

# 意识的原理:基本单位知识与知识叠加原理

谈加林<sup>1,2</sup>

(1.元系科技(深圳)有限公司,广东 深圳 518052;2.深圳职业技术学院,广东 深圳 518055)

**摘要:**文章建立一种基本单位知识模型,即意元模型,它以不确定的关于事物的“叠加态知识”坍塌的方式,激发相应确定的“本征态知识”输出,以求进一步实现图灵机方式的、或说物理符号方式的、或说形式逻辑的活动的知识智能原理,即知识叠加原理。所谓意元,就是消除关于相应事物的认知不定性的知识,它具有最小单位的性质,是基本单位知识,是突现的最底层的知识,且是完备的、自洽的。意元可以作为系统知识突现和智力突现的基础,这样的系统可以是完备的、自洽的。若干意元以它们所代表的事物本身所具有的关系构成意元网络,基于意元网络及其活动,系统可以实现各种智力活动或意识活动。意元是关于智能和意识新的被称为意元学说的科学理论和科学方法的原点。意元学说为实现物理符号系统和人工神经网络系统等传统人工智能的内在统一在方法上和理论上奠定了基础。

**关键词:**基本单位知识;意元;意识;叠加态知识;人工智能;人工意识;知识叠加原理

[中图分类号]O436.3 [文献标识码]A [文章编号]1672-934X(2022)03-0110-12

DOI:10.16573/j.cnki.1672-934x.2022.03.014

## The Principle of Consciousness: Basic Unit Knowledge and Principle of Knowledge Superposition

Tan Jialin<sup>1,2</sup>

(1.Yuanxi Technology (Shenzhen) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong 518052, China;

2.Shenzhen Polytechnic, Shenzhen, Guangdong 518055, China)

**Abstract:** A basic unit knowledge model, i.e., an ideogram model, has been created in this research. It stimulates the output of the corresponding definite "eigenstate knowledge" by the collapse of uncertain "superposition state knowledge" about things, so as to further realize the knowledge intelligence principle (knowledge superposition principle) of Turing-machine, or physical-symbolic, or formal-logical activities. The so-called ideogram is the knowledge that eliminates the cognitive indeterminacy about the corresponding thing. With the nature of the smallest unit, it is the basic unit of knowledge and the lowest level of emergent knowledge, which is also complete and self-contained. Ideograms can serve as the basis for systematic knowledge emergence and intellectual emergence, and such a system can be complete and self-consistent. Based on the relationships of the things they represent, a number of ideograms constitute the ideogram network on which the system can be based and its activities to achieve various intellectual or conscious activities. Ideograms are the origin of a new scientific theory and scientific approach to intelligence and consciousness called the theory of ideograms, which lays the methodological and theoretical foundation for achieving the intrinsic unification of traditional artificial intelligence such as physical symbol systems and artificial neural network systems.

**Key words:** basic unit knowledge; ideogram; consciousness; superposition state knowledge; artificial intelligence; artificial consciousness; knowledge superposition principle

收稿日期:2021-01-21

作者简介:谈加林(1961—),男,副教授,博士,主要从事心理学基础理论、人工意识、科技哲学等研究。

## 一、前言

关于智能和意识与精神,至今都未能建立起一个真正可以继承和演进的科学理论。究其原因,最根本的就是人们还没有找到由此可以建立起关于智能或关于意识的整个理论大厦的那个最基本原点概念,如同生物科学的细胞概念和化学的原子概念。基于此,陈霖提出了认知的基本单元并论述了其与计算的基本单元的关系、认知神经表达的解剖结构等问题,指出关键是如何科学准确地定义这些认知基本变量,从而建立这些基本变量的统一的认知基本单元模型。他认为,这对于理解“认知和计算的关系”,把新一代人工智能建立成一门成熟的基础科学,具有重要的基本意义<sup>[1]</sup>,但到目前为止未见有任何人解决这个问题。

笔者依据心理学工作者所做的一系列心理学研究成果,已经初步证明存在最小单位意识<sup>[2]</sup>,即基本单位意识,也称之为意元。所谓意元,就是意识的原子。对任一事物的意识,首先必然包含对该事物的基本单位意识<sup>[3]</sup>。基本单位意识不再可分,没有结构和成分,没有细节。尽管一定事物有一定的构成成分,且这一事物往往是更大事物的一部分,但这一事物的意元本身并不包含与其他事物相应的意元,也不是相应更大事物的意元的一部分,即任意一个意元都不包含任何别的成分,它本身也不是其他意元的成分。相应于同一事物的不同层次的不同部分,存在它们各自的意元,它们既互不包含,也互不从属。人类借助意元及其构成的网络来进行智能活动和意识活动。

但意元的存在形式是什么,又是如何基于意元进行各种心理活动、产生意识的呢?此方面的研究还有待进一步拓展。本文着重阐述的是作为智能系统和意识系统基础的被称作意元的基本单位知识的存在形式、性质和作用等,特别是知识叠加原理。

## 二、基本单位知识与基本单位意识

### (一)意元模型

同一个事物可以各种方式被我们认知和意识。考虑一般的情况,认知事物就是关于事物的有关信息被我们以神经系统为核心的认知系统所接收并处理的过程。事物被认知进而被意识的过程,如图1所示。



图1 对事物的意识

关于同一个事物的信息或数据的输入,可以有各种各样的形式,存在着巨大的不确定性:一是精度可以不同;二是存在误差;三是同一事物在不同嵌入维上的投影,特别是高维结构的事物在不同低维空间的投影,可能不同;四是事物内外存在着各种相互作用,致其任一时刻所处的状态都有各种各样的可能;五是其他。也就是说,如果我们把事物自身真正的空间形态称作本征态,把因嵌入空间的不同,或在同一嵌入空间因角度、精度、距离等的不同,或因为事物与外部环境彼此之间存在大量的相互作用(如非线性作用),特别是事物因内部存在的非线性结构或非线性的相互作用,而存在的不断发展变化的各种不同的具体表现形态,称作任意态,那么当任一时刻到来之时,这一事物将以各自一定的概率,同时处于各种可能的任意态,即处于不确定的各种任意态的叠加,则可称之为叠加态。当然,随着这一时刻的实际到来,事物内外各种相互作用的实际实现,事物将由叠加态坍缩为某个确定的任意态。但是,任一时刻事物叠加态的坍缩并不改变在内外各种因素相互作用的支配下,事物接下来继续处于叠加态的状况,即下一时刻事物仍然处于新的叠加态。可以认为,在内外各种因素相互作用支配

下的事物始终处于叠加态和叠加态的不断坍塌的过程中。某一时刻坍塌到的某个任意态,是下一时刻事物新的叠加态及坍塌到新的任意态的基态。关于事物的这种不确定性,也可以理解为存在一个集合,该集合的每一个元素都是这个事物的某种任意态,且该集合的元素有许多。尽管不同元素都是该事物的本征态的具体表现形态,但彼此之间可以存在各种各样的差异。任一时刻事物所处的具有不确定性的叠加态,就是事物以不同的概率同时处于这个集合的所有元素(即各种可能的任意态)的叠加,而不是百分之百确定地处于其中单一的某个元素上。事物同时所处的各种任意态的叠加,比如事物的各种可能形状的叠加,也叫作事物的完形。这也就是说,在处理某个事物的信息过程中,在接收这个事物的输入前,该事物处于不确定的叠加态。只是在接收关于该事物信息的时候,该事物坍塌到某个确定的任意态,接收到的是坍塌后的确定的某个任意态的信息。

具体来说,我们是如何正确地依据输入来对处于叠加态的事物,或者说对具有不确定性的包含该事物的各种任意态元素的集合进行处理而都能获得关于同一个事物确定的本征态认知的呢?

不失一般性地以对一个人的感知为例。一个人的信息,可以光的视觉形式或声的听觉形式或几何的触觉形式等形态独立存在,也可以其中的几种形态同时存在。无论是这个人的视觉形象,还是语音形象,或是脚步声“象”,或触觉形象,甚或他的味“象”,都可以随着角度、远近、背景或身体状态、说话内容、鞋与地面的变化等的不同,而发生各种各样的变化。我们看到、听到、触摸到的,都只是他千变万化的具体状态中的某一个。他的这些千变万化的具体状态,即是任意态(或叫表征态)。而这个人万变不离其宗的真正的视觉形象、真正的语音形象、真正的脚步声“象”、真正的触觉形象、真正的味

“象”,则可相应称之为本征态,比如视觉本征态、语音本征态、脚步声本征态、触觉本征态、味觉本征态等,本征态反映了事物相应的本质特征。这些本征态信息往往不是直接接收到的,直接接收到的一般是反映其本征态的众多任意态中的一个。在接收这个人的这些信息之前,有关这个人的信息处于不确定的叠加态,即这个人的信息以一定概率叠加的方式同时处于各种可能的任意态,也就是说这个人处于叠加态。在接收一个事物的信息之前,对认知系统而言,作为认知对象的这个事物的信息处于不确定的叠加态,就是在接收这个事物信息的同时,事物从叠加态坍塌接收到的是坍塌后的某个确定的任意态的信息,此时有关这个事物的信息才能被确定。在认知一个人时,他可能是“人未到语音先到”,也可能是“脚步声先到”,或是“悄无声息,人已到了眼前”,或“他的臭味把闭目养神中的我熏醒”,即在认知这个人之前,其视觉形象、语音形象、脚步声“象”、触觉形象、味“象”等各方面的叠加态是混合在一起的。这种多方面叠加态混合在一起的状态,可称为混合态。如前所述,如果观测一个事物,实际观测到事物的那个任意态,是包括观测或数据采集在内的各方面内外因素共同作用的结果。比如,给一只不断眨眼的猫拍照以做视觉识别,你趁着它睁眼的瞬间按下了快门,拍到的猫是睁眼还是闭眼呢?拍的时候它的眼睛以各自的一定概率的叠加同时处于包括“睁大着”,或“半睁着”,或“闭着”,或“半闭着”四类典型状态的系列状态,即叠加态。无论睁眼、闭眼的程度怎样,实际拍到的猫只会是那个时刻碰巧实际坍塌到的确定的那个任意态。不过,无论输入的信息是千变万化中的哪一组,即无论对哪一个任意态进行处理,人都将识别出这只猫,产生对这只猫的相应本征态的识别,或认知,或意识。这样,不管实际的具体情况如何,设某感觉道  $X$  以  $n$  维的数据接收事物的信息,经大脑处理后产生  $m$  维的

认知或意识  $Y$  的输出。可以将这个过程抽象地看作是  $n$  维感觉信息  $X$  的输入,经过某种处理后,产生  $m$  维的认知或意识  $Y$  的输出。如式(1)所示,单纯考虑关于某一个事物的感知的最简单情况, $Y$  是一维的,记为  $y$ ,且它仅有“真”或“假”两个可能的取值,而输入是  $n$  维的  $X$ ,那么当  $X$  里出现了某一事物时, $y$  为“真”,知觉到该事物,这时产生对该事物的基本单位意识。考虑  $X$  各成分为加权和关系这样最简单的情形,即有:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n \omega_i x_i\right) = \begin{cases} \text{真, 当 } \sum_{i=1}^n \omega_i x_i \geq T \text{ 时;} \\ \text{假, 当 } \sum_{i=1}^n \omega_i x_i < T \text{ 时。} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $x_i$  是输入  $X$  的  $n$  个成分里第  $i$  个输入的值, $\omega_i$  是第  $i$  个输入的权重, $T$  是确定事物真和假的阈值,为真时,激发产生关于该事物的基本单位意识,为假时,不产生关于该事物的意识。函数  $f$  称为完形函数。

考虑到函数具体形式的不同或形式相同而参数不同的情况,反映一个事物的完形函数可以有无穷多个,且由其非线性性质可知,每个完形函数可以对事物的无数个不同的任意态的输入进行处理。设存在的可以消除相应事物某一个任意态  $X$  下的认知不确定性的信息处理方式,为一个相应于该事物任意态的知识,那么,相应于事物的不同任意态,就存在不同的知识。也可以说,关于事物的某个任意态的知识,就是关于该事物的知识的一个任意态。由完形函数可知,关于相应事物的若干任意态的知识都叠加在这个完形函数里,所以完形函数又称作叠加函数。这种相应于事物的不同任意态的若干知识同时叠加在一起的形态,称之为知识的叠加态。完形函数所能处理的事物的若干任意态,构成一个集合,该集合是事物的任意态集合的子集。完形函数可以一定的方式,比如通过

学习或训练而得到修改,此时完形函数所处理的叠加态里的任意态子集也就相应得以改变。这里说的知识的叠加,常常不是知识的线性叠加。由于所针对事物任意态的典型性、代表性的不同,或事物相应任意态里包含的关键性数据的不同,尽管叠加在一起,不同的知识任意态发挥的作用及效果也不同。输入数据的典型性和代表性除与事物相关外,还与训练相关,这是相对而言的,而各数据成分的关键性主要与它相对于事物的重要性有关。

$X$  的  $n$  维成分不一定是简单的加权和的关系。更一般地,不管  $X$  各成分是何种复杂的关系,都有完形函数:

$$y = f_0(f_1(x)) = \begin{cases} \text{真, 当 } f_1(x) \geq T \text{ 时;} \\ \text{假, 当 } f_1(x) < T \text{ 时。} \end{cases} \quad (2)$$

其中, $X$  为一定数据结构的信息输入, $f_0$  为对  $X$  的不确定性进行处理的非线性函数, $f_1$  可以是线性函数,也可以是非线性函数,反映的是  $X$  各成分间的关系。后面我们还可以看到,一方面不同事物的完形函数可以网络的形式形成相互嵌套的关系;另一方面,同一事物可以光(视觉信息形式)或声(听觉信息形式)等不同的形式输入,并得到综合处理,即相应于同一事物的同一部分的不同本征态的知识叠加态,或同一事物的不同部分的知识叠加态,混合在一起,可以形成关于这个事物的复杂知识,包括混合态知识。叠加态函数和混合态函数统称为完形函数。

式(2)中,完形函数决定着代表该事物的本征态知识是否被激发,规定着本征态知识的一个方面的激发规则。所以,它又是本征态知识的激发函数。所谓本征态知识,是指消除关于事物的本征态的认知不确定性,实现对事物的本征态的确定性认知,从而反映事物的本征态的一种确定性的知识。

这样,前文的图 1 就可以细化为如下图 2 的意念模型。

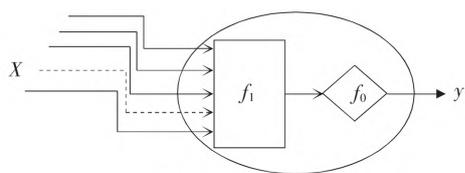


图 2 意元模型

这是一个包括输入  $X$  和输出  $y$  以及中间的意元体  $f$  三个部分的模型:一是输入部分,接收事物任意态的信息;二是信息处理部分,称为基本单位知识的多态处理结构或意元体,任何实际有效的任意态信息的输入都将使得意元体关于事物的知识或信息处理从叠加态坍塌到相应的任意态,从而激发本征态知识输出;三是输出部分,输出确定的与事物本征态相应的本征态知识,且因其确定性而可以作为符号参与系统进一步的信息处理活动,特别是所谓的物理符号系统的活动,包括产生对该事物的认知和意识等各种智能活动或意识活动。模型的这三个部分是一个统一的整体,称为基本单位知识单元。它是意元的具体存在形式及活动的载体,而意元又是以这种形式存在的知识单元的抽象。这个模型则称为意元模型。它与神经元的数学模型具有相同的形式,这为人工神经网络技术向意元网络系统的迁移提供了基础。我们把具有意元模型性质的物理载体称为意原。神经组织就是一种意原组织。不同于神经元模型的是,意元模型的物理实现,即意原可以是一个神经子网,或是包含多个子网的更大子网,只有在极端情况下才是一个神经元。具有共同输入特征的同类型意元可以集成在一起,构成某种形式的某类意元集成。意元可以但不限于在神经网络系统上实现。恰恰因为神经元及神经网络的工作原理天然地符合意元模型,才有了自然界基于神经系统而产生的智慧和意识,才有了人工神经网络模拟技术。意元是我们探讨的智能系统及意识系统产生知识和产生意识的最核心的基础。意元也应该就是陈霖所说的认知的基本单元,基本单位知识单元则是他关于认知

的基本单元的包括神经表达在内的物理表达<sup>[1]</sup>。

## (二)意元的性质

### 1.意元的知识性质

香农(C.E.Shannon)指出:“信息是用来消除随机不定性的东西。”<sup>[4-5]</sup>相应地,我们把知识定义为信息加工系统具备的赖以消除认知不定性的东西,而意元就具有消除对相应事物的认知不定性知识的性质。

### 2.不确定性和确定性知识相统一的性质及知识的叠加原理

意元是以多种任意态知识叠加在一起的这种不确定性的叠加态知识,坍塌到确定的某一任意态知识而激发确定的本征态知识输出的方式,来对事物的信息进行处理的方式。这种信息处理原理称为知识的叠加原理。意元就是以不确定性和确定性知识的统一方式来实现信息加工的。知识的叠加原理是目前所知最合理、最有效、最有意义的,也许是唯一可行的,因而是必不可少的基本单位知识的存在形式或基本单位知识原理。下文所说的意元的诸多性质和作用,正是基于这一原理产生的。叠加态知识也可称为完形知识,是所谓完形现象产生的基础。知识叠加原理也可以进一步推广到各种复杂知识的处理以产生更广泛的应用,如变推理为直觉化判断,或直接唤起经验。

### 3.意元的最小单位性质

因为任一意元代表的只是一定事物自身,而不代表事物所包含的成分及成分之间的相互关系,尽管它对事物包含的成分及相互关系进行着相应处理,且只有一个单一形式和单一意义的本征态知识输出,因而具有最小单位的性质。所以,意元是基本单位知识。当意识到意元时,因为意元是不可分的最小单位知识,所以与意元相应的认知与意识也是最小单位认知或最小单位意识。相应地,作为后文将要讨论的基于意元网络系统实现物理符号系统活动的事物的本义符号,意元既是基本符号,也是基本单位语义。

#### 4.完备性与自洽性

如前所述,一事物可能的形态和关于一事物的描述有无数种,在系统真正接收并处理之前,事物到底处于什么样的形态,由一组什么样的数据去描述,是不确定的。要正确认识事物,就必须对事物的任意态都能进行相应的处理,即必须具备关于事物的各种任意态的知识。但即使如此,选择哪一种任意态知识来处理事物当前的任意态呢?若采用一阶逻辑系统方法或传统物理符号系统方法,就需要做出判断与选择,并运用到任意态知识本身之外的计算知识、判别知识和操作知识,来进行计算、判别、选择与操作,也就是要采用传统的知识系统方法。正如哥德尔所证明的,传统的物理符号系统的知识处理方法,是不完备的。而意念在对事物实际进行处理或作出响应之前,关于事物的所有任意态知识都是叠加或混合在一起的,在应用时输入的事物的任意态信息直接驱动相应的叠加态知识坍缩到相应的任意态知识,产生关于事物的本征态知识的输出,因而不存在要选择哪个任意态知识的问题,不需要做出判断与选择等,所以也就不需要方法外的支持。意念所遵循的知识叠加原理不仅是自洽的,而且也是完备的。

#### 5.底层突现性质

意念不仅如上所述不需要方法外的支持,是完备的、自洽的,而且因为不是在其他知识基础上产生的,所以是突现的,并因此可以作为最底层的知识。意念的这种完备、自洽和底层的突现性,使得以意念作为底层知识的系统自身就是完备的、自洽的,而可以不需要系统外的支持。所以,基于意念网络系统实现的物理符号系统,将是完备的、自洽的。意念的底层突现性和意念网络的完备性与自洽性,是以意念为基础的智能系统和意识系统之所以具有知识的突现、智能和意识的突现,且完备和自洽的基础。因此,意念可以作为构建完备而自洽的智能系统或意识系统的基础。

#### 6.意念之于完备自洽的智能系统或意识系统的必要性和唯一性

一个独立智能系统或意识系统,其自身必须是完备的、自洽的,否则它就不能完备自洽地实现它的机能和完成它的工作,也就不具备独立有效性。

如前所述,哥德尔证明任何一个形式系统,只要包括了简单的初等数论描述,而且是自洽的,它必定包含某些系统内所允许的方法既不能证明真也不能证伪的命题。所以,这样的知识系统或智能系统,比如传统物理符号系统,当然是不完备的,这意味着需要以其他方式突现的知识予以支持,系统才可能是完备的,因而形式化系统原理并不能真正成为底层突现智能或知识的完备基础。就目前而言,知识叠加原理是且唯一是完备的、自洽的底层知识突现的基础。以意念为基础,是完备自洽的智能系统或意识系统知识突现和智能突现的唯一选择。

#### 7.多态性和多智能方式的统一

意念的关于同一事物的多种任意态知识的叠加,即知识叠加态,和它坍缩到知识的某一任意态后输出知识的本征态,并进一步参与包括物理符号系统在内的其他信息加工活动,这样多种形态与多种方式的信息加工得以统一的性质,称为意念的多态性。意念的多态性,不仅实现了知识的多种形态的统一,而且意念的多态性与完备性是实现不同的知识处理方式的统一的基础,是实现人工神经网络系统和物理符号系统等不同智能系统的内在统一的基础。

#### 8.本义符号性质

相应于叠加态或混合态知识被称为完形知识,本征态知识则可称为符号知识。被输出并参与进一步的信息加工活动的符号形式的本征态知识,无论其是何种物理存在形式,都具有形式和含义单一而确定的特点,在接下来的信息处理中,是相应事物在系统里的理想代码或符号,即具有一定的符号意义,而因为其直接由事物的任意态驱动,且反映的是事物的本征态,在

接下来的信息处理过程中,作为符号所代表的是作为意义的它自身,即它是以本义为符号的本义符号,故而具有本义—符号的双重性质,在以各意为基本符号的物理符号系统的信息处理过程中,发挥着符号和相应语义的双重作用。它的本义符号性质是多态性的一个具体方面,是基于意元网络系统进行物理符号系统活动的基础,是乔姆斯基所说的“底层语言结构”的基础。不过,乔姆斯基的“先天的语言结构”或“普遍的语法”还包括在串行活动机制支持下进行包括形式化活动和自然语言活动在内的各种言语活动的统一的机制。

### 9. 意元的接口性质

意元自身的多态性使得意元具有成为不同形态知识处理机制的接口的性质。这一性质是实现不同形态知识的一体化处理和内在统一的基础,也是相关各种不同形态的系统相互链接实现外在统一的接口基础。意元的接口性质,既使得以意元网络系统为接口的不同系统可以相互支持、相互补充及相互协同合作,也使得统一的多形态知识处理系统中的各不同形态的知识子系统可以实现更独立地工作和更自由地进行工程拓展,可以更独立地设计、更独立地发展,可以独立地采用或融入更多方面的科学成果,因而具有极大的工程科学意义和人工科学意义。

同时,非常重要的一点是,本征态知识或说符号知识是不同系统间的知识接口。同一个人或同一个系统关于同一事物的叠加态知识是不同的,而且是可以改变的,而本征态知识是相对稳定不变的;不同人或不同系统的包括感官和神经系统在内的认知系统的微观结构不同,接收的输入和训练数据不同,训练与学习的经历不同,完形函数的形式和参数也就不同,他们关于相同事物的叠加态知识因而也就不同,所以叠加态知识具有私有的性质,彼此之间的叠加态知识无法交流,更不能以叠加态知识为接口来交流。与同一本征态知识相应的不同系统间的

叠加态知识,一般会存在程度不一的差异,不同系统间的相互拷贝、移植、替换,和同一个人的叠加态知识被破坏后类似,需要新的学习和训练,才能够调整和恢复,以达到真正准确有效的水平。而同一系统的关于同一事物的本征态知识是相对稳定的,不同系统之间相同事物的本征态知识的定义是一致的或是可以相互确认是否一致的,也是可以取得一致的,这样,本征态知识就成为了彼此交流的唯一的知识接口标准。这对系统内和系统间知识的继承、系统智力的发展和提高、系统与系统间的交流等而言,都具有关键性的意义。

### (三) 意元的其他作用

消除关于相应事物的认知不定性和以确定性的本征态知识的形式来传播和参与进一步的信息加工活动,特别是物理符号系统的活动,是意元的两个基本作用。这两个基本作用是基于意元以物理符号系统的方式进行进一步处理所必须的。除此之外,我们还可以看到意元的其他一些作用。

#### 1. 抽象作用

利用意元可以实现把夹杂着大量非本质特征或非本质属性,甚至夹杂着其他各种干扰噪声的信息转化为反映事物一定本质特征或本质属性而又排除了大量干扰噪声的信息,把基于量意义上的(数据性)信息转化为质意义上的(知识性)信息。尤其重要的是,意元实现了从同一事物的无限可能存在形式,即各种任意态信息中,抽象出关于这一事物的具有单一意义的本征态信息,作为参与进一步加工的该事物的本征态知识的作用。

#### 2. 转换作用

利用意元可以实现把不确定的信息转化为确定性信息,把模糊信息转化为精确信息,把不能一目了然的数据性信息转化为便于理解的知识性信息的转换作用,等等。

#### 3. 压缩作用

意元在发挥抽象作用和转换作用的同时,

常常也起到了把大量信息压缩为小量的信息的作用。

#### (四)意元带来的与传统人工智能系统的区别

##### 1.传统人工神经网络方法与传统知识处理方法的不同

与传统的知识处理方法不同,传统人工神经网络采用了知识叠加原理,具备了叠加态知识和混合态知识处理的能力,但基本没有利用本征态知识进行物理符号系统活动。

##### 2.意元的多态方法与传统人工神经网络方法及传统的知识处理方法的不同

与传统人工神经网络方法和传统知识处理方法不同,意元方法不仅采用了知识叠加原理,而且基于它可以进一步实现物理符号方式或形式化原理方式的处理,可以实现叠加原理与形式化原理的有机结合。而传统知识处理方法则只是形式化原理方法,几乎完全不具备叠加态知识和混合态知识的处理能力,尽管某些时候以形式化处理的方式也可以处理由叠加态知识和混合态知识处理的问题,但是,一方面这样的处理本质上还是采用的形式化原理;另一方面它依然存在固有的各种根本性困难。不同人工智能方法的知识处理原理比较,如表1所示。

表1 不同人工智能方法的知识处理原理

人工智能方法	形式化原理	知识叠加原理
传统知识处理方法	是	否
人工神经网络方法	否	是
意元方法	是	是

### 三、意元网络

各种意元依据它们所代表的事物彼此之间的关系连接和组织起来所构成的网络,即为意元网络。复杂知识活动是基于意元网络来实现的。

#### (一)意元网络的组织

意元网络上每一个意元代表一个事物,不同的意元,代表不同的事物。具有共同输入特征的同类型意元最好集成在一起,构成某种形式的某

类意元集成。各类意元集成是意元网络的有机组成。各意元之间仅有“或”关系的意元集成,在意元网络上发挥着相当于一个意元的作用。意元集成与意元网络是两个不同的概念。

意元网络上的各个意元,依据它们所代表的事物彼此之间的关系来连接和组织,是意元网络组织的基本规则。尽管各个意元都属于基本单位知识,同样处于系统的底层。但按认知过程或不同意元的抽象关系,不同的意元可能处于不同的抽象层次或认知层次。从这个意义上来说,意元网络也是一个深度网络,并因此而可以采用深度学习的一些技术。不同于深度学习网络的是,深度学习网络抽取的是特征,意元网络抽取的是基本单位知识。在对一个事物的学习与处理过程中,深度学习网络的一些非本质特征被当作本质特征发挥作用而不能自知,表现为过拟合现象而难以自行纠正等。在意元网络中,借助意元的串行物理符号活动,经验与学习会促使系统确定意元之间的本质关系,舍弃非本质关系,即舍弃非本质特征,保证具有本质关系的特征意元发挥关键作用,而可以自行纠正和避免过拟合。也正因为如此,意元网络的学习,更多地依赖于意元之间关系的学习,而不那么在于训练次数,甚至一次就够。这种学习,可称之为符号方式的学习或联想方式的学习,有“知即得”的特点,知道了,也就学到了,其本质是本征态知识的学习,是实现以本征态知识为输入的知识的叠加学习,或是符号知识的记忆性学习。传统人工神经网络的学习,相当于一般信息知识叠加学习,即逼近完形函数的学习。深度学习技术相较于传统人工神经网络的进步,虽然源于它实际更多地利用和发挥了意元网络的本征态知识的抽象作用,但深度学习技术方法并不包含进一步基于意元网络来进行物理符号系统活动的技术方法,因而功能有限,其本质依然是数据驱动而非知识驱动,缺乏理解力,更缺少相应的意识,也就依然属于弱人工智能的范畴。

依据意元所代表的事物而具有的关系构成是意元网络的核心部分,也是最基础的部分,称为基础意元网络。这是意元网络的知识表示部分。网络上的各种意元所构成的关系能够反映这些事物之间的关系,是这些事物彼此关系的摹写。人们关于多层神经网络可以任意精度逼近任意非线性函数的万能近似定理(universal approximation theorem)<sup>[6-7]</sup>,对于意元网络同样有效。万能近似定理也是前面我们声称意元网络系统具有完备性的依据。意元网络可以反映任何事物,包括它的各种构成要素和结构关系以及事物自身。理论上意元网络可以实现对世间万物和世界的全面而深刻的摹写。规模庞大的意元网络中各意元的关系过于复杂,彼此之间的关系无法进行人工设定,只能依靠学习和训练来确定。人工神经网络的各种技术可以作为这方面的现成基础。

此外,在其串行活动机制等一定辅助机构支持下,基于意元网络来实现一定的功能时,还有相应的其他一些辅助规则。相应地,意元网络上的另一种连接方式是:在意元语义网络上存在或设置一定的网络运行机制或网路,通过它们把各意元连接起来,实现以意元为节点的各种辅助性的或扩展性的,甚或是高级的功能性活动,以实现各种更复杂的智慧活动或意识活动,即以基础意元语义网络为基础,以一定的方式方法存在或配置一定的辅助运行机制,从而支持意元网络实现其相应的功能,这就形成了意元网络的辅助运行部分,或者说实现更多的各种功能的功能部分。所谓一定的辅助运行机制是指以一定的装置,依据一定的运行规则并执行一定的操作,以实现相应功能,或完成相应任务的一套完整体系或机制。这一部分包括意元网络串行活动机制和觉醒机制等辅助运行机制中的基础部分,包括进行诸如觉察或感知、铭记与回忆、联想、想象、思维等各种心智操作的装置;进行自然语言表达、逻辑语言表达,或其他各种表层表示方式的表达装置;为实现这

些心智操作或表达而需要的实现状态记忆的短时记忆装置,为维持活动的目的、方向和按计划有序进行而需要的意识导引和注意的意志控制装置等较表层的部分。它们都有自己相应的运行规则,能执行一定的相应操作,实现一定的功能或完成一定的任务,这是意元网络的支持部分或辅助运行部分。得到的相关辅助机制的支持不同,意元网络具有的性质和能实现的活动,也就可能会有所不同。所以,意元之间的连接方式有两种。相应地,意元网络也包含基础意元网络和辅助运行网络两个部分,这两个部分是一个融合的整体。

### (二)意元网络的存算控一体化性质

包含基础意元网络和辅助运行网络两个部分的意元网络,具有完全的存算控一体化性质。关于事物完整的知识表示,以及对事物的各种完整的认识功能,是基于意元网络来实现的,如图 3 所示。意元网络不仅是知识的存在形式或表示形式,而且也是实现知识处理功能的组织结构形式。

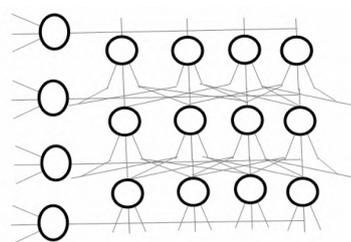


图 3 意元网络模型(简化的局部)

由此,不仅可以在意元网络上储存知识,而且可以基于意元网络活动处理知识;不仅能够实现一定的计算功能,而且能够实现一定的控制功能。具体而言,一个意元接收来自若干其他意元的输入及其他信息输入,触发知识的多态处理(知识的提取、计算与运用),同时它自己的输出(知识的提取与输出)也是其他若干意元的输入。同时,不仅实现了对该意元完形函数的调整或修改,也实现了其他各相关意元完形函数和函数关系的调整与修改,可实现更广泛的知识的学习、存储与运用,且这一过程的控制

功能也是融合在一起的基础意元网络和辅助运行网络协同实现的。意元网络上的所有意元,依据它们所代表的事物之间的关系,借助它们彼此之间建立的输入—输出端的相应联系,实现相应关系的表示、存储和处理(包括相应的计算和控制)功能。意元之间的这些联系或连接,不仅是这些意元彼此之间最基本的联系的存在形式,也是这些意元之间最基本的知识存储、知识处理与控制机制,实现与这些意元相关的最基本的存算控一体化信息处理。其中,实现这些最基本信息处理的核心是各意元自身。意元是意元网络各种联系或关系的物理和语义上的节点,也是知识存算控一体化处理的节点。

意元网络上各意元的完形函数的形式及其参数,一般需要通过学习和训练等方式来确定和调整。意元网络包含大量的叠加态知识,而且各意元之间的叠加态知识相互嵌套,意元网络若被破坏,或意元网络的一部分来自其他不同网络的拷贝和移植,范围越大,叠加态知识受损的程度就越大,那么恢复或重新调整时,所需要的训练和学习次数以及时间也就会更多。中风和脑外伤病人的临床表现就是如此。

总之,所有意元一起借助它们之间的复杂连接,相应地构成各种复杂处理机制,它们一起构成意元网络这样一个整体系统,是构成或产生关于事物的一定知识和意识的基础,是实现对世界完整的、最基本的摹写的基础。在意元网络的基础上,以一定的方法配置一定的串行活动机制等,组成更完备的意元网络系统,即人工意识系统,可以支持和实现记忆、联想、想象、思维、表达和意志活动等更广泛的功能,可以实现各种表层知识活动。所以,意元网络只是以意元为知识的基本单位的表示方法中最基本的一种,是其他表层知识表示与处理方法的所谓深层结构,是脑内知识存在的底层结构,也是知识系统的核心结构。除此之外,还可以存在或产生几乎是无穷多种以意元为基础的表层知识表示方法,即表层结构。这里我们讨论的意元网络是一种具体存在,而在更抽象的意义上,即在数学

意义上,还存在意元网络的某种形式化结构。

### (三)意元网络的意义与作用

作为意元网络的节点作用的更重要方面,是意元的知识叠加态机制和本征态知识输出,使得意元不仅发挥着前述各种信息转化节点的作用,而且意元网络也发挥着组织信息加工的作用,其结果是实现了把一般的信息处理转化为了知识处理。具体来说,其把对不确定的信息的处理转化为对确定知识的处理;把对模糊信息的处理转化为对精确知识的处理;把基于量意义上的信息处理转化为质意义上的知识处理;把对夹杂着大量非本质特征或非本质属性甚至夹杂其他各种干扰噪声的信息处理,转化为对反映事物本质特征或本质属性的知识进行处理;把对大量信息的处理转化为对小量知识的处理,从而实现了把同一事物信息存在形式的无限可能,转化为了关于这一事物的明确的具有单一意义的本征态知识,使得以本征态知识来组织进一步的物理符号系统的信息加工成为可能。

总之,意元及意元网络实现了把一般意义上的信息加工变为以基本单位知识为节点的信息加工。这不仅简化了计算,减轻了计算的负担,而且更符合事物的规律,或更符合认识论规律;不仅提高了信息加工的准确性和效率,而且因为把对数据信息的处理转化为了对知识的处理,从而提高了信息加工过程和 Information 加工结果的可解释性和可读性或可理解性,并可以克服深度学习常常遇到的过拟合现象和泛化现象。更有意义的是,在具有理解力的系统中,意元和意元网络是系统实现对事物的理解的最核心基础;在有意识的系统中,是产生意识的最核心基础,是精神系统产生精神的最核心基础。

意元作为节点的组织作用的实质是:一方面,可以把事物不确定的叠加态完形信息转化为单一的清晰明确的符号信息,或确定的本征态知识形式的信息;另一方面,它又实现了把关于事物的符号信息和相应的符号信息处理机制分布式地储存在网络上的知识叠加的功能。作

为节点的意元,在前述符号知识与完形知识、本态知识与标态知识知识转化过程中发挥作用。这对于采用标态知识(即形式化的知识)的人工知识系统或人工物理符号系统具有重要意义。

#### (四)意元网络上的底层知识和表层知识活动

存在于意元网络上的知识是底层知识。意元是其基本单位知识。意元网络上的关于事物的知识,是由与事物及事物的结构、性质、特点、相互作用等相应的意元构成的,是以这些意元之间的相互关系的形式存在的。网络上各种意元及相互关系构成该网络关于世间万物的知识的叠加态和混合态。意元网络上各意元在活动时,它接收的输入触发叠加态知识坍塌到任意态知识并输出本征态知识。基于意元网络的这种底层知识及其活动,在一定辅助活动机制的支持下,可以进行各种各样形式的表层知识的活动,包括可以有目的、有重点地记忆、思维、想象、语言表达等。在进行这些活动的同时,底层意元网络上关于世间万物的混合态知识才能以某种实际的、具体的、确定的方式展现。意元网络的活动原理,是所谓意识、下意识、无意识现象以及乔姆斯基等描述的语言结构现象等产生的共同基础。

#### (五)基于意元网络形成的关于事物的内心映像

马克思说:“蜘蛛的活动与织工的活动相似,蜜蜂建筑蜂房的本领使人间的许多建筑师感到惭愧。但是,最蹩脚的建筑师,从一开始比最灵巧的蜜蜂高明的地方,是他在用蜂蜡建筑蜂房以前,在自己的头脑中已经把它建成了。”如何在心中构建事物的映像呢?这里所谓事物的映像,是指事物在内心以各种方式呈现,可以是关于事物的心理图像,或心中构想的事物,甚至是精神世界或内心的小宇宙。

##### 1.最小单位“心像素”

假设心中呈现的事物的映像是由一系列基本单位构成,并称之为“心像素”,那么一旦映像的各个心像素的值确定了,这个映像也就确定

了。而关于事物的映像上各个心像素的值,就是关于事物在相应位置上“是什么”的知识。作为映像的“元素”的心像素是最小构造单位,当然也没有细节上的内容,所以心像素的值也就是以最小单位形式存在的知识,即基本单位知识,也就是意元。

所以说,意元不仅是知识表示的基本单位,意元还是事物的映像的构造单位或显示单位。事物的内心映像是由意元构成的。

##### 2.映像的组织

与物理像由处于同一层次的像素构成不同,一事物的内心映像由该事物的意元以及若干与该事物不同层次上的结构成分和结构关系相应的意元构成,即一事物的映像必然包括与该事物相应的意元。构成映像的其他意元越多越丰富,映像就越清晰越鲜明。这是基于意元网络的并行活动,关于同一事物的不同层次上的结构成分和结构关系的相关意元而可以(但不必定)同时呈现(处于某种激发状态)的。

意元之间的语义关系,是意元的坐标系。关于同一事物不同部分意元的语义,就是它们的坐标值,因而各意元自然而然地处于它们各自相应的语义位置,也就自然而然地构成事物的相应映像。

以关于一个人的映像为例。物理上的人像可以由若干物理像素构成。但内心映像除必须包含这个“人”意元以外,同时不仅可以包含各个“物理像素”意元,还可以包含这个人的各个“器官”意元,甚至这个人脸上某个特征的“特征”意元,但也可以不包含“人”意元之外的其他某些意元。包含的相关意元越丰富,关于这个人的映像越鲜明,包含的意元越少,映像越模糊,甚至只是一个抽象观念(某“人”意元)。

##### 3.训练的作用

学习与训练的作用,不仅是实现由相应的事物定义各意元,而且意元之间的关系也是通过学习与训练直接由它们所代表的事物之间的关系来定义的。只有这样,关于同一事物的系列意元,一方面反映了它自己的表征物,另一方

面又确定了系列相关意元彼此之间的语义关系,从而也确定了它自己的语义位置,即在复杂语义关系中的位置或语义“坐标”。也就是说,这样定义的所有意元,才都处于它们自己相互的语义关系位置上。因为意元是按它们所代表的事物的本义定义的,它们也就无需声明、无需另外定义而自然继承了其语义所具有的属性和关系。这些属性和关系,是由它们所处的语义网络,特别是它们的复杂语义关系集体赋予的。因而各意元也就自然而然地处于它们各自的语义位置上,而无须另外附带它们的语义坐标。所以,学习与训练既定义了意元,也定义了意元的坐标,进而定义了整个坐标系。这是造成网络局部损害之后的恢复,需要一定的学习和训练的另一个原因。

也正因为如此,在构造事物映像的时候,意元网络系统会自然地以正确的内容呈放在正确的位置上,从而实现事物整个映像在空中自然且“正确”呈现,既不需要额外的定位信息,也不需要另外依托别的什么方法和技术去搭建或捏合。事物的映像是以事物的各相关意元并行激活与呈现的方式实现的,因为意元之间不存在包含—从属等的直接联系,在映像的构建中各种意元是相互独立的,因而可能产生许多有趣现象(如图4所示),包括在心理实验中表现出的所谓“割裂”或“分离”现象。但心理映像中同为基本单位的不同心像素,在物理意义上可能存在层次关系与包含关系。



图4 同一物理图像产生不同的意元,构成不同的心理映像(系他人作品,作者不明)

#### 4. 内心小宇宙与意识

关于世界各种各样事物的基本单位知识或

意元以及和它们组成的意元网络,构成关于世界各种事物的认识,进而也在系统内心构成对于世界的认识,构成关于整个世界的内心小宇宙或内心世界,而成为意识的某种基础。

借助意元网络,不仅可以构造和呈现事物的映像以及各种心理物,在意元网络的各种辅助运行机制支持下,还可以实现对事物映像和内心的小宇宙进行各种心智操作,包括分解、组合、旋转、扩展、拉伸或压缩的想象活动,甚至形象化的创造活动,可以依托映像来进行形象化思维,进行语言表达、逻辑思维与表达,或其他各种表层知识表示方式的思维与表达,从而实现一定的意识活动。

#### 四、小结

存在最小单位知识,称之为意元。意元以知识叠加原理的方式工作,即在接收到关于相应事物的任意态信息输入时,意元将从关于该事物的不确定的知识叠加态坍缩到相应某一确定的知识任意态,并以相应事物的本征态知识输出。任意一个意元及其本征态知识都有自己清晰、明确、唯一的含义,即代表一定的事物,并因而无歧义、易于被理解,方便调制为各种类型的信号以参与进一步的信息处理,特别是以图灵机方式、或物理符号活动方式、或形式化方式实现意志与认知活动,是产生对事物的基本单位意识的基础,这使得意元系统可以是传统知识系统与传统人工神经网络系统的完美结合。

若干意元以它们所代表的事物本身所具有的关系构成意元网络。

知识叠加原理及意元的完备性、自洽性和突现性,是意元网络系统的完备性、自洽性以及知识突现和智能突现的基础,这也是它区别于传统知识处理方法的最重要特性之一。基于意元网络,可以由相应各种意元以一定的方式或关系来构建关于一定事物的复杂知识和映像,甚至可以构建一个关于世界的内心小宇宙。意元,是机器产生知识、产生意识的最核心的基础。

(下转第136页)

算书,获得了良好的效果。电涡流是一种 19 世纪就发现的电学现象,桥梁风工程中心导师敏锐意识到电涡流原理可以应用于阻尼器开发,于是带领研究生开始了电涡流阻尼器的研发,解决电涡流效率低及阻尼器发热等难题,最终研发了多款电涡流阻尼器并应用于实际工程,同时大大提高了研究生的创新能力。

#### 四、结语

为了培养服务国家创新发展、高质量发展的高水平人才,湖南大学桥梁风工程团队经过长期探索与实践,形成了严格考核、改革教学、创新科研的研究生培养模式,大大提高了研究生的综合素质和创新能力,使其走向社会成为科研队伍中的重要力量,学院科研成果丰硕,如陈政清院士领衔的“风工程与桥梁工程研究团队”被认定为第二批“全国黄大年式教学团队”;以电涡流阻尼技术为核心的研究成果获得“第五届中国‘互联网+’大学生创新创业大赛主赛道全国总决赛金奖”等。不仅为社会输送出大批具有创新能力与实践能力的高水平专业人才,同时还取得了良好的社会效益与经济效益。

(上接第 121 页)

有关意元以及知识叠加原理和基于意元网络实现物理符号系统活动,实现各种智力活动或意识活动等的原理,统称为意元学说。意元是关于智能和意识的新的科学理论和科学方法的原点。意元学说为实现物理符号系统和人工神经网络系统等传统人工智能的内在统一而在方法上和理论上奠定了基础。意元应该就是陈霖所说的认知的基本单元。

关于意元网络的本质和结构与算法,关于系统如何基于意元网络以图灵机方式或物理符号系统活动方式或实现形式化活动方式进行活动,如何产生意识,等等,将另文讨论。

#### [参考文献]

[1] 陈霖.新一代人工智能的核心基础科学问题:认知和计

#### [参考文献]

- [1] 李占华,朱艳,姚霞,等.“双一流”建设背景下交叉学科研究生培养的探索与启示[J].学位与研究生教育,2020(4):17-23.
  - [2] 洪大用.研究生教育的新时代、新主题、新担当[J].学位与研究生教育,2021(9):1-9.
  - [3] 李方元,吴培峰.土木工程研究生培养模式与能力现状调查[J].中国研究生,2017(1):51-54.
  - [4] 王平,王瑞芳,周莹,等.研究生导师指导模式和指导方法研究现状分析[J].高教学刊,2021(28):94-97.
  - [5] 和天旭.研究生培养质量影响因素分析与对策[J].教育教学论坛,2021(33):177-180.
  - [6] 付建伟.学术型研究生创新能力培养现状及改善策略[J].教育教学论坛,2019(4):132-133.
  - [7] 魏淑艳,张博文,武育芝.我国研究生培养政策范式变迁与思考——基于 1949—2020 年政策文本的分析[J].现代教育管理,2021(11):79-88.
  - [8] 姚芳,袁晓玲.学术型研究生培养质量现状与提升对策研究[J].教育教学论坛,2019(18):237-239.
  - [9] 邵永健,毛小勇,赵宝成,等.提升土木工程专业研究生实践能力和创新能力的研究[J].工业和信息化教育,2020(3):89-94.
  - [10] 赵丁选,王敏,卢辉斌.多主体协同的工程专业学位研究生培养模式探索与实践[J].学位与研究生教育,2021(12):9-19.
- 算的关系[J].中国科学院院刊,2018(10):1104-1106.
  - [2] 谈加林.“整体优先”等说明了什么——论意识的基本单位:意元[J].现代教育研究(现名湖南师范大学教育科学学报),1995(4):80-86.
  - [3] 谈加林.意原学说[J].现代教育研究(现名湖南师范大学教育科学学报),1996(1):60-65.
  - [4] Shannon C E. A Mathematical Theory of Communication Part 2[J].The System Technical Journal,1948,27(03):623-656.
  - [5] Shannon C E. A Mathematical Theory of Communication Part 1[J].The Bell System Technical Journal,1948,27(04):379-423.
  - [6] Hornik K,Stinchcombe M,White H.Multilayer Feedforward Networks Are Universal Approximators[J].Neural Networks,1989,2(05):359-366.
  - [7] Cybenko G. Approximation by Superpositions of a Sigmoidal Function[J].Mathematics of Control, Signals and Systems,1989,2(04):303-314.