映射单向 S-粗模糊集及其性质

林梦雷[1],张　凌[2]
LIN Meng-lei[1],ZHANG Ling[2]

1.漳州师范学院 数学与信息科学系,福建 漳州 363000
2.龙岩学院 数学与计算机学院,福建 龙岩 364000
1.Department of Mathematics and Information Science,Zhangzhou Normal University,Zhangzhou,Fujian 363000,China
2.Department of Mathematics and Computer,Longyan College,Longyan,Fujian 364000,China
E-mail:menglei36@126.com

LIN Meng-lei,ZHANG Ling.One-direction S-rough fuzzy set of mapping and its property.Computer Engineering and Applications,2009,45(25):55-57.

Abstract: On the basis of one-direction S-rough fuzzy set introduced in the bibliography [5],this paper defines one-direction S-rough fuzzy set of mapping and mapping equivalence relation.The characteristics about one-direction S-rough set of mapping are discussed.One-direction S-rough fuzzy set is the special case of mapping one-direction S-rough sets and mapping one-direction S-rough fuzzy set is the general form of one direction S-rough fuzzy set.
Key words: fuzzy mapping;mapping equivalence relation;fuzzy elementary transfer;extension principle

摘　要:在文献[5]提出单向 S-模糊集的基础上,给出映射单向 S-粗模糊集概念,映射诱导的等价关系的概念;讨论了映射单向 S-粗模糊集的性质。得出单向 S-粗模糊集是映射单向 S-粗模糊集的特例,映射单向 S-粗模糊集是粗集理论的一个新的研究方向。
关键词:模糊映射;映射等价关系;模糊元素迁移;扩展原理
DOI:10.3778/j.issn.1002-8331.2009.25.017　**文章编号**:1002-8331(2009)25-0055-03　**文献标识码**:A　**中图分类号**:TP18

1　引言

粗糙集(Rough Set)理论,也称 RS 理论,是一种处理不精确、不确定与不完全数据的数学理论,由波兰数学家 Z.Pawlak 教授在 20 世纪 80 年代初提出。2002 年,史开泉教授把它推广到具有动态特征的 S-粗集[1-4]。文献[5]提出了单向 S-粗模糊集概念,该文进一步给出映射单向 S-粗模糊集,映射等价关系等概念,讨论了映射单向 S-粗模糊集与单向 S-粗模糊集之间的关系。基于下面的事实:为了防止出口大幅回落,经济出现下滑,国家已经上调纺织、服装业的出口企业退税率。纺织、服装业的出口企业退税率的上调必然会刺激企业生产的积极性,增强相关企业产品在国际市场的竞争力。从这些现象中把它抽象提炼出来就必须研究映射问题。映射是一种关系,即函数,而函数就是规律,这是给出的研究背景。

约定:所讨论的映射之间的论域均为有限的,φ 为 U 到 V 的映射,记作 $\varphi:U\to V$,$K=(U,R)$为 Z.Pawlak 近似空间,R 为 U 上的等价关系族,$[x]_R$ 为 U 上的 R-等价类,$\mathcal{F}(U)$表示 U 上的所有模糊集,$\mathcal{F}(V)$表示 V 上的所有模糊集。为了便于讨论和更好理解所给的结果,把单向 S-粗模糊集引入该文中。

2　单向 S-粗模糊集

定义 1 设 $U=\{u_1,u_2,\cdots,u_l\}$为有限论域,$\widetilde{X}\in\mathcal{F}(U)$,$\widetilde{X}=\{a_1/u_1,a_2/u_2,\cdots,a_l/u_l\}$,其中 $a_i\in[0,1]$,$i=1,2,\cdots,l$。称 $F=\{f_1,f_2,\cdots,f_m\}$是定义在 U 上的模糊元素迁移族。如果$f_s\in F$满足:$\exists u_i\in U$,$\widetilde{X}(u_i)=a_i\Rightarrow f_s(\widetilde{X}(u_i))=b_i$,其中 $b_i>a_i$ 且 $b_i\in[0,1]$,称$f_i\in F(i=1,2,\cdots,m)$为模糊元素迁移。

定义 2 设 Z.Pawlak 近似空间 $K=(U,R)$,$\widetilde{X}\in\mathcal{F}(U)$,$F=\{f_1,f_2,\cdots,f_m\}$ 是定义在 U 上的模糊元素迁移族,若$\widetilde{X}^0=\widetilde{X}\cup\{\frac{f(\widetilde{X}(u))}{u}\Big|u\in U,f(\widetilde{X}(u))=b>\widetilde{X}(u)\}$,称$\widetilde{X}^0$是$\widetilde{X}$的单向 S-模糊集合;称$\widetilde{X}^f$是$\widetilde{X}$的模糊扩张集,而且$\widetilde{X}^f=\{\frac{f(\widetilde{X}(u))}{u}\Big|u\in U,f(\widetilde{X}(u))=b>\widetilde{X}(u)\}$。

定义 3 设 Z.Pawlak 近似空间 $K=(U,R)$,则单向 S-模糊集合$\widetilde{X}^0$关于(U,R)的一对单向 S-模糊下近似$(R,F)_0(\widetilde{X}^0)$和上近似$(R,F)^0(\widetilde{X}^0)$是定义在 U 上的一对模糊集合,其隶属函数分别定义为:

基金项目:福建省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Fujian Province of China under Grant No.2006J0228);福建省资助省属高校项目(No.2008F506040019)。
作者简介:林梦雷(1963-),男,副教授,研究方向:模糊理论与应用,粗系统理论与应用;张凌(1964-),男,副教授,研究方向:粗集理论与应用。
收稿日期:2008-10-13　**修回日期**:2009-03-27

$$(R,F)_0(\widetilde{X}^0)(x)=\inf\{\widetilde{X}^0(y)|y\in[x]_R\},x\in U \tag{1}$$

$$(R,F)^0(\widetilde{X}^0)(x)=\sup\{\widetilde{X}^0(y)|y\in[x]_R\},x\in U \tag{2}$$

这里 $F\neq\varnothing$。

定义 4 $(R,F)_0(\widetilde{X}^0)$ 和 $(R,F)^0(\widetilde{X}^0)$ 构成的集合对 $((R,F)_0(\widetilde{X}^0),(R,F)^0(\widetilde{X}^0))$ 为 $\widetilde{X}^0$ 关于 (U,R) 的单向 S-粗模糊集。

3 等价关系在映射下的象

定义 5[6] 设 $\varphi:U\to V$ 为一个普通映射，则 φ 可诱导出模糊映射（仍记为 φ）如下：

$\varphi:\mathcal{F}(U)\to\mathcal{F}(V),A\mapsto\varphi(A)$，其中 $\varphi(A)$ 的隶属函数为：

$$\varphi(A)(v)=\begin{cases}\bigvee\limits_{\varphi(u)=v}A(u),\varphi^{-1}(v)\neq\varnothing\\ 0,\quad \varphi^{-1}(v)=\varnothing\end{cases}\quad\forall v\in V \tag{3}$$

定义 6 设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，$\varphi:U\to V$ 为映射，在 V 中一个关系 R_φ 如下：$\forall v_1,v_2\in V$，称 v_1 与 v_2 具有关系 R_φ，如果 $\varphi^{-1}(v_1)=\varphi^{-1}(v_2)=\varnothing$；或 $\varphi^{-1}(v_1)\neq\varnothing,\varphi^{-1}(v_2)\neq\varnothing$ 且存在 $x_1\in\varphi^{-1}(v_1),x_2\in\varphi^{-1}(v_2)$，使得 $x_1\in[x_2]_R$。关系 R_φ 称为 R 在映射 φ 的象。

命题 1 设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，$\varphi:U\to V$ 为普通映射，则 R_φ 是 V 上的一个等价关系。

证 由定义 6 可证明 R_φ 满足反身性、对称性和传递性。

4 映射单向 S-粗模糊集

定义 7 设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，$\varphi:U\to V$，$\widetilde{X}\in\mathcal{F}(U)$，$\widetilde{X}^0$ 是 $\widetilde{X}$ 的单向 S-模糊集，则 $\varphi(\widetilde{X}^0)\in\mathcal{F}(V)$ 称为映射单向 S-模糊集，其隶属函数为：

$$\varphi(\widetilde{X}^0)(v)=\begin{cases}\bigvee\limits_{\varphi(u)=v}\widetilde{X}^0(u),\varphi^{-1}(v)\neq\varnothing\\ 0,\quad \varphi^{-1}(v)=\varnothing\end{cases} \tag{4}$$

定义 8 单向 S-模糊集下近似 $(R,F)_0(\widetilde{X}^0)$ 在 φ 映射下的象称为映射单向 S-模糊下近似，记作 $\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0))$，其隶属函数为：

$$\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0))(y)=\begin{cases}\bigwedge\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{X}^0)(w),\forall y\in V,\varphi^{-1}(y)\neq\varnothing\\ 0,\quad \varphi^{-1}(y)=\varnothing\end{cases} \tag{5}$$

单向 S-模糊上近似 $(R,F)^0(\widetilde{X}^0)$ 在 φ 映射下的象称为映射单向 S-模糊上近似，记作 $\varphi((R,F)^0(\widetilde{X}^0))$，其隶属函数为：

$$\varphi((R,F)^0(\widetilde{X}^0))(y)=\begin{cases}\bigwedge\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{X}^0)(w),\varphi^{-1}(y)\neq\varnothing\\ 0,\quad \varphi^{-1}(y)=\varnothing\end{cases} \tag{6}$$

定义 9 设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，$\varphi:U\to V$，$\widetilde{X}\in\mathcal{F}(U)$，$\widetilde{X}^0$ 是 $\widetilde{X}$ 的单向 S-模糊集，$(\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0)),\varphi((R,F)^0(\widetilde{X}^0)))$ 称为映射单向 S-粗模糊。

命题 2 设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，R 为等价关系族，$\varphi:U\to V$，$\widetilde{X}^0$ 是 $\widetilde{X}$ 的单向 S-模糊集，则

$\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0))\subseteq\varphi(\widetilde{X}^0)\subseteq\varphi((R,F)^0(\widetilde{X}^0))$

证 $\forall y\in V$，若 $\varphi^{-1}(y)=\varnothing$，由定义 7~9 得：

$\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0))(y)=\varphi(\widetilde{X}^0)(y)=\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0))(y)=0$

若 $\varphi^{-1}(y)\neq\varnothing$，则 $\exists x\in U$ 使 $\varphi(x)=y$，

$\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0))(y)=\bigwedge\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{X}^0)(w)=\bigwedge\limits_{w\in[\varphi(x)]_{R_\varphi}}(\bigvee\limits_{\varphi(u)=w}\widetilde{X}^0(u))\leqslant\bigvee\limits_{u\in\varphi^{-1}(y)}\widetilde{X}^0(u)\leqslant\bigvee\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{X}^0)(w)$

因此，$\varphi((R,F)_0(\widetilde{X}^0))\subseteq\varphi(\widetilde{X}^0)\subseteq\varphi((R,F)^0(\widetilde{X}^0))$。

定理 1 设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，R 为等价关系族，$\varphi:U\to V$ 为映射，$F=\{f_1,f_2,\cdots,f_m\}$ 是定义在 U 上的模糊元素迁移族，$\widetilde{A},\widetilde{B}\in\mathcal{F}(U)$，$\widetilde{A}^0,\widetilde{B}^0$ 分别为 $\widetilde{A},\widetilde{B}$ 的单向 S-模糊集。若 $\widetilde{A}^0\subseteq\widetilde{B}^0$，则以下结论成立：

(1) $\varphi(\widetilde{A}^0)\subseteq\varphi(\widetilde{B}^0)$

(2) $\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))\subseteq\varphi((R,F)_0(\widetilde{B}^0))$

(3) $\varphi((R,F)^0(\widetilde{A}^0))\subseteq\varphi((R,F)^0(\widetilde{B}^0))$

证 $\forall y\in V$，若 $\varphi^{-1}(y)=\varnothing$，则(1)，(2)，(3)均成立。

以下假设 $\varphi^{-1}(y)\neq\varnothing$，

(1) $\varphi(\widetilde{A}^o)(y)=\bigvee\limits_{\varphi(x)=y}\widetilde{A}^o(x)\leqslant\bigvee\limits_{\varphi(x)=y}\widetilde{B}^o(x)=\varphi(\widetilde{B}^o)(y)$，因此，$\varphi(\widetilde{A}^0)\subseteq\varphi(\widetilde{B}^0)$。

(2) $\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))(y)=\bigwedge\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{A}^0)(w)\leqslant\bigwedge\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{B}^0)(w)=\varphi((R,F)_0(\widetilde{B}^0))(y)$，因此，$\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))\subseteq\varphi((R,F)^0(\widetilde{B}^0))$。

(3) $\varphi((R,F)^0(\widetilde{A}^0))(y)=\bigvee\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{A}^0)(w)\leqslant\bigvee\limits_{w\in[y]_{R_\varphi}}\varphi(\widetilde{B}^0)(w)=\varphi((R,F)^0(\widetilde{B}^0))(y)$，因此，$\varphi((R,F)^0(\widetilde{A}^0))\subseteq\varphi((R,F)^0(\widetilde{B}^0))$。

定理 2 设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，R 为等价关系族，$\varphi:U\to V$ 为映射，$F=\{f_1,f_2,\cdots,f_m\}$ 是定义在 U 上的模糊元素迁移族，$\widetilde{A},\widetilde{B}\in\mathcal{F}(U)$，$\widetilde{A}^0,\widetilde{B}^0$ 分别为 $\widetilde{A},\widetilde{B}$ 的单向 S-模糊集，则

$\varphi(\widetilde{A}^0\cup\widetilde{B}^0)=\varphi(\widetilde{A}^0)\cup\varphi(\widetilde{B}^0)$

证 $\forall v\in V$，首先，若 $\varphi^{-1}(v)=\varnothing$，由定理 1 有

$\varphi(\widetilde{A}^0\cup\widetilde{B}^0)(v)=0=\varphi(\widetilde{A}^0)(v)=\varphi(\widetilde{B}^0)(v)$

其次，若 $\varphi^{-1}(v)\neq\varnothing$，则有

$\varphi(\widetilde{A}^0\cup\widetilde{B}^0)(v)=\bigvee\limits_{\varphi(u)=v}(\widetilde{A}^0\cup\widetilde{B}^0)(u)=\bigvee\limits_{\varphi(u)=v}(\widetilde{A}^0(u)\vee\widetilde{B}^0(u))=(\bigvee\limits_{\varphi(u)=v}\widetilde{A}^0(u))\vee(\bigvee\limits_{\varphi(u)=v}\widetilde{B}^0(u))=\varphi(\widetilde{A}^0)(v)\vee\varphi(\widetilde{B}^0)(v)=(\varphi(\widetilde{A}^0)\cup\varphi(\widetilde{B}^0))(v)$

因此，$\varphi(\widetilde{A}^0\cup\widetilde{B}^0)=\varphi(\widetilde{A}^0)\cup\varphi(\widetilde{B}^0)$。

定理 3（映射上下近似扩展原理）设 $K=(U,R)$ 为 Z.Pawlak 近似空间，R 为等价关系族，$\varphi:U\to V$ 为映射，$F=\{f_1,f_2,\cdots,f_m\}$ 是定义在 U 上的模糊元素迁移族，$\widetilde{A}\in\mathcal{F}(U)$，$\widetilde{A}^0$ 为 $\widetilde{A}$ 的单向 S-模糊集，$((R,F)_0(\widetilde{A}^0),(R,F)^0(\widetilde{A}^0))$ 为 $\widetilde{A}^0$ 关于 (U,R) 的单向 S-粗模糊集，则

$$\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))=\bigcup_{\lambda\in[0,1]}\lambda\cdot\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda) \tag{7}$$

$$\varphi((R,F)^0(\widetilde{A}^0))=\bigcup_{\lambda\in[0,1]}\lambda\cdot\varphi((R,F)^0(\widetilde{A}^0)_\lambda) \tag{8}$$

证 $\forall v\in V$，若 $\varphi^{-1}(v)=\varnothing$，则 $\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))(v)=0$，且 $\forall\lambda\in[0,1]$，$v\notin(R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda$，故 $\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda)(v)=0$，因此，式

(7)成立。

若 $\varphi^{-1}(v)\neq\varnothing$，

首先，$\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))(v)=\bigwedge_{w\in[v]_{R_v}}\varphi(\widetilde{A}^0)(w)=\bigwedge_{w\in[v]_{R_v}}(\bigvee_{x\in\varphi^{-1}(w)}\widetilde{A}^0(x))$

因此，只须证明 $\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))(v)=\vee(\lambda\wedge\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda)(v))$。

即 $\bigwedge_{w\in[v]_{R_v}}(\bigvee_{x\in\varphi^{-1}(w)}\widetilde{A}^0(x))=\vee(\lambda\wedge\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda)(v))$成立即可。

$\forall u\in\varphi^{-1}(v)$，令 $\delta=(R,F)_0(\widetilde{A}^0)(u)=\bigwedge_{x\in[u]_R}\widetilde{A}^0(x)$，所以，$u\in(R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\delta$，从而 $\varphi(u)\in\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\delta)$

$\delta\wedge\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\delta)(v)=\delta=(R,F)_0(\widetilde{A}^0)(u)=(R,F)_0(\widetilde{A}^0)(x)$，$\forall x\in[u]_R$

因此，$\vee(\lambda\wedge\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda)(v))\geqslant\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0))(v)$ (9)

另一方面，$\forall\lambda\in[0,1]$，若 $v\in\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda)$，则存在 $u_0\in U$，使 $\varphi(u_0)=v$ 且 $u_0\in(R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda$。

于是有 $\widetilde{A}^0_{x\in[u]_R}(x)\geqslant\lambda\wedge\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda)(v)$

$\bigwedge_{w\in[v]_{R_v}}(\bigvee_{x\in\varphi^{-1}(w)}\widetilde{A}^0(x))\geqslant\bigvee_{\lambda\in[0,1]}(\lambda\wedge\varphi((R,F)_0(\widetilde{A}^0)_\lambda)(v))$ (10)

由式(9)和式(10)得式(7)成立。

同理可证式(8)成立。

5 单向S-粗模糊集与映射单向S-粗模糊集的关系

定理4 单向S-粗模糊集是映射单向S-粗模糊集的特例，映射单向S-粗模糊集是单向S-粗模糊集的一般形式。

证 设 $K=(U,R)$为Z.Pawlak近似空间，R 为等价关系族，$\varphi:U\to V$ 为映射，$\widetilde{A}\in\mathcal{F}(U)$，$\widetilde{A}^0$ 为$\widetilde{A}$的单向S-模糊集。取 $U=V$ 且 φ 是 U 到 V 上的一一对应时，则有 $\varphi(\widetilde{A}^0)=\widetilde{A}^0$。

因此，单向S-粗模糊集是映射单向S-粗模糊集的特例，而映射单向S-粗模糊集是单向S-粗模糊集的一般形式。

6 实例分析

设 $U=\{u_1,u_2,\cdots,u_{40}\}$为同一班学生论域，$R$ 为等价关系族，$U/R=\{\{u_1,u_2,\cdots,u_{10}\},\{u_{11},u_{12},\cdots,u_{20}\},\{u_{21},u_{22},\cdots,u_{30}\},\{u_{31},u_{32},\cdots,u_{40}\}\}$，其中$\{u_1,u_2,\cdots,u_{10}\}$表示学生期中考试成绩为良的；$\{u_{11},u_{12},\cdots,u_{20}\}$表示学生期中考试成绩为中；$\{u_{21},u_{22},\cdots,u_{30}\}$表示学生期中考试成绩为及格；$\{u_{31},u_{32},\cdots,u_{40}\}$表示学生期中考试成绩为不及格，即

$$\widetilde{A}=\{\frac{80}{u_1},\frac{81}{u_2},\cdots,\frac{89}{u_{10}},\frac{79}{u_{11}},\frac{78}{u_{12}},\cdots,\frac{70}{u_{20}},\frac{69}{u_{21}},\frac{68}{u_{22}},\cdots,\frac{60}{u_{30}},\frac{59}{u_{31}},\frac{58}{u_{32}},\cdots,\frac{50}{u_{40}}\}\in\mathcal{F}(U)$$

$\varphi:U\to V$ 为映射，$\varphi(\widetilde{A})$表示学生对老师的评价集，其隶属函数如下：

$$\varphi(\widetilde{A})=\{\frac{\text{良}}{u_1},\cdots,\frac{\text{良}}{u_{10}},\frac{\text{中}}{u_{11}},\cdots,\frac{\text{中}}{u_{20}},\frac{\text{及格}}{u_{21}},\cdots,\frac{\text{及格}}{u_{30}},\frac{\text{不及格}}{u_{31}},\cdots,\frac{\text{不及格}}{u_{40}}\}$$

期中考后，该课程的认可积极改进教学方法，加强辅导，使期末考试后的成绩大大提高，$\widetilde{A}^0$ 为$\widetilde{A}$的单向S-模糊集，而且

$$\widetilde{A}^0=\{\frac{90}{u_1},\frac{91}{u_2},\cdots,\frac{99}{u_{10}},\frac{89}{u_{11}},\frac{88}{u_{12}},\cdots,\frac{80}{u_{20}},\frac{79}{u_{21}},\frac{78}{u_{22}},\cdots,\frac{70}{u_{30}},\frac{69}{u_{31}},\frac{68}{u_{32}},\cdots,\frac{60}{u_{40}}\}$$，而 $$\varphi(\widetilde{A}^0)=\{\frac{\text{优}}{u_1},\cdots,\frac{\text{优}}{u_{10}},\frac{\text{良}}{u_{11}},\cdots,\frac{\text{良}}{u_{20}},\frac{\text{中}}{u_{21}},\cdots,\frac{\text{中}}{u_{30}},\frac{\text{及格}}{u_{31}},\cdots,\frac{\text{及格}}{u_{40}}\}$$。

7 结论

现实生活中许多事物是互相密切联系和互相影响的，由某一个模糊现象出现变动从而引发与它密切联系的另一个模糊现象变动。以单向S-粗模糊集为基础，提出映射单向S-粗模糊集是单向S-粗模糊集的一般形式；单向S-粗模糊集是映射单向S-粗模糊集的特殊形式。映射S-粗模糊将成为S-粗模糊集研究的一个新方向。

参考文献：

[1] 史开泉，崔玉泉.S-粗集合它的生成结构[J].山东大学学报：理学版，2002(16)：471-474.

[2] S-粗集与它的两类基本形式[J].计算机科学，2004(10，A)：24-27.

[3] Shi Kaiquan，Chang Tingcheng.One direction S-rough sets[J].International Journal of Fuzzy Mathematics，2005(2)：319-334.

[4] Shi Kaiquan.Two direction S-rough sets[J].International Journal of Fuzzy Mathematics，2005(2)：335-349.

[5] 刘纪芹，孟令存.单向S-粗模糊集及其特性[J].计算机工程与应用，2007，43(33)：58-62.

[6] 陈水利，李敬功，王向公.模糊理论及其应用[M].北京：科学出版社，2005.

（上接40页）

[2] Kennedy J，Eberhart R C.Particle swarm optimization [C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks IV.Piscataway，NJ：IEEE Service Center，1995：1942-1948.

[3] Clerc M.Discrete particle swarm optimization[M]//New Optimization Techniques in Engineering.[S.l.]：Springer-Verlag，2004：219-224.

[4] 高尚，韩斌，吴小俊，等.求解旅行商问题的混合粒子群优化算法[J].控制与决策，2004，19(11)：1286-1289.

[5] 徐俊杰，忻展红.基于两阶段策略的粒子群优化[J].北京邮电大学学报，2007，30(1)：136-139.

[6] 蔡荣英，李丽珊，林晓宇，等.求解旅行商问题的自学习粒子群优化算法[J].计算机工程与设计，2007，28(2)：262-263.

[7] Li X Y，Tian P，Hua J，et al.A hybrid discrete particle swarm optimization for the traveling salesman problem[M].Wang T D，et al.LNCS 4247：Simulated Evolution and Learning，2006：181-188.

[8] 康立山，谢云，尤矢勇，等.非数值并行算法(第一册)：模拟退火算法[M].北京：科学出版社，1994：150-151.