

# 图 象 理 解

（第4版）

章毓晋

清华大学电子工程系 100084 北京

## 第4单元 研究示例

- 第13章 多传感器图象信息融合
  - 第14章 基于内容的图象和视频检索
  - 第15章 时空行为理解
- 一些得到较多关注的研究领域
- 结合利用不同传感器所获得的数据
- 检索是各类视觉信息在全球得到广泛采集、传输和应用背景下一个新的研究领域
- 图象理解需要充分掌握时空信息，分析人物行为，解释场景含义

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第2页

## 第13章 多传感器图象信息融合

- 13.1 信息融合概述
- 13.2 图象融合
- 13.3 像素级融合方法
- 13.4 特征级和决策级融合方法

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第3页

## 13.1 信息融合概述

- 1. 多传感器信息融合
  - 多种类型传感器：视觉、听觉、嗅觉、味觉、力觉、触觉（痛觉）、热觉（温觉）、滑动觉、接近觉、.....
  - 同时使用多个传感器探测同一区域或目标
    - (1) 可以增强系统的可靠性和可信度
    - (2) 可以增大系统的空间覆盖范围
    - (3) 可以增加信息量、减少模糊度
    - (4) 可以提高观测的空间分辨率

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第4页

## 13.1 信息融合概述

- 2. 信息融合层次
  - 根据信息抽象层次，可将信息融合分成五级（这里主要以战场的战略预警为背景，考虑军事C<sup>3</sup>I系统——指挥、控制、通信和情报）
    - (1) 检测级融合  
直接在各传感器的信号检测级进行的融合
    - (2) 位置级融合  
在各单个传感器的输出信号上的融合，既包括时间融合（状态）也包括空间融合（轨迹）

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第5页

## 13.1 信息融合概述

- 2. 信息融合层次
  - (3) 目标识别级融合  
根据检测到的目标属性对目标识别分类
    - 1) 决策融合：将各单个传感器给出的对目标属性的估计分类进行融合以获得一致的估计
    - 2) 特征融合：将各单个传感器给出的对目标特征的描述矢量进行融合
    - 3) 数据融合：将各单个传感器给出的原始数据直接进行融合，然后基于融合结果进行特征提取和目标估计

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第6页

## 13.1 信息融合概述

### 2. 信息融合层次

(4) 态势评估级融合

指在目标识别基础上对整个场景进行的分析评估，这需要将各种目标、事件的属性和行为结合起来，以描述场景中的活动

(5) 威胁估计级融合

态势强调的是状态，而威胁更强调趋势。威胁估计融合不仅要考虑状态信息还要结合先验知识，从而获取状态变化的趋势和事件可能的后果

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第7页

## 13.2 图象融合

{视觉信息融合}

### 13.2.1 图象融合的主要步骤

### 13.2.2 图象融合的三个层次

### 13.2.3 图象融合效果评价

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第8页

## 13.2.1 图象融合的主要步骤

(1) 图象预处理

**图象归一化**：灰度均衡，重采样，灰度插值

**图象滤波**：对高分辨率图象进行高通滤波  
增强图象的色彩和图象的边缘

(2) 图象配准

**相对配准**：从同一类的多个图象中选择某一波段图象作为参考图象

**绝对配准**：以同一空间坐标系为参考系

(3) 图象融合 定量/定性（具体方法见下）

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第9页

## 13.2.2 图象融合的三个层次

### 多传感器图象融合三级流程

- 像素级融合是在特征提取之前进行的
- 特征级融合则是在目标识别之前进行的
- 决策级融合是在各传感器数据独立属性说明之后，最终判断决策之前进行的

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第10页

## 13.2.2 图象融合的三个层次

P.309~310的讨论

三种融合方式的主要特点

融合级	融合层次	信息损失	容错性	抗干扰能力	精度	实时性	计算量
像素级	低	小	差	差	高	差	大
特征级	中	中	中	中	中	中	中
决策级	高	大	优	强	低	好	小

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第11页

## 13.2.3 图象融合效果评价


### 1. 主观评价

- 判断图象配准的精度：如果配准不好，那么融合图象就会出现重影
- 判断融合图象的整体色彩：如果它能与天然色彩保持一致，则融合图象的色彩就真实
- 判断融合图象的整体亮度和色彩反差：如果不合适就会出现蒙雾或斑块等现象
- 判断融合图象的纹理及彩色信息是否丰富：如果有丢失，则融合图象会显得比较平淡
- 判断融合图象的清晰度

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第12页



### 13.2.3 图象融合效果评价

#### 2. 基于统计特性的客观评价 ①单幅图象


① (1) 均值：大小适中，则主观视觉效果会比较舒适

① (2) 标准差：较小则表明相邻像素间的对比度较小，图象整体色调比较单一，可观察到的信息较少


$$\sigma = \frac{1}{N \times N} \sqrt{\sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} [g(x,y) - \mu]^2}$$

① (3) 平均灰度梯度：平均梯度较大，一般图象会比较清晰

$$A = \frac{1}{N \times N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \sqrt{G_x^2(x,y) + G_y^2(x,y)}$$



第13讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第13页



### 13.2.3 图象融合效果评价


#### 2. 基于统计特性的客观评价 ②两幅图象

② (4) 灰度偏差：融合图象与原始图象间在光谱信息上的差异，较小则表明融合后的图象较好地保留了原始图象的灰度信息


$$D = \frac{1}{N \times N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \frac{|g(x,y) - f(x,y)|}{f(x,y)}$$

② (5) 均方差：融合图象与理想图象之间的差异

$$E_{\text{rms}} = \left\{ \frac{1}{N \times N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} [g(x,y) - i(x,y)]^2 \right\}^{1/2}$$



第13讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第14页



### 13.2.3 图象融合效果评价

#### 3. 基于信息量的客观评价


① (1) 熵：衡量图象中信息量的丰富程度

$$H = - \sum_{l=0}^L h(l) \log[h(l)]$$


② (2) 交叉熵：反映了两幅图象所含信息量的相对差异。对称形式的交叉熵称为对称交叉熵

$$K(f:g) = - \sum_{l=0}^L h_g(l) \log \left[ \frac{h_g(l)}{h_f(l)} \right] - \sum_{l=0}^L h_f(l) \log \left[ \frac{h_f(l)}{h_g(l)} \right]$$

交叉熵越小，融合图象从原始图象中得到的信息量越多



第13讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第15页



### 13.2.3 图象融合效果评价

#### 3. 基于信息量的客观评价

② (3) 相关熵：衡量两图象之间的相关性


$$C(f:g) = - \sum_{l_1=0}^L \sum_{l_2=0}^L P_{fg}(l_1, l_2) \log P_{fg}(l_1, l_2)$$

② (4) 互信息：反映了两幅图象间的信息联系


$$H(f,g) = \sum_{l_1=0}^L \sum_{l_2=0}^L P_{fg}(l_1, l_2) \log \frac{P_{fg}(l_1, l_2)}{h_f(l_1)h_g(l_2)}$$

③三幅图象 融合图象g由两幅原始图象f<sub>1</sub>和f<sub>2</sub>得到

$$H(f_1, f_2, g) = H(f_1, g) + H(f_2, g) - H(f_1, f_2)$$



第13讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第16页



### 13.2.3 图象融合效果评价


#### 4. 依据融合目的评价

(1) 融合的目的是去除图象中的噪声，此时可采用基于信噪比的评价指标


(2) 融合的目的是提高图象分辨率，此时可采用基于统计特性及光谱信息的评价指标

(3) 融合的目的是提高图象信息量，此时可采用基于信息量的评价指标

(4) 融合的目的是提高图象清晰度，此时可采用基于平均灰度梯度的评价指标



第13讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第17页



### 13.3 像素级融合方法


#### 13.3.1 基本融合方法

#### 13.3.2 融合方法的结合


#### 13.3.3 小波融合时的最佳分解层数

#### 13.3.4 压缩感知图象融合


#### 13.3.5 像素级融合示例



第13讲
章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN
第18页



13.3.1 基本融合方法



### 1. 加权平均融合法


- (1) 在  $f_i(x, y)$  中选择感兴趣的区域
- (2) 对该区域的各波段图象通过重采样扩展成高分辨率的图象
- (3) 选择对应同一个区域的  $f_s(x, y)$ ，并将其与  $f_i(x, y)$  配准
- (4) 按下式进行代数运算以得到加权平均的融合图象

$$g(x, y) = w_s f_s(x, y) + w_i f_i(x, y)$$


第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第19页



13.3.1 基本融合方法




### 2. 金字塔融合法

- (1) 在  $f_i(x, y)$  中选择感兴趣的区域
- (2) 对该区域的各波段图象通过重采样扩展成高分辨率的图象
- (3) 将每幅  $f_i(x, y)$  和  $f_s(x, y)$  都作金字塔分解
- (4) 在金字塔每层上将对应的  $f_i(x, y)$  分解结果和  $f_s(x, y)$  分解结果进行融合，得到融合金字塔
- (5) 利用金字塔生成的逆过程从融合的金字塔重构出融合图象


第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第20页



13.3.1 基本融合方法



### 3. 小波变换融合法


小波变换把图象分解成对应图象中不同结构的低频子图象和高频细节子图象

- (1) 对  $f_i(x, y)$  和  $f_s(x, y)$  分别进行小波变换，获取各自的低频子图象和高频细节子图象
- (2) 用  $f_i(x, y)$  的低频子图象替代  $f_s(x, y)$  的低频子图象（保留光谱信息）
- (3) 对替换后的  $f_i(x, y)$  低频子图象和  $f_s(x, y)$  高频细节子图象进行小波反变换，得到融合图象


第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第21页



13.3.1 基本融合方法



### 4. HSI变换融合法


借助从RGB彩色空间到HSI彩色空间的变换

- (1) 选择  $f_i(x, y)$  中的三个波段图象分别当作RGB图象将它们变换到HSI空间中
- (2) 用  $f_s(x, y)$  替代HSI变换后得到的  $I$  分量（该分量主要决定了图象的细节）
- (3) 进行HSI反变换，获得新的RGB图象并以此作为融合图象


第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第22页



13.3.1 基本融合方法




### 5. PCA变换融合法

- (1) 选择  $f_i(x, y)$  中的三个或更多个波段的图象进行PCA变换
- (2) 将  $f_s(x, y)$  与上述PCA变换后得到的第一主分量图象进行直方图匹配，使它们的灰度均值和方差达到一致
- (3) 用如上匹配后的  $f_s(x, y)$  替代对  $f_i(x, y)$  进行PCA变换后得到的第一主分量图象，然后进行PCA反变换得到融合图象


第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第23页



13.3.2 融合方法的结合



### ➤ HSI变换与小波变换相结合的融合

- (1) 选择  $f_i(x, y)$  中的三个波段进行RGB空间到HSI空间的变换
- (2) 对得到的  $I$  分量和  $f_s(x, y)$  进行小波分解
- (3) 用从  $f_s(x, y)$  小波分解得到的高频系数替代对  $I$  分量进行小波分解得到的高频系数
- (4) 将替代后得到的全部小波分解系数通过小波反变换获得新的亮度分量  $I'$
- (5) 用  $H$ 、 $S$  和  $I'$  分量进行HSI空间到RGB空间的变换，获得融合后的图象

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第24页

### 13.3.2 融合方法的结合

#### ➤ PCA变换与小波变换相结合的融合

- (1) 对 $f_i(x, y)$ 的所有波段进行PCA变换
- (2) 将得到的第一分量图与 $f_s(x, y)$ 进行直方图匹配
- (3) 对匹配后的两图象都进行小波变换分解
- (4) 用从 $f_s(x, y)$ 小波分解得到的高频系数替代 $f_i(x, y)$ 第一主分量小波分解得到的高频系数
- (5) 将替代后得到的全部小波分解系数通过小波反变换获得新的 $f_i(x, y)$ 第一主分量
- (6) 用新的 $f_i(x, y)$ 第一主分量和原来的各分量联合进行PCA反变换

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第25页

### 13.3.4 压缩感知图象融合

- (1) 对输入图象 $f_s(x, y)$ 和 $f_i(x, y)$ 进行稀疏变换  $\begin{cases} X_A = T[f_s(x, y)] \\ X_B = T[f_i(x, y)] \end{cases}$
- (2) 对变换后的系数进行欠采样:  $\begin{cases} Y_A = \Phi \cdot X_A \\ Y_B = \Phi \cdot X_B \end{cases}$

欠采样模式: 星形、双星形、星圆形、单放射形

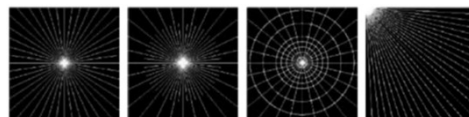


图 13.3.5 4种欠采样模式

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第26页

### 13.3.4 压缩感知图象融合

- (3) 使用融合规则对采样后的系数进行融合

$$Y_F = F(Y_A, Y_B)$$

- (4) 根据融合后的采样值 $Y_F$ 和欠采样矩阵 $F$ 对融合后的图象 $X_F$ 进行压缩感知重构

$$\min \|T(X_F)\|_{L_0} \quad \text{s.t.} \quad \Phi \cdot T(X_F) = Y_F$$

$$\min \|T(X_F)\|_{L_1} \quad \text{s.t.} \quad \Phi \cdot T(X_F) = Y_F$$

$$\min \text{TV}(X_F) \quad \text{s.t.} \quad \Phi \cdot T(X_F) = Y_F$$

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第27页

### 13.4 特征级和决策级融合方法

表13.2.2中列出了许多种方法

#### 13.4.1 贝叶斯法

#### 13.4.2 证据推理法

#### 13.4.3 粗糙集理论法

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第28页

#### 13.4.1 贝叶斯法

将样本/决策空间 $S$ 划分为 $A_1, A_2, \dots, A_n$ :

- (1)  $A_i \cap A_j = \emptyset$
- (2)  $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = S$
- (3)  $P(A_i) > 0, i = 1, 2, \dots, n$

对事件 $B$

$$P(A_i | B) = \frac{P(A_i, B)}{P(B)} = \frac{P(B | A_i)P(A_i)}{\sum_{j=1}^n P(B | A_j)P(A_j)}$$

对目标 $A_i$ 的观察结果 $B_1$ 和 $B_2$

$$P(A_i | B_1 \wedge B_2) = \frac{P(B_1 | A_i)P(B_2 | A_i)P(A_i)}{\sum_{j=1}^n P(B_1 | A_j)P(B_2 | A_j)P(A_j)} \quad \{\text{例13.4.1}\}$$

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第29页

#### 13.4.2 证据推理法

- 舍弃了(概率)可加性原则, 用半可加性的原则
- 定义一个集函数 $C: 2^F \rightarrow [0, 1]$  ( $F$ : 识别框架)
- (1)  $C(\emptyset) = 0$ , 即对空集不产生任何可信度
- (2)  $\sum_{A \subset F} C(A) = 1$

赋予所有命题的可信度值之和等于1

- $C$ 指示识别框架 $F$ 上的基本可信度分配
- $\forall A \subset F, C(A)$ 称为 $A$ 的基本可信数 (basic probability number), 它反映了对 $A$ 本身的可信度的大小

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第30页

13.4.2 证据推理法

可信度函数

$$B(A) = \sum_{E \subset A} C(E) \quad \forall A \subset F$$

$$\begin{cases} B(\emptyset) = 0 \\ B(F) = 1 \end{cases}$$

对A的怀疑（相信A的非为真）

$$D(A) = B(\bar{A}) \quad P(A) = 1 - B(\bar{A})$$

$D$ 为 $B$ 的怀疑函数， $P$ 为 $B$ 的似真度函数

$D(A)$ 为 $A$ 的怀疑度， $P(A)$ 为 $A$ 的似真度

$$P(A) = 1 - B(\bar{A}) = \sum_{E \subset F} C(E) - \sum_{E \subset \bar{A}} C(E) = \sum_{E \cap A \neq \emptyset} C(E)$$

第13讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第31页

13.4.2 证据推理法

$P(A)$ 包含了所有与 $A$ 相容的那些命题集合的基本可信数
$$B(A) \leq 1 - B(\bar{A}) = P(A)$$

$[B(A), P(A)]$ 表示了对 $A$ 的不确定区间

图 13.4.1 各信息区间的划分

第13讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第32页

13.4.2 证据推理法

对可信度的合成

$$C(A) = C_1(A) \oplus C_2(A) = \frac{\sum_{A_i \cap E_j = A} C_1(A_i) C_2(E_j)}{1 - \sum_{A_i \cap E_j = \emptyset} C_1(A_i) C_2(E_j)}$$

竖条表示  $C_1$  分配到  $A_1, A_2, \dots, A_K$  上的可信度，横条表示  $C_2$  分配到  $E_1, E_2, \dots, E_L$  上的可信度，横竖条交的测度为  $C_1(A_i)C_2(E_j)$ ， $B_1$ 和 $B_2$ 的联合作用是将 $C_1(A_i)C_2(E_j)$ 确切地分配到 $A_i \cap E_j$ 上

图 13.4.2 可信度值的合成

第13讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第33页

13.4.2 证据推理法

实际中，将各传感器采集的信息作为证据，每个传感器提供一组命题，并建立相应的可信度函数

多传感器信息融合成为在同一识别框架下，将不同的证据合并成一个新证据的过程

这个过程的主要步骤如下：

- (1) 分别计算各传感器的基本可信数、可信度函数和似真函数
- (2) 利用合并规则，求得所有传感器联合作用下的基本可信数、可信度函数和似真函数
- (3) 在一定决策规则下，选择具有最大支持度的目标

第13讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第34页

13.4.3 粗糙集理论法

1. 粗糙集定义

知识库  $K = \{L, R\}$ ， $L$ 为论域，每个  $R$ 为 $L$ 上的一个等价关系（属性）。对 $L$ 中的概念子集 $X$ （知识），如果可用 $R$ 定义，则称为 $R$ 精确集；如果不可用 $R$ 定义，则称为 $R$ 粗糙集

- 上近似集  $R^+(X) = \{X \in L: R(X) \cap X \neq \emptyset\}$  可能
- 下近似集  $R_-(X) = \{X \in L: R(X) \subseteq X\}$  一定

$R(X)$ 是包含 $X$ 的等价类，即 $R$ -基本集

- $X$ 的 $R$ -边界  $B_R(X) = R^+(X) - R_-(X)$

第13讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第35页

13.4.3 粗糙集理论法

1. 粗糙集定义

- $R^+(X)$ 是根据知识 $R$ ， $L$ 中可能归入 $X$ 的元素的集合， $R_-(X)$ 是根据知识 $R$ ， $L$ 中所有一定能归入 $X$ 的元素的集合
- $B_R(X)$ 是根据知识 $R$ ， $L$ 中既不能确切归入 $X$ ，也不能确切归入 $X$ 的补集的元素集合
- $R_+(X)$ 称为 $X$ 的 $R$ 正域（肯定属于 $X$ ）
- $L - R^+(X)$ 称为 $X$ 的 $R$ 负域（肯定不属于 $X$ ）
- $B_R(X)$ 称为 $X$ 的边界域（不肯定属于 $X$ 或 $X$ 的补）

第13讲 章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN 第36页

### 13.4.3 粗糙集理论法

#### 1. 粗糙集定义

- 当且仅当 $R^*(X) = R_*(X)$ 时,  $X$ 为 $R$ 精确集
- 当且仅当 $R^*(X) \neq R_*(X)$ 时,  $X$ 为 $R$ 粗糙集
- 精确集是可定义的, 粗糙集的边界不为空
- 将 $R_*(X)$ 描述为 $X$ 中的最大可定义集
- 将 $R^*(X)$ 描述为含有 $X$ 的最小可定义集
- $R$ -边界:  $B_R(X) = R^*(X) - R_*(X)$

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第37页

### 13.4.3 粗糙集理论法

#### 2. 粗糙集描述

- 精度  $d_R(X) = \frac{\text{card}[R_*(X)]}{\text{card}[R^*(X)]}$   $\text{card}(\cdot)$ 表示集合的基数
- 精度 $d_R(X)$ 反映了对集合 $X$ 了解的完全程度
- 对任意一个 $R$ 和 $X \subseteq L$ , 都有 $0 \leq d_R(X) \leq 1$ 
  - 当 $d_R(X) = 1$ 时,  $X$ 的 $R$ 边界域为空, 集合 $X$ 为 $R$ 可定义集
  - 当 $d_R(X) < 1$ 时, 集合 $X$ 有非空边界域, 集合 $X$ 为 $R$ 不可定义集 (不确定)

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第38页

### 13.4.3 粗糙集理论法

#### 2. 粗糙集描述

- 粗糙度  $h_R(X) = 1 - d_R(X)$   
反映了对集合 $X$ 了解的不完全程度
- 4种重要的粗糙集 {例13.4.3}

- 如果 $R_*(X) \neq \emptyset$ , 且 $R^*(X) \neq L$ , 则称 $X$ 为 $R$ 粗糙可定义集
- 如果 $R_*(X) = \emptyset$ , 且 $R^*(X) \neq L$ , 则称 $X$ 为 $R$ 内不可定义集
- 如果 $R_*(X) \neq \emptyset$ , 且 $R^*(X) = L$ , 则称 $X$ 为 $R$ 外不可定义集
- 如果 $R_*(X) = \emptyset$ , 且 $R^*(X) = L$ , 则称 $X$ 为 $R$ 全不可定义集

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第39页

### 13.4.3 粗糙集理论法

#### 3. 基于粗糙集的融合

- 令 $R$ 为一个等价关系集合, 且 $R \in \mathbf{R}$ , 如果 $I(R) = I(R - \{R\})$ , 则称 $R$ 为 $\mathbf{R}$ 中可省略的 (不必要的), 否则为不可省略的 (必要的)
- 上面的 $I(\bullet)$ 表示不能确定的关系。当对任一个 $R \in \mathbf{R}$ , 都有 $R$ 不可省略, 则集合 $\mathbf{R}$ 为独立的
- 如果 $\mathbf{R}$ 独立, 且 $P \subseteq \mathbf{R}$ , 则 $P$ 也独立; 如果 $I(P) = I(\mathbf{R})$ , 则 $P$ 为 $\mathbf{R}$ 的一个约简。 $\mathbf{R}$ 中所有不可省略的关系集合称为 $P$ 的核, 记做 $C(P)$
- 核可直接从约简的交集来计算:  $C(P) = \bigcap J(R)$

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第40页

### 13.4.3 粗糙集理论法

#### 3. 基于粗糙集的融合

- 令 $S$ 和 $T$ 为 $L$ 中的等价关系,  $T$ 的 $S$ 正域为  $P_S(T) = \bigcup_{X \in T} S_*(X)$
- $S$ 和 $T$ 的依赖关系为  $Q_S(T) = \frac{\text{card}[P_S(T)]}{\text{card}(L)}$
- $0 \leq Q_S(T) \leq 1$ 。当 $Q_S(T) = 1$ 时, 表示 $S$ 和 $T$ 是相容的; 而 $Q_S(T) \neq 1$ 时, 表示 $S$ 和 $T$ 是不相容的
- 需要剔除相容信息, 确定出最小不变核, 根据最有用的决策信息, 得到最好的融合方法

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第41页

### 联系信息

- 通信地址: 北京清华大学电子工程系
- 邮政编码: 100084
- 办公地址: 清华大学, 罗姆楼, 6层305室
- 办公电话: (010) 62798540
- 传真号码: (010) 62770317
- 电子邮件: [zhang-yj@tsinghua.edu.cn](mailto:zhang-yj@tsinghua.edu.cn)
- 个人主页: [oa.ee.tsinghua.edu.cn/~zhangyujin/](http://oa.ee.tsinghua.edu.cn/~zhangyujin/)

第13讲

章毓晋 (TH-EE-IE) ZHANG YU JIN

第42页