

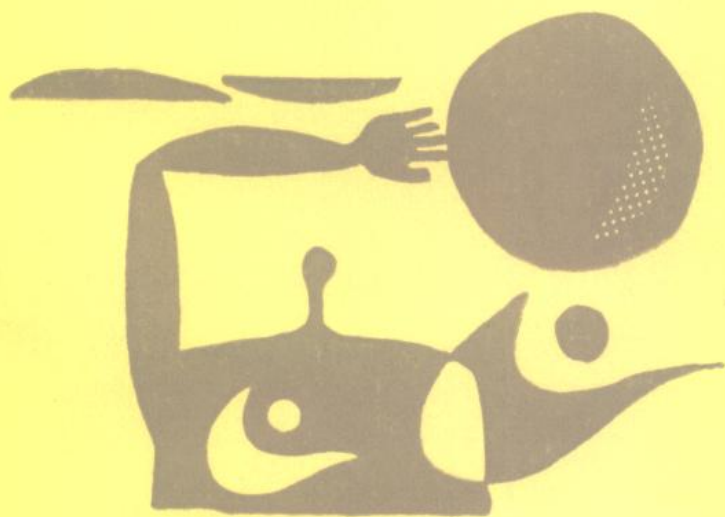
证据理论与决策、

人工智能

段新生 著

中青年学者文库·中青年学者文库

中青年学者文库



C934
D91

372310

段新生 著

证据理论与决策

人工智能

中国人民大学出版社

· 中青年学者文库



(京)新登字156号

证据理论与决策、人工智能

段新生 著

*

中国人民大学出版社出版发行

(北京海淀路39号 邮码 100872)

北京市丰台区丰华印刷厂印刷

(北京鼓楼西大石桥胡同61号)

新华书店经销

*

开本: 787×1092毫米32开 印张: 7 插页2

1993年3月第1版 1993年3月第1次印刷

字数: 148 000 册数: 1-2 000

*

ISBN 7-300-01492-5

G·153 定价: 4.30元

内 容 简 介

本书介绍了证据理论的基本内容，叙述了作者在理论上所做的部分工作，探讨了证据理论的应用问题。

全书共分十三章，前七章综述证据理论的基本内容，第八章是作者在理论上所做的部分工作，其中包括合成法则的公理化研究，多层证据的处理以及无限框架上证据处理的近似转化等。后几章是作者对证据理论的应用问题的探讨。其中第九章提出了利用证据理论作决策的一般方法，第十章到第十二章利用这种方法研究了决策分析中主观概率的估计问题、预测问题、指标体系的确定问题、领导班子的选取问题以及医疗诊断问题等。最后一章探讨了证据理论在人工智能以及专家系统中的应用。

本书力求简洁明了，通俗易懂，不过分追求严密性，有一定的探索性。不仅适合于对证据理论研究感兴趣的数学工作者以及计算机工作者，更适合于想在自己的研究领域中寻找新工具的社会科学工作者。另外，对于想扩大自己知识面的文、理科学生也是一本合适的读物。

《中青年学者文库》序

也许我们有点莽撞，在丛书如林的今天，在出版事业步履维艰的今天，还要推出这样一套并非出自名家手笔的《中青年学者文库》，有竞争力吗？前景如何？

我们深知我们力量微薄。但是，坦率地说，我们仍要参与竞争，我们渴望参与竞争。是竞争的时代激励了我们的竞争意识，我们希望能在竞争中锻炼队伍，能在竞争中尽快走向成熟。

催促学术队伍的更新和新人的成长，是我们编辑这套《文库》最基本的出发点。我们的事业急切地呼唤着新人的崛起；锐意进取的年轻人切盼着施展才华的开阔地。正是这种双向的需求，激发我们建全起这片小小的人材“特区”，进入这方特区，凭借的不是学历、资历，也不是职称或职务，而是求新的意识和苦心的研究。我们希望我们的作者能够既有劈山开路的气魄，又有滴水穿石的韧性。

我们的作者，有的已崭露头角，有的则刚刚踏上论坛。他们的著作，在学长们面前也许会显得稚拙，甚至偏激。但是，对真理的执著追求却是我们共同的愿望。不趋时，不唯上，不因循守旧，不故弄虚玄，坚持以马克思主义为指导，紧密结合我国国情，广泛吸收世界当代文明中一切有价值的东西，竭力回答社会变革中提出的重大问题，勇于探索学术发展中出现的困难问题，敢于触及社会舆论关注的敏感问

题，——遵循这样的原则，经过不懈的努力，相信我们能有所作为。

草创的事业，期待着各方的支持。高质量的赐稿是支持，建设性的意见和有份量的批评也是极好的支持。我们确信能够赢得支持，并在热情的支持中不断前进。

《中青年学者文库》编委会

写在前面

段新生同志的《证据理论与决策、人工智能》一书就要出版了，我感到非常高兴。

证据理论是1976年由美国学者G. Shafer创立的。证据理论创立以来，理论上取得了很大的发展，应用上也取得了很大的成果。

在我国，证据理论的研究还很薄弱。目前，有关证据理论的内容只能在杂志上或某些书中见到一些零星的介绍。

《证据理论与决策、人工智能》一书系统、扼要地介绍了证据理论的基本内容，这对于将证据理论全面地介绍到国内无疑是非常有意义的。

证据理论是实用性很强的学科。在段新生同志所从事的证据理论的研究中，很大一部分就是证据理论的应用。作者首次把证据理论引入决策科学中，并给出了用信度函数做判决的一般方法；在人工智能的各个领域中，作者应用证据理论也取得了许多很好的成果（例如软推理）。所有这些无疑将给实际工作者一定的启迪。

当然，本书也存在着许多不足之处，但是有不足就要研究，就要探索。相信本书的出版会吸引更多的人加入到有关

证据理论的研究行列中来。

寿玉亭 1990.3

前 言

1976年, G. Shafer出版了“*A Mathematical Theory of Evidence*”一书, 标志着证据理论的诞生。证据理论从诞生到现在虽然仅仅经过十几年的时间, 但是理论上却取得许多丰硕的成果, 得到了国际学术界的普遍重视。

本书第八章是作者在理论上所作的几点探讨。其中§1谈了作者对证据合成的看法, 提出了证据合成的公理化方法; §2提出了多层证据的概念及一些处理方法; §3应用粗糙集理论研究了无穷框架上的证据处理向有穷框架上的证据处理的转化问题, 得到了一种无穷框架上证据处理的近似方法。

证据理论一诞生, 专家系统的许多建造者就注意到了这种理论。由于证据理论可以作为研究某种不确定性推理的理论, 因而专家系统的建造者就试图利用这种理论处理专家系统中大量存在的不确定性问题。利用证据理论建造专家系统取得了一定的成果, 但是还有许多不完善的地方。这种研究尚在进行之中。

但是, 自证据理论诞生以来, 也只有专家系统的研究者和建造者们在应用证据理论。证据理论在其他领域中的应用却几乎是一个无人问津的问题。

我们注意到，证据理论是一种关于判决的理论，因此在所有包含有判决的领域中都可以尝试应用证据理论。

决策领域包含有大量的判决问题，所以，作者认为，证据理论的一个最适合应用的领域就是决策。本书第九章探讨了利用证据理论作决策的一般方法，第十章至第十二章探讨了这种方法在某些具体领域中的应用。其中第十章是在决策分析领域中的应用。在用决策分析的方法作决策时，常常遇到系统生存状态的主观概率的估计问题，利用第九章的方法可以给出一种综合各专家经验和知识的专家咨询估计法，同时在该章还得到了另外一种决策分析的方法——M决策法。第十一章是在预测领域中的应用。本章利用第九章方法得到了一种预测的方法——信度预测法。信度预测法是特尔菲预测法的推广，但无论在咨询的方式上还是在专家意见的表述及处理上都与特尔菲预测法有本质的不同。同时本章还得到了一种先预测状态再进行决策的一种决策分析的方法。第十二章是在其他领域中的应用。这些领域诸如指标体系的确定、领导班子的选取以及医疗诊断等。证据理论在这些领域中的应用与以上应用有一些区别。证据理论不能直接用于这些问题的解决，但是使用一些简单的技巧，第九章的方法仍然可以在这些领域中得到应用。

社会科学中包含有大量的决策问题。因此，作者认为，利用证据理论作决策的一般方法可以在社会科学的许多领域中得到应用（并不仅仅是本书所涉及的几个领域），可以作为社会科学定量化研究的一种工具。

另外，专家系统的研究者和建造者对证据理论的应用仅仅局限于人工智能的专家系统领域，人工智能的其他领域却

无人问津。本书最后一章探讨了证据理论在推理（包括软推理，归纳推理以及非单调推理）以及模式识别中的应用。在这一章最后一节还研究了专家系统中各种不确定性的存在，探讨了这些不确定性的处理，提出了一种建造以信度函数为基础而不是以产生式规则为基础的专家系统的思想。

最后感谢袁萌老师，魏晴宇老师，张金马老师的帮助，感谢陈禹老师对本书出版所作的大量工作，感谢寿玉亭老师在百忙中阅读了本书的初稿并提出了许多宝贵的意见。对本书缺点及错误，恳请读者批评指正。

段新生 1989.6.2

目 录

第一章	序言	1
§1	概率的三种解释	1
§2	构造性解释	3
§3	信度所遵循的原则	5
§4	证据理论的发展	6
§5	证据理论的应用	8
第二章	信度函数	13
§1	识别框架	13
§2	基本可信度分配与信度函数	14
§3	众信度函数与似真度函数	19
§4	m 、 Bel 、 pl 、 Q 的几何意义	23
§5	贝叶斯信度函数	24
第三章	Dempster合成法则	26
§1	两个信度函数的合成	26
§2	多个信度函数的合成	30
§3	Dempster合成法则的众信度函数形式	32

§4	冲突权重	33
§5	条件信度函数	34
第四章	框架的转化	36
§1	粗化与细分	36
§2	相容框架族	40
§3	相容的信度函数	43
§4	相容框架的独立性	44
§5	框架的收缩与扩张	45
第五章	信度函数的分类及证据的权重	47
§1	简单支持函数	47
§2	可分离支持函数	50
§3	支持函数	52
§4	证据的权重	54
§5	准支持函数	62
§6	信度函数的分类	63
第六章	一致支持函数	65
§1	一致支持函数	65
§2	外形函数	67
§3	证据的一致性	69
§4	推理证据	71
§5	一致支持函数与可能性分布	72
第七章	统计证据	76

§1	引言	76
§2	单个观察值下的统计证据	77
§3	统计证据的权重	78
§4	多个观察值下的统计证据	81
§5	统计证据的折扣	82
§6	在框架的相容变换下支持函数的变化	83
第八章	理论上的进一步探讨	86
§1	证据合成的公理化研究	86
§2	多层证据处理	97
§3	无限框架上证据的近似处理	102
第九章	利用Shafer 证据理论作决策的一般方法	114
§1	问题的提出	114
§2	用“最少点”原则求真值	115
§3	利用Shafer证据理论作决策的一般算法	118
§4	一些问题的讨论	124
第十章	决策分析	126
§1	主观概率的传统估计	127
§2	专家咨询法	129
§3	Dempster合成法则的递归形式 及主观概率的修正	131
§4	M决策法	133
第十一章	预测	140

第一章 序 言

§1 概率的三种解释

在Shafer的证据理论出现之前(1976年以前),概率(probability)的解释可以概括为三种:客观解释,个人主义解释以及必要性解释(Objectivistic, Personalistic, Necessary)。^o根据客观解释,概率描述了一个可以重复出现的事件的客观事实,用该事件发生的频率当试验次数趋于无穷时的极限来刻划。根据个人主义解释,概率是某个个人的偏好(Opinion),它可以根据某个人在赌博中或其他带有不确定性结果的事件中所表现出来的行为来推算。根据必要性解释,概率是测量一个命题推出另一个命题的程度的量,这个量由两个命题之间的逻辑关系完全决定,与人类的偏好无任何关系。

客观解释又叫频率解释。根据这种解释,要求出一个事件的概率必须要求出该事件重复出现的频率。比如说,许多次地掷一个骰子,出现1的次数占总投掷次数的 $1/6$,而且次数越多,越接近 $1/6$,那么我们就说掷骰子出现1的概率为 $1/6$ 。除此而外,如果一个事件是不可重复的,那么这个事件也就无概率可言。举例来说,要问“明天下雨”的概率是

多少，或“一个刚出生的婴儿能活到70岁”的概率是多少，在频率主义者看来是无意义的。原因就是，“明天下雨”以及“刚出生的婴儿能活到70岁”这样的事件是不可重复的，因而没法谈论它们的概率。数学概率论以及数理统计所采用的概率就是在一种广泛频率解释下的概率。因此大多数数理统计学家都是频率主义者。

个人主义解释又称为主观解释或贝叶斯解释。在这种解释看来，概率与某个人的行为相联系，由某人在进行赌博或某种带有不确定性结果的活动中所表现出来的行为来反映。比如，一个人在打赌时经常为“白马取胜”下较大的赌注，那么在他看来“白马取胜”的概率就很大。而且他下的赌注越大，那么概率就越大。因此个人主义的概率反映了个人的一种偏好，是个人的主观意愿作用的结果。说“明天下雨”的概率是0.8，即是说该人对“明天下雨”的主观推断是0.8。主观解释是当今最流行的概率解释，L.J.Savage 是其典型代表，在他写的“*The Foundations of statistics*” (1954) 一书中，他的观点得到了充分的表述，他在书中导出的基于这种解释的决策分析与效用理论在当今人们的决策活动中起到了非常大的作用。

值得指出的是，现在许多频率主义者也经常采用主观主义的观点。例如，在数学概率论中有贝叶斯条件法则。尽管频率主义者根本不承认先验概率的存在，但是要应用贝叶斯条件法则就必须首先给出先验概率，而先验概率的给出在没有大量统计资料可利用的情况下必须依靠人的主观估计。

必要性解释又叫逻辑主义解释。逻辑主义解释把概率看成是命题与命题之间联系程度的度量。这种联系程度是纯客