

P-概念格及其基本性质

杨亚锋¹ 刘保相²

(河北联合大学轻工学院 唐山 063000)¹ (河北联合大学理学院 唐山 063000)²

摘要 P-集合(packet sets)是一个集合对,具有动态性,由内P-集合(internal packet sets)与外P-集合(outer packet sets)共同构成。利用P-集合的基本方法,分析形式背景的P-嬗变特征,进而构建了一种新型的动态概念格结构——P-概念格。最后给出了P-概念格与经典概念格的转化定理,证明了P-概念格的伽罗瓦连接与一些基本性质,并进行了案例研究。

关键词 P-集合,形式背景,嬗变,概念格,P-概念格,伽罗瓦连接
中图分类号 TP18 文献标识码 A

P-Concept Lattice and its Basic Properties

YANG Ya-feng¹ LIU Bao-xiang²

(Qingong College, Hebei United University, Tangshan 063000, China)¹
(College of Sciences, Hebei United University, Tangshan 063000, China)²

Abstract Packet sets are dynamic set pair combined with internal packet sets and outer packet sets. By using the core methods of P-set, the P-evolution features of formal context were analyzed, and then a new kind of dynamic concept lattice structure —P-concept lattice was constructed. Finally, the translation theorems between P-concept lattice and classic concept lattice were given, and the Galois connection and some basic characters were proved before a case study.

Keywords P-set, Formal context, Evolution, Concept lattice, P-Concept lattice, Galois connection

1 引言

概念格是 Wille. R 教授于 1982 年提出的进行数据分析的一种有力工具^[1],其上的每个节点是由内涵(即概念的描述)和外延(即内涵所覆盖的对象)构成的形式概念。从形式背景中生成概念格的过程实质上是概念聚类的过程,并通过 Hasse 图生动地体现了概念之间的泛化和特化关系。概念格作为一种数据分析工具,已广泛应用于文本处理、知识表达、知识挖掘、专家系统等领域^[2-7]。目前,国内外学者对概念格进行了多方面深入研究,主要包括:概念格构造算法及改进、基于概念格的规则挖掘,以及与其他理论如模糊理论、谓词逻辑、粗糙集理论等进行融合从而对概念格进行扩展,得到模糊概念格、加权概念格、约束概念格、区间概念格、扩展概念格、粗糙概念格等^[8-13]。随着信息技术的飞速发展,数据量越来越大,动态信息越来越丰富,对动态数据的结构描述与规则提取逐渐成为研究的热点。

文献^[14]遵循“量变与质变”的哲学规律,将动态变化性加入到有限普通集合 X 中,改进有限普通集合 X ,提出 P-集合的概念,提供了一种人们认识动态信息目标、动态信息系统的新的视觉尺度、新的分析工具与方法^[15]。

将 P-集合理论与形式概念分析相结合,构造 P-形式概念分析(packet formal concept analysis),简称 PFCA。在 P-形式

概念分析中,形式背景由信息系统表示,其嬗变特征客观反映了事物永恒的变化性。本文提出了 P-概念格的定义,给出了 P-形式概念分析理论的基本框架,证明了 P-概念格的一些基本性质,最后通过实例验证了 P-概念格的合理性。

2 P-集合与概念嬗变

2.1 P-集合基本概念

给定有限普通集 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\} \subset U$, 集合 $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k\} \subset V$ 是 X 的属性集;

称 X^F 是 X 生成的内 P-集合,简称 X^F 是内 P-集合,而且 $X^F = X - X^-$ (1)

X^- 称作 X 的 \bar{F} -元素删除集合,而且 $X^- = \{x | x \in X, \bar{f}(x) = \mu \in X, \bar{f} \in \bar{F}\}$ (2)

如果 X^F 的属性集合 α^F 满足 $\alpha^F = \alpha \cup \{\alpha' | f(\beta) = \alpha' \in \alpha, f \in F\}$ (3)

式中, V 是非空属性论域, U 是非空元素论域。

称 X^F 是 X 生成的外 P-集合,简称 X^F 是外 P-集合,而且 $X^F = X \cup X^+$ (4)

X^+ 称作 X 的 F -元素补充集合,而且 $X^+ = \{\mu | \mu \in U, \mu \in X, f(\mu) = x' \in X, f \in F\}$ (5)

如果 X^F 的属性集合 α^F 满足 $\alpha^F = \alpha - \{\beta | \bar{f}(\alpha_i) = \beta \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\}$ (6)

到稿日期:2013-03-08 返修日期:2013-06-22 本文受河北省自然科学基金项目(A2011209046, A2012209030)资助。

杨亚锋(1985—),男,讲师,主要研究方向为人工智能、概念格、粗糙集, E-mail: www1673@163.com; 刘保相(1957—),男,教授,主要研究方向为粗糙集、概念格、数据挖掘等。

由内 P-集合 X^F 与外 P-集合 X^F 构成的集合对,称作普通集合 X 生成的 P-集合,简称 P-集合,记作 (X^F, X^F) 。

2.2 概念的嬗变

形式背景是由元素集、对应的属性集与定义其上的关系族 R 构成的。根据 P-集合理论,形式背景的元素集和概念子集都在发生着动态的变化,由此可以定义形式背景与概念的 P-嬗变。

定义 1 给定形式背景 $K=(U, A, R)$,其中 U 是非空元素集合, A 是对应的属性集合,在一定条件的影响下,如果形式背景发生如下变化:

元素的迁入,论域 U 变为 U^F ,

属性的迁出,属性集合 A 变为 A^F ,

则称形式背景发生了外 P-嬗变,记外 P-嬗变后的形式背景为 $K^F=(U^F, A^F, R)$ 。

相应地,如果形式背景发生如下变化:

元素的迁出,论域 U 变为 U^F ,

属性的迁入,属性集合 A 变为 A^F ,

则称形式背景发生了内 P-嬗变,记内 P-嬗变后的形式背景为 $K^F=(U^F, A^F, R)$ 。

定义 2 对于形式背景 $K=(U, A, R)$ 和它的概念 (X, Y) ,若形式背景的外 P-嬗变导致了概念 (X, Y) 的改变,则称概念发生了外 P-嬗变,记作 (X^F, Y^F) 。

如果形式背景的内 P-嬗变导致了概念 (X, Y) 的改变,则称概念发生了内 P-嬗变,记作 (X^F, Y^F) 。

3 P-概念格

随着元素或属性的迁移,形式背景 (U, A, R) 及其概念格也在发生着动态的变化,以满足规则的实时需求。以下给出形式背景的 P-嬗变下的概念格结构——P-概念格。P-概念格由外 P-概念格和内 P-概念格构成。

3.1 外 P-概念格

定义 3 对于形式背景 (U^F, A^F, R) ,记 $P(U^F)$ 和 $P(A^F)$ 分别为 U^F 和 A^F 的幂集。对于 $X^F \in P(U^F), Y^F \in P(A^F)$,定义以下两个映射:

属性映射 $f: P(U^F) \rightarrow P(A^F)$,

$f(X^F) = \{a | a \in A, \forall x \in X^F, (x, a) \in R\}$

元素映射 $g: P(A^F) \rightarrow P(U^F)$,

$g(Y^F) = \{x | x \in U, \forall a \in Y^F, (x, a) \in R\}$

其中, $f(X^F)$ 表示“ X^F 中全体对象共有的属性集”。 $g(Y^F)$ 表示“具有 Y^F 中所有属性的对象集合”。

定义 4 形式背景 (U^F, A^F, R) 中的一个外 P-概念是一个对 (X^F, Y^F) ,其中

$X^F \in P(U), Y^F \in P(A)$

满足 $f(X^F) = Y^F$ 且 $g(Y^F) = X^F$ 。

(X^F, Y^F) 称为由 (X, Y) 生成的外 P-概念。 X^F, Y^F 分别称为 (X^F, Y^F) 的外延和内涵。

注:随着元素和属性的不断迁入, X^F, Y^F 形成一个序列(族),因此,外 P-概念 (X^F, Y^F) 也随之不停地发生着变化。

因为 (X^F, Y^F) 具有动态性,外 P-概念的一般形式表示为 $(X^F, Y^F)_i, i \in I, I$ 为指标集。

定义 5 给定一个形式背景的两个外 P-概念 $PF_1 = (X_1^F, Y_1^F)$ 和 $PF_2 = (X_2^F, Y_2^F)$,定义如下关系:

$$PF_1 \leq PF_2 \Leftrightarrow X_1^F \subseteq X_2^F \Leftrightarrow Y_2^F \subseteq Y_1^F$$

那么 PF_1 称为 PF_2 的子概念, PF_2 称为 PF_1 的父概念。关系 \leq 是形式概念集上的偏序关系。按此方式有序排列的 (U, A, R) 的所有外 P-概念的集合表示为 $PF(U, A, R)$,称为形式背景 (U, A, R) 的外 P-概念格。

3.2 内 P-概念格

定义 6 给定形式背景 $(U^F, A^F, R), P(U^F)$ 和 $P(A^F)$ 分别为 U^F 和 A^F 的幂集。对于

$X^F \in P(U^F), Y^F \in P(A^F)$

定义以下两个映射:

属性映射 $f: P(U^F) \rightarrow P(A^F)$,

$f(X^F) = \{a | a \in A, \forall x \in X^F, (x, a) \in I\}$

元素映射 $g: P(A^F) \rightarrow P(U^F)$,

$g(Y^F) = \{x | x \in U, \forall a \in Y^F, (x, a) \in I\}$

其中, $f(X^F)$ 表示“ X^F 中全体对象共有的属性集”。 $g(Y^F)$ 表示“具有 Y^F 中所有属性的对象集合”。

定义 7 形式背景 (U^F, A^F, R) 中的一个外 P-概念是一个对 (X^F, Y^F) ,其中

$X^F \in P(U^F), Y^F \in P(A^F)$

满足 $f(X^F) = Y^F$ 且 $g(Y^F) = X^F$ 。

(X^F, Y^F) 称为由 (X, Y) 生成的内 P-概念。 X^F, Y^F 分别称为 (X^F, Y^F) 的外延和内涵。

定义 8 如果 $PF_1 = (X_1^F, Y_1^F)$ 和 $PF_2 = (X_2^F, Y_2^F)$ 是一个形式背景的两个内 P-概念。则定义如下二元关系:

$$PF_1 \leq PF_2 \Leftrightarrow X_1^F \subseteq X_2^F \Leftrightarrow Y_2^F \subseteq Y_1^F$$

那么 PF_1 称为 PF_2 的子概念, PF_2 称为 PF_1 的父概念。关系 \leq 是形式概念的偏序关系。按此方式有序的 (U^F, A^F, R) 的所有内 P-概念的集合记作 $PF(U, A, R)$,并称为形式背景 (U^F, A^F, R) 的内 P-概念格。

4 P-概念格的基本性质

4.1 P-概念格与普通概念格的关系

定理 1(外 P-概念与普通概念的关系定理) 给定外 P-概念 (X^F, Y^F) 与普通概念 (X, Y) ,若 $F = \bar{F} = \phi$,则 $(X^F, Y^F) = (X, Y)$ 。

事实上,如果 $F = \bar{F} = \phi$,则

$X^+ = \{\mu | \mu \in U, \mu \bar{\in} X, f(\mu) = x' \in X, f \in F\} = \phi$

$a^F = a - \{\beta | \bar{f}(\alpha) = \beta \bar{\in} \alpha, \bar{f} \in F\} = \phi$

则 $X^F = X \cup X^+ = X, Y^F = Y - Y^- = Y$,即

$(X^F, Y^F) = (X, Y)$

定理 1 指出,若 $F = \bar{F} = \phi$,P-概念 (X^F, Y^F) 还原成普通概念 (X, Y) 。

定理 2(内 P-概念与普通概念的关系定理) 给定内 P-概念 (X^F, Y^F) 与普通概念 (X, Y) ,若 $F = \bar{F} = \phi$,则 $(X^F, Y^F) = (X, Y)$ 。

4.2 P-概念格的伽罗瓦连接

性质 1(外 P-概念格的伽罗瓦连接) 设三元组 (U^F, A^F, R) 是一个形式背景,令 (X^F, Y^F) 是其外 P-概念, f, g 为属性映射和元素映射,则:

$f(X^F) = \{a | a \in A, \forall x \in X^F, (x, a) \in R\}$

$g(Y^F) = \{x | x \in U, \forall a \in Y^F, (x, a) \in R\}$

由 P-概念的定义知 $f(X^F) = Y^F, g(Y^F) = X^F$,即: $X^F \subseteq g$

$(Y^F) \Leftrightarrow f(X^F) \subseteq Y^F$, 伽罗瓦连接存在。

性质 2 (内 P-概念格的伽罗瓦连接) 设三元组 (U, A, R) 是一个形式背景, 令 (X^F, Y^F) 是其内 P-概念, f, g 为属性映射和元素映射, 则:

$$f(X^F) = \{a | a \in A, \forall x \in X^F, (x, a) \in R\}$$

$$g(Y^F) = \{x | x \in U, \forall a \in Y^F, (x, a) \in R\}$$

由内 P-概念的定义知 $f(X^F) = Y^F, g(Y^F) = X^F$, 即: $X^F \subseteq g(Y^F) \Leftrightarrow f(X^F) \subseteq Y^F$, 伽罗瓦连接存在。

4.3 P-概念格的其他性质

性质 3 对于形式背景 (U^F, A^F, R) 及其两个外 P-概念 (X_1^F, Y_1^F) 和 (X_2^F, Y_2^F) , f, g 为属性映射和元素映射, 则:

$$(1) X_1^F \subseteq X_2^F \Rightarrow f(X_1^F) \subseteq f(X_2^F);$$

$$(2) Y_1^F \subseteq Y_2^F \Rightarrow g(Y_1^F) \subseteq g(Y_2^F);$$

$$(3) g(Y^F) \subseteq g \circ f(X^F);$$

$$(4) f(X^F) \subseteq f \circ g(Y^F).$$

证明(1)、(2): 由定义知,

$$g(Y_1^F) = X_1^F, g(Y_2^F) = X_2^F$$

$$f(X_1^F) = Y_1^F, f(X_2^F) = Y_2^F$$

$$X_1^F \subseteq X_2^F \Leftrightarrow Y_1^F \subseteq Y_2^F$$

即得: $X_1^F \subseteq X_2^F \Rightarrow f(X_1^F) \subseteq f(X_2^F)$ 。

证明(3)、(4):

$$g \circ f(X^F) = g(Y^F) = \{x | x \in U, \forall a \in Y^F, (x, a) \in I\}$$

$$f \circ g(Y^F) = f(X^F) = \{a | a \in A, \forall x \in X^F, (x, a) \in R\}$$

性质 4 对于形式背景 (U, A, R) , (X_1^F, Y_1^F) 和 (X_2^F, Y_2^F) 是其两个内 P-概念, f, g 为属性映射和元素映射, 则:

$$(1) g(Y_1^F) \subseteq g(Y_2^F) \Rightarrow f(X_1^F) \supseteq f(X_2^F);$$

$$(2) f(X_1^F) \subseteq f(X_2^F) \Rightarrow g(Y_1^F) \supseteq g(Y_2^F);$$

$$(3) g(Y^F) \subseteq g \circ f(X^F);$$

$$(4) f(X^F) \subseteq f \circ g(Y^F).$$

5 实例分析

为了简单又不失一般性, 只给出外 P-概念格在信息系统中的简单应用。案例取自某案件侦破系统(目标侦察-识别系统)。案件 w 的现场证据集 $A = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\}$, 构成 w 的目标集 $U = \{x_1, x_2, x_3\}$, 由此建立形式背景 K , 见表 1。

表 1 形式背景 K

U/A	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5
x_1	0	1	0	1	1
x_2	1	0	0	0	1
x_3	1	0	1	1	0

随着案件侦破的深入, 证据 y_5 逐渐不能作为嫌疑人的犯罪特征, 而相应地, 警方又逮捕了新的犯罪嫌疑人 x_4 , 于是原形式背景 K 发生了简单的外 P-嬗变, 如表 2 所列。

表 2 外 P-嬗变后的形式背景 K^F

U^F/A^F	y_1	y_2	y_3	y_4
x_1	0	1	0	1
x_2	1	0	0	0
x_3	1	0	1	1
x_4	0	1	0	1

(1) 求出概念格所有节点

①对形式背景的对象进行如下运算:

$$x_1^* = \{y_2, y_4\}^* = \{x_1, x_4\} = x_4^* ;$$

$$x_2^* = \{y_1\}^* = \{x_2, x_3\}; x_3^* = \{y_1, y_3, y_4\}^* = \{x_3\}$$

则 $E_A = (\{x_1, x_4\}, \{x_2, x_3\}, \{x_3\})$,

$$E = ((\{x_1, x_4\}, \{y_2, y_4\}), (\{x_2, x_3\}, \{y_1\}), (\{x_3\}, \{y_1, y_3, y_4\}))$$

②根据 E 求出形式背景的所有概念:

$$\{x_1, x_4\} \cap \{x_2, x_3\} = \phi$$

则得到新的节点为:

$$(\{x_1, x_4\}, \{y_2, y_4\}) \cap (\{x_2, x_3\}, \{y_1\}) = (\{x_1, x_2, x_3, x_4\}, \phi)$$

$$\{x_1, x_4\} \cap \{x_3\} = \phi$$

则得到新的节点为:

$$(\{x_1, x_4\}, \{y_2, y_4\}) \cap (\{x_3\}, \{y_1, y_3, y_4\}) = (\{x_1, x_3, x_4, y_4\}, \phi)$$

$$\{x_1, x_4\} \cap \{x_2, x_4\} \neq \phi$$

则不生成新的节点。

以此类推能够得出概念格的所有节点为:

$$((\{x_1, x_2, x_3, x_4\}, \phi), (\phi, \{y_1, y_2, y_3, y_4\}), (\{x_1, x_4\}, \{y_2, y_4\}), (\{x_2, x_3\}, \{y_1\}), (\{x_3\}, \{y_1, y_3, y_4\}), (\{x_1, x_3, x_4\}, \{y_4\}))$$

(2) 概念格分层

根据概念格分层思想, 计算概念格每个节点的对象数可将概念格分为 3 层:

第 1 层 $(\{x_1, x_3, x_4\}, \{y_4\})$;

第 2 层 $((\{x_1, x_4\}, \{y_2, y_4\}), (\{x_2, x_3\}, \{y_1\}))$;

第 3 层 $(\{x_3\}, \{y_1, y_3, y_4\})$ 。

(3) 获得概念格 Hasse 图

根据超概念与亚概念之间的关系, 即 $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2) \Leftrightarrow X_1 \subseteq X_2 (Y_2 \subseteq Y_1)$, 建立各层次之间的连线关系; 具体过程如下:

将第 3 层上的节点直接与底部节点连线, 在第 3 层与第 2 层的节点中存在

$$\{x_3\} \subseteq \{x_2, x_3\}, \{y_1\} \subseteq \{y_1, y_3, y_4\}$$

这符合超概念与亚概念之间的关系, 建立连线, 而 $\{x_3\} \not\subseteq \{x_1, x_4\}$ 不符合连线关系, 此时第 3 层上的节点 $(\{x_1, x_4\}, \{y_2, y_4\})$ 没有亚概念, 所以将 $(\{x_1, x_4\}, \{y_2, y_4\})$ 与底部节点比较建立连线, 至此第 3 层与第 2 层比较结束, 而后依次类推得到所有连线。

最终得到的概念格 Hasse 图如图 1 所示。

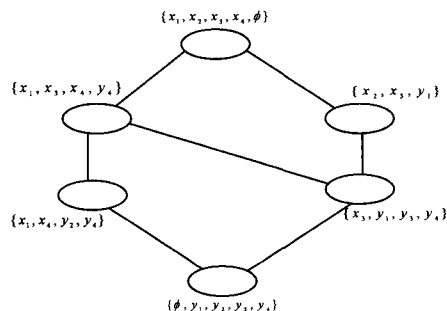


图 1 Hasse 图

结束语 在知识表达、数据挖掘及规则抽取等应用领域中, 大多数信息都是动态变化的, P-形式概念分析理论有较大的应用价值。本文仅对外 P-概念格理论进行了一般性探讨,

(下转第 289 页)

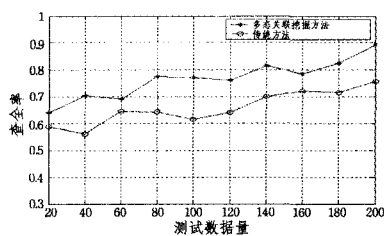


图3 查全率比较

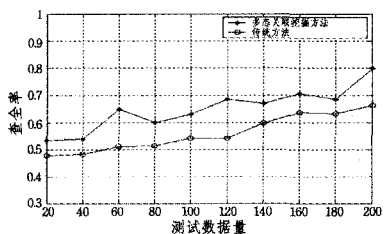


图4 查准率比较

从图4可以看出,与传统的查询方法相比,基于多态关联挖掘的优化查询方法具有更高的查准率,平均高于传统方法8.8%。

结束语 随着现代网络技术和定位技术的高速发展,基于位置服务的定位技术的广泛应用成为了可能,而高效可靠的位置服务查询方法是位置服务广泛应用的关键。传统的位置服务查询方法采用近邻查询的方法,在小范围近邻中应用可靠,但在对近邻的分割时往往面临稳定性差的问题,无法实现高效查询。本文针对传统方法的问题,提出了一种基于多态关联挖掘的位置服务优化查询方法,在系统优化查询时,该方法首先根据查询标准,在数据多态分割的基础上实现深度的数据挖掘,提取数据的深层次特征,根据深层次特征,对位置服务的查询方法进行优化查询,以提高系统查询的效率和可靠性。最后采用200组数据进行实际的分析,将查全率和查准率作为衡量标准,实验结果显示,基于多态关联挖掘的位

置服务查询方法使查全率和查准率分别提高9.5%和8.8%,具有很好的应用价值。

参考文献

- [1] 胡磊,王佳俊,倪巍伟.一种基于坐标和保护位置隐私近邻查询方法[J]. 计算机科学,2012,39(8):173-177
- [2] 张德干,王冬.面向LBS的服务匹配方法研究[J]. 计算机科学,2012,39(3):17-21
- [3] 何丽娜,刘岳峰,晏磊,等.基于动态交通信息的移动位置服务系统[J]. 计算机工程与应用,2007,43(7):108-111
- [4] 薛姣,刘向宇,杨晓春,等.一种面向公路网络的位置隐私保护方法[J]. 计算机学报,2011,34(5):865-878
- [5] 毛典辉,蔡强,李海生,等.一种自适应情景的位置隐私保护方法[J]. 中南大学学报:自然科学版,2013,44(7):279-283
- [6] 王华东,李巍.混沌粒子群算法在WSN覆盖优化中的应用[J]. 科技通报,2012,28(8):114-116
- [7] 吕庆聪,周集良,杨帆,等.普适计算服务匹配技术研究[J]. 计算机科学,2009,36(11):182-185
- [8] 黄毅,霍峥,孟小峰. CoPrivacy:一种用户协作无匿名区域的位置隐私保护方法[J]. 计算机学报,2011,34(10):1976-1985
- [9] 陈娟,方滨兴,殷丽华.传感器网络中基于源节点有限洪泛的源位置隐私保护协议[J]. 计算机学报,2010,33(9):1736-1746
- [10] 张建明,赵玉娟,江浩斌,等.车辆自组网的位置隐私保护技术研究[J]. 通信学报,2012,33(8):180-189
- [11] 刘燕.基于云计算信息处理系统体系结构设计[J]. 科技通报,2012,28(18):100-102
- [12] 侯丽敏,张瑞坤.基于Agent的QoS组播路由算法及仿真[J]. 计算机仿真,2011,28(1):140-144
- [13] 林祝亮,冯远.基于粒子群算法的无线传感网络覆盖优化策略[J]. 计算机仿真,2009,26(4):190-193
- [14] 钱建平,张志涌,阮秀凯.基于复值多态连续Hopfield网络的MPSK信号盲检测[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2012,24(3):292-296

(上接第285页)

给出并证明了两个转化定理,然后给出了外P-概念格的一种构建算法。下一步将研究利用外P-概念格进行概念聚类、规则抽取。文献[14]提出的P-集合理论已经在诸多领域得到了深入的应用,相信P-形式概念分析理论将会具有重要的研究价值。

参考文献

- [1] Wille R. Restructuring Lattice theory: An approach based on hierarchies of concepts[C]// Rival I, ed. Ordered Sets. Dordrecht: Reidel, 1985:445-470
- [2] 陈湘,吴跃.基于概念格挖掘GIS中的关联规则[J]. 计算机工程,2011,31(3):686-689
- [3] 胡明涵,张俐,任飞亮.模糊形式概念分析与模糊概念格[J]. 东北大学学报:自然科学版,2007,28(9):1274-1277
- [4] 谢志鹏,刘宗田.概念格的快速渐进式构造算法[J]. 计算机学报,2002,25(5):490-496
- [5] 蒋义勇,张继福,张素兰.基于链式结构的概念格渐进式构造[J]. 计算机工程与应用,2007,43(11):178-180
- [6] 刘利峰,吴孟达,王丹.基于属性约简的概念格构造[J]. 计算机

工程与科学,2007,29(6):140-142

- [7] Medina J, Ojeda-Aciego M, Ruiz-Calvino J. Relating generalized concept lattices and concept lattices for non-commutative conjunctors[J]. Applied Mathematics Letters, 2008, 21:1296-1300
- [8] Ghosh P, Kundu L, Sarker D. Fuzzy graph representation of a fuzzy concept lattice[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2010, 161(12):1669-1675
- [9] 张继福,张素兰.加权概念格及其渐进式构造[J]. 模式识别与人工智能,2005,18(2):171-176
- [10] 张继福,张素兰,胡立华.约束概念格及其构造算法[J]. 智能系统学报,2006,1(2):31-38
- [11] 姜峰,范玉顺.基于扩展概念格的Web关系挖掘[J]. 软件学报,2010,21(10):2432-2444
- [12] 刘保相,张春英.一种新的概念格结构——区间概念格[J]. 计算机科学,2012,39(8):273-277
- [13] 杨海峰,张继福.粗糙概念格及构造算法[J]. 计算机工程与应用,2007,43(24):172-175
- [14] 史开泉.P-集合与它的应用特征[J]. 计算机科学,2010,37(8):1-8
- [15] 张丽,崔玉泉,史开泉.外P-集合与数据内-恢复[J]. 系统工程与电子技术,2010,32(6):1233-1238