

模糊邏輯

张忠民 著

59
29

陕西人民教育出版社

责任编辑 朱 芸

封面设计 力 克

ISBN7—5419—3442—9/C • 2967

定价：2.75元

模 糊 逻 辑

张惠民 著

陕西人民出版社

1254552

(陕)新登字004号

模糊逻辑

张惠民 著

陕西人民出版社出版发行

(西安长安南路吴家坟)

陕西省新华书店经销 户县印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 3.5印张 100千字

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数：1—3000

ISBN 7—5419—3412—9/G·2967

定价：2.75元

PDG

内 容 提 要

模糊逻辑是模糊数学的一个分支，也是现代应用逻辑的一个新学科。它把数学与逻辑有机结合起来，用“隶属度”和“隶属函数”来刻画模糊事物，冲破了传统二值逻辑的羁绊，直接为现代科学技术服务。

本书除“导论”和“准备知识”外，系统论述了“模糊概念”、“模糊命题”、“模糊推理”和“模糊公式及其极小化问题”，并给以形式化处理，试图构建模糊逻辑体系框架。同时，介绍了当前模糊逻辑在科学技术应用方面的情况，附录了模糊学的奠基人——查德的一篇讲话，为的是让读者了解模糊逻辑的来龙去脉，更好地研究和运用模糊逻辑。

本书深入浅出，注重理论与实用相结合，可供自然科学工作者和社会科学工作者阅读，可作为高等学校开设应用逻辑专题课的试用教材，还适宜于中等以上文化程度的读者自学。

山西人民出版社

序

王雨田

自从查德 (L. A. Zadeh) 在1965年提出模糊集理论以来, 模糊学无论在理论上还是在应用上都取得了重大的进展。尽管对于这一理论及其应用的有效性评价还有不同的看法, 但上述的事实却是无可怀疑的。

模糊集理论的提出, 并不是纯粹从经典的集合论研究中纯理论地衍生出来的, 而是首先从科学技术发展的实践中形成和发展起来的。具体地说, 是由控制论、工程控制论、系统理论、大系统理论在实际应用过程中所遇到的实际问题, 即模糊性 (Fuzziness) 问题而诱发出来的。因此, 它的形成与发展与技术科学有着直接的联系, 这就必然表现出理论上在一定阶段比较薄弱、先天不足与应用上的广泛发展。

同样, 对模糊逻辑的理论研究与应用也是如此。在模糊集理论与模糊数学提出与形成后, 由于工程实践的需要, 很快就开展了对模糊语言与模糊逻辑的研究, 而且在模糊控制等领域中得到应用。尽管模糊逻辑是一种非标准逻辑, 它却不是从传统的逻辑、数理逻辑中直接衍生出来的, 也很少列入非标准逻辑、哲理逻辑 (Philosophical Logic) 的门类之列。在国内外的逻辑界中, 有些学者或者不认为她是一

种地地道道的逻辑，或者至多把她看成一个杂家。我认为这是不公道的，是一种片面的看法。理论来自实践。既然来自实践的理论所衍生出的理论被看作是理论，那么来自实践的理论更应看作是理论。正如查德所指出的，模糊逻辑很可能在专家系统、决策支持系统、模糊逻辑控制、计算机视觉等领域会找到日益增长的用途（参见本书所附短文：《模糊集——她的过去、现在和将来》）。只要不被习惯和偏见所左右，我们就无法否认模糊逻辑是一种逻辑，是一种与技术科学有直接联系的非标准逻辑、哲理逻辑。

当然，我们并不因此对模糊逻辑在理论上的先天不足与不够完善视而不见，我们也不能因此对模糊逻辑应用的条件与局限性视而不见。我们的态度应该是，恰当地肯定她、支持她，而更重要的是用严谨的研究来肯定她、支持她、评价她。

在理论上，由于模糊性是一类不确定性，而不确定性的研究现已成为当前科学技术革命研究中的一项前沿性重大课题，因此，从逻辑角度上来探讨模糊逻辑的理论问题具有广阔的前景。在此，仅就国内的情况来说，朱梧桐教授从集合论基础来研究模糊集与模糊逻辑的一些基础理论问题，至少是提出了一种重要的方案。这类工作是很值得逻辑界加以正视和重视的。此外，逻辑界也很有必要从传统逻辑与数理逻辑的角度，将带有技术科学色彩的模糊逻辑逐步改造与完善为一种带有逻辑色彩的模糊逻辑。我以为张惠民同志的这本著作在这方面作了有意义的探索。他参阅了大量的文献，并进行了系统的探索，对模糊概念、模糊命题、模糊连接词与真值表、模糊推理进行了较系统的论述。尽管其中难免会有有待商榷之处，但本书确实已初步具有逻辑的色彩。

与特点。这是一项有意义的工作。加以本书由浅入深，能为广大读者所接受。无论从提高与普及而言，这都是一本应予肯定与推荐的著作。不过，这毕竟是初步的，但愿引起逻辑界学者的兴趣与重视，并取得更大的成果。

当前，人类的科学研究已进入到以整体性及其模糊性为特征的时期。研究模糊性思维形式及规律的模糊逻辑，必将为人类开辟出广阔的研究领域，成为研究哲学、逻辑学、语言学、心理学、管理学、社会学及其它交叉科学领域的新方法的基础，对推动科学技术进步和人类思维的发展，将会作出巨大的贡献。

模糊理论的同世至今不到三十年。潘冀海、张锦文《模糊（Fuzzy）集合论》论文在1976年第9期《计算机应用与应用数学》上的发表，是模糊理论首次传到我国来。到现在仅有十五个年头。十五年来，尽管不少学者潜心钻研模糊理论，他们成立学会，创办杂志，发表论文，出版专著，做了卓有成效的工作，但是模糊学仍是一门不完备的学科，一门发展中的学科，特别是模糊逻辑的研究十分薄弱，偶有提及，更谈不上建立体系，甚至有人认为她不是逻辑，不许步入逻辑科学的殿堂。几年来，我阅读了国内外的有关文献，钻研模糊数学，结合逻辑教学和思维实践，深感构建模糊逻辑体系是必要的，是刻不容缓的，于是试图运用模糊集理论，从传统逻辑和数理逻辑角度来构建模糊逻辑体系框架，撰写了这本书。

本书既考虑要供研究者共同探讨，也照顾要让初学者能够自学，因此在立意谋篇上，既有理论探讨，也有知识介绍，对一些深奥难懂的东西尽量删除，如第二章着重介绍与

前 言

当前，人类的科学研究已进入到以整体性及其模糊性为主的时期。研究模糊性思维形式及规律的模糊逻辑，必将为人类开辟出广阔的研究领域，成为研究哲学、逻辑学、语言学、心理学、管理学、社会学及其它交叉科学领域的新方法的基础，对推动科学技术进步和人类思维的发展，将会作出巨大的贡献。

模糊理论的问世至今不到三十年。潘雪海、张锦文《弗希 (Fuzzy) 集合论》论文在1976年第9期《计算机应用与应用数学》上的发表，是模糊理论首次传到我国来，到现在仅有十五个年头。十五年来，尽管不少学者潜心钻研模糊理论，他们成立学会、创办杂志、发表论文、出版专著，做了卓有成效的工作，但是模糊学仍是一门不完备的学科，一门发展中的学科，特别是模糊逻辑的研究十分薄弱，偶有提及，更谈不上建立体系，甚至有人认为她不是逻辑，不许步入逻辑科学的殿堂。几年来，我阅读了国内外的有关文献，钻研模糊数学，结合逻辑教学和思维实践，深感构建模糊逻辑体系是必要的，是刻不容缓的，于是试图运用模糊集理论，从传统逻辑和数理逻辑角度来构建模糊逻辑体系框架，撰写了这本书。

本书既考虑要供研究者共同探讨，也照顾要让初学者能够自学，因此在立意谋篇上，既有理论探讨，也有知识介绍，对一些深奥难懂的东西尽量删除。如第二章着重介绍与

模糊逻辑有关的模糊数学和模糊语言知识，对这二者从理论上并未作全面的论述。在叙述的方法上，力求通俗易懂，由浅入深，注意与自然语言结合。

在一次全国学术会议上，我就撰写本书的构想请教了中国社会科学院研究员王雨田先生，王先生给了我极大的支持和鼓励，在成书过程中，王先生为我提供资料，审阅初稿，对本书作了充分的肯定并提出宝贵的修改意见，又欣然为之写“序”；陕西师大政教系副教授畅斌先生、咸阳师专数学系副教授邵子逊先生、中共陕西省委宣传部理论教育处张忍成同志、陕西人民教育出版社朱芸同志，对本书的出版都作了具体的指导并给予热情的扶助。在此，特向以上诸位先生和同志致以衷心的感谢！

我是学中文专业的，现在中文系任教。自己不揣愚陋，冒昧撰写与数学特别是模糊数学关系极大的书，谬误和不妥之处在所难免，敬请学术界专家和广大读者赐教。

张惠民

1991.12.26

目 录

第一章 导论	(1)
第一节 模糊性.....	(1)
一、模糊性的实质.....	(2)
二、模糊性与精确性的关系.....	(3)
第二节 模糊逻辑的产生和发展.....	(5)
第三节 模糊逻辑的对象和特征.....	(7)
第四节 模糊逻辑与相关学科.....	(9)
一、模糊逻辑与多值逻辑.....	(9)
二、模糊逻辑与数理逻辑.....	(10)
三、模糊逻辑与语言逻辑.....	(10)
第五节 研究模糊逻辑的意义和方法.....	(11)
一、研究模糊逻辑的意义.....	(11)
二、研究模糊逻辑的方法.....	(12)
第二章 准备知识	(14)
第一节 模糊数学.....	(14)
一、模糊数学概述.....	(14)
二、模糊集合.....	(15)
三、隶属函数及其范式.....	(20)
四、隶属度与贴近度.....	(23)
五、模糊矩阵.....	(24)
六、模糊关系的复合.....	(27)

第二节	模糊语言	(29)
一、	模糊是语言的自然属性	(29)
二、	模糊语音	(30)
三、	模糊语义	(31)
四、	模糊语法	(33)
五、	模糊修辞	(37)
六、	模糊语言变量	(40)
七、	模糊语言算子	(44)
第三章	模糊概念	(48)
一、	模糊概念的形成	(48)
二、	模糊概念的特征	(49)
三、	模糊概念与精确概念的关系	(50)
四、	模糊概念的种类	(52)
五、	模糊概念的刻划	(55)
六、	模糊概念的作用	(59)
第四章	模糊命题	(63)
一、	什么是模糊命题	(63)
二、	模糊命题的种类	(64)
三、	模糊命题的模糊性	(71)
四、	模糊命题的演算	(73)
第五章	模糊推理	(75)
一、	什么是模糊推理	(75)
二、	模糊推理的种类	(78)
三、	模糊推理的有效性	(95)
四、	模糊推理的意义	(96)
第六章	模糊逻辑公式及其极小化问题	(98)

第七章 模糊逻辑与科学技术.....(104)

一、模糊逻辑与智能计算机.....(105)

二、模糊逻辑与自动控制.....(105)

三、模糊逻辑与组合回路.....(107)

四、模糊逻辑与医疗诊断.....(110)

五、模糊逻辑与模糊生品.....(112)

附录(一) 模糊集——她的过去、现在和将来(查德)

原文.....(114)

译文.....(122)

附录(二) 参考文献.....(127)

拜，终生为之奋斗的是，在排中律和二值逻辑的基础上，建筑人类知识的金字塔。

诚然，在人类社会的早期，混沌初开，生产水平低下，“模糊”的确是精确的对立面，代表着蒙昧和落后。但是，世界进入到电子计算机时代的今天，科学正在社会化，社会正在科学化，迫使人们发出一系列质疑：人类知识的金字塔至今为什么还是半成品？人们孜孜以求地用何种方法建立人工智能，为什么困难重重？凡此种种，原因是多方面的，然而起重要作用的原因之一是：长期以来，人们没有用模糊化思维来理解和把握世界。

1965年，美国著名控制论专家查德(L. A. Zadeh)教授发表了《模糊集合》(Fuzzy Set)开创性的论文，引用“隶属度”和“隶属函数”来描述差异的中间过程，向传统的二价原则及矛盾律和排中律提出挑战，引起人们对思维方式进行“反思”。人们开始认识到，在信息化的社会里，思考问题并非唯精确是好，对“模糊”要刮目相看。于是，人们另

第一章 导 论

第一节 模 糊 性

长期以来，人们总是把“模糊”与“糊涂”、“马虎”一样当贬义词看待，认为“模糊”就是模模糊糊，模棱两可，把模糊认识当作生产力落后的社会意识水平的标志，当作落后民族文化结构和知识形态的象征。许多先哲对精确性顶礼膜拜，终生为之奋斗的是，在排中律和二值逻辑的基础上，建筑人类知识的金字塔。

诚然，在人类社会的早期，混沌初开，生产水平低下，“模糊”的确是精确的对立面，代表着蒙昧和落后。但是，世界进入到电子计算机时代的今天，科学正在社会化，社会正在科学化，迫使人们发出一系列质疑：人类知识的金子塔至今为什么还是半成品？人们孜孜以求地用精确方法建立人工智能，为什么困难重重？凡此种种，原因是多方面的，然而起重要作用的原因之一是：长期以来，人们没有用模糊化思维来理解和把握世界。

1965年，美国著名控制论专家查德(J. A. Zadeh)教授发表了《模糊集合》(Fuzzy Set)开创性的论文，引用“隶属度”和“隶属函数”来描述差异的中间过渡，向传统的二价原则及矛盾律和排中律提出挑战，引起人们对思维方式进行“反思”。人们开始认识到，在信息化的社会里，思考问题并非唯精确是好，对“模糊”要刮目相看。于是，人们另

辟蹊径，用模糊理论来分析和处理模糊现象。二十多年来，由于信息时代人类实践的需要和现代科学成就的启迪，人们越来越关注对模糊性的探讨，正在构建一门崭新的科学模糊学。

实践证明：人类对可能世界的认识，从模糊到精确，再从精确到模糊，不是倒退，而是螺旋式的上升，它标志着人类认识能力又达到了一个新的高度。

一、模糊性的实质

模糊性是指人类在认识实践中关于对象类属边界及情态的不确定性和亦此亦彼性，指对象资格程度的渐变性。它是对象的某种连续性或连续运动在思维活动中的辩证投射，是宇宙的一种普遍联系在思维活动中的反映。

恩格斯曾讲：“辩证法不知道什么绝对分明的和固定不变的界限，不知道什么无条件的普遍有效的‘非此即彼’，它使固定的形而上学的差异互相过渡，除了‘非此即彼’又在适当的地方承认‘亦此亦彼’，并且使对立互为中介，辩证法是最高的、最高度地适合于自然观的这一发展阶段的思维方法。”^①这就是说，客观世界至少也同时是一个庞大的模糊域，没有绝对清晰精确的固定不变的东西。

在可能世界中，有许多东西是不能用精确的数值来表示的。当一个大系统（如航天系统、生态系统、社会经济系统等）的复杂性增大时，人们能使它精确的能力必将减小，在达不到一定的阈值以上时，精确性与复杂性必然互相排斥，呈现出大量的模糊性。

^①《马克思恩格斯选集》第3卷535页

宇宙的广袤性，事物的渐变性和无限可分性，不同事物兼有性以及矛盾对立的相互渗透性，使得大量的事物在真假之间有很多过渡状态，没有一个泾渭分明的界限，呈现出绝对模糊性。

主体与客体之间的相互作用，绝对运动，是产生人们认识模糊性的客观基础。

综上所述，模糊性是普遍存在的，它对于人类认识来说也是一种本质的东西。因此，我们要用模糊化思维来理解和把握世界，恰当地处理模糊性，以适应现代科学技术的飞速发展。

二、模糊性与精确性的关系

在客观世界里，模糊性与精确性是辩证的统一体。

一般而论，模糊性是绝对的普遍的，而精确性是相对的，是模糊性的特例。在现代科学思维中，人们的认识，能够精确的东西太少，而且这种精确是扬弃了模糊性而抽象出来的相对精确，模糊性的东西则是大量的普遍的。

在主客体中，模糊性与精确性互相联系，互相依赖，构成了客观事物的整体性。纯模糊性和纯精确性的东西是不存在的。二者相比，各有特征：一般、丰富、广义和大系统是模糊性的特征；个别、可理解、狭义、小分子是精确性的特征。同一对象，在不同时间、不同场合和不同层次里，是模糊还是精确，由占主导地位的基本特征而定。在思维实践中，模糊与精确，是对事物的特定方面而言的。一般地说，在这一方面模糊，在另一方面却精确。在工作实践中，模糊与精确，是相对于一定的精确度而言。达到了这个精确度，模糊描述就变为精确描述。一个经验丰富的工人，不用仪器测量，仅凭耳朵

听，就能找出机器运转的故障，这就使模糊达到了精确。相反超过了这个精确度，精确描述就变为模糊描述，精确的测量总会有一定的误差，这就使精确出现了模糊。真是：精确兮，模糊所伏；模糊兮，精确所依。

模糊性与精确性在一定条件下可以互相转化。实践证明，许多事物过分地追求精确反倒更加模糊，适当的模糊却能达到精确的目的。一个作家描写人物肖像，若用一些数字来写人物个子的高低、眼睛的大小和头发的长短，读者想象不出所描写人物的形象来。相反，若用一些模糊词语来刻画人物，如《水浒》中的108将却栩栩如生，形象鲜明。可见，模糊的描述也是精确的，因为模糊事物只能用模糊方法来描述，不这样，反倒不精确了。

在现代科学思维中，模糊性与精确性相辅相成，殊途同归。

传统逻辑和数理逻辑只研究事物的精确性及其规律，一般取二值，认为任何命题非真即假，别无选择。精确理论，为近代科学建立严密的理论体系提供了逻辑依据，对科学技术的发展和社会的进步起着巨大的推动作用。但在实践中，精确性与可行性发生了尖锐的矛盾，精确性超过了一定的限度，就变成了毫无意义的东西。

模糊逻辑着力研究事物间模糊性推理的规律。模糊理论为人类揭开可能世界模糊之谜，建立崭新的科学体系奠定了坚实的基础。但在实践中，该用精确性的却用了模糊性，也会带来一定的损失和灾难。譬如模糊信息和模糊语言却为计算机科学的发展提出了难题。

由此可见，人们对模糊性和精确性的研究和运用，不能