因明论—— 一个基于事实的诱导推理系统

庄朝晖

(厦门大学计算机科学系软件研究所，厦门，福建，361005，电子邮件：chzhuang@xmu.edu.cn)

摘要：本文从 Poole 提出的一个信念出发：非单调性并不是逻辑系统的问题，而是假设集的问题。接着，Poole 推理框架的某些不足被讨论，如假设集与事实集可以不一致、无诱导和无归纳性质。为了解决这些问题，因明论，也称为佛教逻辑，作为一个基于事实的诱导推理系统在 Poole 的推理框架之上被引入。通过例子，这个系统相对于 Poole 推理系统的优点显露了出来。最后，如何在 Poole 的 THEORIST 中表示这个系统中的推理被简要讨论。

关键词： 因明论；诱导推理；假设推理

中图分类号： B81　　文献标识码： A

1 基于事实的假设推理

首先，我们考察经典的三段论："所有的人都是要死的，苏格拉底是人，所以苏格拉底是要死的。"这里说的"所有人"是什么意思呢，它包含了什么？如果我们定义"人是一种会死的……"，那么"所有的人都是要死的"显然是对的。但是，当"要死的"并没有在"人"的定义中出现时，我们凭什么说"所有的人都是要死的"？在我们地球，是否在某个地方住着不死的人？在人类的未来，是否有可能有人不死？在其它宇宙空间，是否有一些可称为"人"的，它们也不会死？这一切对于人类都是未知的，我们不能证明，我们也不能否证。对于我们来说，真正科学的态度只能对这一切存而不论，像胡塞尔一样用括号暂时括起来。如此来说，谈"所有"是一种虚妄，我们最好把"所有"用括号括起来。

我们只能谈我们可以说的东西。当我们说"所有的人都是要死的"，我们说的是我们身边的张三、李四、王五等都是要死的。或者我们可以这样说，"所有的人都是要死的"是我们从张三的死、李四的死、王五的死等归纳得出的。当我们所说的"所有"限定在张三、李四、王五等人身上时，我们说的是事实。但当我们所说的"所有"推广在某些未死的人身上，未知的人身上，无限多的人身上时，我们的"所有的人都是要死的"只能是假设。

这个假设之所以至今还成立，是因为我们还未曾发现它及其推论的反例。这个假设之所以获得我们每个人的承认，是因为在我们每个人的身边都未曾发现它及其推论的反例。

但如果在某一天，我们发现有人不死，那么我们必须修改这个假设。同样，如果某一个人发现有人不死，他也将修改他的知识。

我认为，在知识的增长进程中，往往是由归纳产生了一个理论，再应用演绎进行推广。如果在演绎出来的定理不符合某些极端的情况（也就是被证伪），这时候就再来个更高层次的归纳，然后再应用演绎进行推广……归纳可以发现新知识，演绎可以推广新知识和否证新知识。

如果出现矛盾，那并不是演绎系统的问题，而是知识集（或假设集）的问题。如果我们说"所有的人的都是要死的"，但后来却发现有一个人不死。问题并不是出在我们的推理过

程中，而是出在我们的假设上。这正是 Poole［1］的观点。

Poole［1］虽然提出了一种基于事实的假设推理机制，但仍然存在以下缺点。首先，它的可能假设集与事实集可以是不一致的，这不符合直观。其次，它的推理系统中没有诱导机制，假设是不足令人信服的，也不符合人类认识自然的规律。其三，它的推理系统中只有演绎部分，没有归纳部分，不利于对知识发现的整个过程进行描述。

而因明论，正是可以克服以上缺陷的一个推理框架。

2 因明论简介

因明是佛教理论的重要组成部分。[2]因明是梵语“希都费陀”（Hetuvidya）的意译，“因”指推理的依据，“明”即通常所说的学；因明，就是印度古典逻辑中佛家所发展起来的关于推理的学说。因明是大乘佛教的“五明”（即五门学问）之一。因明大致可分为古因明和新因明。陈那是新因明的代表人物，《因明正理门论》［3］是陈那的代表作，玄奘法师于公元649 年译成汉文。近年来，巫寿康［4］用罗素、怀特海《*Principia Mathematica*》一书中的一阶逻辑系统对因明论进行了尝试的描述。本文的因明理论主要基于陈那的《因明正理门论》。

《因明正理门论》的推理是使用宗因喻的三支论式，例如：

例 1：

宗：声是无常

因：所作性故（所作：是造作出来的）

同喻：有某个所作见彼无常，犹如瓶等；

异喻：若是其常见非所作，犹如空等。

其中，宗为要推出的结论。宗的主词称为宗有法，宗的宾词称作宗法。如上例中的“声”即是宗有法，“无常”即为宗法。

例 1 可以解释为：“我认为声音是无常的，原因是声音是造作出来的。存在有某个造作出来的是无常的，犹如瓶子等（同喻），并且凡有常的都不是造作出来的，犹如虚空等（异喻）。”

一个正确的因明推导要满足“因三相”的条件：“遍是宗法性，同品定有性，异品遍无性”。在这里，什么是同品，什么是异品就不再讨论了，有兴趣的可以参见文献［5］的“以一阶逻辑试释《因明正理门论》”及相关资料，我们这里给出“因三相”的直观示例。在例 1 中，“遍是宗法性”指“所有的声音都是所作的”，“同品定有性”指“存在某个所作是无常的”，“异品遍无性”指“所有有常的都不是所作的”。

注意到，因明论的三支论式与三段论是有点类似的，但它们又不尽相同。三段论并没有推导出新知识（在演绎封闭意义下），而因明论的目的是推导出新的知识。三段论是完全的演绎系统，而因明论则含有相当的归纳成分。因明论要求的“遍是宗法性”与三段论是类似的；而“异品遍无性”解释中的“所有”并不是指一般意义上的全称量词，而指的是经验范围内的“所有”。如果把“异品遍无性”解释中的“所有”理解成一般意义上的全称量词，那么因明论就包含了三段论。但差别正在于此，这里的“异品遍无性”指的是当前经验下的“异品遍无性”。在此经验意义下，结论是不能用三段论的演绎推理可靠得出的，而还需要同喻来诱导，也即这里的“同品定有性”。

我们可以这样理解，“所有的声音都是所作的”没问题，问题就出在能不能说“所有所作的就是无常的”。三段论假定这是成立的，演绎推理水到渠成。而因明论并不认为我们可以确定“所有所作的就是无常的”。注意到，所作的外延比声音的外延大。我们还在讨论声音是否无常的时候，就认为所作的就是无常的。这确实是有点循环论证的味道。鉴于此，因明论把因明推理规定为：与当前经验事实一致的、并有同喻的例证。“异品遍无性”决定了推理与当前经验事实是一致的，“同品定有性”又进一步例证了这个推理的可能性，诱导了这个推理。

以下，我们用形式化的方式，用 Poole 在文献［1］中使用的逻辑框架来定义和研究因明论。

3 因明论—— 一个基于事实的诱导推理系统

我们使用文献［6］中的一阶语言和一阶系统。

下文中说的公式（formula）即为合式公式（well-formed formula），事实（facts）是封闭的公式，可能假设（possible hypotheses）是带有自由变元的公式，公式的实例（instance）是指对原公式中所有自由变元进行替换后生成的新公式同，可能假设的实例即为假设（hypothesis）。

F 表示事实的集合，我们假设事实集 F 是一致的。Δ 是可能假设的集合。

定义 3.1：集合 D∩F 称为 F，Δ的一个情节（scenario），当且仅当 D 是Δ中元素实例的集合且 D∩F 是一致的。

定义 3.2：设可能假设 h 具有这样的形式：(P(x) →Q(x))，那么如果有封闭公式 f 蕴涵∃x(P(x) ∧Q(x))，则称可能假设 h 可被公式 f 诱导。设可能假设 h 具有这样的形式：(P(x) →Q(x))，那么如果有封闭公式集 F 蕴涵∃x(P(x) ∧Q(x))（ 即∃x(～（P(x)→～Q(x))） ），则称可能假设 h 可被公式集 F 诱导。如果可能假设集Δ中的每一个可能假设都可被公式集 F 诱导，则称可能假设集Δ可被公式集 F 诱导。

定义 3.3：如果 g 是一个封闭公式，那么 F，Δ的一个蕴涵 g 且Δ可被 F 诱导的情节是 g 在 F，Δ下的一个解释（explanation）。

也就是说，g 在 F，Δ下是可解释的，如果Δ中元素实例的一个集合 D 满足：

（1）F∩D ╞g，并且

（2）F∩Δ是一致的，并且

（3）Δ可被 F 诱导。

定义 3.4：F，Δ的一个最大（关于集合的包含运算）情节的逻辑推论集，称为 F，Δ的一个扩充（extension）。

比较我们的定义和 Poole［1］的定义，容易发现，本系统与 Poole 系统的不同主要在于定义 3.3 中的(2)和(3)。本系统在 Poole 系统基础上加了一个“可诱导”的概念，并在可解释的定义中加上了(3)：“Δ可被 F 诱导”的前提，并把(2)的“F∩D 是一致的”修改为“F∩Δ是一致的”。显然，如果公式 g 在我们系统中是可解释的，那么 g 在 Poole 的系统中也是可解释的。在Δ可被 F 诱导且 F∩Δ是一致的前提下，我们的系统与 Poole 的系统等价。

注意到，可能假设 h 并不一定具有这样的形式：(P(x) →Q(x))，它也可能是 Q(x)，那么我们可以把它理解为(T(x) →Q(x))，其中 T(x)为永真公式。如此，我们就可以处理具有

Q(x)形式的可能假设。另外，Δ中并不一定每个元素都有实例的，但这问题不大，我们可以把Δ限制在只包含那些在 D 中有实例的元素。再三，F，Δ的一个扩充提供了一种语义解释。

接下来，我们通过几个例子比较一下本系统与 Poole 的系统：

例 2：考虑“所有的鸟都能飞”，这可以用以下的假设来表示：

Δ={bird(x) →flies(x)}

F={bird(dove)}

那么在 Poole 的系统中，files(dove)是可以解释的，但在我们的系统中却是不能解释的。为了在我们的系统中解释 files(dove)，我们还要在事实集 F 中加入如 bird(sparrow)和 files(sparrow)。bird(sparrow)和 files(sparrow)蕴涵∃x(bird(x) ∧flies(x))，从而Δ可被 F 诱导，这反应了因明论中“同品定有性”的要求。

显然，在我们系统中可以解释的公式是少了，但是在我们系统中可解释的公式具有归纳性质。

再来看以下例 3：

例 3：

Δ={emu(x) →flies(x)}

F={emu(polly)}

则 flies(polly)在 Poole 的系统中是可以解释的，但在本系统中 flies(polly)是不可解释的，而且它是永远不可解释的，因为我们在世界上找不到 emu(a) ∧files(a)这样的一种东西 a。在这个例子中，flies(polly)显然是错误的，但在 Poole 的系统中却是可以解释的，而在本系统中，则限制了这类错误结论的产生。

再来看一个例子。

例 4：

Δ={bird(x) →flies(x)}

F={∀x(emu(x)→bird(x)), ∀x(emu(x)→ ～ flies(x)), eum(polly), bird(tweety), bird(sparrow), flies(sparrow)}

(注：emu，即鸸鹋，是产于澳洲的一种体型大而不会飞的鸟。)

在 Poole 的系统中，虽然 F∩Δ是不一致的，即 flies(polly) ∧～flies(polly)，但 flies(tweety)是可以解释的。但在本系统中，flies(tweety)是不可以解释的，因为 F∩Δ是不一致的。直观来看，Δ里的公式(bird(x) →flies(x))是不成立的，可以被证伪的。在这种情况下，在 Poole 系统中居然还可以使用它来推导出 flies(tweety)，这是与直观不符合的。而在本系统中，flies(tweety)是不可以解释的，这与直观是相符的。并且，我们可以在此基础上构造一个正确的推导。比如把例 4 的Δ，F 修改成：

Δ={bird(x)∧～emu(x) →flies(x)}

F={∀x(emu(x)→bird(x)), ∀x(emu(x)→ ～ flies(x)), eum(polly), bird(tweety) , bird(sparrow), flies(sparrow), ～emu(sparrow)}

则 flies(tweety)是可以解释的。

通过以上的分析，我们可以发现，相对于 Poole 的系统，本系统可以减少错误结论的产生，本系统更符合直观，并且本系统还带有类比的归纳性质，符合人类对自然的认识规律。这是本系统相对 Poole 系统的优点。

以下，我们考察一下本系统在 Poole 的假设推理程序设计语言 THEORIST 中的表示方式。

注意到，本系统与 Poole 系统的主要区别在于可解释应该满足的第二和第三个条件，即(2)$F\cap\Delta$是一致的，且(3)Δ可被 F 诱导。

为了满足(2)，我们必须检查 default 集和 fact 集是否一致，在 default 集和 fact 集有限的情况下，这是一个可判定的问题。如果 default 集和 fact 集不一致，那么我们认为这个描述是不合法的，当然系统也可以通过对 default 集进行适当修改以使其合法。如果 default 集和 fact 集是一致的，那么我们可以继续。为了满足(3)，我们必须对每条 default 加入一条 constraint。

以下举例说明，对于例 2，我们来构造它的 THEORIST 描述。

Δ={bird(x) →flies(x)}

F={bird(dove)}

则它的 THEORIST 描述为：

default birdsfly(x): flies(x) ←bird(x)

constraint ～birdsfly(x) ←～∃x(bird(x) ∧flies(x))

fact bird(dove)

explain flies(dove)

这里的 default 集和 fact 集是一致的，这个描述是合法的。这里请求的解释 flies(dove)返回的答案是“No”，因为～∃x(bird(x) ∧flies(x))在“Negation-as-Failure”机制下成立，所以 birdsfly(x)这条假设不能使用，故 flies(dove)不可解释。

如果我们在 F 中加入 bird(sparrow)和 files(sparrow)，则它的 THEORIST 描述为：

default birdsfly(x): flies(x) ←bird(x)

constraint ～birdsfly(x) ←～∃x(bird(x) ∧flies(x))

fact bird(dove)

fact bird(sparrow)

fact files(sparrow)

explain flies(dove)

在此情况下，bird(sparrow)和 files(sparrow)使得∃x(bird(x) ∧flies(x)成立，故假设 birdsfly(x)可以被激活，在此情况下，我们可以得到它的实例：flies(dove) ←bird(dove)，再由 bird(dove)，可得 flies(dove)成立。

通过以上的方法，我们可以用 THEORIST 来描述和求解本系统的可解释公式。

4 结束语及未来的工作

本文从一个信念出发：非单调性并不是逻辑系统的问题，而是假设集的问题。在Poole的推理框架之上建构了一个基于事实的诱导推理系统，也即因明论的现代形式。

这个系统的研究工作还刚起步，很多细节问题还未及一一展开，如扩充问题及解释间关系问题等。另外，因明论既可用于“自量”，即自己发现新知识，也可用于“他量”，也即用于辩论。基于此，我们未来可以探讨因明论用作辩论逻辑系统的可能性。

(谢谢任去来先生、邓安生教授和林方真副教授的启发。)

参考文献

[1]David Poole. A Logical Framework for Default Reasoning[J]. Artificial Intelligence, 36:27-47, 1988.

[2]沈剑英.因明学简论.全国逻辑学讨论会论文选.1979

[3]陈那，玄奘法师译.因明正理门论[M].大藏经

[4]巫寿康.《因明正理门论》研究[M].生活读书新知三联书店.1994.10

[5]庄朝晖.《思拷者手记》[M].中国文联出版社.2003

[6] A.G.Hamilton 著,骆如枫译.数学家的逻辑［Ｍ］.商务印书馆,1989.8

Buddhist Logic, a Facts-based Abductive Reasoning System

ZHUANG Chao-hui

(Inst. of Software of Computer Science Dept. of Xiamen Univ., Xiamen 361005, P.R.China)

Abstract：In this article, Poole’s belief, i.e. the problem of nonmonotonic reasoning is not the problem of logic, but the problem of hypotheses, is discussed first. Sequentially, some disadvantages of Poole’s reasoning system are discussed, just like inconsistent possibility between defaults set and facts set, the absence of abduction and the absence of induction. For addressing these problems, Hetuvidya, also known as Buddhist Logic, is introduced. Based on this theory, a facts-based abductive reasoning system is constructed in the reasoning framework of Poole. Through some examples, the advantages of this system have been shown. In the end, how to represent the reasoning of this system in Poole’s THEORIST is discussed briefly.

Key words： Buddhist Logic; Abductive Reasoning; Hypotheses Reasoning

收稿日期: 2003-10-4;

基金项目: 无

作者简介：庄朝晖(1976-)，男,福建南安人，厦门大学助教,工学硕士。