

拟人类思维的形式结构模型

王蓁蓁, 邢汉承

(东南大学 计算机科学与工程学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 人工智能的迅速发展促使人们关注人脑思维功能并积极开发概括性的心智模型. 如果能恰当地表示人类思维特征和推理方面的信息, 则对智能概念的理解十分有益. 因此在现有的思维科学研究基础上, 将人类思维形式化, 为它构造一个数学模型, 主要包括对知识空间, 直觉空间, 潜意识空间这三个空间进行形式建模. 以此说明人类思维的重要特征是: 在知识空间里人类思维是逻辑的; 在潜意识空间里, 虽然人类思维出现随机、混沌现象, 但在整体上仍是属于人类的理性活动, 所以总能在与之联系的直觉空间里, 找到“确定性”的概率方式进行, 也就是说直觉空间是提供算法的. 最后简单叙述它的理论可行性, 由此阐述人类思维的创造性功能.

关键词: 人类思维; 知识空间; 直觉空间; 潜意识空间

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785(2008)06-0529-07

A model simulating the formal structure of the human mind

WANG Zhen-zhen, XING Han-cheng

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: The rapid development of Artificial Intelligence has inspired researchers to pay close attention to the functional structures of the human mind and to actively develop general mental models. It would improve our understanding of intelligence if we could properly model the characteristics of human thought and something about how it makes inferences. On the basis of existing studies of the mind, we constructed a formal mathematical model of the human mind. This model includes formal descriptions of the knowledge space, the intuitive space and the subconscious space. It reflects key facets of the human mind: the ways of thinking in the knowledge space are logical so that on the whole behavior is rational; the subconscious space is stochastic or chaotic in nature; in the associated intuitive space, it proceeds in a probabilistic way, suggesting the intuitive space provides algorithms. Finally we discussed the theoretical feasibility of this model to illustrate the creative ability of the human mind.

Keywords: human mind; knowledge space; intuitive space; subconscious space

人工智能企图创造高智能的“机器”, 自然要模拟人脑创造性思维, 即开发概括性的心智模型, 这种模型可以反映与人脑思维相关的问题. 至今为止, 对此任务作出贡献的有许多, 如 Edelman 从生物角度提出他的心智模型. 在他的模型中, 概念的形成过程表现出类似于活细胞的聚类过程^[1]. 日本的 ATR 的进化系统部致力于开发新的信息处理系统, 称为“人工脑”, 它具有自治能力和创造性^[2]. 还有我国学者孙承意于 1998 年提出了一种新的进化计算方

法, 称为思维进化计算 (mind evolutionary computation, MEC). 它是模仿人类思维中趋同、异化两种思维模式交互作用, 推动思维进步的过程. MEC 实际上采用“趋同”和“异化”操作代替遗传算法 (GA) 的选择、交叉和变异算子^[3-5]. 现在, 提出一个拟人类思维的形式模型, 是深入研究人类思维的本质, 尽可能外化地、形式地构建“类人”的思维结构, 然后在此基础上开发出算法, 从而达到模拟功效. 它与上述模型的区别是: 它是基于人类的思维活动规律之上的, 并着眼于创建知识、意识、推理等各种结构以及其相互关联形式的表述, 是以 (现代) 数学作为理论框架; 其次, 西格蒙德·弗洛伊德 (1842—1910) 指

收稿日期: 2008-01-04.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (90412014, 60572071).

通信作者: 王蓁蓁. E-mail: wangzhenzhen@seu.edu.cn.

出在大脑的意识层以下发生着许多事情,他把梦看做是真实愿望、理想和期望的反映,而不是理性的推断,而这里提出的形式模型中的潜意识形式化则把人类的潜意识部分可以看作是由人们经验形成的意识部分,其上的推理也可以作为人类的另一种理性面。

1 人类思维结构构建

1.1 3个空间

实际上,人脑的思维活动总是构建在下述3个空间之上的:知识空间、直觉空间、潜意识空间^[6-8]。

人们处理问题(特别是复杂问题)时,首先是凭感觉认为问题的解决应该从哪里入手,包括问题如何表述以及解决途径的规划,这里的感受牵涉到直觉空间,然后人们利用知识空间里的知识体系,力图逻辑地合理地演绎出问题的“答案”。人们在知识空间中的思维活动,常常与直觉空间、潜意识空间中的思维活动交织在一起。人们思考时,直觉空间和潜意识都不时地左右人们思维进程和方向。直觉空间以及它本身的见识和才华激发人们的创造才能。潜意识空间一方面以其固有的模式(甚至是遗传本能)局限着人类思维范型,另一方面又以其非理性的意识流诱发人们的灵感。特别是当问题困难到一筹莫展时,直觉空间的半理性思维和潜意识空间的非理性思维开始活跃。人们开始模糊地,随机地在知识空间里探索问题解决的逻辑途径,有时突然出现了问题解决的“切入点”,它的到来往往有助于问题的解决,这便是人们所说的“灵感”。

1.2 形式描述

为了模拟人脑的思维,把上面的叙述形式化。

1.2.1 知识空间形式化

现在假如处理某一个智能问题,在某一个观点下,该问题构成一个特定的体系。观点不同,这些体系自然也不尽相同。用 x 记某一个观点, Ω^x 表示在 x 下该问题形成的体系。注意对所有的 x ,在 Ω^x 的内部都能进行逻辑演绎,通过演绎找到问题的解答,这时便说在 Ω^x 上产生了一个逻辑建构 β^x ,否则便说它不产生逻辑建构。但为了方便,仍记之为 β^x ,不过这里表示的是空建构罢了。这样对每一个 x ,都有一个点 (Ω^x, β^x) ,它本身是复杂的。尽其所能,所有的点 (Ω^x, β^x) 便构成一个空间,称之为知识空间。

上述知识空间记为 \mathcal{K} ,它依赖于具体的知识,与人类认识能力有关。因观点数目假定至多可数,故

知识空间里的元素数目也至多可数。该空间与它的所有子集构成的 σ -代数,记为 \mathcal{B} ,于是 $(\mathcal{K}, \mathcal{B})$ 成为可测空间(σ -代数和可测空间的数学定义可参考文献[9]),它在理论上存在^[7]。

知识空间有两种作用:知识储存和理性推理。前者体现在 $(\mathcal{K}, \mathcal{B})$ 结构中,后者指的是在该空间上,人们思维范型是理性推理。理性推理是个广泛概念,主要指以因果关系为骨干的连续性推理活动,相对于每一具体学科,它指该学科现有的、通用的推理活动。

特别的,当一个智能问题牵涉到的观点是单一的,或者精确地说,人们只愿意在某一个观点下讨论问题,这时 (Ω^x, β^x) 便是惟一观点 x 下的可测空间。在它上面实施的逻辑推理便是我们熟知的推理活动,它是日常生活和科研活动中经常采用的思维方式。

然而在人们思维活动中,逻辑推理智能在该空间上的作为,实际上是将它投影到另一空间或者说是重叠于其上实现的,这一空间便是直觉空间。在人类认知过程中,人的理性不断地把自身从和环境的具体接触熟悉的活动中解放出来,从而逐渐形成一种纯粹创造功能,该功能便是直觉。因此,与其说直觉空间是一个“具体”空间,倒不如说它是一种能力,因此它的形式化便是算法。

直觉空间的功能,主要归功于长期受到整个人类逻辑推理活动的熏陶,使得它的真知灼见具有理性品格。但是它仅仅是一种算法,所以它依赖于潜意识的作用。因此直觉空间所体现的算法,依赖于潜意识的形式化。下面就先讨论潜意识空间的形式化,然后讨论直觉空间的形式化,即在潜意识空间和知识空间之间建立联系的算法。

1.2.2 潜意识空间形式化

受到 Marcus Hutter 一书^[10]的启发,潜意识空间形式化根据以下几个原则:1) (奥卡姆剃刀)简单性原则;2) 伊壁鸠鲁多重原则;3) 休谟的怀疑原则;4) 贝叶斯的后验修改原则。

对于知识空间里的每一个元素 (Ω^x, β^x) ,潜意识提出一种复杂度测量,简记为 $K(x) = K(\Omega^x, \beta^x)$ 。于是对于 β^x 逻辑建构的存在的可能性,潜意识认为它等于 $2^{-K(x)}$ 。它呈现了一种(抛掷均匀硬币,正面朝上)随机思维解决问题的主观判断。而潜意识对整个问题的把握便是 $\sum 2^{-K(x)}$,假定(在某种编码

下), $\sum 2^{-K(x)} \leq 1$. 这里, 复杂度越小, β^* 存在的可
能性越大, 这是简单性原则. 总和 $\sum 2^{-K(x)}$ 体现了伊
壁鸠鲁多重原则, 即所有能解释事情的理论都应并
存. 如果总和 $\sum 2^{-K(x)} < 1$, 则潜意识对于问题在当
前知识空间体系下解答具有怀疑态度, 在以后的直
觉推理活动中, 诱导出似有顿悟的若干点 (Ω^*, β^*)
以补充到知识空间中去, 形成更完善的知识空间. 并
使潜意识感觉到的总和增加到 $\sum 2^{-K(x)} +$
 $\sum 2^{-K(*)} = 1$, 其中“*”表示似有顿悟但是说不
出的东西. 这里不仅反映了对人类现存理性的怀疑,
也是一种后验修改原则.

依据上述原则, 即根据 $\sum 2^{-K(x)}$ 类似的度量, 人
类潜意识具体分为 3 个层次.

1) 浅层次潜意识空间. 所有元素 (Ω^*, β^*) 构成
一个知识空间 \mathcal{A} , 其中所有的子集构成的 σ -代数
 \mathcal{B} , $(\mathcal{A}, \mathcal{B})$ 为可测空间. 令 M 表示 \mathcal{A} 上的所有有
限测度 (测度的数学定义可参看文献[9]) 组成的空
间, 假定可数, 那么 M 及其所有子集构成一个 σ -
代数记为 \mathcal{U} , 称 (M, \mathcal{U}) 为知识空间上的测度空间.
这里, 由 $\sum 2^{-K(x)}$ 这种类型构成的测度便是 M 中的
一个元素, 把它看作是最主要的一个元素.

2) 深层次潜意识空间. 记 w 为无穷元素序列,
即 $w = x_1 x_2 \cdots x_n \cdots$, 其中 x_i 代表知识空间中某元素
 (Ω^i, β^i) . 记 W 为所有 w 组成的集合, 即 $W = \{w\}$.
令 $\Gamma_{x_1 \cdots x_n} = \{w | w = x_1 \cdots x_n * * * \cdots\}$, 它表示 W 中
所有前 n 个元素分别为 x_1, x_2, \cdots, x_n 的无穷序列 w
的集合. 设 f 为 W 上的“函数”,

$f: W \rightarrow \Gamma = \{\Gamma_{x_1 \cdots x_n} \text{ 上的“布朗”运动}^{[11]}\}$,
即 $\forall w = x_1 x_2 \cdots x_n \cdots, f(w)$ 表示在一系列柱集 Γ_{x_1} ,
 $\Gamma_{x_1 x_2}$, $\Gamma_{x_1 x_2 x_3}$, $\cdots, \Gamma_{x_1 x_2 \cdots x_n}$, \cdots 上的布朗运动, 即
 $\{\Gamma_{x_1 \cdots x_n}\}$ 是一组马尔可夫过程.

举个例子来阐明上述概念, 假设

$$w_1 = x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 \cdots, \quad w_2 = y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 \cdots,$$

$$w_3 = z_1 z_2 z_3 z_4 z_5 z_6 \cdots, \quad w_4 = x_1 x_2 x_3 y_1 y_2 y_3 \cdots,$$

$$w_5 = x_1 x_2 x_3 z_1 z_2 z_3 \cdots, \quad w_6 = y_1 y_2 y_3 x_1 x_2 x_3 \cdots,$$

$$w_7 = z_1 z_2 z_3 y_1 y_2 y_3 \cdots, \quad \cdots$$

无穷序列比如 w_1 表示人们思考问题所采取的一系
列观点, 首先是观点 x_1 , 然后是 x_2, x_3, \cdots . 那么 Γ_{x_1} 就
是这样的集合, 它是所有第一个元素是 x_1 的无穷序
列 w 的集合, 即 $\Gamma_{x_1} = \{w_1, w_4, w_5\}$, 也就是说 Γ_{x_1} 是

以观点 x_1 为主的空间. 至于 W 上的函数 f , 比如
 $f(x_1 x_2 x_3 \cdots)$ 就为

$$f(x_1 x_2 x_3 \cdots) = \begin{cases} \Gamma_{x_1} = \{w_1, w_4, w_5\}, \\ \Gamma_{x_1 x_2} = \{w_1, w_4, w_5\}, \\ \Gamma_{x_1 x_2 x_3} = \{w_1, w_4, w_5\}, \\ \Gamma_{x_1 x_2 x_3 x_4} = \{w_1\}, \\ \cdots \end{cases}$$

它表示在一系列柱集 $\Gamma_{x_1}, \Gamma_{x_1 x_2}, \Gamma_{x_1 x_2 x_3}, \cdots, \Gamma_{x_1 x_2 \cdots x_n}$,
 \cdots 上的布朗运动, 比如在 $\Gamma_{x_1 x_2 x_3}$ 上, 见图 1, 思维在
 w_1, w_4, w_5 上作随机运动, 当随机到 $w_1 =$
 $x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 \cdots$ 时, 实质上是在乘积空间 $\Omega^{x_1} \times \Omega^{x_2} \times$
 Ω^{x_3} 思考, 但背景受到 $x_4 x_5 x_6 \cdots$ 潜意识影响.

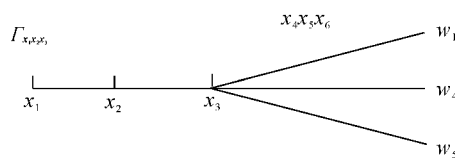


图 1 柱集 $\Gamma_{x_1 x_2 x_3}$ 上随机运动

Fig. 1 Stochastic motions on the cylinder set $\Gamma_{x_1 x_2 x_3}$

假如采用的测度为 $\sum 2^{-K(x)}$ 形式, 则可按该测
度把思维时间进行分配. 例如思维活动存在时间为
 T , 把 T 分配到每一个具体比如 $\Gamma_{x_1 \cdots x_n}$ 中布朗运动中
去, 则在该空间中时间消耗为

$$T \times \frac{2^{-K(x_n)}}{\sum_{x \in W} 2^{-K(x)}}$$

个单位. 于是 $f(w)$ 是相应于存在一个布朗蛇, 它分
别在 $\Gamma_{x_1}, \Gamma_{x_1 x_2}, \cdots, \Gamma_{x_1 x_2 \cdots x_n}, \cdots$ 空间中作布朗运动,
且在每个空间中的存活时间分别为 $\frac{T}{\sum_{x \in W} 2^{-K(x)}}$ 的
 $2^{-K(x_1)}, 2^{-K(x_2)}, \cdots, 2^{-K(x_n)}, \cdots$ 个单位, 见图 2.

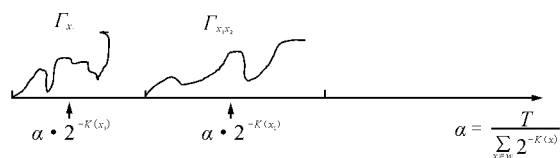


图 2 柱集上的布朗运动及运行时间

Fig. 2 Brownian motions on cylinder sets and the live time

按照上面的例子, 从图中可看出, 思维在 Γ_{x_1} 空
间上在 w_1, w_4, w_5 间作布朗运动, 所用时间为 $\alpha \cdot$
 $2^{-K(x_1)}$, 在 $\Gamma_{x_1 x_2}$ 上也是在 w_1, w_4, w_5 间作布朗运动,

所用时间为 $\alpha \cdot 2^{-K(x_2)}$, 等等. 由于在各柱集上时间不同, 就像一条蛇在蠕动, 故我们称是一个布朗蛇.

注意, 也可以定义 $f: W \rightarrow \Gamma' = \{\Gamma_{x_i}\}$, 即对 $\forall w = x_1 x_2 \cdots x_n \cdots, f(w)$ 为一组 $\Gamma_{x_1}, \Gamma_{x_2}, \cdots, \Gamma_{x_n}, \cdots$ 上的布朗运动, 且在每一个空间 Γ_{x_i} 上的运动时间为总时间 T 的 $\frac{2^{-K(x_i)}}{\sum_{x \in W} 2^{-K(x)}}$ 个单位. 这个布朗蛇是前面定义的特例.

一般地, 定义依赖时间序列的通用测度 $\xi(x_1 x_2 \cdots x_n) = \sum \mu_v v(x_1 x_2 \cdots x_n)$, 其中: μ_v 是 v 的权重, $\mu_v > 0$, $\sum \mu_v \leq 1$; 而 v 对每个时间序列 $w = x_1 x_2 \cdots x_n \cdots$ 都有一个测度值, 即 v 为 W 上的测度, 并规定 $v(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ 为 $v(w)$ 按测度 $\sum 2^{-K(x)}$ 进行的某种分配 (例如 $2^{-K(x_i)} / \sum 2^{-K(x)}$); 如果把 ξ 的定义域看成观察时间, 则 ξ 的值便为思维在 $\Gamma_{x_1 \cdots x_n}$ 空间运动的时间.

3) 超层次潜意识空间. 该潜意识空间处于混沌状态, 但是有一个不分明网络:

$$(\Omega^{x_1}, \beta^{x_1}) - (\Omega^{x_1 x_2}, \beta^{x_1 x_2}) - (\Omega^{x_1 x_2 x_3}, \beta^{x_1 x_2 x_3}) \cdots - (\Omega^{x_1 \cdots x_{n_1}}, \beta^{x_1 \cdots x_{n_1}}) - (\Omega^{*1}, \beta^{*1}). \quad (\text{范畴 } 1)$$

$$(\Omega^{y_1}, \beta^{y_1}) - (\Omega^{y_1 y_2}, \beta^{y_1 y_2}) - (\Omega^{y_1 y_2 y_3}, \beta^{y_1 y_2 y_3}) \cdots - (\Omega^{y_1 \cdots y_{n_2}}, \beta^{y_1 \cdots y_{n_2}}) - (\Omega^{*2}, \beta^{*2}). \quad (\text{范畴 } 2)$$

.....

$$(\Omega^{z_1}, \beta^{z_1}) - (\Omega^{z_1 z_2}, \beta^{z_1 z_2}) - (\Omega^{z_1 z_2 z_3}, \beta^{z_1 z_2 z_3}) \cdots - (\Omega^{z_1 \cdots z_{n_s}}, \beta^{z_1 \cdots z_{n_s}}) - (\Omega^{*s}, \beta^{*s}). \quad (\text{范畴 } s)$$

不时地在 $(\Omega^x, \beta^x) (x = x_1, x = x_1 x_2 \cdots, x = *_1 \text{ 等等, 下同})$ 中增加 y, \cdots, z 的动态运动, 或在 (Ω^x, β^x) 上增加 x, \cdots, z 的动态运动, 或是在 (Ω^x, β^x) 上增加 x, y, \cdots 的动态运动, 以至使潜意识呈现出混沌现象, 最后可能有分岔点出现. 它表示观点之间的交叉和混合以及新观点的涌现.

注意在上述网络中, 可能某若干链全是由“单点”所组成, 例如 $(\Omega^{x_1}, \beta^{x_1}) - (\Omega^{x_2}, \beta^{x_2}) - \cdots - (\Omega^{x_n}, \beta^{x_n}) - (\Omega^{*1}, \beta^{*1})$. 粗糙地说, 每一链代表一个范畴, 它是按思维方式或相关知识构造. 当混沌出现时, 一般地有诸范畴之间相互作用和交融.

1.2.3 直觉空间的形式化——直觉算法

一般地说, 直觉空间是作为上述两个空间的关系而存在的, 它的作用是引导知识空间的逻辑推理和激发潜意识空间中的原生的创造能力. 这些作用体现在它提供算法, 该算法寻找逻辑推理中的关键

点, 并使它们形成逻辑链条; 而在关键点的寻找和逻辑链条的构成中, 往往借助于潜意识中本能的创造功能. 它是一种原生形态, 例如当人们在推理中陷入困境时, 原生创造本能潜意识地要求人们放弃原有的偏见 (它往往顽固地根植于人们的知识体系中); 而这种放弃偏见在当时文化情境是一种非逻辑甚至是非理性行为. 这种行为只能在潜意识酝酿, 最后才在知识空间显意识中明确地逻辑地陈述出来, 而这种转换完全是由直觉空间所提供的算法完成的.

直觉空间提供的算法主要有 3 个: 直观推测、随机推测、原生推测.

直观推测主要运用类比、归纳等合情推理手段. 直观推测也是一个广泛概念, 主要是指并不以因果关系为骨干的直接性的推理活动. 直观推测里通常带有主体的感觉, 含有猜测成份, 对问题的解决通常直指问题的“要害”. 它是不顾细节、不顾逻辑地“跳跃”前进的理性活动, 简言之, 一切非演绎确定性的推理手段都可称之为直观推测, 它也是直觉空间提供的一种最简单、最重要、最普通的一种算法, 是作为理性推理的补充工具.

随机推测企图在思维的布朗运动中寻找新的启示, 它包括创造新的概念、新的方法. 其主要精神是用随机测度理论作为工具, 在知识空间中进行概率演算, 偏重于对于问题的全面把握. 这体现在潜意识的浅层次中, 对知识空间上已建立的测度空间上建立测度, 其数学基础为测度值分支过程; 还体现在深层次潜意识空间建立马尔可夫蛇运动, 企图在相距遥远的时空中寻找事件之间的联系. 粗糙地说, 直观推测和知识空间中的理性推理一样都是线性的, 它从点到点; 而随机推测其推理活动主要特征为随机性, 即具有一定的盲目性, 它引导人们摸索前进. 思维不是线形的, 而是面式的. 也就是说, 思维不是聚焦在逻辑点上, 而是散布在整个知识空间所依赖的潜意识空间上, 并在其上作随机运动, 通常是盲目地、潜在地转换思考点, 具有某种创造性功能.

原生推测企图在深层次和超层次潜意识结构中捕捉灵感, 这种灵感的出现 (尤其是在深层次中), 往往伴随着巨大的心理效应, 它使智慧的脉搏激动不已. 对于原生推测目前找不到一个很好的形式描述, 作者只能提供一些原则. 例如下面的原则都是可以借鉴的: 1) 放弃一切偏见; 2) 不要把固有观点带入问题情景; 3) 寻找人们已在问题的叙述中采用的隐蔽假设; 4) 还有别的思维方式吗? 5) 如果思考越

来越复杂,则这种思路大都是错误的;6)如果我们的思考太草率,则这种思路在绝大多数上是不正确的,如此等等.很容易看出这些原则之间往往是相互矛盾的,例如5)和6);而这反映了人类思维的可贵之处,在不同的情节中运用不同的原则.

直觉空间里的推理活动不仅3种推理手段经常是交织在一起使用的,而且它们也是和理性推理交织在一起的.虽然如此,但是一般地说,在浅潜意识空间,直觉主要运用直观推测辅助理性推测在知识空间中寻找问题解决的逻辑链条,在深潜意识空间,直觉主要运用随机推测帮助人们摆脱问题困境,这时思维虽然在直觉引导下带有方向性;但本质上是盲目的,因此也可以说是思维在深潜意识空间中的“布朗运动”.在超潜意识空间,直觉主要运用原生推测激发人们的原生创造力,寻找问题解答的新途径.

2 理论可行性简单说明

要想把上述形式化具体实施到人工智能,即使不是根本无法实施,也是有相当的路要走.

在文献[12]里,作者构造了一个测度值马尔可夫决策过程.它就是在前述人类思维形式化的基础

下,成功模拟了人类思维的一种“面”式特点,即人类是通过整体把握问题前进的,并最后总能找到确定性的道路.下面就简述这个测度值马尔可夫决策模型,以此来说明人类思维构建的可行性.

回忆在增强学习里经典的马尔可夫决策模型中,首先是把问题形式化为一个状态空间 S ,在其上构造状态转移概率,然后定义在每一个状态上可以采取的行动以及由该行动所导致的状态转移和回报.通过许多好的算法如 Q 学习找到最优策略,即解决问题.

这个模型反映人们思考问题的习惯是线性的,即从点到点线式前进,而实际生活中,人们有时不采用这种思维方式,而是采用类似前面所述的“面式”方式.文献[12]所给出的测度值马尔可夫决策模型,就是模拟了人类思维的这类重要现象,即它并不像逻辑推理那样是从点到点线式前进的;而是像一团云彩弥漫在整个状态空间,即像前面所描述的一样,思维是在一系列柱集上作概率推测,其中包含着探索和创新,最后找到问题的解.它的整体思路可用图3来解释.

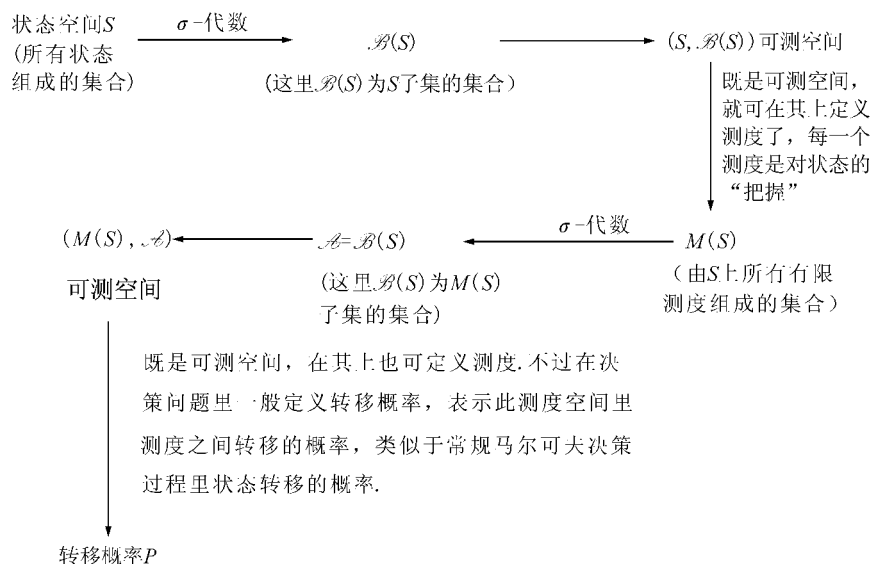


图3 测度值马尔可夫决策模型整体直观图

Fig. 3 The illustrative diagram of the measure-valued Markov decision processes

人们面临一个状态空间 S ,由此状态空间生成相应的 σ -代数,这就产生了一个可测空间 $(S, \mathcal{B}(S))$,既然是可测空间了,那么其上就可以产生测度,该测度是人们对问题(状态)的整体把握.这样将所有在此可测空间上满足一定条件的(或者是人们感兴趣的)测度组合起来成为一个集合 $M(S)$,

再由它产生一个 σ -代数 \mathcal{A} ,就得到可测空间 $(M(S), \mathcal{A})$ 了.同理,既然 $(M(S), \mathcal{A})$ 是一个可测空间,其上也可以产生测度.不过在决策问题里用转移概率来表示 $(M(S), \mathcal{A})$ 空间里测度(“把握”)的转移概率,这就相应于具体状态空间里状态之间的转移.这个模型形象地揭示了人类思维中的一个重要

范式:从“面”到“面”的创造型范式,即人们考虑问题是整体考虑的(反映在“测度”这个概念里),思维就像一片“云彩”,以概率规律漂移(反映在测度空间上转移概率).其实现实生活中的很多例子都说明了人们的这种思维习惯,那么这种思维能不能得到最优策略呢?也就是说,人们以这种思维模式能转到最后确定性的方式吗?文献[12]则给出了人类的这种思维方式下的一种寻找最优策略的近似算法,有兴趣的读者请参看文献[12].

在文献[13]里,作者也在人类思维形式化的基础上,构造了粒子群协同模型.此模型是根据哈肯的思想建立的.哈肯是德国著名的物理学家,他在20世纪70年代创立了一门跨越自然科学和社会科学的横断学科——协同学.其基本思想是:在由许多变量组成的系统里,当系统发生相变时,通过快变量的消去方法(主要是把快变量表达为慢变量的函数),后来的结构主要是由慢变量来决定.将协同学思想

运用到群智能^[14]中去,即迭代中先选出优化粒子,再将优化粒子的影响传播到整个群结构中去.粒子群协同模型可以推广到社会现象,并且也可与人类思维活动联系在一起.算法里优化粒子的影响相应于在社会现象里杰出人物的功绩,以及在思维现象里相应于灵感的作用.通过外力和随机涨落引导整个群的概率演化,出现人们所希望的格局,这就相应于在社会现象里社会群体形成新的结构,在思维世界里相应于知识和见解发挥创造性的功能.具体过程参见文献[13].

实际上,人工智能并不需要制造和人脑相仿的智能工具,而只是在深刻理解了人脑功能原理以后,制造高水平的模型,即提供算法,它能模拟上述某些特征.

事实上,从图4中可看出智能体和人类、自然界智能生物的关系:

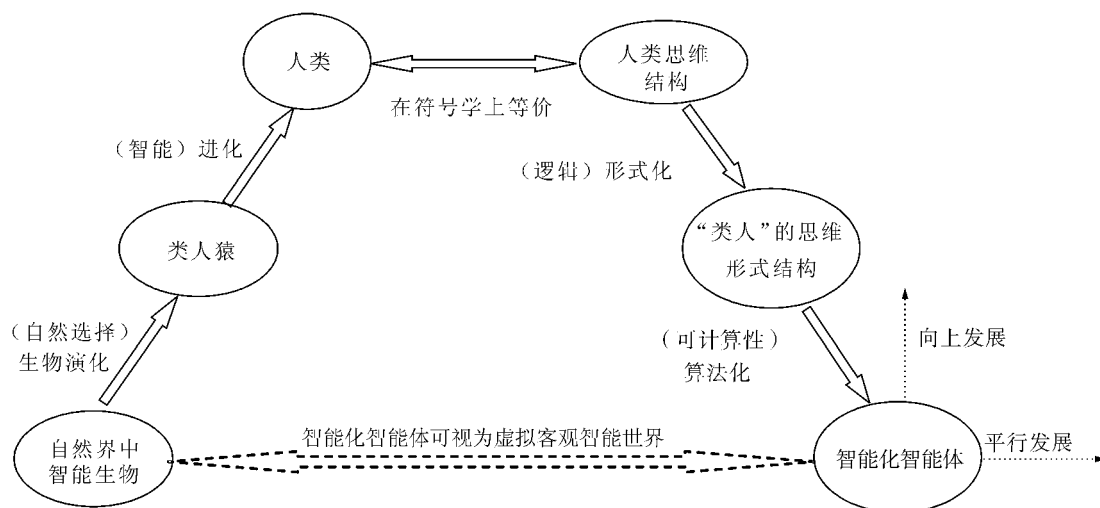


图4 智能体、人类、自然界智能生物的关系

Fig. 4 Relations between the agent, the human race and the intelligent beings in nature

自然界通过自然选择生物演化到类人猿,类人猿智能进化为现代的人类(图中向上演化).那么什么是“人类”呢?在符号学上,它的定义就是“人类思维结构”.作者的工作就是将“人类思维结构”逻辑形式化,给出“类人”的思维形式结构,并往可计算性方向发展(图中向下具体化),利用数学和其他学科的理论开发人工智能算法.如果智能体平行发展(见图中平行虚线),即在算法加程序范式下发展,则人类创造不出超越人类的机器.如果智能体向上发展(见图中向上虚线),即对可计算性重新认识,突破可行性约束,也就是说在某种意义上摆脱了

人类上述范式,那么人类可创造出超越人类的机器.现在,人类也面临这样的难题,即自己能不能创造出比自己更聪明的机器.

3 结束语

现在已经为人类的整体思维构造了一个数学模型,主要通过对知识空间、直觉空间、潜意识空间等3个空间的形式化建模.说明人类思维的主要特征是:在知识空间里人类思维是逻辑的;在潜意识空间里,虽然人类思维出现随机、混沌现象,但在整体上仍是属于人类的理性活动,所以总能在与之联系的

直觉空间里,找到“确定性”的概率方式进行,是面式的;而直觉空间的作用就是在潜意识空间和知识空间之间建立联系,即提供算法. 这些工作希望能够阐述人类的创造性功能,为人工智能向“智能人”发展提供理论帮助. 然后基于这个思想,进一步的工作就是从人类的思维和行为特征的角度出发,开发出高质量的算法模型. 因为确定性推理活动是人们比较熟悉的,在人工智能研究领域里有大量文献对此作了阐述. 而对人类其他思维现象,形式描述并不多,所以今后的工作主要偏重于这些现象. 例如:1)认为偏好基本上是人类潜意识的一种表现,而现存的偏好模型只讨论理性偏好,并未和人类潜意识联系,所以选择数学中的超滤概念(它在非标准分析中有重要应用)加以描述,即开发人工智能偏好超滤模型. 2)人类思维往往是分层次的,即首先在全局上把握问题,然后再深入具体层次. 为此,可采用概率论中半马尔可夫过程理论,构造双马尔可夫决策过程联合模型.

参考文献:

- [1] MEYSTEEL A, ALBUS J. 智能系统——结构、设计与控制 [M]. 冯祖仁, 李人厚, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 王小平, 曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
- [3] 孙承意, 周秀玲, 王皖贞. 思维进化计算的描述与研究成果综述[J]. 通讯和计算机, 2004, 1(1): 13-21.
SUN Chengyi, ZHOU Xiuling, WANG Wanzhen. Mind evolutionary computation and applications[J]. Journal of Communication and Computer, 2004, 1(1): 13-21.
- [4] 孙承意, 王皖贞, 贾鸿雁. 思维进化计算的产生与进展 [C]//中国智能自动化会议(CIAC). 昆明, 2001.
SUN Chengyi, WANG Wanzhen, JIA Hongyan. Generation and progress of mind evolutionary computation[C]// Chinese Intelligent Automation Conference (CIAC). Kunming, 2001.
- [5] 查 凯, 介 婧, 曾建潮. 基于思维进化算法的常微分方程组演化建模[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(5): 539-543.
ZHA Kai, JIE Jing, ZENG Jianchao. Evolutionary modeling algorithm for systems of ordinary differential equations based on mind evolutionary computation[J]. Journal of System Simulation, 2002, 14(5): 539-543.
- [6] 钱学森. 开展思维科学的研究[M]//关于思维科学. 上海: 上海人民出版社, 1986.
- [7] 王健吾. 数学思维方法引论[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 1996.
- [8] 王健吾. 直觉思维初级概率模型[J]. 工科数学, 1996, 12(1): 73-76.
WANG Jianwu. Junior probabilistic model of intuitive thinking[J]. Journal of Mathematics for Technology 1996, 12(1): 73-76.
- [9] 王梓坤. 随机过程论[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 439.
- [10] HUTTER M. Universal artificial intelligence: Sequential decisions based on algorithmic probability [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2005.
- [11] 黄志远. 随机分析学基础[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1988: 2.
- [12] 王蓁蓁, 邢汉承, 张志政, 等. 一种模拟人类发散思维的测度值马尔可夫理论模型[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2008, 44(2): 148-156.
WANG Zhenzhen, XING Hancheng, ZHANG Zhizheng, et al. A theoretical model of measure-valued Markov processes simulating the divergent thinking of man[J]. Journal of Nanjing University: Natural Science, 2008, 44(2): 148-156.
- [13] WANG Zhenzhen, XING Hancheng. Dynamic-probabilistic particle swarm synergetic model: A new framework for a more In-depth understanding of particle swarm algorithms [C]//2008 IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE CEC 2008) within 2008 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI). Hong Kong, China, 2008: 312-321.
- [14] JAMES K. Dynamic-probabilistic particle swarms [C]// Proceedings of the Conference on Genetic and Evolutionary Computation. New York, USA, 2005.

作者简介:



王蓁蓁, 女, 1975年生, 博士研究生, 主要研究方向为知识表示和推理、马尔可夫决策过程、群智能. 发表学术论文数篇.



邢汉承, 男, 1938年生, 教授, 博士生导师, 计算机学会、电子学会高级会员, 曾任东南大学计算机系主任, 计算机学会理事, 计算机学会人工智能与模式识别专业委员会常务理事, 人工智能学会理事, 南京软件协会理事长等. 主要研究方向为计算机应用、人工智能. 获全国科学大会奖1项, 电子工业部科技进步二等奖1项, 江苏省科技进步三等奖2项, 发表学术论文多篇.