F-信息伪装与伪装-还原辨识

耿红琴[1] 张冠宇[2] 史开泉[2,3]
(黄淮学院计算机科学系 驻马店 463000)[1] (黄淮学院数学科学系 驻马店 463000)[2]
(山东大学数学与系统学院 济南 250100)[3]

摘 要 P-集合(packet sets)是由内P-集合 $X^{\bar{F}}$(internal packet set $X^{\bar{F}}$)与外P-集合 X^F(outer packet set X^F)构成的集合对,或者,$(X^{\bar{F}},X^F)$是P-集合,P-集合具有动态特性。把动态特性引入到有限普通集合 X 中(cantor sets X),改进有限普通集合 X,得到P-集合。利用外P-集合,给出F-伪装载体、F-伪装盈余概念,利用这些概念给出F-信息伪装生成与F-信息伪装结构,给出F-信息伪装度量、F-信息伪装环定理、F-信息伪装环分离定理、F-信息伪装还原定理以及F-信息伪装辨识。利用这些结果,给出F-信息伪装在信息传递中的应用。信息伪装是信息系统的一个新的研究分支。

关键词 P-集合,F-信息伪装,伪装度量,伪装环定理,还原定理,伪装辨识,应用
中图法分类号 O159,TP181 **文献标识码** A

F- information Camoufladge and Camoufladge-reduction Identification

GENG Hong-qin[1] ZHANG Guan-yu[2] SHI Kai-quan[2,3]
(Department of Computer Science, Huanghuai University, Zhumadian 463000, China)[1]
(Department of Mathematics Science, Huanghuai University, Zhumadian 463000, China)[2]
(School of Mathematics and System Sciences, Shandong University, Jinan 250100, China)[3]

Abstract P-sets(packet sets) are set pair combined with internal P-set $X^{\bar{F}}$ (internal packet set $X^{\bar{F}}$) and outer P-set X^F (outer packet set X^F), or$(X^{\bar{F}},X^F)$ is P-sets. Dynamic P-sets are obtained by improving cantor set, dynamic characteristic of P-sets. By using the outer P-set X^F, the concept of F-camoufladge carrier, F-camoufladge surplus were given. By using the concept, F- information camoufladge generation and F- information camoufladge structure were given, F- information camoufladge measure was given, F- information camoufladge ring theorem and F- information camoufladge ring separation theorem, F- information camoufladge reduction theorem, F- information camoufladge identification were given. By using the results, the application of F- information camoufladge in information transfer was given. Information camoufladge is a new branch of studying information system.

Keywords P-sets, F- information camoufladge, Camoufladge measure, Camoufladge ring theorem, Reduction theorem, Camoufladge identification, Application

1 引言

利用P-集合,文献[1]给出信息伪装的概念与特征。利用文献[1],本文给出 F-信息伪装的讨论、F-信息伪装生成,给出 F-信息伪装的特征与应用。

2008年,文献[2,3]把动态特性引入到有限普通集合 X(cantor sets X)中,改进有限普通集 X,提出P-集合(packet sets),给出P-集合的结构,P-集合具有动态特性。P-集合是由内P-集合 $X^{\bar{F}}$(internal packet set $X^{\bar{F}}$)与外P-集合 X^F(outer packet set X^F)构成的集合对;或者$(X^{\bar{F}},X^F)$是P-集合。外P-集合 X^F 给出:设 $\alpha=\{\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_k\}\subset V$ 是有限普通集合 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}\subset U$ 的属性集合;若在 α 内删除一部分属性,$\alpha=\{\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_k\}$变成 $\alpha_1^F=\alpha-\{\alpha_{r+1},\alpha_{r+2},\cdots,\alpha_k\}=\{\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_r\}$,$r\leqslant k$;则 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}$变成 $X_1^F=X\cup\{x_{n+1},x_{n+2},\cdots,x_{n+\lambda}\}=\{x_1,x_2,\cdots,x_n,x_{n+1},x_{n+2},\cdots,x_{n+\lambda}\}$。若在 α 内再删除另外一部分属性,则类似得到:X 变成 X_2^F,$X\subseteq X_1^F\subseteq X_2^F$,如此等等。显然,由 X 得到外P-集合串:$X\subseteq X_1^F\subsetneqq X_2^F\subseteq\cdots\subseteq X_{n-1}^F\subseteq X_n^F$。在外P-集合串 $X\subseteq X_1^F\subseteq X_2^F\subseteq\cdots\subseteq X_{n-1}^F\subseteq X_n^F$ 中潜藏着一个重要的特性:若 X_k^F 被定义成一个真信息,则 X_{k-1}^F被定义成 X_k^F 的一个信息伪装(X_k^F 中的一些信息元 x_i 在 X_{k-1}^F中不被显示);换句话说,X_{k-1}^F是 X_k^F 的信息伪装(information camoufladge);或者 X_k^F 是一个真信息,X_{k-1}^F是 X_k^F 的一个假信息。这个重要应用特性告诉人们:利用信息伪装的方式能够使得信息 X 在信息传递中获得安全。显然,P-集合生成的信息伪装是信息系统中的一个新的应用研究分支。

到稿日期:2010-03-12 返修日期:2010-06-14 本文受河南省基础与前沿技术研究项目(102300410153),山东省自然科学基金项目(Y2007H02)资助。

耿红琴(1964-),女,硕士,教授,主要研究方向为信息系统理论与应用,E-mail:ghq3139@126.com;张冠宇(1962-),男,教授,主要研究方向为粗系统理论与应用;史开泉(1945-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为粗系统理论与应用,E-mail:shikq@sdu.edu.cn(通信作者)。

从外 P-集合串 $X\subseteq X_1^F\subseteq X_2^F\subseteq\cdots\subseteq X_{n-1}^F\subseteq X_n^F$ 中还能得到:信息 X 的信息伪装非唯一;这个“非唯一”特性使得信息 X 在信息传递中达到“以假乱真”的目的,真信息 X 在传递中得到保护。P-集合的集合对特性、动态特性为信息伪装研究给予了理论支持。

本文的主要结果:给出 F-信息伪装载体、F-信息伪装盈余与 F-信息伪装的结构;给出 F-信息伪装环定理、伪装还原-辨识定理;给出 F-信息伪装在信息传递中的应用。

为了便于讨论,方便读者接受本文给出的结果,把 P-集合的结构简单地引入到本文的第 2 节中,作为本文的预备知识;P-集合的更多概念、特性、应用见文献[1-20]。

2 P-集合与它的特性

约定 在本文的讨论中,U 是有限元素论域,V 是有限属性论域,X 是 U 上的有限非空普通集合,α 是 V 上的有限非空属性集合。

2008 年文献[2,3]给出:

给定集合 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_q\}\subset U$,$\alpha=\{\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_k\}\subset V$ 是 X 的属性集合,称 $X^{\bar F}$ 是 X 生成的内 P-集合(internal packet set $X^{\bar F}$),简称 $X^{\bar F}$ 是内 P-集合,而且

$$X^{\bar F}=X-X^- \tag{1}$$

X^- 称作 X 的 $\bar F$-元素删除集合,而且

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

如果 $X^{\bar F}$ 的属性集合 α^F 满足

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

式中,$\beta\in V,\beta\overline{\in}\alpha$;$f\in F$ 把 β 变成 $f(\beta)=\alpha'\in\alpha$;在应用中,$X^{\bar F}\neq\phi$;式(1)中,$X^{\bar F}=\{x_1,x_2,\cdots,x_p\}$,$p\leqslant q$,$p,q\in N^+$。

给定集合 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_q\}\subset U$,$\alpha=\{\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_k\}\subset V$ 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

$$X^F=X\cup X^+ \tag{4}$$

X^+ 称作 X 的 F-元素补充集合,而且

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

如果 X^F 的属性集合 $\alpha^{\bar F}$ 满足

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

式中,$\alpha_i\in\alpha$,$\bar f\in\bar F$ 把 α_i 变成 $\bar f(\alpha_i)=\beta_i\overline{\in}\alpha$;$\alpha^{\bar F}\neq\phi$;式(4)中:$X^F=\{x_1,x_2,\cdots,x_r\}$,$q\leqslant r$;$q,r\in N^+$。

内 P-集合 $X^{\bar F}$ 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),简称 P-集合,如果

$$(X^{\bar F},X^F) \tag{7}$$

普通集合 X 称作 $(X^{\bar F},X^F)$ 的基集合(基础集合)。

由式(1)—式(3)、式(4)—式(6)得到:

$$X_n^{\bar F}\subseteq X_{n-1}^{\bar F}\subseteq\cdots\subseteq X_2^{\bar F}\subseteq X_1^{\bar F} \tag{8}$$

$$X_1^F\subseteq X_2^F\subseteq\cdots\subseteq X_{n-1}^F\subseteq X_n^F \tag{9}$$

由式(8)、式(9)得到:

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

式中,I,J 是指标集。

式(10)是 P-集合(7)的集合对族的表示形式,是 P-集合结构的一般表达式。

利用式(1)—式(10)得到:

定理 1(P-集合与普通集合第一关系定理) P-集合与有限普通集合 X 满足

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

定理 2(P-集合与普通集合第二关系定理) P-集合与有限普通集合 X 满足

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

定理 1、定理 2 给出一个事实:在 $\bar F=F=\phi$ 的条件下,P-集合 $(X^{\bar F},X^F)$ 回到了有限普通集合 X 的“原点”;或者,P-集合 $(X^{\bar F},X^F)$ 丢失了动态特性,因此 P-集合就是有限普通集合 X。在 $\bar F=F=\phi$ 的条件下,$\forall(X_k^{\bar F},X_\lambda^F)\in\{(X_i^{\bar F},X_j^F)|i\in I,j\in J\}$ 回到了有限普通集合 X 的“原点”;或者,P-集合 $\{(X_i^{\bar F},X_j^F)|i\in I,j\in J\}$ 丢失了动态特性,因此 P-集合 $\{(X_i^{\bar F},X_j^F)|i\in I,j\in J\}$ 就是有限普通集合 X。P-集合 $(X^{\bar F},X^F)$;或者 $\{(X_i^{\bar F},X_j^F)|i\in I,j\in J\}$ 的动态特性,来自式(3),式(6),式(8),式(9)。

这里指出:定理 1、定理 2 的证明在文献[4]的第 2 节已给出;式(3):$\alpha^F=\alpha\cup\{\alpha'|f(\beta)=\alpha'\in\alpha,f\in F\}$ 及式(4)和式(5):$X^F=X\cup X^+=X\cup\{x'|u\in U,u\overline{\in}X,f(u)=u'\in X,f\in F\}$ 的意义与动态特性在文献[4]的第 2 节中已给出详细的讨论。

3 F-信息伪装与它的生成

约定 第 2 节中的 X,X^F,X^+ 在第 3 节—第 5 节的讨论中,分别记作 $(x),(x)^F,(x)^+$;或者 $(x)=X,(x)^F=X^F,(x)^+=X^+$;有限元素论域 U 满足:card$(U)=N$,N 是给定的一个正整数,card=cardinal number,不引起误解与混乱。

定义 1 称 $(x)\subset U$ 是 U 上的一个有限信息,而且

$$(x)=\{x_1,x_2,\cdots,x_q\} \tag{13}$$

$\forall x_\lambda\in(x)$ 称作 (x) 的一个信息元,$\lambda=1,2,\cdots,q$;如果 (x) 具有属性集 α,而且

$$\alpha=\{\alpha_1,\alpha_2,\cdots,\alpha_k\} \tag{14}$$

定义 2 称 $(x)^+\subset U$ 是 (x) 生成的一个 F-信息伪装载体(carrier),简称 $(x)^+$ 是 (x) 的 F-伪装载体,而且

$$(x)^+=\{x_{q+1},x_{q+2},\cdots,x_r\} \tag{15}$$

$(x)^*$ 称作 (x) 的 F-伪装盈余,而且

$$(x)^*=U-(x)^F \tag{16}$$

式中,“载体(carrier)”取自应用化学中的一个名词;$(x)^F$ 是第 2 节中的式(4)。

定义 3 由 $(x)^+,(x)^*$ 构成的信息对称作 (x) 生成的 F-信息伪装,简称 (x) 的 F-信息伪装,而且

$$((x)^+,(x)^*) \tag{17}$$

定义 4 称

$$\{((x)_i^+,(x)_j^*)|i\in I,j\in J\} \tag{18}$$

是 (x) 生成的 F-信息伪装族,如果 $\forall k,((x)_k^+,(x)_k^*)\in\{((x)_i^+,(x)_j^*)|i\in I,j\in J\}$ 是 (x) 的 F-信息伪装。

定义 2、定义 3 给出一个重要事实:若 (x) 是一个真信息;$\forall x_i\in(x)$ 是 (x) 的信息元,由 x_i 构成的信息 (x) 既被隐藏在 $(x)^+$ 之外,又被隐藏在 $(x)^*$ 之外;或者,信息 (x) 在 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 中不被显露。例如,$U=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7,x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\}$,取 $(x)=\{x_1,x_2,x_3,x_4\}\subset U$ 是一个真信息;取 (x) 的 F-伪装载体 $(x)^+=\{x_5,x_6,x_7\}$,(x) 的 F-伪装盈余 $(x)^*=\{x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\}$,则有 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)=(\{x_5,x_6,x_7\},\{x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\})$。显然,在 $((x)^+,(x)^*)$ 中没有信息 (x);或者 (x) 被隐藏在 F-信息伪

装$((x)^+,(x)^*)$之外。从 F-信息伪装$((x)^+,(x)^*)$中获取真信息(x)是困难的。

由式(13)一式(18)得到：

命题 1 信息(x)具有有限个 F-信息伪装$((x)_k^+,(x)_\lambda^*)$；反之亦真。

命题 2$((x)^+,(x)^*)$是(x)的 F-信息伪装，$(x)^+$一定是(x)的信息补充生成的信息。

命题 3 F-信息伪装族$\{((x)_i^+,(x)_j^*)\mid i\in I,j\in J\}$存在$(x)_r^+,(x)_r^*$满足

$$(x)_r^+=\bigcap_{i=1}^{n}(x)_i^+ \tag{19}$$

$$(x)_r^*=\bigcup_{j=1}^{n}(x)_j^* \tag{20}$$

$((x)_r^+,(x)_r^*)$是(x)的 F-信息伪装。

命题 4 信息(x)与(x)的 F-信息伪装$((x)^+,(x)^*)$满足

$$((x)^+,(x)^*)\cap(x)=\phi \tag{21}$$

式(21)表示：$(x)^+\cap(x)=\phi$，$(x)^*\cap(x)=\phi$。

命题 5 $F=\phi$，(x)与 F-信息伪装$((x)^+,(x)^*)$满足

$$((x)^+,(x)^*)_{F=\phi}=(x) \tag{22}$$

命题 6 $F=\phi$，(x)与 F-信息伪装族$\{((x)_i^+,(x)_j^*)\mid i\in I,j\in J\}$满足

$$\{((x)_i^+,(x)_j^*)\mid i\in I,j\in J\}_{F=\phi}=(x) \tag{23}$$

命题 1一命题 6 的证明由第 2 节中的式(1)一式(10)、第 3 节中的式(13)一式(18)直接得到，证明略。

4 *F*-信息伪装度量与信息伪装环定理

约定 在第 4 节、第 5 节的讨论中，$(x)^+$与(x)满足基数条件：$\mathrm{card}((x)^+)\leqslant\mathrm{card}((x))$，$(x)^*$与$(x)$满足基数条件：$\mathrm{card}((x))\leqslant\mathrm{card}((x)^*)$。

定义 5 数 ρ_i^+ 称作$(x)_i^+$ 关于(x)的 F-伪装载体度量，简称$(x)_i^+$ 的 F-伪装载体度量，而且

$$\rho_i^+=\mathrm{card}((x)_i^+)/\mathrm{card}((x)) \tag{24}$$

定义 6 数 ρ_i^* 称作$(x)_i^*$ 关于(x)的 F-伪装盈余度量，简称$(x)_i^*$ 的 F-伪装盈余度量，而且

$$\rho_i^*=\mathrm{card}((x)_i^*)/\mathrm{card}((x)) \tag{25}$$

定义 7 由 ρ_i^+,ρ_i^* 构成的数对称作$((x)_i^+,(x)_i^*)$关于(x)的 F-信息伪装度量，简称$((x)_i^+,(x)_i^*)$的 F-信息伪装度量，而且

$$(\rho_i^+,\rho_i^*) \tag{26}$$

定义 8 $\mathcal{O}_\rho$ 称作信息(x)生成的信息单位圆，简称 $\mathcal{O}_\rho$ 是信息单位圆，如果坐标原点 O 是 $\mathcal{O}_\rho$ 的圆心，ρ 是 $\mathcal{O}_\rho$ 的半径。其中，$\rho=\mathrm{card}((x))/\mathrm{card}((x))=1$。

定义 9 $\mathcal{O}_{\rho^+}$ 称作$(x)^+$生成的 F-信息伪装载体圆，如果坐标原点 O 是 $\mathcal{O}_{\rho^+}$ 的圆心，ρ^+ 是 $\mathcal{O}_{\rho^+}$ 的半径。

$\mathcal{O}_{\rho^*}$ 称作$(x)^*$生成的 F-信息伪装盈余圆，如果坐标原点 O 是 $\mathcal{O}_{\rho^*}$ 的圆心，ρ^* 是 $\mathcal{O}_{\rho^*}$ 的半径。

图 1 给出信息单位圆 $\mathcal{O}_\rho$、F-信息伪装载体圆 $\mathcal{O}_{\rho^+}$、F-信息伪装盈余圆 $\mathcal{O}_{\rho^*}$ 的直观表示。

由定义 5一定义 9 得到：

命题 7 F-信息伪装载体圆 $\mathcal{O}_{\rho^+}$ 是信息单位圆 $\mathcal{O}_\rho$ 的一个内圆，反之亦真。

命题 8 F-信息伪装盈余圆 $\mathcal{O}_{\rho^*}$ 是信息单位圆 $\mathcal{O}_\rho$ 的一个外圆，反之亦真。

由定义 5一定义 9、命题 7、命题 8 得到：

定理 3(*F*-信息伪装环定理) 若$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$是 F-信息伪装$((x)^+,(x)^*)$生成的 F-信息伪装环，则$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$与$((x)^+,(x)^*)$之间构成对应，或者

$$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})\leftrightarrow((x)^+,(x)^*) \tag{27}$$

式中，"$\leftrightarrow$"是一个特别的记号，表示给定$((x)^+,(x)^*)$存在$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$，$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$与$((x)^+,(x)^*)$对应。$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$是 F-信息伪装载体圆 $\mathcal{O}_{\rho^+}$ 与 F-信息伪装盈余圆 $\mathcal{O}_{\rho^*}$ 构成的一个环；$\mathcal{O}_{\rho^+}$ 是$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$的内-边界，$\mathcal{O}_{\rho^*}$ 是$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$的外-边界，如图 1 所示。

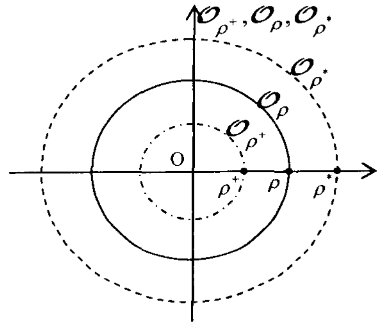

图 1 $\mathcal{O}_{\rho^+},\mathcal{O}_\rho,\mathcal{O}_{\rho^*}$ 分别是 F-信息伪装载体圆、信息单位圆、F-信息伪装盈余圆；$\mathcal{O}_{\rho^+},\mathcal{O}_{\rho^*}$ 用虚线表示，$\mathcal{O}_\rho$ 用实线表示，$\rho^+<1$ 是 $\mathcal{O}_{\rho^+}$ 的半径，$\rho=1$ 是 $\mathcal{O}_\rho$ 的半径，$\rho^*>1$ 是 $\mathcal{O}_{\rho^*}$ 的半径

定理 3 由图 1 直观得到，证明略。

由定理 3 直接得到：

推论 1 由 $\mathcal{O}_{\rho^+}$ 与 $\mathcal{O}_\rho$ 生成的$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_\rho)$是$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$的一个子环，而且

$$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_\rho)\sqsubset(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*}) \tag{28}$$

式中；符号"$\sqsubset$"表示子环$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_\rho)$被包围在环$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$内；"$\sqsubset$"不是通常意义下的集合包含关系。

推论 2 由 $\mathcal{O}_\rho$ 与 $\mathcal{O}_{\rho^*}$ 生成的$(\mathcal{O}_\rho-\mathcal{O}_{\rho^*})$是$(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*})$的一个子环，而且

$$(\mathcal{O}_\rho-\mathcal{O}_{\rho^*})\sqsubset(\mathcal{O}_{\rho^+}-\mathcal{O}_{\rho^*}) \tag{29}$$

定理 4(最大 *F*-信息伪装环定理) 若 F-信息伪装载体为$(x)_k^+$，F-信息伪装盈余$(x)_k^*$ 分别满足

$$(x)_k^+=\min_{i=1}^{n}((x)_i^+) \tag{30}$$

$$(x)_k^*=\max_{j=1}^{n}((x)_j^*) \tag{31}$$

则 F-信息伪装$((x)_k^+,(x)_k^*)$生成最大 F-信息伪装环$(\mathcal{O}_{\rho_k^+}-\mathcal{O}_{\rho_k^*})$。

证明：因为$(x)_k^+=\min_{i=1}^{n}((x)_i^+)$，$(x)_i^+$ 是(x)的 F-信息伪装载体，由式(24)得到：$\rho_k^+=\mathrm{card}((x)_k^+)/\mathrm{card}((x))<\mathrm{card}((x)_i^+)/\mathrm{card}((x))=\rho_i^+$，$i\neq k$；或者，对于所有的 $i\in(1,2,\cdots,n)$，$i\neq k$，$\rho_k^+<\rho_i^+$；以 ρ_k^+ 为半径的 F-信息伪装载体圆 $\mathcal{O}_{\rho_k^+}$ 与以 ρ_i^+ 为半径的 F-信息伪装载体圆 $\mathcal{O}_{\rho_i^+}$ 满足：$\mathcal{O}_{\rho_k^+}\subset\mathcal{O}_{\rho_i^+}$。因为$(x)_k^*=\max_{j=1}^{n}((x)_j^*)$，$(x)_j^*$ 是(x)的 F-信息伪装盈余，由式(25)得到：$\rho_k^*=\mathrm{card}((x)_k^*)/\mathrm{card}((x))>\mathrm{card}((x)_j^*)/\mathrm{card}((x))=\rho_j^*$，$j\neq k$，或者，对于所有的 $j\in(1,2,\cdots,n)$，$j\neq k$，$\rho_k^*>\rho_j^*$；以 ρ_k^* 为半径的 F-信息伪装盈余圆 $\mathcal{O}_{\rho_k^*}$ 与以 ρ_j^* 为半径的 F-信息伪装盈余圆 $\mathcal{O}_{\rho_j^*}$ 满足：$\mathcal{O}_{\rho_j^*}\subset\mathcal{O}_{\rho_k^*}$。以 $\mathcal{O}_{\rho_k^+}$ 为内-边界、以

$\mathscr{O}_{\rho_k^*}$ 为外-边界构成的($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$),($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$)是最大 F-信息伪装环。

推论 3 信息(x)具有唯一的一个($\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}-\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$),($\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}-\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$)是$(x)$的最大 F-信息伪装环。

定理 3、定理 4、推论 1—推论 3 给出一个事实:信息(x)生成的信息单位圆 $\mathscr{O}_\rho$ 被隐藏在 F-信息伪装环($\mathscr{O}_{\rho_i^+}-\mathscr{O}_{\rho_i^*}$)内。

定理 5(F-信息伪装子环定理) 若($(x)_i^+,(x)_i^*$)是(x)的一个 F-信息伪装,则($(x)_i^+,(x)_i^*$)生成的($\mathscr{O}_{\rho_i^+}-\mathscr{O}_{\rho_i^*}$)是($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$)的一个子环,而且

1°. $(\mathscr{O}_{\rho_i^+}-\mathscr{O}_{\rho_i^*})\subset(\mathscr{O}_{\rho_k^-}-\mathscr{O}_{\rho_k^*})$ (32)

2°. 信息单位圆 $\mathscr{O}_\rho$ 与($\mathscr{O}_{\rho_i^+}-\mathscr{O}_{\rho_i^*}$)满足

$$\mathscr{O}_\rho\subset(\mathscr{O}_{\rho_i^+}-\mathscr{O}_{\rho_i^*}) \tag{33}$$

式中,($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$)是$(x)$的最大 F-信息伪装环;式(33)中"$\subset$"表示 $\mathscr{O}_\rho$ 被包围在($\mathscr{O}_{\rho_i^+}-\mathscr{O}_{\rho_i^*}$)内。

推论 4 信息(x)具有有限个 F-信息伪装环($\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}-\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$),$\lambda=1,2,\cdots,n$;($\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}-\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$)是($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$)的一个子环。

定理 6(F-信息伪装环第一分离定理) 若$(x)_k^+$,$(x)_r^+$ 是(x)的 F-信息伪装载体,而且

$$\mathrm{card}((x)_k^+)\leqslant\mathrm{card}((x)_r^+) \tag{34}$$

则最大 F-信息伪装环($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$)被分离成($\mathscr{O}_{\rho_r^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$),而且

$$(\mathscr{O}_{\rho_r^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*})\subset(\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}) \tag{35}$$

式中,($\mathscr{O}_{\rho_r^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$)是 F-信息伪装($(x)_r^+,(x)_k^*$)生成的 F-信息伪装环。

定理 7(F-信息伪装环第二分离定理) 若$(x)_r^*$,$(x)_k^*$ 是(x)的 F-信息伪装盈余,而且

$$\mathrm{card}((x)_r^*)\leqslant\mathrm{card}((x)_k^*) \tag{36}$$

则最大 F-信息伪装环($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}$)被分离成($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_r^*}$),而且

$$(\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_r^*})\subset(\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_k^*}) \tag{37}$$

式中,($\mathscr{O}_{\rho_k^+}-\mathscr{O}_{\rho_r^*}$)是 F-信息伪装($(x)_k^+,(x)_r^*$)生成的 F-信息伪装环。

定理 5—定理 7、推论 4 由式(24)、式(25)、图 1 直接得到,证明略。

5 *F*-信息伪装的还原-辨识

定理 8(F-信息伪装还原的属性定理) F-信息伪装($(x)_\lambda^+,(x)_\lambda^*$)被还原成$(x)$,或者

$$((x)_\lambda^+,(x)_\lambda^*)=(x) \tag{38}$$

的充分必要条件是$(x)_\lambda^+$ 的属性集 α_λ^+,$(x)_\lambda^*$ 的属性集 α_λ^* 与(x)的属性集 α 分别满足

$$\alpha=\alpha_\lambda^+-\{\beta_i\mid\alpha_i\in\alpha_\lambda^+,\bar{f}(\alpha_i)=\beta_i\,\bar{\in}\,\alpha_\lambda^+,\bar{f}\in\bar{F}\} \tag{39}$$

$$\alpha=\alpha_\lambda{}^*\cup\{\alpha_i{}'\mid\beta_i\in V,\beta_i\,\bar{\in}\,\alpha_\lambda{}^*,f(\beta_i)=\alpha_i{}'\in\alpha_\lambda{}^*,f\in F\} \tag{40}$$

式(38)$((x)_\lambda^+,(x)_\lambda^*)=(x)$表示$(x)_\lambda^+=(x)$,$(x)_\lambda^*=(x)$。

事实上,由第 4 节中的基数条件:$\mathrm{card}((x)_\lambda^+)\leqslant\mathrm{card}((x))$,则有$(x)_\lambda^+$ 的属性集 α_λ^+ 与(x)的属性集 α 满足:$\mathrm{card}(\alpha)\leqslant\mathrm{card}(\alpha_\lambda^+)$;显然,在 α_λ^+ 中删除部分属性,或者 $\alpha_\lambda^+-\{\beta_i\mid\alpha_i\in\alpha_\lambda^+,\bar{f}(\alpha_i)=\beta_i\,\bar{\in}\,\alpha_\lambda^+,\bar{f}\in\bar{F}\}=\alpha$,则有$(x)_\lambda^+=(x)$;与此类似得到:$\mathrm{card}((x))\leqslant\mathrm{card}((x)_\lambda^*)$,则有$(x)_\lambda^*$ 的属性集 α_λ^* 与(x)的属性集 α 满足:$\mathrm{card}(\alpha_\lambda^*)\leqslant\mathrm{card}(\alpha)$;显然,在 α_λ^* 中补充部分属性,或者 $\alpha_\lambda^*\cup\{\alpha_i{}'\mid\beta_i\in V,\beta_i\,\bar{\in}\,\alpha_\lambda{}^*,f(\beta_i)=\alpha_i{}'\in\alpha_\lambda^*,f\in F\}=\alpha$,则有$(x)_\lambda^*=(x)$,得到式(38)。定理 8 的证明略。

推论 5 若 F-信息伪装载体$(x)_\lambda^+$ 被还原成(x),或者

$$(x)_\lambda^+=(x) \tag{41}$$

则(x)的属性集 α 由$(x)_\lambda^+$ 的属性集 α_λ^+ 的属性删除生成,而且

$$\alpha=\alpha_\lambda^+-\{\beta_i\mid\alpha_i\in\alpha_\lambda^+,\bar{f}(\alpha_i)=\beta_i\,\bar{\in}\,\alpha_\lambda^+,\bar{f}\in\bar{F}\} \tag{42}$$

推论 6 若 F-信息伪装盈余$(x)_\lambda^*$ 被还原成(x),或者

$$(x)_\lambda^*=(x) \tag{43}$$

则(x)的属性集 α 由$(x)_\lambda^*$ 的属性集 α_λ^* 的属性补充生成,而且

$$\alpha=\alpha_\lambda{}^*\cup\{\alpha_i{}'\mid\beta_i\in V,\beta_i\,\bar{\in}\,\alpha_\lambda{}^*,f(\beta_i)=\alpha_i{}'\in\alpha_\lambda{}^*,f\in F\} \tag{44}$$

定理 9(F-信息伪装还原的信息单位圆-信息伪装环定理) F-信息伪装($(x)_\lambda^+,(x)_\lambda^*$)被还原成信息$(x)$,或者

$$((x)_\lambda^+,(x)_\lambda^*)=(x) \tag{45}$$

的充分必要条件是 F-信息伪装环($\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}-\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$)退化成信息单位圆 $\mathscr{O}_\rho$,或者

$$(\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}-\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*})=\mathscr{O}_\rho \tag{46}$$

式中,($\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}-\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$)$=\mathscr{O}_\rho$ 表示 F-信息伪装载体圆 $\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}$,$F$-信息盈余圆 $\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$ 与信息单位圆 $\mathscr{O}_\rho$ 重合。

定理 9 的证明由图 1 直接得到,证明略。

推论 7 若 F-信息伪装载体$(x)_\lambda^+$ 被还原成信息(x),或者

$$(x)_\lambda^+=(x) \tag{47}$$

则 F-信息伪装载体圆 $\mathscr{O}_{\rho_\lambda^+}$ 是信息单位圆 $\mathscr{O}_\rho$。

推论 8 若 F-信息伪装盈余$(x)_\lambda^*$ 被还原成信息(x),或者

$$(x)_\lambda^*=(x) \tag{48}$$

则 F-信息伪装盈余圆 $\mathscr{O}_{\rho_\lambda^*}$ 是信息单位圆 $\mathscr{O}_\rho$。

定理 10(F-信息伪装辨识定理) 若(α_p^+,α_p^*),(α_q^+,α_q^*)分别是 F-信息伪装($(x)_p^+,(x)_p^*$),($(x)_q^+,(x)_q^*$)的属性集,而且

$$\alpha_p^+-\alpha_q^+\neq\phi \tag{49}$$

$$\alpha_p^*-\alpha_q^*\neq\phi \tag{50}$$

则

$$\mathrm{IDE}\begin{pmatrix}((x)_p^+,(x)_p^*)\\((x)_q^+,(x)_q^*)\end{pmatrix} \tag{51}$$

式中,α_p^+ 是$(x)_p^+$ 的属性集,IDE=identification。

推论 9 若 F-信息伪装($(x)_i^+,(x)_i^*$),($(x)_j^+,(x)_j^*$)满足

$$\mathrm{UNI}\begin{pmatrix}((x)_i^+,(x)_i^*)\\((x)_j^+,(x)_j^*)\end{pmatrix} \tag{52}$$

则

$$\mathrm{UNI}(\alpha_i^+,\alpha_j^+) \tag{53}$$

$$\mathrm{UNI}(\alpha_i^*,\alpha_j^*) \tag{54}$$

式中,α_i^* 是$(x)_i^*$ 的属性集,UNI=unidentification。

6 *F*-信息伪装与伪装-还原应用

约定 本节的例子来自计算机视觉信息识别系统;为了简单,又不失一般性,例子做了适当简化,它不影响本节的讨论与分析,例子中的数据 y_i 用元素 x_i 代替。例子中的信息(x)、F-伪装载体$(x)^+$、F-伪装盈余$(x)^*$满足基数条件:$\mathrm{card}((x)^+)\leqslant\mathrm{card}((x))$,$\mathrm{card}((x))\leqslant\mathrm{card}((x)^*)$,card=cardinal number。$A$ 是(x)的 F-信息伪装的生成者及传递者;B 是(x)

的 F-信息伪装的接收者及还原-辨识者。A,B 双方共同确定:$U=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7,x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\}$,$U$ 不得泄漏给他人。A 取信息 $(x)=\{x_1,x_2,x_3,x_4\}\subset U$:

1°. A 生成 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$,传递 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 给 B。

a. A 利用式(13),式(15),式(16),把 (x) 生成的 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$;(x),$(x)^+$,$(x)^*$ 列入表 1。

表 1 信息 (x),F-信息伪装载体 $(x)^+$,F-信息伪装盈余 $(x)^*$,F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$

(x)	$\{x_1,x_2,x_3,x_4\}$
$(x)^+$	$\{x_5,x_6,x_7\}$
$(x)^*$	$\{x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\}$
$((x)^+,(x)^*)$	$(\{x_5,x_6,x_7\},\{x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\})$

表 1 中,(x) 与 $(x)^+$ 满足:$(x)^F=(x)\cup(x)^+=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7\}$,$(x)^*=U-(x)^F$。

b. A 把 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 传递给 B。

2°. B 接收 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$,还原 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$。

c. B 接收 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$,利用式(16)与表 1 中的 $(x)^*$,B 得到 $(x)^F$,而且

$$\begin{aligned}(x)^F&=U-(x)^*\\&=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7,x_8,x_9,x_{10},x_{11}x_{12}\}-\\&\quad\{x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\}\\&=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7\}\end{aligned}\tag{55}$$

d. B 利用式(55)中的 $(x)^F$ 与表 1 中的 $(x)^+$,B 得到 $(x)^\circ$,而且

$$\begin{aligned}(x)^\circ&=(x)^F-(x)^+\\&=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7\}-\{x_5,x_6,x_7\}\\&=\{x_1,x_2,x_3,x_4\}\end{aligned}\tag{56}$$

3°. B 对信息 $(x)^\circ$ 认证

若式(56)的信息 $(x)^\circ$ 满足

$$(x)^\circ\cap(x)^+=\phi\tag{57}$$

$$(x)^\circ\cap(x)^*=\phi\tag{58}$$

则 $(x)^\circ$ 是被潜藏在 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 之外的,$(x)^\circ$ 是 U 上的一个子信息,$(x)^\circ\subset U$。

4°. B 对 $(x)^\circ$ 的真-伪辨识

在本节的约定中,B 知道 U;B 利用 $((x)^+,(x)^*)$ 得到信息 (x),而且

$$\begin{aligned}(x)&=U-\{(x)^+\cup(x)^*\}\\&=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6,x_7,x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\}-\\&\quad\{\{x_5,x_6,x_7\}\cup\{x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\}\}\\&=\{x_1,x_2,x_3,x_4\}\end{aligned}\tag{59}$$

若

$$\mathrm{UNI}((x)^\circ,(x))\tag{60}$$

则 B 从 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 中还原得到的信息 $(x)^\circ$ 是信息 (x),或者

$$(x)^\circ=(x)\tag{61}$$

式(59)一式(60)说明:B 从 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 中还原得到的信息 (x) 是 A 用 F-信息伪装方式传递给 B 的真信息,B 对 (x) 给予认证-辨识。

把本节的讨论式(55)一式(61)再返回到第 4 节中,得到:F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)=(\{x_5,x_6,x_7\},\{x_8,x_9,x_{10},x_{11},x_{12}\})$ 生成 F-信息伪装环 $(O_{\rho^+}-O_{\rho^*})$,$\rho^+=\mathrm{card}((x)^+)/\mathrm{card}((x))=0.75$,$\rho^*=\mathrm{card}((x)^*)/\mathrm{card}((x))=1.25$;$\rho^+$,$\rho^*$ 分别满足式(24)、式(25);F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 满足定理 3。从式(55)一式(61)得到:若 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$ 被还原成 (x),或者 $((x)^+,(x)^*)=(x)$,则满足定理 9、推论 7、推论 8。

结束语 利用 P-集合,文献[1]提出信息伪装概念,给出信息伪装的一般性讨论,本文利用文献[1]的结果,给出 F-信息伪装的讨论、F-信息伪装的几个基本理论结果和应用。P-集合因为具有集合对结构与动态特性,为信息伪装理论与应用研究给予了理论支持。信息伪装将成为信息系统、计算机系统中一个新的应用研究领域。

从本文给出的 F-信息伪装讨论中容易看到:若把 F-信息伪装应用于信息传递研究,则被传递的真信息 (x) 无需加密,信息 (x) 能够在被传递中获得安全,如果不法之徒截获 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$,从 $((x)^+,(x)^*)$ 中获取真信息 (x) 是困难的。如果不法之徒截获 F-信息伪装 $((x)^+,(x)^*)$,对 $((x)^+,(x)^*)$ 进行篡改,把已篡改的 $((x)^+,(x)^*)$ 以 A 的名义传递给 B,则 B 可以直接识破 $((x)^+,(x)^*)$ 已被他人篡改,识别这个"恶作剧"。信息伪装成为信息安全领域中的一个新的研究分支。本文在第 6 节中,只给出 F-信息伪装的应用,因为受论文长度的限制,第 6 节中更多的细节被删去。若读者对信息伪装感兴趣,可通过 E-mail:shikq@sdu.edu.cn 进行讨论。

事实上,P-集合生成的信息伪装的形式是多样的,从 F-信息伪装族:$\{((x)_i^+,(x)_j^*)\mid i\in I,j\in J\}$ 中或许能领悟到。信息伪装的目的是:使真信息 (x) 在伪装中不被他人发现,以获得安全。信息伪装的多样性能够实现这个目的。

从本文给出的简单讨论中,或许能够看到:P-集合是研究动态信息系统的一个新的数学方法与数学理论。

参考文献

[1] Shi Kaiquan, Li Xiuhong. Camouflaged information identification and its applications[J]. An International Journal Advances in System Science and Applications, 2010, 10(2): 157-167

[2] Shi Kaiquan. P-sets and its applications [J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2009, 9(2): 209-219

[3] 史开泉. P-集合[J]. 山东大学学报:理学版, 2008, 43(11): 77-84

[4] 史开泉. P-集合与它的应用特征[J]. 计算机科学, 2010, 37(8): 1-8

[5] 史开泉, 张丽. 内 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] Lin Hongkang, Li Yuying. P-sets and its P-separation theorems [J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 209-215

[7] Wang Yang, Geng Hongqin, Shi Kaiquan. The mining of dynamic informa tion based on P-sets and its applications[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 234-240

[8] Zhang Guanyu, Li Enzhong. Information gene and identification of its information knock-out/knok-in[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 308-315

(下转第 256 页)

将插补节点变为 P_2,C_2,C_1,P_3,进行计算插补。定义 E_2 点为线段 C_1P_3 的中点,D_2 点为 P_2C_2 线段的中点,第二次插补后点为 F_2。

同样求 E_2,D_2 点坐标分别为:

$$x_{e2}=\frac{9(x_2+x_3)-x_1-x_4+16x_3}{32}=\frac{25x_3+9x_2-x_1-x_1}{32}$$

$$y_{e2}=\frac{9(y_2+y_3)-y_1-y_4+16y_3}{32}=\frac{25y_3+9y_2-y_1-y_4}{32}$$

$$x_{d2}=\frac{9(x_3+x_4)-x_2-x_5+16x_2}{32}=\frac{9x_3+9x_4+15x_2-x_5}{32}$$

$$y_{d2}=\frac{9(y_3+y_4)-y_2-y_5+16y_2}{32}=\frac{9y_3+9y_4+15y_2-y_5}{32}$$

定义 F_3 在 A_3B 线段往 A_3 点延长 k 点,连接 D_2E_2,并按同样的放大系数 k 延长至 F_2 点,用同样的方式可求出其坐标为:

$$x_{f2}=\frac{9(25x_3+9x_2-x_1-x_4)-(9x_3+9x_4+15x_2-x_5)}{256}$$

$$=\frac{216x_3+66x_2-9x_1-18x_4+x_5}{256}$$

$$y_{f2}=\frac{9(25y_3+9y_2-y_1-y_4)-(9y_3+9y_4+15y_2-y_5)}{256}$$

$$=\frac{216y_3+66y_2-9y_1-18y_4+y_5}{256}$$

同理可得 P_3C_2,C_2P_4,P_4C_3,C_3P_5 之间的插值点 F_3,F_4,F_5 和 F_6 的坐标。具体插补过程如图 7 所示。

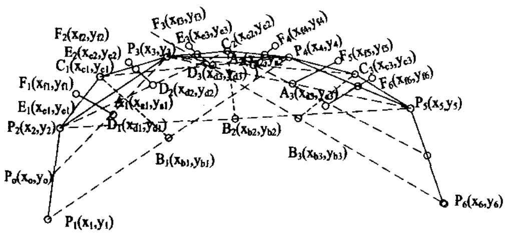

图 7　HPGL 算法第二次插补

5　算法的仿真实现

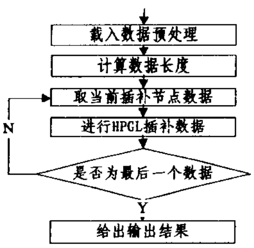

图 8　HPGL 算法流程图

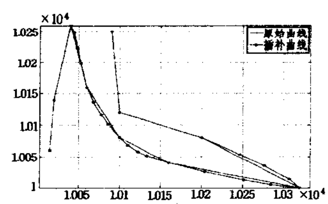

图 9　HPGL 算法仿真结果图

在实际程序处理时,为加快程序处理效率,每一次插补取 5 个节点 P_1-P_5,进行 3 个插值点计算。根据以上数学解析过程及结论,在 MATLAB 上进行仿真后实现算法。仿真程序流程图如图 8 所示。

仿真结果如图 9 所示。

结束语　为使 HPGL 格式文件输出的折线光滑化,提出一种基于遗传算法的 HPGL 插补控制算法,其通过遗传算法确定最优的比例系数 k。仿真实验结果表明,在对 HPGL 格式文件输出的折线进行若干次的插值处理过程中,只要将插值控制在设定的精度范围内,最终输出的曲线就会完全光滑。

参 考 文 献

[1] 杨开明,石川,叶佩清,等. 数控系统轨迹段光滑转接控制算法[J]. 清华大学学报:自然科学版,2007,47(8):1295-1299

[2] 叶伟,王小椿. 一种连续小线段高速插补算法[J]. 南京理工大学学报:自然科学版,2008,32(4):443-448

[3] 邓四清,方逵,等. 基于函数值的有理四次样条曲线的区域控制[J]. 计算机工程与应用,2008,44(20):192-195

[4] 张志强. 数控系统参数曲线、曲面插补算法及加减速控制研究[D]. 天津:天津大学,2008

[5] Holland J H. Adaptation in natural and artificial systems[M]. Arbor: University of Michigan Press, 1975

[6] Holland J H. Adap tati on in natural and artificial systems [M]. Ann Arbor: University ofMichigan Press, 1975

[7] Dejong KA. The analysis of the behavi or of a class of genetic adaptive systems[D]. Ann Arbor: University ofMichigan, 1975

[8] Oldbergd G E. Genetic algorithms in search, op ti mization and machine learning [M]. Bost on: Addis on Wesley Longman Press, 1989

[9] Fogel D B. An introduction to simulated evolutionary optimization[J]. IEEE Trans. Neural Networks, 1994, 5(1)

[10] Goldberg D E. Genetic algorithm in search, optimization and machine learning[M]. Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1985

[11] Qin Ming-hao, Xu Ye-yi. Dynamic analysis and optimization design of six-rod mechanism in high-speed punching press[C]// The International Conference on Mechanical Dynamics. Shenyang, China, 1987

[12] 谢安世,周传华,等. 基于 PK 模型的一种自适应遗传算法研究[J]. 计算机工程与应用,2010,46(7):52-56

[13] 田玉柱,王丙参,冉延平,等. 基于遗传算法的广义指数分布参数估计[J]. 重庆工学院学报:自然科学版,2009,23(10):157-159

(上接第 245 页)

[9] Zhang Li, Cui Yuquan. Outer P-sets and data internal-recovery [J]. An Inter- national Journal Advances in Systems Science and Applica tions, 2010, 10(2): 189-199

[10] Huang Shunliang, Wang Wei, Geng Dianyou. P-sets and its internal p- memory characteristics[J]. An International Journal Advances in Systems Science and Applications, 2010, 10(2): 216-222

[11] 李豫颖,谢维奇,史开泉. $\bar{F}$-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

[12] 周玉华,张冠宇,史开泉. P-集合与双信息规律生成[J]. 数学的实践与认识,2010,40(13):71-80

[13] 周玉华,张冠宇,张丽. 内外数据圆与动态数据-恢复[J]. 山东大学学报:理学版,2010,45(8):21-26

[14] 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

[15] 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

[16] 张飞,陈萍,张丽. P-集合的 P-分离与应用[J]. 山东大学学报:理学版,2010,45(3):18-22

[17] 汤积华,陈保会,史开泉. P-集合与$(\bar{F},F)$-数据生成-辨识[J]. 山东大学学报:理学版,2009,44(11):83-92

[18] Zhang Li, Xu Ming, Shi Kaiquan. P-sets and applications of internal outer data circle[J]. Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2: 581-591

[19] Qiu Yufeng, Chen Baohui. f-model generated by P-sets [J]. Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2: 613-620

[20] Li Yuying, Zhang Li, Shi Kaiquan. Generation and recovery of compressed data and redundant data[J]. Quantitative Logic and Soft Computing, 2010, 2: 661-671