

F-外嵌入信息与 $\bar{F}$ -遗传辨识-应用

于秀清

(德州学院数学系 德州 253023) (山东大学数学与系统科学学院 济南 250100)

摘 要 在外P集合的动态特性基础上,给出了F-外嵌入信息概念、F-外嵌入信息核概念与F-外嵌入信息的度量。利用这些概念,得到了迭代F-外嵌入定理、F-外嵌入存在性定理、F-外嵌入信息的 $\bar{F}$ -遗传定理与 $\bar{F}$ -遗传信息的还原-恢复定理,并给出了 $\bar{F}$ -遗传辨识的应用。外P集合的一个重要特征是能够发现信息之外的信息,这个发现是由 $\bar{F}$ -遗传完成的。

关键词 P-集合,外P-集合,F-外嵌入, $\bar{F}$ -遗传, $\bar{F}$ -遗传信息辨识,应用

中图分类号 O144 文献标识码 A

F-outer Embedding Information and $\bar{F}$ -heredity Identification-application

YU Xiu-qing

(Department of Mathematics Sciences, Dezhou University, Dezhou 253023, China)

(School of Mathematics and System Science, Shandong University, Jinan 250100, China)

Abstract Based on the dynamic characteristic of outer P-set, this paper gave concepts of F-outer embedding information, its core and its measurement. Then using these concepts the paper obtained sequence theorems such as iterative F-outer embedding information theorem, F-outer embedding information existing theorem, $\bar{F}$ -heredity theorem of F-outer embedding information, the recovery-restore theorem of $\bar{F}$ -heredity, and so on. At the end, application about $\bar{F}$ -heredity identification was presented. One of the important characteristics of outer P-set is to discover the information existing out of some information, and this discovery was finished by $\bar{F}$ -heredity.

Keywords P-sets, Outer P-sets, F-outer embedding, $\bar{F}$ -heredity, Identification of $\bar{F}$ -heredity information, Application

1 引言

文献[1,2]把动态特性引入到有限普通集合X中,改进有限普通集合X,提出P-集合(Packet sets)。P-集合是由内P-集合 X^F (internal packet set X^F)与外P-集合 $X^{\bar{F}}$ (outer packet set $X^{\bar{F}}$)构成的集合对,P-集合 $(X^F, X^{\bar{F}})$ 具有动态特性。文献[3]给出P-集合若干特征的讨论,文献[4-21]给出P-集合在多个领域中的应用。若集合X的属性集 α 内的属性不断地被删除,外P-集合 $X^{\bar{F}}$ 构成一个外P-集合串;或者, $X_1^F \subseteq X_2^F \subseteq \dots \subseteq X_{m-1}^F \subseteq X_m^F$ 。在外P-集合串中存在一个现象:给定外P-集合 $X_i^{\bar{F}}, X_j^{\bar{F}}, i < j$; $X_i^{\bar{F}}$ 与 $X_j^{\bar{F}}$ 满足 $X_i^{\bar{F}} \subseteq X_j^{\bar{F}}$; $X_i^{\bar{F}} \subseteq X_j^{\bar{F}}$ 可以等价地看作 $X_i^{\bar{F}}$ 嵌在 $X_j^{\bar{F}}$ 外。 $X_i^{\bar{F}}$ 嵌在 $X_j^{\bar{F}}$ 外是因为 $X_i^{\bar{F}}$ 的属性集合 $\alpha_i^{\bar{F}}$ 内的部分属性被删除。外P-集合的外嵌入是P-集合的应用前景看好的重要特性之一。

我们继续观察这个有趣的现象:设 $X_i^{\bar{F}} = \{x_1, x_2, \dots, x_p\} \subseteq \{x_1, x_2, \dots, x_m\} = X_j^{\bar{F}}$, $X_i^{\bar{F}}$ 嵌在 $X_j^{\bar{F}}$ 外;或者, $X_i^{\bar{F}}$ 中的所有元素都在 $X_j^{\bar{F}}$ 内。把生物学中的“遗传”概念^[22]引入到这个有趣的现象中,对这个现象再认识,能够得到:若 $X_i^{\bar{F}}$ 嵌在 $X_j^{\bar{F}}$ 外,则 $X_i^{\bar{F}}$ 内的所有元素 x_i 被遗传到 $X_j^{\bar{F}}$ 内。例如 $X_1^{\bar{F}} = \{x_1, x_2, x_3\}$, $X_2^{\bar{F}} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$, $X_1^{\bar{F}}$ 嵌在 $X_2^{\bar{F}}$ 外, $X_1^{\bar{F}}$ 内的元素 x_1, x_2, x_3 被遗传到 $X_2^{\bar{F}}$ 内, x_1, x_2, x_3 在 $X_2^{\bar{F}}$ 中呈“显性”遗传^[22],“显性”遗传是遗传学中的概念^[22]。这个现象同样存

在于信息系统中的多个应用领域。人们自然想到,把生物学中的“遗传概念”交叉,渗透到“信息F-外嵌入”(X^F嵌在X^F外)研究中,或者信息F-外嵌入伴随着信息遗传,能告诉人们什么?人们希望得到这些问题的解答。寻求这些问题的解答是本文讨论的主题。这些问题,在能见到的有关P-集合的研究论文中尚未涉及。

利用P-集合,本文给出F-外嵌入信息概念、F-外嵌入信息的遗传概念,以及F-外嵌入的遗传性定理与F-外嵌入遗传在信息系统中的应用。信息F-外嵌入遗传是P-集合在信息系统中的一个重要的研究领域。

为了容易接受本文给出的结果,把P-集合的结构引入到本文的第2节中,作为本文讨论的预备知识。

2 P-集合与它的属性特征

约定 在第2-6节中,U是有限元素论域,V是有限属性论域。

2008年,文献[1,2]给出:给定有限非空普通集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\} \subset U$, $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k\} \subset V$ 是X的属性集合,称 X^F 是X生成的内P-集合(internal packet set X^F),简称 X^F 是内P-集合,而且

$$X^F = X - X^- \quad (1)$$

X^- 称作X的 $\bar{F}$ -元素删除集合,而且

$$X^- = \{x | x \in X, \bar{f}(x) = u \in X, \bar{f} \in \bar{F}\} \quad (2)$$

如果 X^F 的属性集合 α^F 满足

$$\alpha^F = \alpha \cup \{\alpha' | f(\beta) = \alpha' \in \alpha, f \in F\} \quad (3)$$

式中, $\beta \in V, \beta \in \alpha; f \in F$ 把 β 变成 $f(\beta) = \alpha' \in \alpha; X^F \neq \phi$ 。

给定有限非空普通集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\} \subset U, \alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k\} \subset V$ 是 X 的属性集合, 称 X^F 是 X 生成的外 P -集合(outer packet set X^F), 简称 X^F 是外 P -集合, 而且

$$X^F = X \cup X^+ \quad (4)$$

X^+ 称作 X 的 F -元素补充集合, 而且

$$X^+ = \{x' | u \in U, u \in X, f(u) = x' \in X, f \in F\} \quad (5)$$

如果 X^F 的属性集合 α^F 满足

$$\alpha^F = \alpha - \{\alpha_i | \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\} \quad (6)$$

式中, $\alpha_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}$ 把 α_i 变成 $\bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha; \alpha^F \neq \phi$ 。

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(packet sets, $P = \text{packet}$), 简称 P -集合, 而且

$$(X^F, X^F) \quad (7)$$

普通集合 X 称作 (X^F, X^F) 的基集合(基础集合, ground set)。

因为 X 的属性集 α 内不断被删除属性, 由外 P -集合 X^F 得到

$$X_1^F \subseteq X_2^F \subseteq \dots \subseteq X_{m-1}^F \subseteq X_m^F \quad (8)$$

因为 X 的属性集 α 内不断被补充新的属性, 由内 P -集合 X^F 得到

$$X_n^F \subseteq X_{n-1}^F \subseteq \dots \subseteq X_2^F \subseteq X_1^F \quad (9)$$

由式(8)、式(9), 式(7)变成

$$\{(X_i^F, X_j^F) | i \in I, j \in J\} \quad (10)$$

式中, I, J 是指标集; 式(10)是 P -集合的集合对族的表达式, 是 P -集合的一般表达式。

由式(1)一式(7), 式(10)得到如下定理:

定理 1(P -集合与有限普通集合第一关系定理) 若 $\bar{F} = F = \phi$, 则

$$(X^F, X^F)_{F=\bar{F}=\phi} = X \quad (11)$$

定理 2(P -集合与有限普通集合第二关系定理) 若 $\bar{F} = F = \phi$, 则

$$\{(X_i^F, X_j^F) | i \in I, j \in J\}_{F=\bar{F}=\phi} = X \quad (12)$$

式(11)、式(12)指出, 在 $\bar{F} = F = \phi$ 的条件下, P -集合(X^F, X^F), $\{(X_i^F, X_j^F) | i \in I, j \in J\}$ 都回到有限普通集合 X 的“原点”。

定理 3(内 P -集合与外 P -集合关系定理) 若 (X^F, X^F) 是 X 生成的 P -集合, 则

$$X^F \subseteq X \subseteq X^F \quad (13)$$

3 F -外嵌入与它的生成

约定 在第 3—6 节的讨论中, 第 2 节中的 X, X^F 分别记作 $(x), (x)^F$, 或者 $X = (x), X^F = (x)^F$, 不引起误解。

定义 1 称 (x) 是 U 上的一个信息, 而且

$$(x) = \{x_1, x_2, \dots, x_q\} \quad (14)$$

$x_i \in (x), i = 1, 2, \dots, q$ 称作信息 (x) 的一个信息元。

如果 (x) 具有属性集合 α

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k\}$$

式中, $q, k \in N^+$ 。

定义 2 称 $(x)^F$ 是信息 (x) 生成的一个 F -外嵌入信息,

简称 $(x)^F$ 是一个 F -外嵌入信息, 而且

$$(x)^F = \{x_1, x_2, \dots, x_r\} \quad (15)$$

如果 $(x)^F$ 的属性集 α^F 满足

$$\alpha^F = \alpha - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\} \quad (16)$$

式(13)、式(15)中的 q, r 满足 $q \leq r, q, r \in N^+$ 。

定义 3 称 $(x)^{F, (\lambda)}$ 是 (x) 的一个迭代 F -外嵌入信息, 而且

$$(x)^{F, (\lambda)} = \{x_1, x_2, \dots, x_s\} \quad (17)$$

如果 $(x)^{F, (\lambda)}$ 的属性集合 $\alpha^{F, (\lambda)}$ 满足

$$\alpha^{F, (\lambda)} = \alpha^{F, (\lambda-1)} - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha^{F, (\lambda-1)}, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha^{F, (\lambda-1)}, \bar{f} \in \bar{F}\} \quad (18)$$

式中, $\alpha^{F, (\lambda-1)}$ 是 $(x)^{F, (\lambda-1)}$ 的属性集, $(x)^{F, (\lambda)} \neq \phi, \lambda \in N^+$ 是迭代次数。

定义 4 称 η^F 是 F -外嵌入信息 $(x)^F$ 关于 (x) 的 F -外嵌入度, 如果

$$\eta^F = ||y^F|| / ||y|| \quad (19)$$

式中, $(y)^F = (y_1, y_2, \dots, y_r)^T$ 是 $y^F = \{y_1, y_2, \dots, y_r\}$ 生成的向量, $||y^F|| = (y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_r^2)^{1/2}$ 是 $(y)^F$ 的 2-范数, $y^F = \{y_1, y_2, \dots, y_r\}$ 是 $(x)^F = \{x_1, x_2, \dots, x_r\}$ 的信息值集合, $(x)^F$ 是式(15); $(y) = (y_1, y_2, \dots, y_q)^T$ 是 $y = \{y_1, y_2, \dots, y_q\}$ 生成的向量, $||y|| = (y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_q^2)^{1/2}$ 是 (y) 的 2-范数, $y = \{y_1, y_2, \dots, y_q\}$ 是 $(x) = \{x_1, x_2, \dots, x_q\}$ 的信息值集合, (x) 是式(13)。 $y_k \in y$ 是 $x_k \in (x)$ 的信息值, $y_k \in R^+, R^+$ 是正实数集。

定义 5 称 $(x)^{F, *}$ 是 (x) 的 F -外嵌入信息核, 如果

$$(x)^{F, *} = \bigcup_{i=1}^m (x)_i^F \quad (20)$$

式中, $(x)_i^F$ 是 (x) 的 F -外嵌入信息, $i = 1, 2, \dots, m; (x)_i^F \neq \phi$ 。

利用定义 1—定义 5 得到如下定理和推论。

定理 4(F -外嵌入信息存在性定理) 若 α 是信息 (x) 的属性集, 则 $\exists \alpha_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}$ 把 α_i 变成 $\bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha$, 具有属性集 α^F 的信息 $(x)^*$ 存在, $(x)^*$ 是 (x) 的一个 F -外嵌入信息, 而且

$$(x)^* = (x)^F \quad (21)$$

式中, $\alpha^F = \alpha - \{\alpha_i | \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i\}$ 。

证明: 因 $\alpha^F = \alpha - \{\alpha_i | \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i\}$, 由属性集与信息之间的相互依赖关系式(1)一式(3)可知存在信息 $(x)^*$, $(x)^*$ 具有属性集 α^F , 而且由于 $\alpha^F = \alpha - \{\alpha_i | \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i\} \subseteq \alpha$, 由文献[1, 2]与定义 1—定义 3 得到: 分别具有属性集 α^F, α 的信息 $(x)^*, (x)$, 满足 $(x) \subseteq (x)^*, (x)^*$ 是 (x) 的一个 F -外嵌入信息, $(x)^* = (x)^F$; 则有式(21)。

定理 5(F -外嵌入信息核定理) $(x)^{F, *}$ 是 (x) 的 F -外嵌入信息核的充分必要条件是 $(x)^{F, *}$ 的属性集 $\alpha^{F, *}$ 与 F -外嵌入信息 $(x)_i^F, i = 1, 2, \dots, m$ 的属性集 $\alpha_i^F, i = 1, 2, \dots, m$ 满足

$$\alpha^{F, *} = \bigcap_{i=1}^m \alpha_i^F \quad (22)$$

式中, $\alpha^{F, *}$ 是 $(x)^{F, *}$ 的属性集, $(x)_i^F$ 是 (x) 的 F -外嵌入信息, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

证明: 1) 若 $(x)^{F, *}$ 是 (x) 的 F -外嵌入信息核, 由式(8)得到 (x) 的 F -外嵌入信息 $(x)_1^F, (x)_2^F, \dots, (x)_{m-1}^F, (x)_m^F$ 满足 $(x)_1^F \subseteq (x)_2^F \subseteq \dots \subseteq (x)_{m-1}^F \subseteq (x)_m^F$, 由定义 5 知 $(x)^{F, *} = (x)_m^F$, 因此 $(x)^{F, *}$ 的属性集 $\alpha^{F, *}$ 与 $(x)_m^F$ 的属性集 α_m^F 满足 $\alpha^{F, *} = \alpha_m^F$; 由式(3)得到 $(x)_1^F, (x)_2^F, \dots, (x)_{m-1}^F, (x)_m^F$ 的属性集 $\alpha_1^F, \alpha_2^F, \dots, \alpha_{m-1}^F, \alpha_m^F$ 满足 $\alpha_m^F \subseteq \alpha_{m-1}^F \subseteq \dots \subseteq \alpha_2^F \subseteq \alpha_1^F$, 所以 $\alpha^{F, *} = \alpha_m^F = \bigcap_{i=1}^m \alpha_i^F$, 则

有式(22)。

2)若 $\alpha^{F,*}, \alpha_i^F$ 满足式(22),则 $\alpha^{F,*} \subseteq \alpha_i^F, i=1,2,\dots,m$,所以具有属性集 $\alpha^{F,*}$ 的 F -外嵌入信息 $(x)^{F,*}$ 与 F -外嵌入信息 $(x)_i^F, i=1,2,\dots,m$ 满足 $(x)_i^F \subseteq (x)^{F,*}, i=1,2,\dots,m$,即 $(x)^{F,*} = \bigcup_{i=1}^m (x)_i^F$,由式(20)知 $(x)^{F,*}$ 是 (x) 的 F -外嵌入信息核。

推论 1 信息 (x) 存在唯一的非空 F -外嵌入信息核 $(x)^{F,*}$ 。

定理 6(迭代 F -外嵌入定理) 若 $(x)^{F,(q-i)}, (x)^{F,(q-j)}$ 是 (x) 的迭代 F -外嵌入信息,则

$$(x)^{F,(q-i)} \cap (x)^{F,(q-j)} \neq \phi \quad (23)$$

式中, $i,j \in \{1,2,\dots,n\}, i \neq j, \lambda \in N^+; i,j < \lambda$ 。

证明由式(17),式(18)与(1)一式(3)直接得到,略。

推论 2 迭代 F -外嵌入信息 $(x)^{F,(q-i)}, (x)^{F,(q-j)}$ 满足 $\text{card}((x)^{F,(q-i)}) - \text{card}((x)^{F,(q-j)}) \geq 0$ (24)

式中, $i \leq j < \lambda; i,j \in \{1,2,\dots,n\}; \text{card} = \text{cardinal number}$ 。

推论 3 若 $(x)^{F,*}$ 是 (x) 的 F -外嵌入信息核,则 $(x)^{F,*}$ 是具有最大迭代次数的 F -外嵌入信息。

定理 7(F -外嵌入度序列定理) 给定 F -外嵌入度序列,而且

$$\eta_1^F \leq \eta_2^F \leq \dots \leq \eta_{m-1}^F \leq \eta_m^F \quad (25)$$

则存在属性集 $\alpha_1^F, \alpha_2^F, \dots, \alpha_{m-1}^F, \alpha_m^F$,它们构成式(25)的反序列,而且

$$\alpha_m^F \subseteq \alpha_{m-1}^F \subseteq \dots \subseteq \alpha_2^F \subseteq \alpha_1^F \quad (26)$$

式中, $\eta_1^F, \eta_2^F, \dots, \eta_{m-1}^F, \eta_m^F$ 分别是 (x) 的 F -外嵌入信息 $(x)_1^F, (x)_2^F, \dots, (x)_{m-1}^F, (x)_m^F$ 的 F -外嵌入度, $\alpha_1^F, \alpha_2^F, \dots, \alpha_{m-1}^F, \alpha_m^F$ 分别是 $(x)_1^F, (x)_2^F, \dots, (x)_{m-1}^F, (x)_m^F$ 的属性集。

证明:由 $\eta_1^F \leq \eta_2^F \leq \dots \leq \eta_{m-1}^F \leq \eta_m^F$ 与定义4知 $||y_1^F|| \leq ||y_2^F|| \leq \dots \leq ||y_{m-1}^F|| \leq ||y_m^F||$,因此有 $(x)_1^F \subseteq (x)_2^F \subseteq \dots \subseteq (x)_{m-1}^F \subseteq (x)_m^F$,根据集合与其属性集之间的相互依赖关系得到 $(x)_1^F, (x)_2^F, \dots, (x)_{m-1}^F, (x)_m^F$ 的属性集 $\alpha_1^F, \alpha_2^F, \dots, \alpha_{m-1}^F, \alpha_m^F$ 满足式(26)。

定理 8(F -外嵌入信息不可辨识定理) 若 $(x)^F$ 是信息 (x) 的 F -外嵌入信息, $(x)^F$ 与 (x) 满足

$$\text{UNI}\{(x)^F, (x)\} \quad (27)$$

则

$$\alpha^F - \alpha = \phi \quad (28)$$

式中, $\text{UNI} = \text{unidentification}, \alpha^F, \alpha$ 分别是信息 $(x)^F$ 与 (x) 的属性集。

证明:因 $(x)^F$ 是信息 (x) 的 F -外嵌入信息,根据定义2知 $(x)^F$ 与 (x) 满足 $(x) \subseteq (x)^F, (x)^F$ 与 (x) 的属性集 α^F, α 满足 $\alpha^F = \alpha - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\} \subseteq \alpha$;又因为 $\text{UNI}\{(x)^F, (x)\}$,则 $\{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\} = \phi$,那么 $\alpha^F = \alpha$,即有式(28)。

把生物学中的“遗传”概念^[22],引入到 F -外嵌入信息中,对 F -外嵌入信息的特性再认识。

4 F -外嵌入信息的遗传定理

定义 6 (x) 的 F -外嵌入信息 $(x)_i^F$ 称作 (x) 的一个 $\bar{F}$ -遗传信息,简称 $(x)_i^F$ 是 (x) 的一个 $\bar{F}$ -遗传, $(x)_i^F$ 记作 $(x)_i^F$,而且

$$(x)_i^F = \{x_1, x_2, \dots, x_r\} \quad (29)$$

如果 (x) 的属性集 α 内的部分属性被删除。

称 x_k 是 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传信息元, $x_k \in (x)_i^F \cup (x)$ 。

这里, $(x) = \{x_1, x_2, \dots, x_q\}, q \leq r, r, q \in N^+$ 。

例如,给定信息 $(x) = \{x_1, x_2, x_3\}, (x)_i^F = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ 是 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传信息; x_1, x_2, x_3 被“显性遗传”到 $(x)_i^F$ 内。

这里特别指出,第3节中的符号 $(x)_i^F$ 在第4—5节中用 $(x)_i^F$ 表示,不引起误解与混乱。

定义 7 设 α_i^F, α 分别是 $\bar{F}$ -遗传信息 $(x)_i^F$ 与信息 (x) 的属性集,称 w_i^F 是 $(x)_i^F$ 关于 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传系数,简称 w_i^F 是 $(x)_i^F$ 的 $\bar{F}$ -遗传系数,而且

$$w_i^F = \text{card}(\alpha_i^F) / \text{card}(\alpha) \quad (30)$$

定义 8 称 τ_i 是 $\bar{F}$ -遗传信息 $(x)_i^F$ 的 $\bar{F}$ -遗传显性度,而且

$$\tau_i = \text{card}(\Delta(x)_i) / \text{card}(x) \quad (31)$$

式中, $\Delta(x)_i$ 是 $\bar{F}$ -遗传 $(x)_i^F$ 的信息盈余, $\Delta(x)_i = (x)_i^F - (x)$ 。

定理 9(F -外嵌入的第一 $\bar{F}$ -遗传定理) F -外嵌入信息 $(x)_i^F$ 是 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传的充分必要条件是 $(x)_i^F$ 的属性集 α_i^F 与 (x) 的属性集 α 满足

$$\alpha_i^F - (\alpha - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\}) = \phi \quad (32)$$

证明:1)若 F -外嵌入信息 $(x)_i^F$ 是 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传,根据式(6)与定义6得到 $(x)_i^F$ 的属性集 α_i^F 与 (x) 的属性集 α 之间满足 $\alpha_i^F = \alpha - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\}$,即有式(32)。

2)若 $\alpha_i^F - (\alpha - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\}) = \phi$,有 $\alpha_i^F = \alpha - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\}$,根据定义2与定义6知,具有属性集 α_i^F 的信息 $(x)_i^F$ 是 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传信息。

定理 10(F -外嵌入的第二 $\bar{F}$ -遗传定理) F -外嵌入信息 $(x)_i^F$ 是 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传的充分必要条件是 $(x)_i^F$ 与 F -外嵌入度 $\eta_i^F > 1$ 对应的数 w_i^F 满足

$$w_i^F \in (0, 1) \quad (33)$$

式中, w_i^F 是 $(x)_i^F$ 的 $\bar{F}$ -遗传系数。

证明:1)给定 F -外嵌入信息 $\{(x)_i^F | i=1,2,\dots,n\}; \forall (x)_i^F \in \{(x)_i^F | i=1,2,\dots,n\}$,由式(19)得到 $\eta_i^F > 1; \eta_i^F$ 是 $(x)_i^F$ 的 F -外嵌入度;由定义6得到 $(x)_i^F = (x)_i^F$,由式(30)得到 $w_i^F \in (0, 1); \eta_i^F > 1$ 与 $w_i^F \in (0, 1)$ 构成对应关系。因此,若 $\eta_i^F > 1$,则 $w_i^F \in (0, 1)$ 。

2)若 $w_i^F \in (0, 1), w_i^F$ 是 $(x)_i^F$ 的 $\bar{F}$ -遗传系数,则存在 $\eta_i^F > 1, \eta_i^F$ 是 $(x)_i^F$ 的 F -外嵌入度, $w_i^F \in (0, 1)$ 与 $\eta_i^F > 1$ 构成对应关系。由1)、2)得到式(33)。

定理 11(F -外嵌入的 $\bar{F}$ -遗传传递性定理) 设 $(x)_i^F, (x)_j^F, (x)_k^F$ 是 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传信息,“ $\Rightarrow$ ”是一个关系。若 $(x)_i^F \Rightarrow (x)_j^F, (x)_j^F \Rightarrow (x)_k^F$,则

$$1) (x)_i^F \Rightarrow (x)_k^F \quad (34)$$

若“ $\Rightarrow$ ”表示关系“ $\subseteq$ ”,则 $(x)_i^F$ 的 $\bar{F}$ -遗传系数 w_i^F 与 $(x)_k^F$ 的 $\bar{F}$ -遗传系数 w_k^F 满足

$$2) w_i^F - w_k^F \geq 0 \quad (35)$$

定理11是一个直接的事实,证明略。

定理 12 设 $\Delta(x)_i, \Delta(x)_j, \Delta(x)_k$ 分别是 $\bar{F}$ -遗传 $(x)_i^F, (x)_j^F, (x)_k^F$ 的信息盈余, $i \leq j \leq k$,则它们的遗传显性度满足

$$\tau_i \leq \tau_j \leq \tau_k \quad (36)$$

式中, $\Delta(x)_p \neq \phi, p=i,j,k$ 。

证明:因信息 $(x)_i^F, (x)_j^F, (x)_k^F$ 是信息 (x) 的 $\bar{F}$ -遗传信息,且 $i \leq j \leq k$,根据定义6与式(8)知 $(x)_i^F \subseteq (x)_j^F \subseteq (x)_k^F$ 成立,也就有 $(x)_i^F - (x) \subseteq (x)_j^F - (x) \subseteq (x)_k^F - (x)$,即 $(x)_i^F$,

$(x)_i^F, (x)_k^F$ 的信息盈余 $\Delta(x)_i, \Delta(x)_j, \Delta(x)_k$ 满足 $\Delta(x)_i^F \subseteq \Delta(x)_j^F \subseteq \Delta(x)_k^F$, 故 $\text{card}(\Delta(x)_i^F) \leq \text{card}(\Delta(x)_j^F) \leq \text{card}(\Delta(x)_k^F)$ 。因此, $\text{card}(\Delta(x)_i^F)/\text{card}((x)) \leq \text{card}(\Delta(x)_j^F)/\text{card}((x)) \leq \text{card}(\Delta(x)_k^F)/\text{card}((x))$, 由定义 8 得到式(36)。

定理 13(F -外嵌入信息与 F -遗传关系定理) 若 $\Delta(x)_i$ 是 F -遗传 $(x)_i^F$ 的信息盈余, $\Delta(x)_i \neq \phi$, 则 $\Delta(x)_i$ 与 F -外嵌入信息 $(x)_i^F$ 满足

$$\Delta(x)_i \cup (x) = (x)_i^F \quad (37)$$

证明: 由 $\Delta(x)_i$ 是 F -遗传 $(x)_i^F$ 的信息盈余知 $\Delta(x)_i = (x)_i^F - (x)$, 根据式(4)知 $(x) \subseteq (x)_i^F$, 所以 $(x)_i^F = \Delta(x)_i \cup (x)$, 由定义 6 得式(37)。

5 F -遗传信息的还原-恢复

定理 14(F -遗传信息还原-恢复的属性定理) 若 F -遗传信息 $(x)_i^F$ 被还原-恢复成信息 (x) , 或者

$$(x)_i^F = (x) \quad (38)$$

则 $(x)_i^F$ 的属性集 α_i^F 与 (x) 的属性集 α 满足

$$(\alpha_i^F \cup \{\alpha' | \beta \in V, \beta \in \alpha_i^F, f(\beta) = \alpha' \in \alpha_i^F, f \in F\}) - \alpha = \phi \quad (39)$$

证明: 由定义 6, 因为 $(x)_i^F$ 是 (x) 的 F -遗传信息, 而且 $(x) \subseteq (x)_i^F$, 则有 $(x)_i^F$ 的属性集 α_i^F 与 (x) 的属性集 α 满足 $\alpha_i^F \subseteq \alpha$; 显然, 存在差属性集 $\alpha' \neq \phi$; 在 α_i^F 内补充 α' , 或者 $\alpha_i^F \cup \alpha' = \alpha$, 或者 $(\alpha_i^F \cup \alpha') - \alpha = \phi$, 则 $(x)_i^F$ 与 (x) 具有相同的属性集, $(x)_i^F = (x)$, $(x)_i^F$ 被还原-恢复成 (x) 。

定理 15(F -遗传信息还原-恢复的显性定理) 若 F -遗传信息 $(x)_i^F$ 被还原-恢复成信息 (x) , 或者

$$(x)_i^F = (x) \quad (40)$$

则 $(x)_i^F$ 的 F -遗传系数 w_i^F 是一个单位常数。

证明由定义 7 直接得到, 略。

6 F -外嵌入信息的 F -遗传辨识与应用

本节的例子取自一个信息采集系统。为了简便, 又不失一般性, 例子中取这个系统的一个子系统, 给出讨论。子系统框图略。例子的背景特征是: 采集信息的完整、真实(防止有些信息被漏采或被人为丢弃), 并以此来认识子系统的状态变化特征。在信息采集中, 一些干扰信息(噪声信息)也同时被采集。 $t_k \in T$ 时刻, 被采集的信息 (x) 是

$$(x) = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}_{t_k \in T} \quad (41)$$

(x) 具有的属性集 α (信息采集时系统的参数集) 是

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_8, \alpha_9\} \quad (42)$$

属性 $\alpha_i, i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ 的名称略。

$$(y) = \{y_1, y_2, y_3, y_4\} \quad (43)$$

是 (x) 的信息值集合, (y) 是原始信息值经过技术处理后的信息值, 它不影响例子中的结果分析, (y) 的值列入表 1。

表 1 信息 $(x) = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ 的信息值集合 $(y) = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$

(y)	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄
y _i	1.17	1.24	1.37	1.19

信息盈余-选择准则

被盈余-选择的信息 (x^*) 、它的 F -遗传系数 $(w^*)_k^F$ 、 F -外嵌入度 $(\eta^*)_k^F$ 分别满足

$$(w^*)_k^F = \min_{i=1}^n \{w_i^F\} \quad (44)$$

$$(\eta^*)_k^F = \max_{j=1}^n \{\eta_j^F\} \quad (45)$$

式中, $(w^*)_k^F, (\eta^*)_k^F$ 是系统事先设定的。

式(44)指出, 被盈余-选择的信息 (x^*) 具有最小的 F -遗传系数; 或者 (x^*) 具有最小的属性集 (α^*) 。

式(45)指出, 被盈余-选择的信息 (x^*) 具有最大的外嵌入度, 或者 (x^*) 是 (x) 的 F -外嵌入信息核。

利用表 1 与迭代 F -外嵌入信息及式(18)、式(19), 得到表 2、表 3。

表 2 满足信息盈余-选择准则的信息 (x^*) 具有的信息值

(y)	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅	y ₆	y ₇
y _i	1.17	1.24	1.37	1.19	1.35	1.32	1.36

表 3 满足迭代条件式(18)的信息 (x^*) 与它的属性集 (α^*)
(迭代次数 $\lambda=3$)

(x [*])	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇
(α [*])	α ₁	α ₂	α ₃	α ₄			

这里指出表 2、表 3 是迭代次数 $\lambda=3$ 时信息盈余-选择的最终结果, 迭代过程的中间结果略。 $\alpha_5 - \alpha_9$ 是从式(42)中删除的属性(系统中网络参数做了调整)。

盈余-选择的信息 (x^*) 在系统中发现-认证:

(x^*) 是潜藏在 (x) 外的信息, $(x) = \{x_1, x_2, x_3, x_4\} \subseteq (x^*) = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}$ ((x^*) 被嵌在 (x) 外), 因为 $(x^*) = \Delta(x^*) \cup (x)$, $\Delta(x^*) = \{x_5, x_6, x_7\}$ 是 F -遗传信息盈余, (x) 中的信息元 x_1, x_2, x_3, x_4 被遗传到信息 (x^*) 中, x_5, x_6, x_7 生成 (x) 的 F -遗传信息盈余 $\Delta(x^*)$ 。从表 2 中得到 F -外嵌入度 $(\eta^*)_k^F = 7/4 = 1.75 > 1$, 从表 3 中得到 F -遗传系数 $(w^*)_k^F = 7/9 \in (0, 1)$ 。

表 2 中的 y_1, y_2, y_4 的盈余-选择是削去信息值 $y_k < 1.40$ 的信息值(由削波网络完成), $y_k < 1.40$ 的“门槛”是系统中的设定值。表 3 中的 $x_1 - x_7$ 的盈余-选择是在最小属性集 (α^*) 的条件下信息元 $x_1 - x_7$ 的组合, 这些结果在信息采集系统的输出中得到认证。

结束语 2008 年, 文献[1, 2]把信息系统的动态特性引入到有限普通集合 X 中, 改进有限普通集合 X , 提出一个新的数学结构 P -集合(packet sets)。 P -集合是由内 P -集合 X^F 与外 P -集合 X^F 构成的数学结构 $(X^F, X^F), \{(X_i^F, X_j^F) | i \in I, j \in J\}$ 。外 P -集合的结构是

$$X^F = X \cup X^+ \quad (46)$$

$$X^+ = \{x' | u \in U, u \in X, f(u) = x' \in X, f \in F\} \quad (47)$$

如果 X^F 的属性集合 α^F 满足

$$\alpha^F = \alpha - \{\alpha_i | \alpha_i \in \alpha, \bar{f}(\alpha_i) = \beta_i \in \alpha, \bar{f} \in \bar{F}\} \quad (48)$$

信息工程中的诸多应用问题, 可以用结构式(46)一式(48)来研究。

P -集合是一个具有动态特征的数学结构, 因为 P -集合的动态特性, P -集合已被应用到多个应用领域^[4-21]。或许人们已经看到 P -集合已成为研究信息系统、系统工程中的一个新的理论工具与方法, 因为系统工程与信息系统中的问题居多具有动态特性。

参考文献

- [1] Shi Kai-quan. P-sets and its applications[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2009, 9 (2): 209-219
- [2] 史开泉. P -集合[J]. 山东大学学报: 理学版, 2008, 43(11): 77-84

(下转第 248 页)

方法应用于煤矿应急救援资源调配的实际问题中,研究并构建了相应的资源调配模型,改进了 MAWS 算法。实验证明,基于 DCSP 的煤矿应急救援资源调配方法是可行且有效的,此调配方法可为煤矿应急救援提供及时有效的决策方案。将 DCSP 方法应用于分布式协作问题中是解决应急资源调配问题的新思路,随着研究的深入,这种方法将具有更广泛的应用前景。

参考文献

- [1] <http://www.chinacoal-safety.gov.cn/mkaj/>. 2010. 03
- [2] 何建敏,刘春林,曹杰,等. 应急管理 with 应急系统——选址调度与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 125-138
- [3] 黄金虎. 应急物流系统若干关键技术的研究与实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2007: 16-24
- [4] 王天普,李万疆. 煤矿应急救援必读[M]. 北京: 中国石化出版社, 2008: 69-77
- [5] 唐连生,程文明,梁剑,等. 应急物流配送问题的蚁群聚类算法研究[J]. 铁道运输与经济, 2008, 30(9): 66-73
- [6] Yokoo M, Durfee E H, Ishida T, et al. Distributed Constraint Satisfaction for Formalizing Distributed Problem Solving[C]//Proc. of the 12th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, 1992
- [7] Yokoo M, Hirayama K. Distributed Constraint Satisfaction Algorithm for Complex Local Problems[C]//Proc. of the 3th International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-98). Paris, France, 1998
- [8] Yokoo M, Hirayama K. Algorithms for distributed constraint

satisfaction: A review[J]. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2000, 3: 185-207

- [9] Modi P J, Jung H, Tambe M, et al. A Dynamic Distributed Constraint Satisfaction Approach to Resource Allocation[C]//Proc. of the 7th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP 2001). Berlin: Springer-Verlag, 2001
- [10] Cesar F, Ramon B, Bhaskar K, et al. Communication and Computation in Distributed CSP Algorithms. Distributed Sensor Networks: A Multiagent Perspective [M]. Kluwer Academic Publishers, 2003: 664-679
- [11] Hirayama K, Yokoo M. The Distributed Breakout Algorithms [J]. Artificial Intelligence, 2005, 161: 85-119
- [12] Jan M, Christian P, Roberto W C, et al. A Metaheuristic to Solve a Location-Routing Problem with Non-Linear Costs[J]. Journal of Heuristics, 2005, 11: 375-391
- [13] Bejar R, Domshlak C, Fernandez C, et al. Sensor Networks and Distributed CSP: Communication, Computation and Complexity [J]. Artificial Intelligence, 2005, 161: 117-147
- [14] Salido M A. Feasible Distributed CSP Models for Scheduling Problems[J]. American Association for Artificial Intelligence, 2007, 21: 723-732
- [15] Fabio L B, Giovanni C, Dominic G, et al. Developing Multi-agent Systems with JADE[M]. Wiley Series in Agent Technology, 2007: 29-173
- [16] 高峰, 闫茂林. 突变理论及其在采矿工程中的应用[J]. 重庆工学院学报: 自然科学版, 2008, 22(2): 64-67

(上接第 211 页)

- [3] 史开泉. P-集合与它的应用特征[J]. 计算机科学, 2010, 37(8): 1-8
- [4] Shi Kai-quan, Li Xiu-hong. Camouflaged information identification and its applications[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 157-167
- [5] 史开泉, 张丽. P-集合与数据外-恢复[J]. 山东大学学报: 理学版, 2009, 44(4): 8-14
- [6] 于秀清. $P_{(p,s)}$ -集合与它的随机特性[J]. 计算机科学, 2010, 37(9): 218-221
- [7] 于秀清. P-集合的识别与筛选[J]. 山东大学学报: 理学版, 2010, 45(1): 94-98
- [8] 于秀清. P-集合与 F-外嵌入信息辨识-发现 [J]. 计算机科学, 2010, 38(2): 250-253, 270
- [9] 李豫颖, 谢维奇, 史开泉. F-残缺数据的辨识与恢复[J]. 山东大学学报: 理学版, 2010, 45(9): 57-64
- [10] 李豫颖. F-畸变数据的生成与修复[J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2010, 31(3): 59-72
- [11] 张冠宇, 周厚勇, 史开泉. P-集合与双 P-数据恢复-辨识[J]. 系统工程与电子技术, 2010, 32(9): 1233-1238
- [12] 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): 1919-1924
- [13] Li Yu-ying, Zhang Li, Shi Kai-quan. Generation and recovery of compressed data and redundant data[J]. Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2(1): 661-671
- [14] Zhang Ling, Ren Xue-fang. P-sets and its $(f, \bar{f})$ -heredity[J].

Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2(1): 735-742

- [15] Qui Yu-feng, Chen Bao-hui. f -Model generated by P-sets[J]. Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2(1): 613-620
- [16] Xiu Ming, Shi Kai-quan, Zhang Li. P-sets and F-data selection-discovery[J]. Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2(1): 791-799
- [17] Zhang Li, Xiu Ming, Shi Kai-quan. P-sets and applications of power circle[J]. Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2(1): 581-591
- [18] Lin Hong-kang, Li Yu-ying. P-sets and its P-separation theorems[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 209-215
- [19] Huang Shun-liang, Wang Wei, Geng Dian-you. P-sets and its internal P-memory characteristics[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 216-222
- [20] Wang Yang, Geng Hong-qin, Shi Kai-quan. The mining of dynamic information based on P-sets and its applications[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 234-240
- [21] Zhang Guan-yu, Li En-zhong. Information gene and identification of its information Knock-out/Knock-in[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 308-315
- [22] 王亚馥, 戴灼华. 遗传学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 97-110