

# 知行学引论——信息 知识 智能的统一理论

钟义信

(北京邮电大学, 北京 100876)

**[摘要]** 资源乃人类生存之源。科学技术的任务就要揭示资源的性质及其转换规律, 以创造先进工具, 扩展人的能力, 改善人类的生存发展条件。近代科学揭示了物质和能量两类资源的性质和转换规律, 创造和不断改进了人力工具和动力工具, 创造了辉煌的工业时代文明; 文章试图总结信息资源的性质及其转换规律, 阐明信息—知识—智能的统一理论, 构建知行学, 为创造各种智能工具奠定理论基础。

**[关键词]** 信息论; 知识论; 智能论; 知行学

**[中图分类号]** G201; Tp18 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2004)06-0001-08

## 1 引言——当代科学的变革

现代科学正在经历重大的变革。主要的表现是: 20世纪中叶以来, 科学的研究对象发生了实质性的扩展——由物质资源和能量资源的二元结构扩展到包含信息资源的三元结构。这一扩展产生了一系列深刻的影响。

首先, 导致了科学研究方法论发生了巨大的转变。由于信息资源成为现代科学研究的新对象, 而信息不仅表现事物本身的运动状态, 同时也表现事物运动状态之间的联系, 因而, 被近代分解与分析方法论割断了的复杂事物内部以及事物之间相互联系的作用突现起来, 使人们对复杂事物的认识豁然开朗。于是注重分解分析的近代科学方法论正在转变为既重视分析又重视综合(重视事物之间相互作用和相互联系)的“分析与综合互动”的科学方法论。

同时, 信息登上科学舞台的结果, 使科学观念也发生了深刻的转变。过去只关心客观现象的研究, 排除主观因素的影响, 现在不仅要关心客体现象的研究, 也要关心主体与客体的相互作用; 过去只注重研究对象的形式关系, 现在则要研究形式、内容、效用的三位一体; 以往刻意追求精确性描述和确定性关系, 现在则特别关注非确定性现象和非精确性描述; 过去只欣赏对称可逆关系, 现在则更

关注非对称非可逆关系; 等等。

这就意味着, 深入探索信息科学的本质规律可能引起现代科学产生巨大的突破。

什么是信息科学的本质规律?

众所周知, 物质转换和质量不灭定律是物质资源的基本规律, 它指导人们不断地把低性能材料转换为高性能材料, 持续地改善了各种工具的性能水平; 同样, 能量转换与能量守恒定律是能量资源的基本规律, 它指导人们不断把低效能量转换为高效能量, 大大地改善了各种工具的动力性能水平。

那么, 是否存在信息转换与信息守恒定律? 以下将探讨信息转换的基本规律, 而把信息是否守恒的问题留待将来去展开。

## 2 信息转换模型——信息过程和智能系统

要研究信息的转换规律, 首先要了解信息转换的过程。

实际的信息过程多种多样, 最重要也是最典型的信息过程是与人类认识世界和优化世界活动相伴随的信息过程。这种信息过程既是研究信息科学和智能科学的根本出发点, 也是它的全部归宿: 改善人类认识世界和优化世界的能力。

图1所示就是这种典型信息全过程的基本模型<sup>[1]</sup>。图中的外部世界表示人类面临的各种问题

**[收稿日期]** 2004-01-11; **修回日期** 2004-02-20

**[基金项目]** 国家自然科学基金资助项目(69982001)

**[作者简介]** 钟义信(1940-), 男, 江西龙南县人, 北京邮电大学教授, 博士生导师; 主要研究领域为信息科学, 人工智能

及其环境约束的集合。作为人类认识世界的出发点，它是外部事物信息的源泉；作为优化世界的落脚点，它又是策略信息的归宿<sup>[2]</sup>。

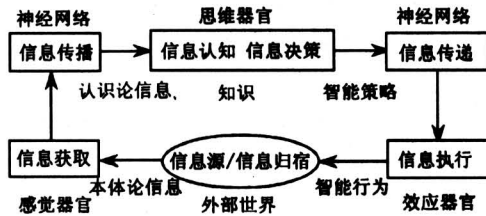


图1 信息过程(智能系统)模型

Fig.1 Model of information process  
(also intelligence system)

人类认识世界和优化世界的过程包括：通过感觉器官获取外部世界的相关本体论信息，把它转换为认识论信息；通过神经网络传递给思维器官，后者把认识论信息加工成为关于外部世界的相关知识，实现认知；在此基础上针对问题和目标形成求解问题的智能策略，做出决策；再通过神经网络传递给效应器官，后者把智能策略转换为相应的智能行为，作用于外部世界，解决问题，满足约束，达到目标。其中，知识和智能策略是信息的两类高级产物，两类特殊的信息。

信息过程的模型表明，信息科学和智能科学乃是研究同一信息过程的两个相关学科：前者是由信息出发上至智能，后者由智能出发下及信息。因此，信息过程模型同时也是智能系统模型。

模型还表明，信息过程包含信息获取、信息传递、信息认知、信息决策和信息执行5类子过程。其中除了信息传递不改变输入输出信息的层次外；其他4类子过程的作用都分别要改变信息的层次，发生信息的转换：

信息获取——外部世界的本体论信息  $I_0$  转换为主体拥有的认识论信息  $I_e$ ；

信息传递——认识论信息的语法信息  $I_{sy}$  在时间和空间上的保形转移；

信息认知——认识论信息  $I_e$  转换为知识  $K$ ；

信息决策——知识  $K$  转换为智能策略信息  $I_s$ ；

信息执行——策略信息  $I_s$  转换为智能行为  $A$ 。

以下，暂不考察信息传递的问题，着重考察本体论信息  $I_0$ —认识论信息  $I_e$ —知识  $K$ —智能策略信息  $I_s$ —智能行为  $A$  的转换。正是这些转换构成了智能机器知行学理论的核心和灵魂。

### 3 信息转换规律

包括由本体论信息向认识论信息的转换(信息获取)、由认识论信息向知识的转换(信息认知)、由知识向智能策略的转换(信息决策)、由智能策略向智能行为的转换(信息执行)。由于篇幅的限制，笔者的叙述仅突出原理性和结论性。

#### 3.1 信息转换规律之一——信息获取

信息获取要解决的问题，是如何把本体论信息转换为认识论信息。

本体论信息是事物客体自身的信息，与主体的情形无关。

定义1 本体论信息

客体的本体论信息，是客体对自身运动状态及其变化方式的自我表述<sup>[1]</sup>。

比如，若某客体  $X$  具有  $N$  种可能的运动状态  $x_1, \dots, x_n, \dots, x_N$ ，且各状态之间按照概率分布  $\{p_1, \dots, p_n, \dots, p_N\}$  的随机方式发生状态的变化，那么，这个客体的本体论信息  $I_0(X)$  就可用“状态-状态变化方式”(概率空间)表述为：

$$\begin{aligned} & x_1, \dots, x_n, \dots, x_N \\ & p_1, \dots, p_n, \dots, p_N \end{aligned} \quad (1)$$

认识论信息是主体所得到的信息，它不仅与客体事物本身的情形有关，也与主体的情形——他的观察力、理解力、目的性有关。

定义2 认识论信息

某主体关于某客体的认识论信息，是这个主体关于该客体的运动状态及其变化方式的表述，包括状态及其变化方式的形态、含义和效用，后者分别称为语法信息、语义信息和语用信息；三者的综合则称为全信息<sup>[1]</sup>。

在上例中，如果观察主体观察到  $X$  有  $N$  个运动状态  $x_1, \dots, x_n, \dots, x_N$ ，也注意到这  $N$  个运动状态变化方式的肯定度分别为  $c_1, \dots, c_n, \dots, c_N$  (概率是肯定度的一种特殊情形)，又如果按照他的理解，这  $N$  个状态的逻辑真实度分别为  $t_1, \dots, t_n, \dots, t_N$ ，而且如果这  $N$  个状态对他的目的而言所显现的效用度分别为  $u_1, \dots, u_n, \dots, u_N$ ，那么，认识论信息  $I_e(X)$  的表述就成为一个矩阵：

$$\begin{aligned} & x_1, \dots, x_n, \dots, x_N \\ & c_1, \dots, c_n, \dots, c_N \\ & t_1, \dots, t_n, \dots, t_N \end{aligned} \quad (2)$$

$$u_1, \dots, u_n, \dots, u_N$$

式 (2) 中的第一行是该事物的状态列表, 第二行是状态变化方式的形态肯定度列表, 表征其中的语法信息; 第三行是状态的逻辑真实度列表, 表征其中的语义信息; 第四行是状态的效用度列表, 表征其中的语用信息; 而整个描述矩阵则表征了认识论信息 (也称为全信息)。

注意, Shannon 信息论的“信息”是认识论信息概念中的语法信息, 它的描述矩阵只具有式 (2) 中的前两行; 而且其中的肯定度都退化成了概率。正如 Shannon 所说, Shannon 信息论原本就是“通信的数学理论”<sup>[3]</sup>; 而非全部信息过程的数学理论。通信所需要关注的, 只是噪声背景下信号 (信息的载体) 波形 (语法信息) 的复制, 不需要考虑信息的含义 (语义信息) 和效用 (语用信息)。因此, Shannon 信息论只研究了 (概率型的) 语法信息。

语法信息是对于本体论信息的直接模拟 (比较式 (1) 和式 (2) 的前两行), 因此相对简单。在理想情况下, 语法信息的获取就是通过传感系统对本体论信息进行一一对应的形式转换 (复制)。这是传统意义下的信息获取。

然而, 按照定义 1 和 2 及相应的式 (1) 和 (2), 认识论信息的获取过程就不再是一一对应的形式转换, 而必须是一个观察 (获取语法信息)、理解 (获取语义信息) 以及效用判断 (获取语用信息) 的复杂过程 (图 2)。

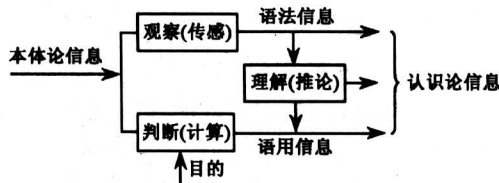


图 2 本体论信息—认识论信息转换原理  
Fig.2 Transformation from ontological information to epistemological information

图 2 表明, 语法信息  $I_{sy}$  可以通过适当的传感系统获得 (传统的传感测量和检测<sup>[4]</sup> 就属于这一层次), 它的数学本质是一类单值变换:

$$I_{sy} = kf(I_o) \quad (3)$$

式中  $k$  是系数, 与传感系统的灵敏度有关;  $f$  是对特定兴趣的本体论信息具有线性选择能力的某种函数。在有噪声的场合, 语法信息的获取成为一个检测问题:

$$I_{sy} = \nabla(I_o, D) \quad (4)$$

式中符号  $\nabla$  表示检测算子,  $D$  表示不需要的本体论信息, 其他符号同前。

语用信息  $I_{pr}$  可以通过本体论信息矢量  $I_o$  对目的矢量  $G$  的投影计算得到 (由此可见, 系统必须具有明确的目的性: 没有目的, 效用就失去了前提):

$$I_{pr} = P(I_o, G) \quad (5)$$

式中  $P$  是投影算子。在某些更复杂的情况下, 目标不一定能够用简单的矢量表示, 这时的计算会变得更复杂。但无论如何, 至少在理论上, 本体论信息与目标的比较是可以进行的。

语义信息  $I_{se}$  属于抽象的层次, 不能用语法信息和语用信息那样直观的方法来获取, 而是需要在获得语法信息和语用信息的基础上, 通过对语法信息和语用信息两者的综合逻辑推理才能得到, 如图 2 所示。换言之, 语义信息的获取必须以语法信息和语用信息的存在为前提:

$$I_{se} \Leftarrow \rho(I_{sy}, I_{pr}) \quad (6)$$

式(6)的逻辑运算  $\rho$  可能很复杂, 也可能很简单, 视相关的语义信息的抽象程度而不同。在最简单的情况下, 所需要的逻辑运算就是把语法信息同相应的语用信息直接以逻辑“与”的关系相连接。

在信息获取的转换过程中, 有关信息量 (包括本体论信息量和所获取的认识论信息量) 的计算方法可以参看文献 [1]。

以上分析表明:

信息获取的本质是本体论信息向认识论信息的转换; 转换的可实现性条件是系统具有观察、理解和目的判断能力; 但是, 任何信息获取的过程都是在大量不需要的信息背景中进行的, 由于所需信息与非所需信息之间交互作用的复杂性和不确定性, 可能导致观察不完善, 理解不准确, 判断不可靠。信息获取的任务就是要研究在这种条件下如何能够获得尽量完美的观察、理解和判断质量。

信息获取是整个信息过程的第一步, 是整个信息过程的基础。因此, 它的质量问题至关重要。显而易见, 信息获取质量的高低, 取决于信息获取系统在各种复杂条件下的观察能力、理解能力和效用判断能力。智能信息获取系统应当能够根据系统的目的, 有针对性地从外部世界探寻和获取有用的认识论信息, 而不是单纯地获取语法信息。这是它与传统信息获取的重要区别。

### 3.2 信息转换规律之二——信息认知

信息, 就其本性而言, 乃是原始的, 粗糙的, 具体的, 局部的, 个别的, 表面的, 分散的, 甚至是杂乱无章的。它们只是各种客体事物运动状态及其变化方式的直接或间接的表述, 是人们认识世界的原材料。因此在获得认识论信息之后, 需要通过适当的加工把它转换成为具有抽象性和普遍适用性品格的东西, 这就是知识。

### 定义3 知识

某种事物的知识, 是认识主体关于这种事物的运动状态及其变化规律的表述。任何知识所表述的运动状态及其变化方式, 都具有形式、内容、价值三个基本要素, 可以分别称为形式性知识、内容性知识、价值性知识。形式、内容、价值构成了知识要素的三位一体<sup>[5]</sup>。

知识的形成有两种基本途径: 一是通过对同类现象进行大量的观察, 从中总结出具有规律性的认识; 一是以原有知识为基础, 通过推理获得新知识。前者称为归纳, 后者称为演绎。归纳和演绎两者相辅相成。但是, 从知识生长发展的根本机制来看, 知识的最初来源必定通过归纳途径, 因为在没有知识或者知识非常稀少的情况下, 演绎便无从谈起。只有当归纳(而且经过证实)的知识足够多的时候, 演绎才有基础, 也才有可能。

定义1, 2, 3表明, 认识论信息表述事物的运动状态及其变化方式, 包括它的形态、含义和效用; 知识表述事物的运动状态及其变化规律, 包括它的形式、内容和价值。可见, 表述变化规律的知识只能从大量表述具体变化方式的信息中归纳提炼出来。因此, 由认识论信息向知识转换的本质规律是各种各样的归纳算法:

$$K \leftarrow \cap I \{I_e\} \quad (7)$$

式中的符号 $\cap$ 表示某种归纳算符;  $\{I_e\}$ 是认识论信息的样本集;  $K$ 是由 $\{I_e\}$ 归纳得到的知识。当然, 在复杂的情况下, 归纳运算可能需要多层嵌套演绎运算。

演绎算法本身可以简要地表示为(式中的 $C$ 是演绎的约束条件):

$$K_{\text{new}} \leftarrow \mathcal{R} \{K_{\text{old}}, C\} \quad (8)$$

图3示出了由认识论信息归纳知识的一般原理以及归纳和演绎相互支持的关系: 归纳产生的知识可以为演绎提供可行的基础; 演绎和归纳所得到的知识又反过来可以为归纳提供更好的指导。

依据各种实际的情况, 图中的归纳算法、演绎

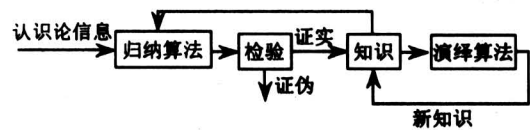


图3 认识论信息—知识转换原理

Fig.3 Transformation from epistemological information to knowledge

算法和检验算法的具体表达形式会各有不同, 但都是可实现的算法。因此不予讨论。具体而言, 由语法信息通过归纳可以得到形式性知识, 由语用信息通过归纳可以得到价值性知识, 由语义信息通过归纳和演绎可以得到内容性知识, 即:

$$K_f \leftarrow \cap I \{I_{sy}\} \quad (9)$$

$$K_v \leftarrow \cap I \{I_{pr}\} \quad (10)$$

$$K_c \leftarrow \cap I \{\mathcal{R}(I_y, I_{pr}, C)\} \quad (11)$$

式中 $K_f$ ,  $K_v$ 和 $K_c$ 分别表示形式性知识、价值性知识和内容性知识, 其他符号的意义同前。与式(9)、式(10)和式(11)相对应的“原则算法”的描述可以参阅文献[5]。

可以看出, 当前国内外高度关注的“数据挖掘和知识发现(Data Mining and Knowledge Discovery)”技术, 本质上是试图通过大量的统计处理来发现各种具体数据(语法信息)之间存在的某种现象学的关联, 属于语法信息—形式性知识转换的情形。另一方面, 按照成熟程度的不同, 知识又可以分为经验性知识、规范性知识和常识性知识三种类型。

### 定义4 经验性知识

由归纳算法得出的结果在未经检验的确证之前, 一般属于经验性知识。经验性知识有可能因出现反例而被证伪。

经验性知识大量存在, 是一类重要的知识形态。例如, 人工神经网络通过样本训练所获得的知识就属于经验性知识, 人们在实践过程中积累的解决某些问题的知识通常也属于经验性知识。

### 定义5 规范性知识

与经验性知识不同, 规范性知识的基本特点是: 只要满足一定的条件, 结果就可以稳定出现, 结论就必然可靠。

规范性知识一方面来源于经验性知识的确证, 同时也来源于原有规范性知识的演绎推理。规范性知识是知识的主体。

### 定义6 常识性知识



常识性知识通常包含两种类型：一种是公理性知识，一种是本能性知识。它们的特点是无需学习和推理。三种知识之间存在一定的相互关系，如图 4 所示。

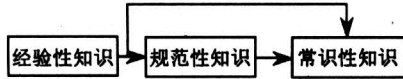


图 4 三类知识的关系

Fig.4 Three categories of knowledge

图 4 表明，在大量的经验性知识之中有一部分会成为规范性知识；在大量的规范性知识之中有一部分会成为常识性知识（公理性知识）；但是也有相当多的经验性知识可以成为常识性知识（本能性知识）。无论是经验性、规范性还是常识性知识，它们都必然是形式、内容和价值的三位一体。

关于知识度量的概念和方法，可以参阅文献 [5]。

通过上述分析可以认为：

信息认知的本质是认识论信息向知识的转换；转换的可实现性条件是系统具有必要而充分的归纳检验和演绎能力。但是，由于样本数量的难以充分和质量的难以确保，可能导致归纳的不合理和演绎的不恰当。信息认知的研究任务，就是要在这种不完备和不确知的条件下寻求尽量合理的归纳和尽量恰当的演绎。

知识是信息认知的最终产物，是认识世界的标志，也是整个信息过程（认识世界和优化世界）的基础。

### 3.3 信息转换规律之三——信息决策

从信息科学和智能科学的观点来看，信息转换为知识还不是最终目的。虽然知识是认识世界的结果，但它本身并不能直接优化世界。因此，还必须把知识转换为优化世界（求解问题）所需要的策略信息。这便是信息决策的任务。

#### 定义 7 策略

求解问题的策略，是指在给定问题、问题的约束条件的前提下，针对所要达到的目标，运用已有知识导出的能够满足约束、解决问题、达到目标的方法和程序。它是智能的体现，因此称为智能策略。作为方法和程序，求解问题的策略描述了问题的起始状态和目标状态以及问题状态变化的方式。因此，按照信息的定义，策略也是一种信息。但是与客体信息不同，策略信息是在人们的头脑

（或系统）中通过运用知识产生出来的，因此被称为再生的信息；产生策略信息的过程则称为信息再生（即决策）过程。

为了把知识转换为求解问题的策略信息  $I_s$ ，需要考虑具体的问题  $P$ 、问题的（环境）约束条件  $E$ 、求解问题的目标  $G$ 。若  $S$  表示求解问题的策略空间， $K$  表示已经具备的知识，那么，信息决策过程就可以表示为如下的映射关系：

$$I_s: (P, E, G; K) \mapsto S \quad (12)$$

理论上认为，对于任意给定的  $P, E, G$  和  $K$ ，应当存在一组策略  $S$ ，使得问题  $P$  能够在满足约束  $E$  的条件下得到解决，达到目标  $G$ ；并且在这一组  $S$  中应当存在一个最优的策略，能够以最优的方式达到预定的目标。

至于具体的知识策略映射关系（也称为转换关系），显然将依具体的问题和知识性质的不同而有所不同。

对于经验性知识，知识-策略的转换原理可以用图 5 表示：

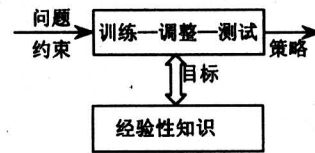


图 5 经验性知识—策略转换原理

Fig.5 Transformation from experiential to strategy

图 5 经验性知识单元的功能由两方面，一是提供必要的先验知识，同时也提供系统的目标；而训练—调整—测试单元的功能主要是面对输入的问题、约束和目标，通过类比和建构的学习运算，建立经验性知识—策略转换的关系，并通过测试来确证这种关系。一旦这种转换关系被证实，针对具体问题的求解策略就形成了。显然，这就是人工神经网络的工作机理<sup>[6]</sup>。

对于规范性知识，知识—策略的转换原理可以用图 6 表示：



图 6 规范性知识—策略转换原理

Fig.6 Transformation from regular knowledge to strategy

图6表明,在给定问题、约束、目标之后,根据相关知识可以产生初始策略去选择规则,作用于原始问题,产生中间结果,把它与目标比较,诊断初始策略的优劣,根据相关知识修正策略,直至满足约束,解决问题,达到目标。这样得到的策略便是求解问题的策略。这显然就是专家系统的工作机制<sup>[7]</sup>。

对于常识性知识,知识-策略的转换原理可以用图7表示:

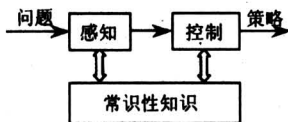


图7 常识性知识—策略转换原理

Fig.7 Transformation from common-sense knowledge to strategy

图7表明,根据常识性知识(其中包含了问题—约束—目标的关系),一旦感知某种问题的类型,系统就可以产生相应类型的动作策略(感知-控制)。

可见,从信息—知识—智能策略的转换过程来看,原先认为两两互不相容的三种理论学派,即所谓结构主义(人工神经网络)、功能主义(传统专家系统)和行为主义(感知—控制系统),却遵从完全相同的转换机制,只是具体的实现途径各不相同而已,如图8所示。

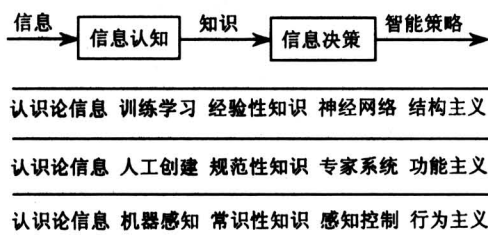


图8 智能理论的“三分归一”

Fig.8 Intelligence theory unification

半个世纪以来,结构主义、功能主义和行为主义之争<sup>[8]</sup>乃是一场由分解分析方法论所导致的误会。图8表明,从分析综合互动的的方法论看,结构主义、功能主义、行为主义三者之间的关系并不是对立或者互斥的,而是互补的和相辅相成。因此,实现结构主义、功能主义、行为主义三者的有机综

合,就可以构成信息—知识—智能策略的统一体系。

因此得出结论:

信息决策的本质是知识向策略的转换;转换的可实现性条件是系统具有对于问题—约束—目标的理解力以及必要的问题演算和演算结果的诊断能力。但是,由于问题—约束—目标本身的复杂性和非理想性,相应的知识的完善性和规则的完备性也难以充分保证,因而可能导致诊断的失误和策略的失当。信息决策的研究任务,就是要在这种条件下寻求对问题—约束—目标的正确理解,寻求尽量合理的演算和诊断机制,从而形成尽量恰当的问题求解策略。

信息决策是整个信息过程(智能过程)的核心,在所给问题—约束—目标本身合理的前提下,策略信息的质量取决于知识和规则的完备性和合理性,以及学习算法和诊断机制的合理程度。

### 3.4 信息转换规律之四——信息执行

信息过程(智能过程)的最终目的是在获得知识(认识世界)的基础上形成智能策略,解决问题(优化世界)。由信息决策所获得的策略信息虽然可以指示解决问题的方法和程序,但是方法和程序本身并不能够直接改变问题的状态达到优化世界的目的。因此,需要把策略信息转换为能够改变问题状态的行为,才能使问题得到最终的解决。这就是信息执行  $E_x$  要完成的任务。

信息执行的具体任务就是要根据策略信息的表述产生相应的行为。各种控制系统中的执行单元就是信息执行的实际系统。

完成智能策略信息—智能行为转换的具体方式,将依不同的问题而各有不同,但所有这些具体转换方式共同的基本要求,都是要在智能策略信息  $I_s$  所表示的状态—方式与转换所产生的智能行为  $A$  的状态—方式之间建立一一对应的关系,如下式所示:

$$E_x: I_s \leftrightarrow A \tag{13}$$

由于控制系统(含执行机构)已是熟知的内容,此处不再详述。

就信息执行而言,可以得出结论:

信息执行的实质是把策略信息  $I_s$  转换为策略行为  $A$ ;转换的可实现条件是存在适当的信息保真转换,能够用不同的能量形式表达同样的策略信息,而且转换所产生的行为应当能够有效地改变问

题的状态。

总之，信息执行与信息获取是智能系统与外部世界的两个接口，信息认知和信息决策则是智能系统的核心：信息获取把外部事物的状态及其变化方式转换为认识论信息；信息认知把认识论信息转换为知识，信息决策针对具体的问题—约束—目标把知识转换为智能策略，信息执行则把智能策略转换为智能行为，完成问题的智能求解。

#### 4 知行学——它的特点和意义

一方面，信息获取与信息认知两个子过程结合在一起，可以实现由外部世界本体论信息  $I_0$  到认识主体的知识  $K$  的转换，获得所关注的外部世界事物的知识  $K$ ，属于认识世界的过程，完成认知的任务。

另一方面，信息决策与信息执行结合在一起，可以实现由认识主体所拥有的知识  $K$  到自主求解问题的智能行为  $A$  的转换，从而完成对所关注问题的智能求解，属于优化世界的过程，完成行事的任务。

因此，当把信息获取、信息认知、信息决策、信息执行四个信息转换过程有机地综合在一起，就可以既完成认知（认识世界）的任务，又可以完成行事（优化世界）的任务，成为一个系统的、连贯的、内恰的、统一的转换系列。

我们把认知（知）和行事（行）的完整过程，称为“知行过程”，而把关于知行过程规律的统一理论，称为知行学，而把具有认知与行事能力的机器系统称为知行系统或知行机器。

这里所说的知和行的统一是指：知和行本身是一个统一的过程，而不是两个割裂的过程。知是手段，行是目的。一般而言，知是为了实现更好的行；而行又促进更深刻的知；没有不为行的知，也没有不需要知的行。两者相辅相成，相得益彰。因此，知行学必须是一个统一的理论。

笔者在前面总结了知行学的基本信息转换过程，指出这个基本过程主要包含信息获取、信息认知、信息决策和信息执行。但是，作为一个完整的知行过程，信息传递仍然是一个基本组成部分。只是因为信息传递过程不发生信息的质的转换，才没有对它进行特别分析。这不等于信息传递过程不重要，更不能认为可以不需要信息传递过程。正如图1所示，信息传递过程无处不在，贯穿于整个信息

全过程。

应当指出，从宏观层次看，知行学的脉络十分清晰和完整。但是由于知行学研究的对象是复杂的信息过程和智能过程，因此在微观研究层次上看，还存在着许多深刻而困难的问题，需要新的科学观念、新的科学理论和新的科学方法论的支持。

客观地说，知行学是新方法论和新科学观的产物。没有这些新的科学观和新的方法论，知行学就不可能问世。

首先，多少年来，按照传统分解分析方法论观念，把信息过程分解为各个子过程分别进行研究，于是，检测理论、估计理论、通信理论、信息处理理论、决策理论、控制理论之间互相割裂，互相独立，孤军深入，割断了相互之间存在的内在联系，割裂了整体的面貌，结果，只见树木不见森林，无法把握信息全过程（智能过程）的本质机制。现在，按照分析综合互动的新的方法论和全局辩证联系的新科学观，依照事物的本来面目，把信息全过程（智能过程）作为一个整体进行深入研究，结果，就揭示了一组相互有机联系的信息转换规律，探明了信息全过程原来就是智能过程，由此，显现和阐明了机器知行学的理论框架。显而易见，没有这些新的方法论和科学观，这些散乱的珍珠就不可能被串成有用的项链。

同样，多少年来，按照传统的纯形式化和纯客观化观念，把信息过程当作纯粹的形式化过程进行研究，于是，只有关于信息的形式（信号的波形和编码数字系列）的理论，完全不涉及信息的内容和价值，认为信息的内容和价值是主观范畴的东西；科学只研究客观的对象。基于同样的原因，知识的理论一直没有系统性的研究成果，严重地限制了智能理论研究的进展。现在，按照主观客观相互作用的新的科学观，阐明了既包含客体因素又包含主体因素的本体论信息、认识论信息、知识和智能策略的概念，从而发现了信息、知识、智能策略转换的规律，建立了知行学的理论体系。

再者，多少年来，人们一直崇尚科学的精确性和唯一性，认为只有能够用精确数学表述的结果才是科学的，结果使得许多难以用精确数学表述的科学问题被束之高阁。现在，按照事物多样性和复杂性的原则，同时采用精确数学、统计数学、模糊数学、非线性数学、逻辑学、模型学、算法学等多种多样的工具来表述信息转换过程的各种复杂情形，

从而使以前无法处理的问题得到了比较满意的解决,为知行学奠定了必要的基础。

综上所述,一方面,信息科学的研究召唤并锤炼了新的科学观念和新的科学方法论,而新的科学观和方法论又催生了知行学;另一方面,知行学的研究又将进一步巩固和深化新的科学方法论和新的科学观。知行学研究的对象是认知和行事的信息全过程,研究的内容是认知与行事过程的信息转换规律,研究的方法是分析综合互动方法论和多样性复杂性方法,研究的目的是揭示类人的智能机器的基本原理,为研究高水平的智能机器系统(智能工具)提供理论基础。

历史上,物质转换与质量不灭定律和能量转换与能量守恒定律为创制各种动力工具奠定了理论基础,带来了工业时代的文明。信息—知识—智能转换定律将为创制各种智能工具提供理论准备,而智能工具的广泛应用则将改变整个人类社会的生产方式、工作方式、交往方式、生活方式和思维方式,

为人类社会带来信息时代的文明。这就是《知行学》的意义。

#### 参考文献

- [1] 钟义信. 信息科学原理(第3版)[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2002
- [2] Wiener N. Cybernetics[M]. Elsevier Press, 1948; 2nd Edition, Cambridge: MIT Press, 1961
- [3] Shannon C E. Mathematical theory of communication, Cambridge: MIT Press, 1949
- [4] Helstrom C W. Statistical theory of signal detection, New York: Pergamon Press, 1960
- [5] 钟义信. 知识理论框架[J]. 中国工程科学, 2000, 2(9): 50~64
- [6] Zurada J M. Introduction to artificial neural systems [M]. New York West Publisher, 1992
- [7] Nilsson N J. Principles of artificial intelligence [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1982
- [8] 钟义信. 智能理论与技术[M]. 北京: 邮电出版社, 1992

## An Introduction to Cognetics\*

### —Unified Theory of Information, Knowledge and Intelligence

Zhong Yixin

(Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

[Abstract] Resources are referred to as the radical sources of human life. The real mission of science and technology is to explore the properties and the refining laws of the resources so as to be able to create new tools amplifying human abilities and thus improving the life quality of human beings. The properties and refining laws of the resources of both material and energy have been explicated by modern science and technology and variety of men-driven and power-driven tools have been successfully produced, leading to the brilliant industrial civilization. An attempt is made in the paper to study the properties and the refining laws of the information resources and to establish a unified theory of information, knowledge and intelligence, the so-called Cognetics, laying a solid foundation for creating various of intelligent tools.

[Key words] information theory; knowledge theory; intelligence theory, cognetics

\* **Cognetics** is a new word coined, by the author of the paper, from the words of Cognition and Cybernetics for featuring the newly borne discipline, the unified theory of information, knowledge and intelligence.