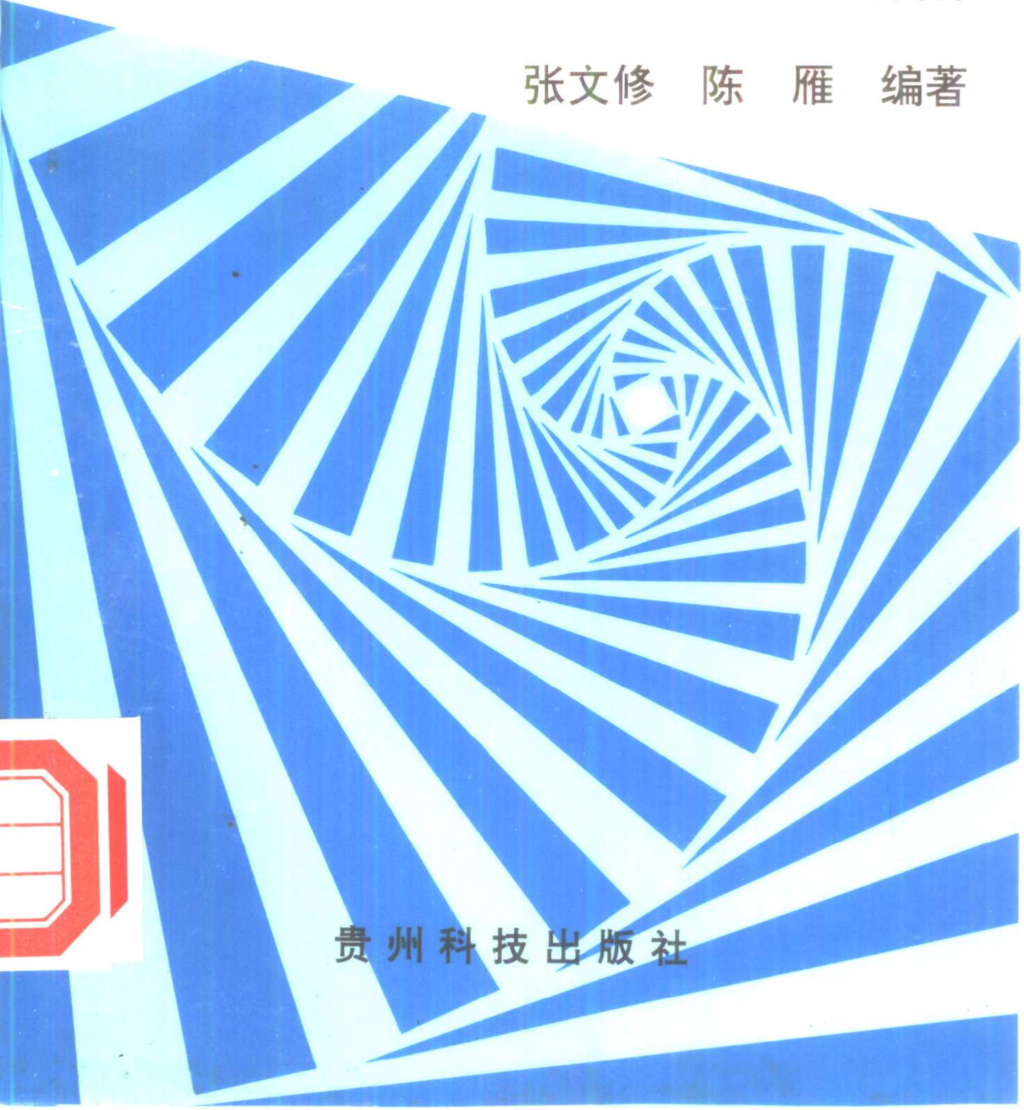
模糊数学及其应用丛书

合情推理与发现逻辑

PLAUSIBLE INFERENCE AND DISCOVERY LOGIC

张文修 陈 雁 编著



贵州科技出版社

黔新登(90)03 号

合情推理与发现逻辑
张文修　陈　雁　编著

贵州科技出版社出版发行
(贵阳市中华北路 289 号　邮政编码 550001)
*
核工业中南三〇六印刷厂印刷　贵州省新华书店经销
787×1092 毫米　32 开本　8 印张　168 千字
1994 年 9 月第 1 版　1994 年 9 月第一次印刷
印数 1～2000

ISBN7－80584－243－4/O・006　定价:8.20 元

《模糊数学及其应用丛书》
资 助 单 位

贵州科技出版社
中国人民解放军国防科学技术大学
贵州师范大学
中外合资贵州永兴电子仪表公司
贵阳大光五金站　吴石川

《模糊数学及其应用丛书》
编辑委员会

学客座教授）

吴从炘 （航空航天部有突出贡献的优秀专家，博士导师，哈尔滨工业大学数学系主任，教授）

吴望名 （上海师范大学数学系主任，教授）

张文修 （西安交通大学研究生院副院长，教授）

郭桂蓉 （博士导师，中国人民解放军国防科技大学副校长兼研究生院院长，教授）

前　　言

自从美国扎德(L. A. Zadeh)教授于1965年建立模糊集合论以来，由于它在处理广泛存在的一种不确定性——模糊性方面的成功，它在处理复杂系统方面的简捷与有力，在某种程度上弥补了经典数学与统计数学的不足，越来越受到欢迎。在这种背景下，随着模糊工程的开发和应用，模糊技术产品的广泛利用，日本于1990年将本田(Honda)奖授予了扎德教授，以表彰这一新方法论的成功。

20多年来，这一新的数学方法从理论到应用，从软技术到硬技术，都有了很大的发展，得到了越来越多的人的关心和支持，他们迫切希望了解这一新方法的研究与进展。在贵州科技出版社等单位的大力支持下，国际模糊系统协会中国分会(China Chapter of IFSA)和全国模糊数学与模糊系统学会组织编辑了《模糊数学及其应用丛书》。

这套丛书选编了一批学术性较强、应用性较好的模糊数学及其应用的专著，这些专著基本上反映了当前国际和国内水平。这些专著均是执笔者多年研究的成果，反映了当前国际同行的动态，其中多数属国家自然科学基金资助项目和国家863高技术计划项目。

我们相信这套丛书的出版，将对国内外模糊数学及其应用的研究与发展起到很好的推动作用。

刘应明　　1991. 9. 2

内　容　提　要

《合情推理与发现逻辑》是从信息论的角度研究人工智能中的不确定推理。作者利用外延空间与内涵空间的框架，利用信任测度与似然测度等模糊测度，给出了合情推理的六种数学模型以及发现逻辑的五种数学模型。全书共分五章，前四章介绍了合情推理与发现逻辑的数学模型，第五章作为合情推理与发现逻辑的可实现途径之一，介绍了自然语言的似然推理方法。

本书适合于从事人工智能及模糊数学研究的科技工作者参考。

PLAUSIBLE INFERENCE AND DISCOVERY LOGIC

(Synopsis)

The primary purpose of this book is to study uncertainty inferece in artificial intelligence based on information theory. Fuzzy measures including plausibility and belief measures are discussed within the framework of extension and intention spaces. Some mathematical models of plausible inference and discovery logic are presented by employing these measures and framework.

Chapters 1～4 cover the mathematical models of plausible inferencę and discovery logic. Chapter 5 introduces some methods of plausible inference about natural language as one way for practical plausible inference and discovery logic .

The book is written for science and technology researchers engaging in artificial intelligence and fuzzy sets.

编 写 说 明

计算机科学的迅速发展，计算机应用的普及深入，使计算机的人工智能的研究成为当代科学研究中的重大课题。而人工智能研究的关键是不确定逻辑的数学描述。本书正是从这一角度出发，给出合情推理与发现逻辑的数学模型。

多年来，人们已经从各种角度研究不确定逻辑，如多值逻辑、模态逻辑、直觉主义逻辑、非单调逻辑以及模糊逻辑等。但是这些逻辑都是企图在数理逻辑中寻找工具，受着经典逻辑的制约。胡国定先生通过信息量的计算研究不确定推理，另辟新径，为思维过程量化提供了一种全新的研究方法。本书的工作包含着胡国定先生尚未发表的研究成果以及作者在此基础上的研究成果。

本书将不确定逻辑分为两大类。一类是合情推理，一类是发现逻辑。它们都是一种可能性推理，都是根据人们的经验、知识、直观与感觉得到一种可能性结论的推理。但是合情推理与发现逻辑比较起来，更容易为人们掌握，因为合情推理是在已有的知识库中进行运算。发现逻辑则不然，它首先是因为知识库不够用，要扩充已有的知识库。我们根据经验，将合情推理归结为六种模型，即拓广推理、归纳推理、对比推理、似然推理，逆反推理与统计推理。将发现逻辑归结为五种模型，即系统思维、形象思维、类比思维、层次思维、反驳思维。由于胡国定先生新的信息量的定义更适合于推理过程，使我们能够在

内涵空间上来研究信息与信息量，而且它们恰好为信任测度与似然测度，即是两种模糊测度。这样，就为合情推理与发现逻辑的信息描述提供了一个好的框架与数学工具。本书的前四章正是这些思想的逐步展开的结果。特别指出，这些工作不仅是理论上的成果，同时为计算机将数据库转化为知识库给出了切实可行的方法。

模糊数学的产生对于自然语言概念的形成和推理是一个好的开端，特别它在计算机上的可实现性非常引人注目。作为前四章内容的一种计算机实现可能性，第五章介绍了自然语言的近似推理。这部分内容实质上是模糊数学的灵魂。

本书的§4.5、§4.6及§5.3采用了李未、林作铨与程里春的研究论文，第二章参照了G. Shafer的著作《证据理论》，在此特致感谢。

期望本书对智能计算机及人工智能的研究有所帮助。

张文修　　1993.8

目　录

第一章　合情推理的模式与描述

§1.1　合情推理的意义

合情推理是一种可能性推理，是根据人们的经验、知识、直观和感觉，通过分析、综合、归纳和类比等形式得到一种可能性结论的推理。它不同于经典逻辑，经典逻辑是一种确定性推理，是一种证明逻辑，而合情推理是一种不确定推理，是一种探索逻辑。

"合情推理"(Plausible Inference)一词最早出现在G. 波利亚的著作《数学与合情推理》(中译本为《数学与猜想》科学出版社 1984)一书中。G. 波利亚在一系列的著作中，探讨了探索性思维的许多基本原则，并且他认为这些基本原则可以通过教学加以培养，使学生领会并付诸实践。他系统总结了探索思维的过程及各种模式，并且通过数学史上大量有趣的实例来说明这些模式的应用方法。

G. 波利亚在《数学与合情推理》一书的序言中指出："我们借论证推理(经典逻辑)来肯定我们的数学知识，而借合情推理来为我们的猜想提供依据。一个数学上的证明是论证推理，而物理学家的归纳论证，律师的案情论证，历史学家的史

料论证和经济学家的统计论证却属于合情推理之列。”“一个认真把数学作为他终身事业的学生必须学习论证推理；这是他的专业也是他那门科学的特殊标志。然而为了取得真正的成就他还必须学习合情推理；这是他的创造性工作所赖以进行的那种推理。”

下面我们列举合情推理的简单例子。

例 1.1.1 （哥德巴赫猜想）任何偶数可分解为两个素数之和。

哥德巴赫猜想是根据经验得到的。譬如我们可以有以下事实：

4＝3＋1；6＝3＋3；8＝5＋3；

10＝5＋5；12＝7＋5；14＝7＋7；

16＝13＋3；18＝13＋5；20＝13＋7；

……

从这些大量的事实中，我们得到了哥德巴赫猜想。

例 1.1.2 对角线相等的凸四边形为矩形。

我们已经知道，矩形的对角线相等，而对角线不相等的凸四边形肯定不是矩形，因此猜测“对角线相等的凸四边形为矩形”。

例 1.1.3 正四面体内任一点到各面的距离之和为正四面体的高。

正四面体与正三角形有许多对称性质。譬如，正三角形是平面上的封闭图形，三个边相等；而正四面体是空间的封闭图

形，且每个面都全等。而在正三角形中已有性质，"正三角形内任一点到三个边的距离之和等于三角形的高"，因此类似的猜测"正四面体内任一点到各面的距离之和为四面体的高"。

例 1.1.1 的猜测至今没有人怀疑它的正确性，但一直到现在还未得到严格的逻辑证明，它是一个未予以证明的猜测。例 1.1.2 是一个错误的猜测，因为确实有对角线相等的凸四边形不是矩形的例子，例如等腰梯形。例 1.1.3 是一个可以严格证明的猜测，因此它已成为定理。

由此可见，通过合情推理得到的结论是一种可能性结论，而不是一种必然结论。它可能通过证明是正确的结论，也可以举反例说明它是错误的结论，也可能是长期得不到证明显示它的正确性或通过反例说明它是错误的结论。因此，G. 波利亚指出："论证推理是可靠的、无可置辩的和经久的。合情推理是冒风险的、有争议的和暂时的。"合情推理包含了推理者本身某些主观性的东西以及客观上许多正确性的东西，它不是一种自身独立的推理。

同时必须指出，合情推理毕竟综合了许多偶然因素，并且有着一定的事实根据，在一定程度上使人们相信它的结论，而且这些结论中经常包含着周围世界本质上的新知识。因此，它又作为一种普遍的思维方法被人们广泛地使用在思维过程中。

合情推理与数学的形式论证似乎是不相容的，然而数学家始终离不开合情推理。通过合情推理，可以发现数学的定理

与公式，可以找到证明定理与公式的思路，可以预测某些定理与公式的正确程度。数学的形式论证使数学具有最终的确定形式，但是获得最终形式的创造过程却需要合情推理。数学家使用合情推理的创造过程是形式论证的真正基础。

下面分几个方面来谈谈合情推理的作用。

一、在证明一个数学定理之前，合情推理可以获得这个定理的基本内容

例 1.1.4 试求两两相交，但任何三条不共点的 n 条直线将平面分成多少部分？

首先考虑一些特殊情况：

$n=1$，将平面分成 2 部分；

$n=2$，将平面分成 4 部分；

$n=3$，将平面分成 7 部分。

于是，直线数目与平面数目有以下对应关系：

0， 1， 2， 3， 4， 5，……

1， 2， 4， 7， 11， 16，……

观察上面两列数，如果以 $f(n)$ 表示 n 条直线将平面分成的部分的数目，容易得到关系式

$$f(n)=f(n-1)+n \qquad (1.1.1)$$

这个公式是从 n 的几个特殊算例归纳出来的，对已有的算例是正确的。我们可以继续核实(1.1.1)式对 $n=6,7$ 也是正确的。

归纳推理遵循这样一条原则，如果一个猜想有任何新的结论或实例证实，猜想就变得更可靠。它不着眼于猜想的理由，而着眼于猜想的核实，每一步核实都被看作是肯定猜想的论据。一旦对猜想有了充分的信任，就可开始对猜想的论证。

我们看到，公式(1.1.1)的正确性不是偶然的。假定$(n-1)$条直线将平面分为$f(n-1)$部分，再添加一条直线，与其它$(n-1)$条直线两两相交，任何三条直线又不共点，这条直线被前面的$(n-1)$条直线分为n段，而每一段直线使平面多分割一部分，这就得到公式(1.1.1)。

将公式(1.1.1)按$n=1,2,\cdots\cdots$表达出来，即得

$f(1)=f(0)+1$

$f(2)=f(1)+2$

……

$f(n)=f(n-1)+n$

由于$f(0)=1$，将几个等式相加，得

$$
\begin{aligned}
f(n)&=1+1+2+\cdots+n\\
&=\frac{1}{2}(n^2+n+2)
\end{aligned}
$$

即是例1.1.4的解。

在例1.1.4的分析中，我们始终是从特例开始，通过特例进行试探性的概括。当然，概括的方法可以是纵向的归纳思维，也可以是横向的类比思维。我们通过合情推理试探性地寻求某些规律，如果失败了，进一步修正，使猜测的规律比第一次更完善，以至无法找到新的例证去否定它。最后，我们致力