



· 现代经济学与管理学文库 ·

LIBRARY OF MODERN ECONOMICS AND MANAGEMENT SCIENCE

方法与工具系列丛书

METHODS AND TOOLS SERIES

系统原理与方法

PRINCIPLES AND METHODS OF SYSTEMS

吴广谋 / 编著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

现代经济学与管理学文库·方法与工具系列丛书

系统原理与方法

吴广谋 编著

东南大学出版社

内 容 提 要

本书以系统思维方式的训练为宗旨。内容分为两个层次,第一层次主要是管理与决策中常用的系统方法,介绍了霍尔三维结构、系统分析、问题分析技术及切克兰德软系统方法,介绍了系统研究中框架、边界、目标、结构、功能及环境的分析方法;第二层次是进一步提升系统思维的几个专题,介绍了系统建模、系统自组织及系统原理的内容。本书案例丰富,一方面增强了可读性,另一方面许多案例由学员学习本课程后根据工作实践提炼而成。因此,对培养系统思维能力具有良好的示范作用。

本书可作为高等学校高年级本科生及研究生相关课程的教材,也是经济、管理及工程技术人员学习系统原理与方法、提升系统思维能力的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

系统原理与方法/吴广谋编著. —南京:东南大学出版社,2005.5

ISBN 7-5641-0020-6

I. 系... II. 吴... III. 系统工程—高等学校—教材 IV. N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 021558 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 南京京新印刷厂印刷

开本:700mm×1000mm 1/16 印张:14.75 字数:298 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

印数:3000 册 定价:25.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:025-83795801)

序一 系统原理与方法的直观解释

我们可从方法论的一般意义上来理解系统原理与系统方法。

在我们的认知实践中,当我们宣布已认识了某一对象时,这一对象在我们大脑中将以何种形式显现?我们希望明确大脑存放已认识对象信息的形式。

例如,管理专业的学生学了战略管理,战略管理的知识以何种形式存放于大脑中?又如,懂得了太阳系是什么,太阳系以何种形式在大脑中显现?再简单一点,回忆解一道数学应用题的经历,当懂得了怎样解这道题时,我们到底掌握了什么?

众多已被认识客体的内涵作为知识存放于大脑中。记录于大脑的知识是有规则的,这种规则的特征是什么呢?事实上,对已被认识的对象,我们能够陈述它由哪几个部分组成,各个部分之间的联系方式是什么。任何对象的认识最终都需要明了它的组成成分及其联系。也就是说,对象的构成部分及部分之间的联系是我们的大脑记录已认识对象的基本形式。

平时,我们经常使用的“结构”一词,实际上是指对象的组成部分与部分之间的联系。可以说,要认识某个对象最终要认识的是其结构。当我们的头脑中能清晰地显现对象的结构时,我们就达到了一定的认知满足。

什么途径与手段可以使一个未被认识的对象成为已被认识的对象?无疑,读书是现代人最广泛使用的方法。把前人对某个对象结构的认识直接纳入大脑,使我们的知识丰富。然而也存在读书以外的获得知识、认识事物的途径。

发挥人的主观能动性,以更有效率的方式来认知事物,扩大认知领域是人类永恒的追求。人们已经总结出许多更有效、更快速认知客观对象的思维方式。我们把它们都称为方法论,本质上说,方法论是使我们更有效率地思考问题的知识。

哲学、自然辩证法是方法论,逻辑学是方法论,各个具体学科又有各自的方法。本书所介绍的系统方法是方法论的“家属”成员。

系统方法是一种怎样的方法?回答这一问题需先了解作为系统方法理论基础的系统原理。概括地说,系统原理是以客观事物在一定意义下的整体性为基本假

设,揭示整体与外部联系、整体内各个部分联系规律的理论,揭示整体运动基本规律的理论。系统方法泛指以系统原理为基础的思维方法,它的根本作用是提高认知与思维的效率。

具体而言,把某一对象当作系统,揭示对象的存在方式与运动规律的方法可以称为系统研究。解决问题的过程是一个整体,这一整体需揭示出解决问题的环节与步骤,给出一个解决某类问题的程序。这种程序称为系统方法,也可以称为解决问题的思维与行动条理。平时我们所说的系统方法既包括把对象作为系统的系统研究,也包括解决问题程序的系统方法。

系统方法不能简单地理解为仅仅是某一种方法,解决问题过程的不同意味着系统方法的多样性。随着人们实践的不断深入,新的系统方法将会不断涌现。

随着系统思想的普及,我们已经看到各种体现系统思想的解决问题的程序将不再强调它的系统基础,这表明系统思维作为基础思维模式在人们思想体系中的地位在不断提升。

吴广谋
2005年5月

序二 本书的主题与主要内容

在作者多年的教学实践中,总能遇到一个很有启发性的现象:一些缺乏实际工作经验的学生,常常用学习数理知识的方法来学习系统原理与方法,并且以数理知识的学习框架来评价学习系统原理与方法的难易程度,认为这只不过是一些浅显的理论;而那些实践经验丰富的学员,学习后会产生较深的感受与体会,他们觉得学习系统理论和掌握系统方法是有难度的。确实,如果没有众多的实践基础,系统原理可能是“空”的。反之,如果在实践中积累了大量的解决复杂问题的经验,这些经验中必然包含着丰富的系统知识的素材,对系统原理的体会就有了切实的基础。由此,作者体会到基于学科的逻辑体系学系统理论并不是好方法,需要以激发学员潜在系统思维能力为出发点,来打破分析科学训练所形成的框架。

本书以提高读者的系统思考能力、改进思维方式为宗旨。在内容组织中挑选了一些富有启发性的实例与案例作为原理与方法的支撑,并且力求实例与案例避开过于专业的知识。这样,即使缺乏实践基础的学员也有可供思考的素材。同时在内容的取舍上不再依据系统科学的庞大体系,不再去追求系统学各分支的完整性,而是依据系统思维训练的需要来组织内容,如传统同类书籍中“系统技术”这一层次的内容没有在本书中出现。避开了以定义、定理、推论的方式组织内容。所以,本书对有志于研究系统理论的读者可能作用不大,而对于希望用系统思想指导实践、提高解决实际问题能力的读者来说则是一本可读性强的书。从应用的角度看,系统理论的作用关键不是掌握系统知识的多少,而是养成系统思考的习惯。

本书的具体内容是:在直观讨论系统原理的基础上对传统的霍尔三维结构及系统分析作了较详细的介绍;对近年发展起来的使用频率较高的问题分析技术、潜在问题分析技术作了详细介绍;对处理“无结构问题”的软系统方法作了详细的解释;对各个层面研究系统的重点内容如目标、分析框架与边界、环境、结构、功能等作了较全面的讨论。这些内容都是系统原理与方法的核心内容,掌握它们是重要的,但作者更希望这些内容中所包含的系统思维模式能成为读者自己的思想。在

以上内容的基础上,介绍了更深入理解系统原理的几个专题,一是通过实例介绍了一些机理建模的技巧与方法;二是直观地介绍了理解系统演化的自组织理论,最后回到系统的一般原理,是在前面内容的基础上深化第1章的内容。

这些内容又可以分为两个层次,第一个层次是前五章的内容,它是系统思维能力训练的基础。这一层次内容适用于各种专业背景读者,提供了应对一般管理事务中问题的思维工具。第二个层次是后三章的内容,它是深化系统方法认识与应用的专题,要求读者有理工科背景的数学基础及较强的抽象思维能力,这三章的内容可分开阅读或选读。

虽然上述内容安排是作者多年教学实践后认真思考的结果,但是作为一种探索和尝试难免有片面性,感谢学员对这种探索的支持与鼓励。作者同该领域的同仁拥有一个共同的愿望,那就是希望系统思维能成为所有人的基本思维方式,使我们的思维更有效率。

吴广谋
2005年5月

目 录

第 1 章 系统概论	(1)
第一节 系统观念的历史发展.....	(1)
第二节 系统的基本概念.....	(4)
第三节 系统的分类与系统科学	(12)
第四节 系统的特性	(17)
第五节 学习方法论的系统分析	(18)
第 2 章 系统工程	(25)
第一节 系统工程及其历史回顾	(25)
第二节 霍尔三维结构	(28)
第三节 逻辑维步骤详解	(32)
第四节 应用实例	(40)
第五节 几种常用的技术方法	(44)
第 3 章 系统分析	(48)
第一节 兰德型系统分析	(49)
第二节 问题分析技术	(55)
第三节 潜在问题分析技术	(65)
第 4 章 系统研究	(72)
第一节 目标分析	(73)
第二节 分析框架	(79)
第三节 边界分析	(90)
第四节 环境因素分析	(92)
第五节 系统的结构分析	(96)
第六节 结构分析的实际应用.....	(104)
第七节 系统的功能分析.....	(113)

第 5 章 切克兰德型方法论	(119)
第一节 无结构问题.....	(119)
第二节 切克兰德软系统思想.....	(124)
第三节 软系统方法步骤的详细讨论.....	(126)
第四节 软系统方法论的评议.....	(136)
第五节 应用实例.....	(138)
第六节 案例分析.....	(140)
第 6 章 系统模型概述	(143)
第一节 模型概论.....	(143)
第二节 建立数学模型的一般过程.....	(145)
第三节 若干初等模型.....	(148)
第四节 竞争与合作关系的一组模型.....	(155)
第五节 微分方程模型.....	(161)
第六节 企业产品定价或定产量的一组模型.....	(170)
第七节 垄断与纵向控制模型.....	(175)
第 7 章 系统的自组织	(181)
第一节 自组织现象的典型事例.....	(181)
第二节 研究自组织的学科.....	(186)
第三节 耗散结构理论简介.....	(187)
第四节 协同学简介.....	(192)
第五节 系统的自组织概述.....	(200)
第六节 形成自组织的途径.....	(207)
第 8 章 系统理论	(210)
第一节 认识事物方法的发展.....	(210)
第二节 联系的特征与规律的要点.....	(213)
第三节 系统的基本概念与基本规律.....	(215)
第四节 系统的控制.....	(219)
第五节 系统中的竞争与协同.....	(222)
第六节 系统的结构动态性.....	(224)
参考文献	(227)

第 1 章

系统概论

第一节 系统观念的历史发展

系统是人类在认知过程中,从关注被认知对象各个部分、各部分之间关系中引出来的一个概念。本质上说,系统是对被认知对象的整体性质的强调。可以说,对整体性质的关注在人类的认识产生时就已经存在了。随着人类的进化与发展,系统思想也随之不断发展。

人类对系统的理解和认识有其产生与发展的过程。在某种意义上,古代人们就开始了对系统核心思想的探索。到了现代,随着社会经济与科学技术的发展,人们对系统的认识有了进一步的深化。

一、古代系统思想

形成于殷周之际的我国古籍《周易》就把世界看成是一个由许多要素组成的具有某种层次性的整体,例如,六十四卦就是一个整体,每卦又自成一个整体,但每一卦的六爻之间存在着相互制约的关系并由这些关系产生整体中的层次性。而五行论则认为自然界由五种基本要素组成。道家提出的“道生一、一生二、二生三、三生万物”则不仅强调了自然界的统一性,而且还强调了自然界的动态变化。宋明理学的奠基人周敦颐把阴阳五行系统与道家思想融入了儒家学说,并力求将天、地、人统一于一个整体中。

中国古代中医把人与环境看成一个密切相关的整体;《孙子兵法》从“道、天、地、将、法”五个方面论述战争、战略与战术问题;战国时期李冰父子设计和指挥修造都江堰工程等,都是中国古代系统思想渗透到人们各种实践活动之中的典型例子。

在古希腊,泰勒斯、毕达哥拉斯、赫拉克利特等都试图通过寻找世界的“始基”

来认识世界的整体。他们分别提出“水”、“数”、“火”为世界万物的“始基”。而德谟克利特则提出了作为“始基”的“原子”。亚里士多德对整体与部分的关系进行了思考,提出“整体由若干部分组成,其总和并非只是一种堆集,而其整体又有不同的部分”,这里已明白地表述了关于系统“非加和性”的特征。

二、近代系统思想

15世纪资本主义开始萌芽,伴随着文艺复兴和宗教改革运动,自然科学在欧洲兴起。按照当时科学提供的见解,天地及其间万物固定不变,一切自然现象是互不联系、各自孤立的,它们在空间中彼此无关地交织在一起。简言之,机械论、还原论占据了主导地位。尽管如此,这一时期仍有许多系统思想的火花闪现出来。例如莱布尼兹提出单子组成复合物,宇宙是一个被规范在一种完美秩序中的统一体系;而狄德罗则认为活点子连续不断地黏下去,便得出一个整体的东西来。

德国古典哲学的开创者康德推测整个宇宙具有不同的层次。在对知识的理解上,他认为知识是相互关系、相互联系要素的整体。而近代唯心辩证法大师黑格尔则指出必须把真理和科学作为有机的整体加以研究,真理只有作为系统者才是现实的,他称“绝对概念”为系统,并把这种系统理解为一个“过程的集合体”;他还运用系统方法构造出完整的哲学体系。他不仅丰富和发展了系统思想,还自觉不自觉地进行着系统思维。

随着19世纪社会、哲学与科学技术的发展,许多领域都呈现出由分析进入综合、由部分到整体的趋势。马克思继承了前人的系统思想,并形成了自己的系统观。首先,马克思把社会与社会的演变作为一个有机整体来看待,在他看来,社会就是一切关系同时存在而又相互依存的社会机体。其次,马克思把社会形态的发展当作一个有机体的进化过程来研究。西方学者也普遍承认,马克思率先把系统方法应用于社会历史研究,是社会科学中应用现代系统方法的始祖。

在恩格斯看来,整个世界是一个有机联系的复杂系统,“我们所面对的整个自然界形成一个体系,即各种物体相互联系的总体……这些物体是相互联系的,就是说,它们是相互作用着的,并且正是这种相互作用构成了运动”。恩格斯还在他的著作里完整地表达了关于物质世界的层次思想、物质世界层次结构与一定的运动形式的内在联系等。在整体与部分的关系上,恩格斯指出“许多人协作,许多力量融合为一个总的力量,用马克思的话来说,就造成了‘新的力量’,这种力量和它的各个分量的总和有着本质的差别”。恩格斯不但从若干方面和若干问题上阐述了系统思想,而且从整个人类认识史入手,分析自然观发展的最一般规律,从而揭示出系统思想兴起的必然性。

三、现代的系统思想

19 世纪下半叶以来,科学技术进入全面进步时期,而 20 世纪自然科学的迅速发展,使之开始形成一个多层次、综合的统一整体。系统思想在科学技术新的综合的今天,得到了极大和极快的发展。

具有代表性的发展之一是贝塔朗菲的系统论思想。他从 20 世纪 20 年代起就多次发表文章,强调应当把有机体当作一个整体,一种在时空上有限的具有复杂结构的自然整体来考虑。他认为“复杂现象大于因果链的独立属性和简单总和”,他甚至给系统下了如下的定义:系统是相互作用的诸要素的复合体。贝塔朗菲还认为生命是一个开放系统,要从生物体与环境的相互作用中说明生命的本质。另外,他认为生物系统是分层次的。他于 1937 年就第一次提出了一般系统论的概念。

随着生产规模的日益扩大,社会组织日益复杂,一个组织内的目标、协作以及信息的联系日趋重要,于是系统思想日益深入到管理领域。至于信息论、控制论等现代科学技术的发展,更是多方面地推动了系统思想、系统科学的发展。

20 世纪 60 年代以来,先后诞生了耗散结构、协同学、超循环理论、突变论和混沌学等一系列关于系统的新学科、新理论,从而使人们对系统的复杂性、组织性、整体性和动态性的认识又提升到一个新的高度。如果说过去人们还主要局限于对稳定系统的研究上,而现在已将研究触角延伸到非平衡系统和非线性系统的自组织演化上。

20 世纪 60 年代问世的由普里高津创立的耗散结构理论认为,一个远离平衡的开放系统,通过不断地与外界交换物质与能量,在外界条件变化达到某一阈值时,就可能从原先的无序状态转变为一种在时空上或功能上有序的状态,而这种有序状态表现为新的结构、新的联系方式,并且是自发形成的。

接着,哈肯在研究结构自发形成机制时,吸取了耗散结构理论和突变论的核心,创立了统一解决系统从无序转变为有序过程的协同学。协同学认为,系统性质的改变是由于系统中的要素——子系统之间的相互作用所致。任何系统的子系统都有两种运动趋向,一种是自发地倾向于无序;另一种是通过子系统之间的关联引起的协调、合作运动,系统自发地走向有序的新结构。系统究竟是从无序走向有序还是相反,取决于哪一种运动趋势占主导地位。协同学通过序参量这一概念来描述一个系统宏观有序化的过程,刻画系统从无序到有序转变的本质及规律,从而大大加深了人们对于系统演化机制的认识。

德国生物物理学家艾根于 20 世纪 70 年代提出了超循环理论。他认为,在关于生命起源的化学进化与生物进化之间,还有一个生物大分子自组织进化阶段,随机无序的大分子通过采取循环形式的自组织,发展形成有序的组织并向更高的组织和复杂性进化。这一理论揭示了系统的演化采取循环发展的形式,即从低级循

环到高级循环,不同的循环层次与一定的发展水平相关联。

法国数学家托姆关于突变理论的提出,揭示了原因的连续作用有可能导致结果的突然变化,从而加深了我们对于系统有序与无序转化的方式和途径多样性的理解。

混沌理论是 20 世纪自然科学最重大的发现之一,它告诉人们在确定性系统中也存在随机性。从整体上看系统具有稳定性,系统整体演化具有规律性。从微观上看系统又是不稳定的,系统没有具体的轨迹可寻。这就使我们对系统无序和有序的统一,确定性和随机性的统一以及稳定性和不稳定性的统一,即系统自组织过程的复杂性有了更深刻的认识。

总之,在 20 世纪后 50 年中,人们对系统演化理论,例如系统演化的动力机制、偶然因素在系统演化中的作用、系统演化的循环发展形式、系统演化的多样性、系统演化从有序到混沌再从混沌到有序的全过程等等,都有深入的研究,有些还具有统一的原理性与数量上的普适性。

现代系统思想的发展使当代人的思维方式包含了丰富的系统思想成分。从系统的角度看世界是一种方法论上的趋势。当今的各种学科都在一定程度上包含了系统思想。

第二节 系统的基本概念

可以说,无论是否正式接触过系统论的内容,每个人的思想都包含着丰富的系统思想的记因(记因是指知识的基本单元)。也许很多人,在他的思想体系中关于系统的知识是隐性的、在实践中自发产生的,系统科学的教育就是要把隐性的系统知识转化为显性的系统知识,从潜意识地应用系统思想转变为有意识地主动应用系统思想。

本节介绍系统思想的一些基本概念,系统的基本概念用于描述系统所表现出来的现象以及特征,即系统的共同特性。虽然,对这样一些概念在文字表达上目前尚未有完全统一的认识,但对系统的最基本的理解还是有共识的。本节用直观的方式介绍基本概念,至于在较高层次上认识系统,本书在第 8 章“系统理论”中介绍。

一、系统

系统的概念,本质上是一个描述客观对象存在方式的概念,而系统这一概念所要描述的存在方式主要应关注些什么呢?这应从系统思想的本质及引入系统概念的目的来理解。引入系统概念,本质上是为了从联系、整体的视角来认识事物,因而系统概念的实质就是要揭示出联系与整体特征的最本质内涵。

联系与整体的规律用什么形式进行描述呢?我们可以简要地观察一下人们思

考问题的几个最基本的特征,这几个特征直接与系统思想相关。

(1) 边界:边界是指人们在认识事物时首先会对要认识的问题划出一个范围,把要认识的问题从无限的联系中割离出来,使之能在人类的智力与能力可思考的范围内。

为了直观理解边界,我们举下面这个简单例子。

曾经有一百货商店,打出一则广告:“买左鞋,送右鞋”。商家的意图是想表达打对折销售,但看了这则广告的人大都会觉得有点“另类”。我们可以思考一下,到底是什么使人们感到在思维上产生了冲突?实际上,大多数人在想到鞋的时候,很自然地呈现出来的边界是一双,左、右两只作为一个整体在思想中出现,这一广告把单只鞋作为一个整体,与思维习惯所形成的边界产生冲突。

边界是思考任何问题时与问题同时出现的。但大多数人,不能主动思考边界,越是熟悉的问题,显意识更容易忽略边界。

下面的故事说明边界的重要性。

曾有张老板与李老板为企业的合作问题在协商,两人觉得在办公室里谈判太乏味,于是去登山,在旅游中边玩边谈。一天,两人见到一只带着小熊的母熊正向他们靠近,众所周知,带小熊的母熊对人的攻击性很强。两人赶紧逃离。跑了一段路程后,张老板停下来,从旅行包里拿出运动鞋换上,李老板大叫:“你换了鞋就能跑得比熊快吗?”换好鞋的张老板边跑边回答:“我肯定跑不过熊,但可以跑得比你快。”

处于危险情况中的两个老板,很显然,企业的合作问题不可能在思考的范围中,然而行动的差异说明了两人思考的边界不同。在张老板的边界中有熊、李老板、张老板,所以要跑得更快,把李老板留给熊。而在李老板的边界内,可能只有张老板、熊,似乎不知道还有他自己。

(2) 串联:串联是指人们在同一时间只能考虑一个方面的问题。问题得一个一个想,即使最简单的两个数学问题,也不能左脑想一个,右脑想另一个。这一特征是人类思维的局限性,也正因为这一点,使我们需要强调联系与整体。

大家知道计算机可以并行工作,“同时”处理几项任务,但那只是通过分时的串联来模拟并联的。

曾经在电视节目中出现过一个奇人,可以双手“同时”写不同的字。如果真是这样,倒是一个奇迹。但仔细观察时,可以发现这人左手写的时候右手停着,右手写的时候左手停着,与计算机的并联工作原理相同。

思想的串联性给我们思考整体与联系带来了很大的困难。

(3) 整合:大脑虽然是一个问题一个问题地思考,但也存在着整合功能。这一功能把在不同时间思考的问题都联系起来。

最简单的例子是看工程图纸中的三视图,看零件的三个平面图形,我们能整合

出零件的立体形态。

整合是一种很重要的能力,不同的人这一能力的差异可能较大。

虽然每个人在一定程度上都存在整合能力,但近代科学的分析思想可能使这一能力下降了,而思考整体对整合能力的要求较高。实际上系统思想的训练就是要强化整合能力。

注意到我们思维的这些特点,就可以在普遍思维模式的基础上来讨论系统的本质。

我们可以观察到,任何一个客观存在的对象总有其独立性,即存在一个边界,依据这一边界可以将此对象与其他的事物作出彼与此的区分,这是人们认识事物的最基本特征,也是事物存在的方式。当然,人们并不因此而否定客观对象内、外部的联系,而以客观对象的内部作为一个整体考虑与外部的联系。在边界以内的内部,客观对象往往还由更小的内部组成,即由一系列更小的组分以特定的方式组合而成的。既注意到客观对象的内部结构,又注意到客观对象与外界的联系是系统概念描述客观对象存在方式的实质。

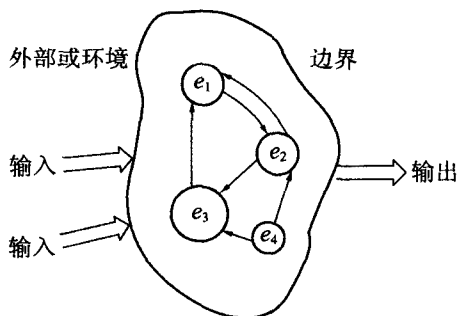
由此,我们可以引入系统的描述性定义:系统是相互关联的若干要素的集合体。

尽管这里给出了系统的定义,但并不希望用此概念去判断一个对象是否可以称为系统。因为在这一定义中,如“集合体”这样的词汇其意义仍然是含糊的,因此在实际中用系统的特征来描述系统,是更可操作的方法。

系统的特征可以概括如下:

(1) 具有一定的边界。以边界把系统从无限的存在中划分出来,系统以整个单位与环境发生关系。这一特征可进一步深化为系统功能的概念。

(2) 具有相互联系和彼此影响的要素。这是人们透视系统的最宏观特征,它强调了系统内部的可认识与可描述的存在方式。这一特征的进一步深化就是系统的结构概念。



e_1, e_2, e_3, e_4 表示要素, 要素间的箭头线表示联系

图 1.1 系统的图像

对一个客观对象,认同上述两个特征,就意味着可以把这一客观对象视为系统。图 1.1 是描述系统概念的图像形式。

一所学校、一个部门和一家企业,这些作为系统是很容易被认同的。人体、家庭和社会,也当然是系统。但一只手、一支笔的笔套可以认为不是系统,尽管它们具有独立的物质存在形式,但这个独立的存在形式并不是与

环境发生关系的整体单位,人们一般也不会把他们当作一个独立的认识对象。

把一个对象当作系统,意味着要从内、外部联系中去研究这一对象。当人们以特定的目的去认识一个对象时,这个对象是否被当作系统是有主观性的。例如,太阳系是一个系统,但也可以认为是银河系中的要素,这意味着系统概念是与认识层次有关的。

为了说明系统的主观性,可以讨论企业是否为系统。显然,管理学家、微观经济学者都会回答是系统,但对宏观经济学者呢?在他们的眼中,可能企业只是一个“点”。他们的思考框架由如 GDP 增长率、货币发行量和就业率等宏观的变量构成,没有给企业作为系统留下空间。

作为思辨性的练习,可分析一堆由自动装卸车卸下的砖头是否为系统?比较普遍地会认为这不是系统,但对下面“强词夺理”的论证你会是什么态度呢?我们把每一块砖当成一个要素,这堆砖边界清楚,要素明了。再来看要素之间的关联,设想你到这堆砖的下面抽出一块,很自然,会有许多砖块随之下滑,可能把你压住,移动一块砖使其他砖滑动不就是关联吗?

也许你会问,讨论这种关联有意义吗?这就是问题的本质。我们只考虑被我们认为有意义的东西,即使某一事物是整体,逻辑上说也是系统,但它缺乏人的价值标准所关注的整体特征时,就不需要去回答是或不是系统。

一般地,我们说某一对象是系统,实质上表明了一种态度,是在强调内外部联系及超越部分之间特征的重要性,而这一点是与研究问题的目的相联系的。

二、结构

我们把焦点集中在边界内部的联系规律上,可以引入结构的概念。

结构是描述系统内部组织秩序的一个概念,对系统内部组织秩序的描述包括不可分割的两个方面——要素与关联。

要素 为系统内的有一定独立性的“零件”。它是系统内部在一定意义下的最小的基本单元。

既然要素是系统内部在一定意义下的基本单元,对要素的认定就有一定的任意性,因为基本单元总是研究人员人为设定的。系统内部要素的划分需遵守的基本原则是:此要素与彼要素的边界是清楚的以及要素之间的彼此联系是可描述的。

在实际操作中,要素的划分与认识系统的目的有关,人们往往在达到目的要求的基础上尽可能以简单地划分要素为准则。

例如,把一所学校作为一个系统,假如把全体教师作为一个要素,而每一位学生作为一个要素的话,就不能认为是系统要素划分,因为某一位同学与全体教师之间的关系是无法描述的。

再如,研究社会系统,不必把每一个人的细胞作为要素进行研究,而以家庭或个人为要素就足够了。

关联 是指要素之间的联系。如领导与被领导关系是一种关联,师生关系是一种关联,企业之间在市场中的竞争是一种关联,企业之间组成集团是一种关联,有质量的物质之间的万有引力是一种关联等等。

再次强调,要素与关联是一体的两面,之所以要引出这两个概念,只是因为我们思维的串联特征。我们不能同时思考关联,又思考要素,结构的本质含义需要在要素与关联的整合中形成。

同样的零件,以不同的方式联系起来会得到不同的系统。例如一个团队,还是那些成员,如果改变工作流程就会有不同的效率。化学上的同分异构体,组成的元素相同,性质却不同。企业组织由金字塔结构转化为扁平化结构就能提高响应速度。

在联系中考察问题是对传统分析科学局限性的突破,以牛顿力学为代表的近代科学认为联系不会出现新质。比如,传统科学无视三个电灯泡串联组成的照明系统与并联组成的照明系统的差异,显然的事实为什么会被忽视呢?这表明科学观往往会使主导的思考范式极端化。也正是在这种背景下,人们发现了强调系统思想的重要意义。

系统的结构是指要素及关联方式的总和。

需要强调的是,系统中的要素并不仅仅指物质存在,更是指关联中的意义。如我们讲人体中的肺,其意义远比医学院里肺的标本那种物质存在形式意义深远;又如“砍下来的手不再是手”也是这一含义。

在一些特定场合,系统的结构可简单地只指关联,这种场合主要是系统要素被命名后我们仅关注关联规律对系统的影响。如 $dX/dt=AX$,称之为线性结构;又如由一组串联元件组成的系统,称之为串联结构。

实际上,结构这一概念与平常的一种认识方式相似,我们对一个认知对象首先会给它一个名字,以示与其他对象的区分,然后通过揭示内部的组成达到认识的目的。在系统方法中内部的组成规律则被抽象成系统结构。

三、功能

我们把焦点集中在系统与外部的联系规律上,可以引入功能的概念。

功能是描述系统与外部环境关系的一个概念。

处于特定环境中的系统,外界给予它一组输入,不论这组输入是受控的还是不受控的,一般地系统能对该输入进行变换和处理,并产生一组返回环境的输出。系统内部对输入的处理能力是通过系统要素之间的配合行动来实现的。一般把“输入—变换—输出”环节简称为输入输出过程。