

莱布尼茨哲学的一种现代阐释及其对 通用人工智能的启示

李 熙

(中南大学 哲学系,长沙 410083)

摘 要: 莱布尼茨的形而上学的核心是单子论,单子是无形的自动机。如果把单子解释成抽象的图灵机,甚至可以形式化地研究它们的决策行为。根据莱布尼茨的通用文字、理性演算,可以构造一种能够进行信念更新的概率归纳逻辑,其中的关键是如何给出合理的“先验信念”,而“先验信念”的赋予方式可借助莱布尼茨的形而上学,所罗门诺夫的通用归纳模型可以看作这种思想的一种体现。但这是一种“单子”把自身孤立出世界之外的超然的“第三人称”视角,如果把“单子”置身于“可共存的单子集团”中,那么可以对单子论作出一种博弈论的解释,这与莱布尼茨关于游戏的哲学一致,胡特尔的通用智能模型 AIXI 可看作这种思想的反映。单子所角逐的效用不是别的,恰是莱布尼茨的“完满性”。在这种阐释下,对莱布尼茨“前定和谐”的合理刻画可以为通用智能主体进行理性决策的“先验信念”的赋予方式提供有益的启示。

关键词: 莱布尼茨; 单子; 通用文字; 理性演算; 通用人工智能

中图分类号: N02

文献标识码: A

文章编号: 1674 - 7062(2020)04 - 0027 - 06

莱布尼茨的形而上学的核心是单子论,认识论上的最大哲学规划是通用文字、理性演算,但单子论与通用文字、理性演算有什么关系? 其伦理学与单子论、通用文字、理性演算又有什么关系? 莱布尼茨的这些关于“单子”“可能世界”“简单性”“完满性”“通用文字”“理性演算”“前定和谐”“幸福”与“善”的思想能否统一成一个整体并对现代通用人工智能主体的构建有所启发?

本文无意从哲学史的角度还原莱布尼茨的真实想法,而是侧重从算法信息论和通用人工智能的现代科学视角出发,重新阐释莱布尼茨哲学中的一些有意思的内容,重构莱布尼茨的哲学规划,并研究其对通用人工智能的启示。

一 莱布尼茨的形而上学

罗素^[1]认为,莱布尼茨的整个哲学建立在两大逻辑前提下: 矛盾律和充足理由律。这里不妨把

“矛盾律”看作广义的逻辑或数学形式系统。形式系统的任何一个模型都可以看作一个可能世界。充足理由律意指“万事皆有因”,而且此“因”对世上的智慧生灵来说是可知的。也就是说,真实世界中的任何事件(真命题)都有一个可以(向生活其中的某些高等居民)解释其何以发生(为真)而不是其反面发生(为假)的充分理由。它很像是一种“人类中心”的乐观理性主义,因为它说的是,真实世界的规律是人类(真实世界中的高等居民)可知的,或者说,世界是可以理解的。所以,上帝只创造“有序”的可能世界。真实世界是所有可能世界中最好的,它的有序性可以由充足理由律保障。

只要预设了上帝,真实世界是所有可能世界中最好的这条最优性原则足以替代充足理由律的作用。一旦上帝存在,借助最优性原则,绕道所有可能世界,即可选出最完美的真实世界。

上帝创世时,同时兼顾了手段的简单性和结果

【收稿日期】 2018 - 03 - 04

【基金项目】 国家社科基金项目“通用人工智能的哲学基础研究”(17CZX020)

【作者简介】 李 熙(1985 -),男,山东日照人,中南大学讲师,研究方向为通用人工智能的理论基础、数理逻辑。

的丰富性,实现了二者的完美平衡。所以,真实世界是所有可能世界中最好的就意味着:现象最丰富的同时也是秩序最井然的。上帝列了一个方程组,一边最小化前提假设/自然律,一边最大化现象的丰富性/创造物的权力、知识、幸福度、善,而且上帝找到了方程组的最优解,而且最优解是唯一的,那就是真实世界。

充足理由律或最优性原则保障了任何“可能”的单子都有进入“现实”的权利,每一“可能”都有依照它所具有的“本质”的量而竞争存在的机会。每一由可能事物所形成的组合——“可共存集”——就是一个可能世界,真实世界是由最丰富的“可能”复合而成的最大“可共存集团”。也就是说,每个单子都依照其“本质”的量有一种从可能奔向现实的“倾向”,同一可能世界中所有单子的“本质”的总量可以看作此可能世界角逐“存在权”的合力,具有最大“合力”的真实世界是最终的胜出者。每一单子根据自身的完满程度,有一个奔向存在的“倾向”,这一点可以抽象为一条原则——“完满性原则”——越完满越具有似真倾向。在一些合理的预设下,“最优性原则”——真实世界是所有可能世界中唯一最完满的世界——可以从此导出。不仅从“完满性”上看,真实世界是“完满性”最高的可能世界,而且从包含的单子的数量上看,真实世界也是最大的“可共存集团”,因为“完满性”的程度决定着可共存单子的最大数量。总之,每个单子的“倾向性”“本质的量”“完满性”可等同看待,它也是“丰富性”与“简单性”的函数。

单子之间没有直接的力学作用,但可以彼此映照。“可共存”的单子的彼此嵌合、协调、交通产生了“客观宇宙”,每个单子都构成了一面反映“客观宇宙”的镜子。而“时空”不过是单子间的相互反映所形成的整体性的感知呈现。每个单子都从自己的角度以不同的清晰程度反映着“客观宇宙”,如果把每个单子所感知的时空看作是“主观时空”的话,那么所有单子的公共感知时空则构成了通常所谓的“客观时空”。形象地说,如果所有“可共存”的单子编织成一张包围着“客观时空”的二维平面的话,那么三维的“客观时空”区域将仅仅是这个二维平面的“全息”投影,每一个单子或一簇单子或一片“主观时空”区域都从自己的角度编码了整个“客观时空”的部分信息。而每一单子的“主观时空”即是它的“主观小宇宙”,“客观宇宙”中包含多少单子,就有多少“主观小宇宙”副本,“主观小宇宙”的多样性

与“客观宇宙”的简单性是获得最大可能的丰富性和最大可能的秩序的方法,由此可获得最大可能的完满性。

如果我们把每个单子眼中对“主观小宇宙”的编码方式(对“客观宇宙”规律性的掌握)理解为那个单子眼中的能量,所有单子眼中的能量的平均——即平均能量——可以看作“现象”,而“客观宇宙”的最小码长(也就是“客观宇宙”的真正的“规律”)可看作“自由能”,在合适的“温度”下,二者的差值即是一种“熵”,这种“熵”也恰恰就是可能会产生这段历史的所有“可能世界”的“路径熵”,在宇宙发展的每一阶段都可以定义这种“熵”,这一时刻与下一可能时刻的“熵”差可以看作一种“熵力”。然后,如果我们试图定位自身在可能世界中的位置,尽可能地排除掉那些对我们来说不太可能的可能世界的话,那么,我们推动历史进化的过程可以考虑以让这种“熵力”最小的方向进化。上帝创造“真实世界”是按“现象最丰富同时规律最简单”的“最优性”原则进行的,也就是说,尽量提供给单子尽可能“丰富”的“现象之谜”供单子“破译”,而对于每个单子来说,就是要“消费”这种“现象”,追求隐藏的“规律”,也就是说,要通过自身的认知行为,尽量减小主观“现象”的丰富性,使得其不断接近“规律”,虽然,每个单子的试图“破译现象”的认知行为本身需要不断探索,而探索可能反而会对其他单子的认知行为造成障碍,从而导致总的历史朝着“现象的丰富性与规律的简单性之差”最大化的方向前进。

二 莱布尼茨的认识论

莱布尼茨的认识论的最大规划是通用文字、理性演算,这是对他的形而上学的直接反映。

(一)“第三人称”的“主体”如何“认识世界”

莱布尼茨发现了一个曲线拟合问题:一张纸上的任何有限个点总是能找到无限条曲线把它们串起来。这意味着,给定任何有限的观察数据,总有无限的归纳推广方式,总可以有无限的“规律”符合有限的材料。

为了解决这个问题,莱布尼茨首先强调了“简单性”的标准,认为规则必须简单,如果允许任意高程度的“复杂性”的话,那么“规则”也就不能称其为“规则”而变成“随机”了,也就是说,随机是规律性的缺乏或复杂性的过高。

如果把单子世界看作一串01序列,世界的“齐一性”就是这串01序列的规则性,或者说“简单

性”。借助算法信息论,“简单性”可以理解为“柯尔莫哥洛夫复杂性”^[2]。

而且,莱布尼茨相信连续律,自然从不做跳跃,只要数据或材料(输入)充分接近,那么结论(输出)的误差也可以随之被降低到任意小,最终所选择的假设可以在极限处逼近真实的原因。

根据莱布尼茨通用文字、理性演算的设想,可以把这种归纳逻辑看作一种进行信念更新的概率逻辑,通用文字刻画所有可能世界,公式上赋予的概率值可看作对它所描绘的可能世界的信念,通过新的证据更新信念的过程即是对各种可能世界的置信度进行重新排列,排除掉不协调的,筛选出更可信的,更新过程可以用贝叶斯公式进行,但最关键的是要给出合理的“先验信念”。“先验信念”的赋予方式则着落在“可能世界”奔向存在的“倾向性”上。如果把“倾向性”看作“简单性”,如果按照可能世界的“简单性”进行加权平均,把可能世界理解为一个抛硬币的过程在一台单调通用图灵机上的作用结果,那么输出一段历史的概率可以被合理计算,然后用这个概率进行归纳学习,就是所罗门诺夫(Ray Solomonoff)的通用归纳模型^[3]。如果把“倾向性”理解为“丰富性”与“简单性”的差值,那么通过“倾向性”可以诱导出另一种有意思的“先验信念”。如果把可能世界看作信道,那么通过最大化信道传输容量可以得到另外一种“先验信念”。总之,莱布尼茨通过单子组合成可能世界然后竞争存在权的哲学可以为当代贝叶斯学习理论中的先验概率赋予问题提供很多有意思的借鉴。

(二)“第一人称”的“主体”如何“改造世界”

莱布尼茨在提出通用文字、理性演算的规划时,并没有考虑主体与环境交互的情形。但在研究游戏的过程中,莱布尼茨渐渐形成了博弈思想的雏形,试图研究主体与环境动态交互的复杂情形。

莱布尼茨认为,人的生活大部分时候就像格局不完全确定、有“随机”因素起作用的游戏,“机会”与“智慧”同时起作用,这对应着博弈论里的“不完全信息”的博弈。

人在博弈时是在追求期望效用最大化,博弈的最优结果应该是彼此妥协后的某种最优的均衡解,对于“不完全信息”的博弈来说,就是贝叶斯-纳什均衡,也就是说,最高的“智能”应该就是这种“贝叶斯-纳什”均衡。简言之,智能是种均衡,剩下的关键在于界定清楚游戏本身,搞清楚局中人、局中人的类型、可能的策略空间、效用函数,对于不完全信息

的博弈,还需要搞清楚进行哈萨尼(Harsanyi)转换所需要的先验信念。

虽然博弈论中的效用函数是根据具体游戏设定的,但在整个莱布尼茨哲学体系中,莱布尼茨对于什么是真正值得追求的效用有一套自己的价值哲学。

三 莱布尼茨的伦理学

莱布尼茨的伦理学和其认识论一样,都是其形而上学的直接反映。莱布尼茨的单子超越自身、不断晋级的过程,就是一个追求更高的“善”或幸福的过程。

莱布尼茨认为,智慧是一种关于如何获得幸福的科学;幸福是一种欢乐的持续状态;欢乐是灵魂自身感受到的一切愉悦的总和;愉悦是一种对完满性的觉知。也就是说,最大的幸福在于最大可能的增加完满性^[4]。

结合莱布尼茨关于“完满性”的哲学,也就是说,现象的多样性与规律的简单性相差越远越完满,而多样性又来自每个单子从各自视角理解上帝的杰作的局限。

由单子追求看起来是最好东西的欲望所决定的世界也正是上帝通过最优性原则所挑选的所有可能世界中最好的世界。真实世界被创造成一个如此精巧的有序整体,生活其中的智能主体能获得最大的满足感,也就是获得最大的对美、秩序、完满性的觉知。

形式地看,如果单子族构成的可能世界集是一个合适度量下的紧致空间,那么,通过“连续律”和极值定理,“最优性原则”可以从“完满性原则”——越完满越具有似真倾向——导出。也就是说,在一些合理的预设下,“最优性原则”也不重要,真正不平凡的是“完满性原则”。

莱布尼茨对“完满性”的界定包含四个方面:(1)具有最大秩序的同时具有最丰富的多样性;(2)情境、空间、时间得到最优的安排;(3)以最简单的方式产生出最大化的效果;(4)造物享有世界所允许的最高水平的权力、知识、幸福度和善。

不难发现,前面引文中的这四条标准实际上是同一条标准的四种不同的等价表述,均指最大完满性。其中,第1条是完满性的形而上学定义,第3条是第1条拟人化的说法,第2条是完满性在物理中的体现,第4条是完满性在道德中的体现。

单子博弈的效用函数就是竞争“完满性”。莱布尼茨的上帝通过“完满性”原则使得伦理上的“善”(内在效用)与奔向存在的“真”(先验概率)建

立了最直接的联系,道德世界与真实世界从此“前定和谐”。

四 莱布尼茨哲学对通用人工智能的启示

前面行文中已多处涉及莱布尼茨哲学对通用人工智能的启示,下面简要总结一下(图1),由于篇幅所限,具体的形式化的技术工作需要留给另外的文章。

莱布尼茨的归纳逻辑框架类似现代的贝叶斯学习理论。首先收集所有的人类知识建立百科全书;然后通过对人类知识的基本规律的分析,找出初始概念;所有命题都可以通过这些初始概念表达;而命题由数字规律支配,通过研究所有支配命题以及命题组合的所有可能的数字组合,以一种系统化的方式生成所有可能的知识,这也是所有可能世界的完全的精确描述。然后排除掉所有与当前人类知识不一致的可能知识,剩下的将是所有与现实世界相一致的可能世界的精确描述。这背后隐藏的恰恰就是贝叶斯信念更新的过程。但贝叶斯理论最大的问题是先验概率怎么给?莱布尼茨的单子论形而上学探讨的恰恰是这个问题。因为所有这些可能世界都有一种奔向存在的“倾向性”。相对于这种“倾向性”,可以推出一些关于事物的“可能性”的客观结论,也就是说,关于可能知识,存在一种称得上客观准确的“先验分布”,这种“先验分布”对应于可能世界的这种奔向存在的“倾向性”的大小。在已知先验分布的情况下,给定观察材料/经验知识,可以精确计算与这些观察材料/经验知识相符的各种假设/可能世界的后验概率的大小,当已有的条件不足以确证结论的确定性时,至少总可以就结论真假的概率大小给出确定的计算或证明,而且这个概率会渐进的收敛到真实的世界,也就是具有最大存在“倾向”的“可能”。

通用文字、理性演算是一种局外人的“第三人称”视角,作为单子族一员的单子还必须把自己扮演的角色考虑在内。每个单子都从自己的视角对其所从属的单子族进行编码、然后欲求尽可能多的“完满性”,而“完满性”是指现象的多样性或者说效果的丰富性与规律或假设的简单性之间的距离。虽然单子没有“窗户”,但具有“自我”意识的高级单子还是会把这看作一场“自己”与环境或“上帝”的伟大博弈,可以对自身状态以及其他可能世界进行虚拟探索,通过追求更高的“完满性”不断接近神性的光辉。

不难看出,莱布尼茨关于归纳逻辑的构想非常类似所罗门诺夫通用归纳的框架,如果认为单子奔向存在的倾向正比于“简单性”,而简单性又以柯尔莫哥洛夫复杂性度量的话,那么单子族构成的可能世界的“倾向性”就是所罗门诺夫先验。哈金(Ian Hacking)^[5]主张,莱布尼茨希望先验概率的赋予方式应满足的是“简单性假设”——即,对所有规律/模式的先验概率形成一个其和收敛为1的序列,越简单的规律/模式应该赋予越高的先验。如果哈金是对的,莱布尼茨的先验赋予方式正是所罗门诺夫的通用先验的核心思想。但是,根据莱布尼茨的前定和谐思想,先验信念应该满足的不应该是“简单性假设”,而应该是“完满性假设”——即,越完满的规律/模式应该赋予越高的先验。通过“不动点”的技巧,可以严格定义一个这种类型的先验,这样就可以构造出一个不同于所罗门诺夫归纳的非常有意思的通用归纳逻辑。

机器学习领域有一个“无免费午餐定理”^[6],这个定理告诉我们,只要“假设空间”上的概率分布是“块均匀的”,那么,相对于整个假设空间上的期望表现来说,任何搜索或优化算法都是同样好或同样差的。也就是说,即使某个搜索或优化算法在一类函数上表现良好,在其他函数上必定表现很差,只要满足“块均匀性”,算法是不可能真正具有“通用性”的。比如卡尔纳普归纳逻辑一般预设“具有相同‘结构描述’的所有‘状态描述’分享相同的权重”,自然语言处理领域的一些平滑方法——比如古德-图灵估计、利斯塔估计等也会有类似的预设,而这些预设都恰恰是“块均匀”的,这意味着这些传统方法确实不具有通用性。要获得“通用性”、享受“免费的午餐”,必须首先打破“块均匀性”。没有好的“先验知识”,通用归纳或通用学习是不可能的。

而莱布尼茨的哲学恰恰提供了打破“块均匀性”的绝佳启示。莱布尼茨的形而上学和伦理学反映出来的先验概率的赋予方式即是最有启发性的“先验知识”。如果像哈金认为的,莱布尼茨的先验赋予方式是“简单性假设”,那么,因为“假设空间”中的大部分函数都是“算法随机”的,如果采用均匀分布,那意味着需要分配大部分的权重给“算法随机”的“函数”。而通过“简单性”得来的“算法概率”恰恰回避了这个问题,它对“算法随机”的“函数”赋予零权重,只把宝贵的“权重”赋给那些有规律的“函数”,从而打破了“块均匀性”,这使得通用归纳成为可能^[7]。

如果莱布尼茨的先验赋予方式不是基于“简单性假设”而是基于其前定和谐的“完满性假设”,那么同样可以打破“块均匀性”获得“通用性”,因为,即使某些假设落在了同一个“块”里,也不会对它们赋予相同的权重,而是根据它们各自的“完满性”,越“完满”的权重高一些,不那么“完满”的权重低一些,这样即可获得“免费的午餐”。

所有“可共存单子集团”/可能世界依照其“本质”的量/“完满性”竞争存在的权力,而真实世界最终胜出。这可类比于费曼的路径积分方法^[8]。“可共存单子集团”可看作位形空间里所有协调的路径的叠加,各种“可共存单子集团”竞争存在的过程可看作可能路径的概率幅的求和,“可共存单子集团”包含的“本质”的量可看作概率幅的绝对值平方,即此可能世界奔向存在的“倾向性”或概率。类比路径积分的方法,在程序空间中采用类似的形式化方法,也可以得到另一种有意思的先验概率从而获得

“免费的午餐”。

莱布尼茨的有限经验无法唯一确定真实假设的思想,通过可能世界传递真实世界真理的构想可以看作一种特殊的信道传输方式。如果接受这种把可能世界作为信道,假设“上帝”的先验赋予方式是最大化信道容量的话,那么,这种思想还可以有一种博弈论解释,也就是说,从博弈角度看,可以看作“第三人称”的主体与可能世界的设计者“上帝”的博弈。上帝按可能世界的某种分布输入消息,“主体”则用最合理的贝叶斯混合估计消息。因此,可能世界的先验分布可看作“上帝”的策略,而贝叶斯混合可看作“主体”的策略。“上帝”试图最大化信道容量/平均冗余,“主体”试图极小化信道容量/平均冗余。借助这种启发,可以获得另外一种能够进行“通用学习”、享受“免费午餐”的先验,而且,这种先验的背后,体现的是,人在与自然博弈的过程中在“做最坏的打算,尽最大的努力”。

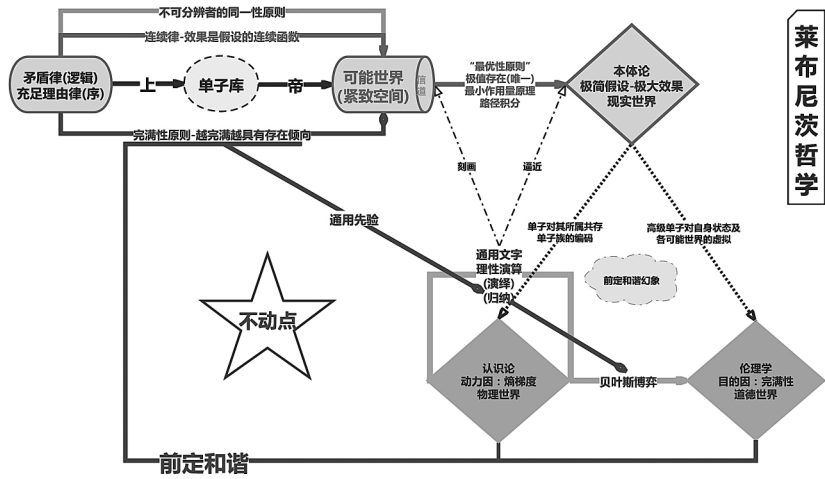


图1 莱布尼茨哲学

综上,从哲学角度来说,莱布尼茨的“单子论”形而上学和“完满性”伦理学探讨的是“上帝”如何从矛盾律、充足理由律出发、贯彻“完满性原则”、以前定和谐的方式、绕道“可能世界”传递真实世界的信息,这赋予了“主体”依照自己的“自由意志”去行为从而从无数个可能世界中实现最完满的真实世界的机会。而莱布尼茨的认识论则探讨的是“主体”如何通过演绎、归纳、博弈等策略合理的猜测“上帝”的心思、认识世界、改造世界、从而通过自己的行为真正实现最完满的真实世界。而从通用人工智能的角度来说,莱布尼茨的哲学探讨的是,在没有任何经验知识的情况下,什么样的先验知识是合理的先验知识,主体如何根据合理的先验知识进行演绎推理、归纳学习、规划行为从而获得“通用性”、享受

“免费的午餐”。通过前面的分析,莱布尼茨的哲学最起码向我们揭示了三种可能有益的先验:一种是基于“简单性假设”的,一种是基于“完满性假设”的,一种是基于“信道传输”或“主体与上帝博弈”的。所罗门诺夫的通用归纳可以看作是基于第一种先验的模型,胡特尔(Marcus Hutter)的通用智能主体 AIXI^[9]是所罗门诺夫的通用归纳与追求最大期望效用的动态规划的结合,或可以看作以所罗门诺夫先验进行哈萨尼转换的可观察行为的不完全信息动态博弈的贝叶斯-纳什均衡。如果将胡特尔的通用智能主体 AIXI 的先验替换为基于“完满性假设”的先验,而且其所追求的效用也是其伦理学上的“完满”,那么,这就是“主体”在不确定的环境中受“上帝前定和谐”的“完满性”先验的驱动并受伦理

上“完满性”的引导主动实现“最完满的真实世界”的过程。如果替换为基于“信道传输”或“主体与上帝博弈”的先验,那么,这意味着,“主体”在猜测“上帝”的心思、计算先验时“做最坏的打算,尽最大的努力”,向“上帝”索取尽量少,然后尽可能谨慎的参与不完全信息的动态博弈。莱布尼茨的这些根据美学、伦理学或认识论而作的形而上学先验预设,必将为通用人工智能的构建提供有益的引导和启示。

【参 考 文 献】

- [1] RUSSELL B. A critical exposition of the philosophy of Leibniz: with an appendix of leading passages [M]. London: Psychology Press, 2008: 1 – 8.
- [2] LI Ming, VITANYI P. An introduction to Kolmogorov complexity and its applications [M]. 4th ed. New York: Springer, 2019: 201 – 260.
- [3] SOLOMONOFF R. Complexity – based induction systems: comparisons and convergence theorems [J]. IEEE transactions on information theory, 1978, 24(4): 422 – 432.
- [4] LEIBNIZ G W. Philosophical papers and letters: a selection: Vol. 2 [M]. Berlin: Springer Science & Business Media, 2012: 425 – 428.
- [5] HACKING I. The Leibniz – Carnap program for inductive logic [J]. The journal of philosophy, 1971, 68(19): 597 – 610.
- [6] IGEL C, TOUSSAINT M. A no – free – lunch theorem for non – uniform distributions of target functions [J]. Journal of mathematical modelling and algorithms, 2004, 3(4): 313 – 322.
- [7] EVERITT T, LATTIMORE T, HUTTER M. Free lunch for optimization under the universal distribution [J]. Proceedings of IEEE congress on evolutionary computation, 2014(14): 167 – 174.
- [8] TEREKHOVICH V. Modal approaches in metaphysics and quantum mechanics [J]. Metaphysics. Century XXI. Almaty. BINOM, Moscow, 2015, 1(15): 125 – 152.
- [9] HUTTER M. Universal artificial intelligence: sequential decisions based on algorithmic probability [M]. Berlin: Springer, 2005: 141 – 183.

A Re – interpretation of Leibniz and Its Inspirations to Universal Artificial Intelligence

LI Xi

(Department of Philosophy , Central South University , Changsha 410083 , China)

Abstract: The core philosophy of Leibniz is Monadology. The monads can be taken as incorporeal automata. If we regard the monad as a Turing machine, their decision – making behaviors can be formally studied. According to Leibniz’s *Characteristica Universalis* and *Calculus Ratiocinator*, some sort of probabilistic inductive logic can be constructed, which can be used to deal with belief revision. The problem is how to characterize a reasonable “prior belief”. We can turn to Leibniz’s metaphysics for help to deal with it. Solomonoff’s universal induction model can be seen as a reflection of this idea. However, such a monad is a third – person agent which is isolated from the environment. If a monad is placed among “coexistent monads”, then a game theoretic interpretation can be given, which is consistent with Leibniz’s philosophy of games. Hutter’s universal artificial intelligence model AIXI can be seen as a reflection of this idea. What the monads hunt is nothing but the metaphysical ‘perfection’. According to this interpretation, Leibniz’s ‘predetermined harmony’ qualifies a good heuristic to characterize ‘prior belief’ for a rational intelligent agent.

Key words: Leibniz; monad; *Characteristica Universalis*; *Calculus Ratiocinator*; universal artificial intelligence

(责任编辑 殷 杰)