1~8]。钱学森院士从系统学的角度认为：两个系统或一个系统的不同层次，有相似也有相异；相似是宏观的，相似对于人认识客观世界具有很大的推动力^[9]。

在近代物理学中，卢瑟福的原子模型同太阳系模型之间有相似性，打开了原子内部结构大门。化学元素周期表也是以化学元素特性相似性为基础创立的。天文学和粒子物理学发现：天体同粒子都有自旋性、层次性、有核心的特征，有助于认识天体和粒子间的相似性。多个彗星的 X 射线的数据存在相似性^[10]，有利于认识宇宙演化历程。

达尔文 (Darwin) 用生物间存在的相似性说明物种起源、人类的由来^[11]。系统进化中相似性可变，且相似与变异相关^[12]，有助于认识相似与演化关系。今天科学家发现，植物体内也有类似于动物体内的肌肉收缩蛋白，为动物与植物的基本相似提供了证明^[13]。动物从食物的氧化磷酸化获得能量，而植物从太阳光能通过光合磷酸化取得能量。然而现在知道氧化磷酸化和光合磷酸化这两种表面看来完全不同的作用，在分子水平上的机制却是极其相似的^[14]。生物体与细胞之间存在呼吸、防护、自卫、通讯、记忆、新陈代谢等自相似性。人体中气管、血管分枝也有自相似性。人类基因组测序结果表明：地球上人与人之间 99.9% 以上基因相同。《自然》杂志公布老鼠基因组草图，表明约 99% 的基因与人类基因相似^[15]。人们力图从微观生物体基因存在不同程度相似性，说明宏观相似性。通过基因信息的相似性及其变化，创造出转基因的生物新品种。

人类知识的积累和科学技术的不断进步打破了类的界限，人们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^[16]。贝塔朗非(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却惊人的相似^[17]。他从系统论角度,刺激和吸引人们探索不同领域可能存在相似定律,以利于把比较简单、熟悉的模型,运用到比较复杂、不易处理的现象上去,论证科学中的同型性。协同学揭示当大量系统从无序态转变为有序态时,它们的行为显示出引人注目的相似性^[18],发现无生命物质也能自发组织,在无序中产生有序,这是一个富有意义的过程。

尼科里斯(G.Nicolis)和普利高津(I.Prigogine)在《探索复杂性》(Exploring Complexity)一书中,发现化学自催作用和发热反应中自加速作用十分相似,阿米巴聚集细胞群同心旋涡波同化学螺旋波相似;他通过揭示不同等级系统某些共同性质,以获得对复杂性的正确认识^[19]。复杂性科学已在深刻的根本层次上认识到复杂系统的适应过程和适应行为存在相似性,能够领悟其中的相似性,却很难精确定义相似性^[20]。

人工生命(artificial life)主题是获得类似生命的行为,如今指在技术系统中创造出与生命系统有相似性的人工器官。人工智能(artificial intelligence)注重机器智能与人的智能的相似性,电脑与人脑的记忆、思维过程的相似性,识别过程的相似性^[21]。目前,人工智能已经到了研究计算机视觉、触觉、嗅觉、听觉同人的知觉过程与行为相似性的程度,注重电脑与人脑的记忆、思维和推理过程的相似性。美国密歇根大学教授霍兰(Holland)提出遗传算法(genetic algorithm)的理论基础是相似的模板(similarity template)和相似性描述、模拟生物遗传机制、注重与生物适者生存过程的相似性。

在混沌学和分形理论中发现了自嵌套、自相似结构。复杂控制系统存在对称性和相似性。仅就对称性、相似性来看,一个自然形成的大系统,似由具有对称和相似结构的不同层次的子系统构成^[22]。这些都有利于认识自然、工程技术中的结构相似性。

在数值分类学中,用相似性系数测定物种、种群、群落特征的相似性^[23];在动物生态学、植物生态学中^[24,25],用群落相似性系数进行样地的生态环境和群落排序,比较群落结构和生态环境学方面的相似性和亲近性。基于与自然生态相似性,我提出了与自然生态系统组织有相似性的生态工业企业的组织模型^[3,4,26],有助于认识企业运行的本质规律,有利于企业的生存与发展。

在社会活动中,常有社会现象相似,历史事件发生过程相似,文化传统相似,对某些问题看法相似、观点相似、处理问题的方式方法相似等情况。在医学中,病症现象相似、发病的机理相似、治疗方法相似等,都是知识信息的相似重用。日常生活中,人们常常出现生活习惯相似、想法相似、做法相似、行为相似等现象。

在工程技术中,运用贝特朗(J.Bertrand)等提出的相似定理,为处理同类相

似现象和相似模拟技术提供了一种方法。现代的自动控制、系统仿真都涉及事物的相似和自相似性，建造仿真模型与原型有相似性。以事物相似性为基础的成组技术、相似设计、仿生设计和生物制造过程中的技术系统与生物系统有相似性。机电产品杂交集成与生物系统杂种优势有相似性^[27]。

面对大量相似和相似性描述，以及相似对人认识客观世界、利用客观世界、改造客观世界、创造人工自然界的巨大作用，不胜枚举。然而，在不同领域中对相似和相似性已有的认识，尚未在广泛的领域中找到统一的相似性概念，未把相似性直接作为研究对象作为一门科学来研究。正如歌德所说：“部分已掌握在我们手中，可惜还缺少那精神纽带。”一些过去被看来是孤立的现象，今天用新眼光来看，都存在某种联系；过去迷惑不解的复杂事物，由于相似本质的揭示，使我们豁然开朗。我们希望通过相似性的研究，明确相似性概念，建立相似性科学，寻求统一认识自然、社会、工程技术及思维中存在的大量相似性，阐明相似性形成原理和演变规律，去了解相似的由来，揭开相似之谜，统一处理各种与相似性有关的科学技术问题，进行系统相似性规律及其应用的研究。

2 相似系统

(1) 相似系统的概念

相似性实质上是系统间特性相似。一般而言，不同类型、不同层次的系统间的要素及特征既不完全相同，也不完全相异，而是部分相同或相异，相异即有差别。系统组成要素和特性完全相同的系统称相同系统，完全相异的系统称相异系统，系统间存在一定相似要素和相似特性的系统称相似系统^[1-8]。事物可视为系统，相似现象是系统相似特性的外部表现，因而具有相似性的事物和相似现象可用相似系统描述。

相同、相异和相似是相对概念，相似性的两个极端为相同或相异，而大多数系统间或多或少存在某些相似性，只是相似性程度的大小问题。系统相似性程度大小的度量用相似度（similarity degree） Q 表示。系统间组成要素的数量及特性相同的系统为相同系统，其相似度 $Q = 1$ 。系统间不存在相似要素及特性的系统为相异系统，其相似度 $Q = 0$ 。相同系统和相异系统都是相似系统的特例。系统间组成要素和特性部分相同为相似系统，其相似度 $0 < Q < 1$ ，这是相似系统普遍存在的现象。从这个意义上来说，自然界中相似系统是普遍存在的，只是相似性程度大小不同而已。

相似系统可按性质进行分类，一般系统间存在相似性构成一般相似系统，其中包括抽象相似系统、方法相似系统和概念相似系统等。具体系统间现实存在的相似性构成具体相似系统，如天体之间存在着相似性，构成天体相似系统；生物之间存在相似性，构成生物相似系统；两个社区间存在相似性，构成社区相似系

统。系统间要素和特性的相似为精确相似，构成精确相似系统；系统间相似特性带有模糊性，构成模糊相似系统。简单系统间存在少量易于认识和分析的相似要素及特性，构成简单相似系统。复杂系统间存在多个难以识别和精确描述分析的相似结构与功能等相似要素及特性，构成复杂相似系统。

由于相似性有的是自然形成，有的是人工创造，因而还可分为自然相似系统和人工相似系统。自然系统间客观存在的相似性构成自然相似系统，其中包括天体相似系统和生物相似系统等。通过人工作用在系统间形成和创造的相似性，称为人工相似系统，其中包括仿生系统、仿真系统和相似管理系统等。

系统具有层次性，同一层次上不同种类系统间存在相似要素和相似特性构成他相似系统。同一系统内不同层次的主系统与子系统间存在相似要素和相似特性，构成自相似系统。

(2) 相似系统的整体相关性

相似系统的整体性是指相似系统及其要素间互相关联、互相制约、互相作用，呈现出有机联系。对于具体相似系统而言，太阳系、地球、月球之间构成相似系统，人、动物、植物之间都是相似系统，生物与太阳、地球也可构成相似系统，而且具有整体的相关性。例如，太阳、地球、生物间周期节律相似性的相关性是明显的例证。相似系统具有的功能和特性，是组成这个相似系统的各个要素集体呈现出的特性，是各要素协同作用的结果^[1,2]。

构成相似系统的整体的要素之间，在组合方式上可以按外部方式联系着的物质客体机械组合，也可以像生物那样高级复杂的有机联系。不过，在工程技术中，作为具体有序相似系统来说，机械组合和信息作用下的有机联系对于整体都不可缺少。例如，对于自动化生产系统，其中设备的机械组合和信息处理过程不可缺少，同自动生产线的组织管理中的信息作用相互关联。

从工程技术角度看，两部机器都存在齿轮、轴承这样的共有相似要素，其本身是一个系统。每一部机器都有其特定的功能和特性，同样每一个齿轮具有一定的特性，因而，不同机器之间存在某些整体特性相似，是组成该部机器各种机构相似组合的结果。若干生产线上的生产工艺、生产装配、加工过程的相似性构成相似系统。从组织管理角度上看，若干生产线的管理过程的相似性也是相似系统。而且，工程相似系统和管理相似系统相互关联，形成了技术与管理相结合的整体相似系统。

在管理系统中，某两个大学之间存在系、部、处组成要素，两个工厂间存在车间、科室组成要素，两个国家间存在部、省、州组成要素。两个国家、大学、工厂之间功能特性相似是对整体系统而言。省、州、系、部、处、车间、科室同样存在子系统与整体间的自相似性。而且，系统和要素间自相似性具有相关性。

(3) 相似系统的性质

- 1) 相似性是系统的特性相似，相似度是系统相似性的度量，不是个别要素或特征相似性的度量。
- 2) 相似规律是系统相似性形成原理及其演变规律。
- 3) 相似系统分析是分析系统相似性程度大小及其本质联系。
- 4) 相似性变化是系统相似要素及特性的动态变化。
- 5) 相似系统本质上是相似共适应系统，它注重相似与和谐关系中系统间共适应的作用。

3 相似性科学的进展

相似性科学以相似性和相似系统为研究对象，主要研究自然界、人类社会、工程技术和认知思维中相似性规律及其应用的科学。相似的前提和基础是相似性，研究相似的关键是相似性。因而，相似性科学的内涵明确、具体，在科学实际中更易于掌握和运用。

相似性科学对各门学科领域中出现的相似性研究都有用，具有从理论上认识相似性、分析相似性，到实践上应用相似性、创造相似性的完整科学体系。运用相似性科学理论与方法，有助于解决处理多个学科领域一切与相似性有关的科学技术问题，有利于认识各种相似性、探索未知相似性、再现相似性、创造相似性。同时，在各门学科进步中，促进相似性科学理论与方法的发展。

相似性科学的理论基础是相似学和相似系统理论，核心是一门研究系统相似性规律及应用的科学。相似性科学直接用于认识和改造客观世界的工程为相似工程学；在系统间创造相似性为相似创造学。相似性科学把已有的从不同角度、不同方面的相似性研究内容加以深入发展，从理论上升华，扩展实践应用的原理与方法。相似性科学对相似性认识的发展，为人类认识自然界中的相似现象，进行基于相似性形成原理和相似分析方法的科学技术实践，提供了新的科学理论，具有深刻的科学意义和广泛的应用前景。现今，相似性科学理论与方法对相似性研究的进展，主要表现在以下几个方面。

- 1) 从系统的角度研究相似性，而不是从个别现象上研究相似性；相似性是系统相似性，而不是个体相似性；相似性的出现是系统间特性存在共同性的表现，它是相似系统的相似性。

- 2) 从经典相似定理主要处理同类特征相似，发展到不仅能够处理同类相似，也能处理异类相似；不仅能处理经典相似，也能处理模糊相似；不仅能处理单个特征相似，也能处理多个特征综合的系统相似。

- 3) 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与方法，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获取特性的特征值，在定性分析与定量计算相结合的基础上，度量相似程度大小。

4) 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。

5) 从系统科学与信息科学的角度，提出相似性科学定律和原理，即相似原理，阐明各种系统间相似性形成原理、相似性形成过程和演变动力。

6) 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，揭示支配相似规律的接近程度与相似度量关系，找出相似系统之间的内在联系。

7) 相似系统理论是相似性科学的基础理论之一，有时也被认为是一般系统相似性的科学。它主要研究各种系统间普遍存在的相似性及差异性，揭示各种相似系统的形成原理和演变规律。相似学是相似性科学的基础学科，它侧重相似形成原理和相似度量方法，以及在多学科领域中应用原理方法。

8) 相似方法已不再是把个别现象的研究成果，推广到所有相似现象上的传统相似方法，而是发展到运用识别、分析度量相似性方法，用相似原理认识相似性方法，用相似的观点认识和处理问题相似工程方法，用相似原理与相似分析方法探索系统间未知的相似特性方法，在系统间创造相似性方法。

9) 在相似形成原理和相似分析与度量方法基础上，发展相似系统模拟、相似推理、相似调控、相似再现、相似运筹及相似设计等应用的相似工程实践，有利于实现工程实践效果的优化。

10) 运用相似形成原理的相似分析方法，进行基于相似规律的相似创造。在系统间创造相似特性，甚至创造出新特性、新事物，为人类认识自然、利用自然、改造自然和创造人工自然活动，提供了新的理论与方法。

相似性科学在理论上认识相似性、分析相似性、探索相似性；在实践上应用相似性、创造相似性，处理一切与相似性有关的科学技术和认知思维方法问题，从而逐渐发展成为一门新兴综合性科学。诚然，相似性科学作为一门独立科学正在诞生，处在发展之中，其科学体系有待进一步发展和完善。

第一篇 相似分析

第一章 分析相似性方法

1.1 相似性定义

相似性的实质是什么？相似与相似性是否一回事？怎样考察相似性，至今尚未真正解决。实际上，自然界中的一切事物都可视为一个系统。从微观的粒子到宏观的天体，从低等生物到高级的人类，从单个物种到生物群落，从个人到人类社会都是由一定要素组成的系统。从系统科学来看，一个组织、一个生物、一个企业、一部汽车、一条生产线都是系统，产品设计、制造、管理都处于有机联系的整体系统之中。每一个系统都存在具体的属性和特征。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、几何学、生物学等具体属性或特征，以下简称特性。当刻画这些共有特性的特征值时，可能会有差异。当系统间存在共有特性，其特征值有差异，则对应共有的特性称“相似特性”。当系统间存在相似特性时，认为系统间存在相似性^[1-8,28,29]。

相似性本质是系统间客观特性的相似性。由于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。在科学研究和工程实践中，不仅要用语描述事物间客观存在特性相似，而且要通过系统的共有特性及特征值的差别，识别相似性，分析度量相似性。相似性程度大小的数值用相似度表示，记为 Q 。相似与相同和相异的量化关系，如图 1-1 所示。

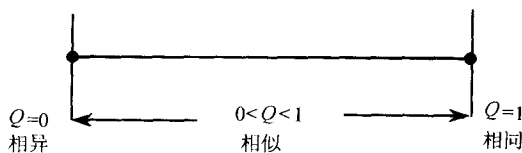


图 1-1 相同、相似、相异的量化关系

相似度 Q 值域为 $0 \leq Q \leq 1$ 。 $Q = 1$ 表示两事物特性相同； $Q = 0$ 表示两事物一切特性都不同，即相异。相同和相异对应，是相似的两个极端值。 $0 < Q < 1$ 之间数值表示事物相似程度的大小，同时反映出事物间差异程度的大小。显然，相似与差异对应，相似度大则差异小，相似度小则差异大。

在研究相似性时，要注意差别。因此，我们在度量相似性时，不仅要注意相