高技术系列教材

模糊信息处理

贾鑫 卢昱 编

模糊信息处理

贾　鑫　　卢　昱

国防科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

模糊信息处理/贾鑫,卢昱;—长沙:国防科技大学出版社,1996.8

ISBN 7－81024－385－3

Ⅰ 模糊信息处理

Ⅱ 贾鑫 卢昱

Ⅲ ①模糊 ②信息 ③处理

Ⅳ TP15

责任编辑:邹向曙

责任校对:李 毅

封面设计:陆荣斌

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4555681 邮政编码:410073

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:850×1168毫米 1/32 印张:10.75 字数:270千

1996年8月第1版第1次印刷 印数:2100册

*

ISBN 7－81024－385－3

TP·81 定价:15.00元

前　言

模糊数学是一门崭新的数学学科。它开始于 1965 年美国自动控制论学者扎德教授发表的开创性论文《模糊集合》。它的产生不仅拓广了经典数学的数学基础，而且在人工智能、图像处理、模式识别、自动控制、雷达、通信、空间导航以及社会学、心理学等领域都得到了广泛应用。自模糊集理论用于信息处理学科领域的研究以来，已取得了一大批有实际意义的成果。模糊信息处理这一研究方向，不仅顺应了以第五代计算机为代表的机器智能化的发展方向，而且也确实是信息处理学科自身进一步发展的客观需要。它已成为指导工程实践的又一种强有力的工具。

本书共分 14 章，由模糊集合论基础及模糊集在雷达信息处理、图像处理、模式识别、自动控制和人工神经网络等中的应用几个部分组成。本书由贾鑫同志担任主编，除第十一章和第十三章由卢昱同志编写外，其余部分均由贾鑫同志编写，并由贾鑫同志负责统稿和审定。

在本书的编写过程中，参阅了国内外许多学者的论文和著作，特别是参阅了我的导师中国工程院院士郭桂蓉教授及庄钊文教授的专著，并吸取了其中部分材料，谨在此表示衷心感谢。

本书是在国防科工委军训部的热情关怀和支持下出版的。在编写过程中，得到了国防科工委苏蕙琴同志及国防科工委指挥技术学院院、系和科研处领导的关心和支持，国防科工委指挥技术学院朱凤丽同志为本书作出了大量具体的帮助。本书承蒙王英文教授审阅，并提出了许多宝贵意见，谨在此一并表示感谢。

由于我们业务水平和实践经验有限，书中错误及不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

作　者

1995 年 12 月

内 容 简 介

本书重点讲述模糊集理论在信号与信息处理中的应用，共分14章，内容包括：模糊子集的概念、扩展原理、模糊关系、模糊测度、可能性理论、模糊统计判决，以及模糊集理论在雷达信息处理、图像处理、模式识别、自动控制、聚类分析、人工神经网络等领域的应用。内容丰富，叙述清楚。

本书可供从事信息处理的科技人员以及理工科大学的师生参考。

主要符号说明

$\forall$	对于任意的
$\in$	属于
$\overline{\in}$	不属于
$\subseteq$	包含
$\nsubseteq$	不包含
$\subset$	真包含
Φ	空集合
$P(A)$	集合 A 的幂集
$\cup$	并
$\cap$	交
$A \times B$	集合 A 与 B 的笛卡尔积
$R_1 \circ R_2$	关系 R_1 与 R_2 的合成运算
R^{-1}	关系 R 的逆关系
$\underset{\sim}{A}$	模糊集合
$\underset{\sim}{A}^c$	模糊集 $\underset{\sim}{A}$的补
U	论域
$F(U)$	论域 U 的模糊幂集
A_λ	模糊集 $\underset{\sim}{A}$的 λ 截集
$\wedge$	取小运算
$\vee$	取大运算
$\hat{+}$	代数和运算
$\oplus$	有界和运算

$\odot$	有界积运算
$\rho(\underset{\sim}{A},\underset{\sim}{B})$	模糊集 $\underset{\sim}{A}$与 $\underset{\sim}{B}$的贴近度
$\underset{\sim}{A}\oplus\underset{\sim}{B}$	模糊集 $\underset{\sim}{A}$与 $\underset{\sim}{B}$的内积
$\underset{\sim}{A}\odot\underset{\sim}{B}$	模糊集 $\underset{\sim}{A}$与 $\underset{\sim}{B}$的外积
$p(\underset{\sim}{A})$	模糊事件 $\underset{\sim}{A}$的概率
$m(\underset{\sim}{A})$	模糊事件 $\underset{\sim}{A}$的均值
$D(\underset{\sim}{A})$	模糊事件 $\underset{\sim}{A}$的方差
$F(R)$	实数集 R 上的模糊幂集
$\uplus$	或

目　　录

第二篇　模糊集在信息处理中的应用

8　模糊集在雷达信息处理中的应用

9　模糊集在图像处理中的应用

10　模糊集在模式识别中的应用

11　模糊集在自动控制中的应用

12　模糊聚类及其在空间导航系统中的应用

第　一　篇

模糊集合论基础

1　预备知识

本章介绍一些必要的预备知识，内容包括集合、映射、关系、代数系统、格与布尔代数等基本概念及其性质，作为以后各章的准备。

1.1　经典集合及其运算

集合是数学中最基本的概念，很难再用别的词来定义它，通常只用它的同义语来描述。所谓一个集合是指具有某一特定性质的事物(或对象)的全体。这里的"事物"也称"个体"，可以在极其广泛的意义上使用，甚至包括抽象的事物。例如，全体中国人，一群牛，所有实数，一本书中的全体概念等等，都分别可以构成集合。集合里所含有的个体被称为集合的元素。例如，每一个中国人都是由全体中国人构成的集合的一个元素；某群牛中的每一头牛均是由该群牛构成的集合的一个元素；每一个实数都是由所有实数构成的集合的一个元素。

本书约定用大写英文字母表示集合，用小写英文字母表示元素。如果 a 是集合 A 的元素，则记作"$a\in A$"，读作"a 属于集合 A；如果 a 不是集合 A 的元素，则记作"$a\overline{\in} A$"，读作"a 不属于集合 A"。

常用的集合表示法有以下两种：

(1)　列举集合的所有元素，如 $A=\{0,1,2,3\}$；

(2)　由集合的元素所满足的性质来描述集合，如 $A=\{x\mid x^2$

$-1=0\}$。

定义 1.1.1 不含有任何元素的集合，称为空集，记作 Φ.

集合 A 中不同元素的数目，称为集合的基数，用 $\# A$ 表示。当集合 A 具有有限数目的不同元素，亦即 $\# A$ 为有限时，称 A 为有限集，否则称 A 为无限集。

定义 1.1.2 设有集合 A、B，如果 A 的每一个元素都是 B 的元素（即若 $a\in A$，必有 $a\in B$），则称 A 是 B 的子集，或说 A 被包含于 B 中（或 B 包含 A），记作 $A\subseteq B$，或 $B\supseteq A$；反之，若 A 不是 B 的子集，则记作 $A\nsubseteq B$ 或 $B\nsupseteq A$.

例 1.1.1 设 $A=\{a, b, c\}$，$B=(a, b, c, d\}$，$C=\{a, d\}$，则有 $C\subseteq B$，但 $C\nsubseteq A$.

定义 1.1.3 设有集合 A、B，如果 A 的每一个元素都是 B 的元素，且 B 的每一个元素也都是 A 的元素，则称集合 A 和 B 相等，记作 $A=B$.

例 1.1.2 如 $A=\{x\mid x^2-1=0\}$，$B=\{-1, 1\}$，则 $A=B$.

定义 1.1.4 设有集合 A、B，若 $A\subseteq B$，且 $A\neq B$，则称集合 A 是集合 B 的真子集，用 $A\subset B$ 表示。

例 1.1.3 集合 $\{1, 2, 3\}$ 是集合 $\{x\mid x\in Z, -3\leqslant x\leqslant 3\}$ 的真子集。

定义 1.1.5 设有集合 A，由 A 的所有子集为元素组成的集合，称为集合 A 的幂集，记作 $P(A)$.

例 1.1.4 若 $A=\{a, b\}$，则 $P(A)=\{\Phi, A, \{a\}, \{b\}\}$。

类似于集合的幂集，称所有元素都是集合的那种集合为集合族。例如，其元素之和为 6 的不同正整数的集合的集合

$$\{\{6\},\{1,5\},\{2,4\},\{1,2,3\}\}$$

就是一个集合族。

现引进一个特殊的集合，它包含讨论中的每一个集合。

定义 1.1.6 如果一个集合包含了某个问题中所讨论的一切

集合，则称它为该问题的全域集合，或简称为论域，通常记作U.

论域并非唯一，然而一般总是取一个较为方便实用的集合。例如，若在实数范围内讨论问题，则可将实数集取作论域；若在正整数范围内讨论问题，则可将正整数集取作论域。论域在问题讨论前便可取定，以后在讨论中涉及的每个集合均看作论域的子集。

现讨论集合的几种运算。使用这些运算，通过对给定集合的元素进行组合，就能构成新的集合。

定义 1.1.7 设有集合A、B，将由一切属于A或者属于B的元素组成的集合称为A与B的并集，记作$A\cup B$；由一切既属于A又属于B的元素组成的集合称为A与B的交集，记作$A\cap B$；由一切属于B但不属于A的元素组成的集合称为B与A的差集，记作$B-A$；称论域U与A的差集为A的余集，记作A^c，即

$$
\begin{aligned}
A \cup B &= \{x \mid x \in U, x \in A \text{ 或 } x \in B\} \\
A \cap B &= \{x \mid x \in U, x \in A \text{ 且 } x \in B\} \qquad (1.1\text{-}1) \\
B - A &= \{x \mid x \in U, x \in B \text{ 且 } x \overline{\in} A\}
\end{aligned}
$$

设A、B和C是给定的论域U的子集，则集合的上述三种运算适合下列算律：

(1) $A\cap A=A, A\cup A=A$; （幂等律）

(2) $A\cap B=B\cap A, A\cup B=B\cup A$ （交换律）

(3) $A\cap(B\cap C)=(A\cap B)\cap C$, （结合律）

$A\cup(B\cup C)=(A\cup B)\cup C$;

(4) $A\cap(A\cup B)=A$, （吸收律）

$A\cup(A\cap B)=A$;

(5) $A\cap(B\cup C)=(A\cap B)\cup(A\cap C)$, （分配律）

$A\cup(B\cap C)=(A\cup B)\cap(A\cup C)$;

(6) $A\cap\Phi=\Phi, A\cup\Phi=A$,

$A\cap U=A, A\cup U=U$;

(7) $A\cap A^c=\Phi, A\cup A^c=U$; （互补律）

(8)　$(A^c)^c=A$；　　（对合律）

(9)　$(A\cup B)^c=A^c\cap B^c$；　　（德·摩根律）

$(A\cap B)^c=A^c\cup B^c$.

集合的并与交运算也可推广到对任意多个集合的并与交运算。

若用 Ω 表示非空指标集，并设 $A_i(i\in\Omega)$ 是集合 U 的一些子集合，则集合族 $\{A_i|i\in\Omega\}$ 的元素的交集定义为集合

$$\bigcap A_i=\{x|x\in U,\forall\ i\in\Omega,x\in A_i\}\qquad(1.1\text{-}2)$$

类似地，它的并集定义为集合

$$\bigcup A_i=\{x|x\in U,\text{存在}\ i\in\Omega\ \text{满足}\ x\in A_i\}\qquad(1.1\text{-}3)$$

定义 1.1.8　设 X 和 Y 是两个集合，则 X 和 Y 的笛卡尔乘积为

$$X\times Y=\{(x,y)|x\in X,y\in Y\}$$

且称 (x,y) 为序偶（或有序对）。序偶 (x,y) 的全体组成了笛卡尔乘积集 $X\times Y$. 应注意到序偶和顺序有关，即 $(x,y)\neq(y,x)$。所以一般地 $X\times Y\neq Y\times X$.

例 1.1.5　设 $X=\{1,2\},Y=\{3,4\}$，则

$$X\times Y=\{(1,3),(1,4),(2,3),(2,4)\}$$

而

$$Y\times X=\{(3,1),(3,2),(4,1),(4,2)\}$$

显然，$X\times Y\neq Y\times X$.

1.2　映　射

集合是近代数学的一个基本概念，同样，映射也是近代数学的基本概念。

定义 1.2.1　设 A 和 B 是给定的两个集合，如果有一规则 f，对每一个 $a\in A$，依这一规则唯一确定一个 $b\in B$，则称 f 为 A