邻域系统层次结构的粗糙集刻画方法研究

周君仪[1] 杨习贝[2,3] 杨静宇[3]
(江苏科技大学经济管理学院 镇江 212003)[1] (江苏科技大学计算机科学与工程学院 镇江 212003)[2]
(南京理工大学计算机科学与技术学院 南京 210094)[3]

摘 要 以邻域系统为研究对象,根据邻域系统中邻域与目标之间的包含及相交关系,分析了两种不同类型的邻域系统粗糙集模型。根据这两种邻域系统粗糙集模型,分别提出了邻域系统层次单调变化的2套性质描述,并提出了2种拟序关系用以描述不同邻域系统之间的粗细关系。研究结果证明了这2种拟序关系与邻域系统层次单调变化的2套性质之间的对应关系。

关键词 邻域系统,粗糙集,邻域,拟序关系
中图法分类号 TP18 **文献标识码** A

Characterizing Hierarchies of Neighborhood Systems via Rough Sets Approach

ZHOU Jun-yi[1] YANG Xi-bei[2,3] YANG Jing-yu[3]
(School of Economics and Management, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)[1]
(School of Computer Science and Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)[2]
(School of Computer Science and Technology, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)[3]

Abstract In neighborhood system, by analyzing the inclusion and intersection between neighborhoods and target, two different types of neighborhood system based rough sets were presented, and two sets of properties for describing the monotonic verities of levels of neighborhood systems were proposed immediately. Moreover, two different quasi-orderings were also proposed to express the coarser or finer relationships between neighborhood systems. It is proven that there are corresponding relationships between two quasi-ordering and two sets of properties, respectively.

Keywords Neighborhood system, Rough set, Neighborhood, Quasi-ordering

1 引言

粒计算,作为近年来新兴的智能信息处理工具,活跃在科学研究的各个领域。以模糊集、粗糙集和商空间理论为代表的粒计算数学模型,在模式识别、数据挖掘等领域得到了广泛的应用。

粒计算概念的原型最初是由美国控制论专家Zadeh[1]提出的。他认为人类认知能力可概括为粒化(Granulation,全体分解为部分)、组织(Organization,部分集成为整体)和因果(Causation,因果的关联)3个主要特征。在Zadeh工作的基础上,Lin[2,3]通过二元关系讨论了粒计算在结构、表示等方面的问题。Lin在文献[4]中特别指出,关于粒计算,可以从3个不同的角度来诠释:1)不确定性:1个粒代表1个具有一定不确定性的基本单元;2)知识工程:1个粒代表1个知识的基本单元;3)问题求解:1个粒代表1个子问题或子问题的解法。在Lin研究了粒计算的概念后,Yao[5-7]不仅多次强调了粒计算研究的重要性,而且深入讨论了粒计算与粗糙集、商空间等数据挖掘工具之间的关系,采用了逻辑决策语言来描述粒,构建了粒世界的逻辑框架。近年来,国内学者对于粒计算理论的研究也逐渐深入,如刘清等人[8]构造了一种颇为完整的粒逻辑中的演绎推理系统。张文修等人[9]从粒计算的观点对人类认知过程进行了详细的研究。王国胤等人从划分[10]、覆盖[11]和模糊商空间[12]的角度出发,提出了分层递阶的知识空间链,讨论了其中的概念不确定性度量问题。苗夺谦等人[13]提出了知识粒度的定义,并将其应用于知识约简、决策树构造等问题中。

值得注意的是,粒计算从本质上来说强调多层次,而以往很多关于粒计算层次模型的研究局限在划分、覆盖和二元邻域系统上。因而,本文从一般邻域系统出发,借助邻域系统中两种不同的粗糙集模型,讨论邻域系统上的层次结构。

本文第2节介绍了基于领域系统的两种粗糙集模型;第3节描述了领域系统层次单调变化的性质,并构建了领域系统层次单调变化的拟序关系;最后总结全文。

2 基于邻域系统的两种粗糙集模型

Lin在文献[4]中给出了8种形式化的粒计算模型,其中

到稿日期:2011-12-05 返修日期:2012-04-19 本文受国家自然科学基金(61100116),江苏省自然科学基金(BK2011492),江苏省高校自然科学基金(11KJB520004),中国博士后科学基金(20100481149),江苏省博士后科学基金(1101137C)资助。

周君仪(1983—),女,硕士生,主要研究方向为粒计算与粗糙集理论,E-mail:zhoujy@just.edu.cn;**杨习贝**(1980—),男,博士后,讲师,主要研究方向为粒计算、智能信息处理等;**杨静宇**(1941—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机视觉、模式识别、人工智能等。

关系粒计算模型是一种使用得较为广泛的方法。下文以关系粒计算为原型，诱导出邻域系统的概念。

定义 1 关系粒计算模型的定义。令

1. $U=\{U_1,U_2,\cdots\}$ 为一族论域的集合；

2. $U_i\times U_j\times\cdots\times U_k$ 为 n 个论域上的笛卡尔积，其中 $U_i,U_j,\cdots,U_k\in U$(此处下标不同并不一定代表论域也不同)；

3. $R_n\subseteq U_i\times U_j\times\cdots\times U_k$ 称为一个 n 元关系；

4. $\beta=\{R_n^1,R_n^2,\cdots\}$ 是一族 n 元关系的集合。

二元组(U,β)为一个关系粒计算模型。

在关系粒计算模型中，若仅考虑一个论域，即 $U=\{U\}$ 且 $n=2$，此时的关系粒计算模型就退化为二元粒计算模型。为简便起见，二元粒计算模型中的二元关系的集合记为 $\beta=\{R^1,R^2,\cdots\}$。由此可见，关系粒计算模型是二元粒计算模型的一种广义化表示形式，而二元粒计算模型则是关系粒计算模型的特殊情形。

定义 2 在二元粒计算模型(U,β)中，$\beta=\{R^1,R^2,\cdots\}$，$\forall x\in U$，有一族子集与之对应，即

$N_1(x)=\{y\in U:(x,y)\in R^1\}$

$N_2(x)=\{y\in U:(x,y)\in R^2\}$

…

1. $N_1(x),N_1(x),\cdots$称为 x 的邻域；

2. x 的所有邻域的集合称为 x 的邻域系统，记为 $NS(x)$，即 $NS(x)=\{N_1(x),N_2(x),\cdots\}$；

3. 集合$\{NS(x):x\in U\}$称为 U 的邻域系统，记为 $NS(U)$。

在一般情形的邻域系统中，对象可能有两个或两个以上的邻域。基于此，Lin 构建了基于邻域系统的近似集模型，见定义 3。

定义 3 在二元粒计算模型(U,β)中，$\beta=\{R^1,R^2,\cdots\}$，$\forall X\subseteq U$，X 的下、上近似集定义为：

$$\underline{Apr}(X)=\{x\in U:\exists N(x)\in NS(x),N(x)\neq\emptyset\wedge N(x)\subseteq X\}$$

$$\overline{Apr}(X)=\{x\in U|\forall N(x)\in NS(x),N(x)\cap X\neq\emptyset\}$$

在定义 3 的粗糙集模型中，若对象的邻域系统中存在某个邻域包含于目标，则这个对象属于目标的下近似集；若对象的邻域系统的所有邻域都与目标相交不为空，则这个对象属于目标的上近似集。类似于这样的语义解释，可以构建另外一种邻域系统粗糙集模型，见定义 4。

定义 4 在二元粒计算模型(U,β)中，$\beta=\{R^1,R^2,\cdots\}$，$\forall X\subseteq U$，X 的下、上近似集定义为：

$$\underline{Apr}'(X)=\{x\in U:\forall N(x)\in NS(x),N(x)\subseteq X\};$$

$$\overline{Apr}'(X)=\{x\in U|\exists N(x)\in NS(x),N(x)\cap X\neq\emptyset\}$$

在定义 4 的粗糙集模型中，若对象的邻域系统中所有邻域都包含于目标，则这个对象属于目标的下近似集；若对象的邻域系统中存在某个邻域与目标相交不为空，则这个对象属于目标的上近似集。

3 基于粗糙集的邻域系统层次单调变化

3.1 领域系统层次单调变化的性质描述

根据对粒空间粗细关系的理解，可得邻域系统空间上较细关系的 5 条性质。这 5 条性质可以根据第 2 节所示的两种不同的邻域系统粗糙集模型分别得到。设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)$较 $NS_2(U)$细，则记为 $NS_1(U)\leq NS_2(U)$。

性质 1 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leq NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有$\underline{Apr_1}(X)\supseteq\underline{Apr_2}(X)$。

性质 2 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leq NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有$\overline{Apr_1}(X)\subseteq\overline{Apr_2}(X)$。

性质 3 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有$\underline{Apr_1}(X)\supseteq\underline{Apr_2}(X)$，则 $NS_1(U)\leq NS_2(U)$。

性质 4 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有$\overline{Apr_1}(X)\subseteq\overline{Apr_2}(X)$，则 $NS_1(U)\leq NS_2(U)$。

性质 5 设 $\forall N(x)\in\bigcup NS_1(U)$，$\bigcup NS_2(U)=\bigcup NS_1(U)-N(x)$且 $\forall x\in U,NS_2(x)\neq\emptyset$，则 $NS_1(U)\leq NS_2(U)$。

性质 1 说明若邻域系统 $NS_1(U)$比邻域系统 $NS_2(U)$细，则根据邻域系统 $NS_1(U)$得到的下近似包含根据邻域系统 $NS_2(U)$得到的下近似；性质 2 说明若邻域系统 $NS_1(U)$比邻域系统 $NS_2(U)$细，则根据邻域系统 $NS_1(U)$得到的上近似包含于根据邻域系统 $NS_2(U)$得到的上近似；性质 3 说明若根据邻域系统 $NS_1(U)$得到的下近似包含根据邻域系统 $NS_2(U)$得到的下近似，则邻域系统 $NS_1(U)$比邻域系统 $NS_2(U)$细；性质 4 说明若根据邻域系统 $NS_1(U)$得到的上近似包含于根据邻域系统 $NS_2(U)$得到的上近似，则邻域系统 $NS_1(U)$比邻域系统 $NS_2(U)$细；性质 5 说明若从邻域系统 $NS_1(U)$中剔除一个邻域，则邻域系统 $NS_1(U)$要细于新生成的邻域系统。

若 $NS_1(U)\leq NS_2(U)$，且 $NS_1(U)\neq NS_2(U)$，则称邻域系统 $NS_1(U)$严格细于邻域系统 $NS_2(U)$，记为 $NS_1(U)\prec NS_2(U)$。

性质 1′ 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leq' NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有$\underline{Apr_1}'(X)\supseteq\underline{Apr_2}'(X)$。

性质 2′ 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leq' NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有$\overline{Apr_1}'(X)\subseteq\overline{Apr_2}'(X)$。

性质 3′ 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有$\underline{Apr_1}'(X)\supseteq\underline{Apr_2}'(X)$，则 $NS_1(U)\leq' NS_2(U)$。

性质 4′ 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有$\overline{Apr_1}'(X)\subseteq\overline{Apr_2}'(X)$，则 $NS_1(U)\leq' NS_2(U)$。

性质 5′ 设 $\forall N(x)\in\bigcup NS_1(U)$，$\bigcup NS_2(U)=\bigcup NS_1(U)-N(x)$且 $\forall x\in U,NS_2(x)\neq\emptyset$，则 $NS_1(U)\leq' NS_2(U)$。

性质 1′—性质 5′的解释分别与性质 1—性质 5 的解释类似。若 $NS_1(U)\leq' NS_2(U)$，且 $NS_1(U)\neq NS_2(U)$，则称邻域系统 $NS_1(U)$严格细于邻域系统 $NS_2(U)$，记为 $NS_1(U)\prec' NS_2(U)$。

3.2 领域系统层次单调变化的拟序关系描述

定义 5 设 U 为论域，$NS_1(U)$和 $NS_2(U)$为论域上的两

个邻域系统，若 $\forall N(x)\in\bigcup NS_2(U)$ 且 $N(x)\neq\emptyset$，都有 $N'(x)\in\bigcup NS_1(U)$ 且 $N'(x)\neq\emptyset$，使得 $N'(x)\subseteq N(x)$，则称邻域系统 $NS_1(U)$ 比邻域系统 $NS_2(U)$ 细，记为 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$。若 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$ 且 $NS_1(U)\neq NS_2(U)$，则称邻域系统 $NS_1(U)$ 严格细于邻域系统 $NS_2(U)$，记为 $NS_1(U)\ll NS_2(U)$。

显然，定义 4 中所示的关系 $\leqslant$ 满足自反和传递性，所以是一个拟序关系。

定理 1 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有 $\underline{Apr_1}(X)\supseteq\underline{Apr_2}(X)$。

证明：$\forall x\in\underline{Apr_2}(X)$，根据定义 3 知，必定存在 $N(x)\in NS_2(x)$ 使得 $N(x)\neq\emptyset\wedge N(x)\subseteq X$。又因为 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$，则根据定义 4 知，必定存在 $N'(x)\in\bigcup NS_1(U)$ 且 $N'(x)\neq\emptyset$，使得 $N'(x)\subseteq N(x)$，此时 $N'(x)\neq\emptyset\wedge N'(x)\subseteq X$，于是 $x\in\underline{Apr_1}(X)$，即 $\underline{Apr_1}(X)\supseteq\underline{Apr_2}(X)$。

定理 2 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有 $\overline{Apr_1}(X)\subseteq\overline{Apr_2}(X)$。

证明：$\forall x\notin\overline{Apr_2}(X)$，根据定义 3 知，必定存在 $N(x)\in NS_2(x)$ 使得 $N(x)\cap X=\emptyset$。又因为 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$，则根据定义 4 知，必定存在 $N'(x)\in\bigcup NS_1(U)$ 且 $N'(x)\neq\emptyset$，使得 $N'(x)\subseteq N(x)$，此时 $N'(x)\cap X=\emptyset$，于是 $x\notin\overline{Apr_1}(X)$，即 $\overline{Apr_1}(X)\subseteq\overline{Apr_2}(X)$。

定理 3 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有 $\underline{Apr_1}(X)\supseteq\underline{Apr_2}(X)$，则 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$。

证明：$\forall N(x)\in\bigcup NS_2(U)$ 且 $N(x)\neq\emptyset$，根据条件有 $\underline{Apr_1}(N(x))\supseteq\underline{Apr_2}(N(x))$，即 $x\in\underline{Apr_2}(N(x))\Rightarrow x\in\underline{Apr_1}(N(x))$，此时必定存在 $N'(x)\in\bigcup NS_1(U)$ 且 $N'(x)\neq\emptyset$ 使得 $N'(x)\subseteq N(x)$，即 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$。

定理 4 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有 $\overline{Apr_1}(X)\subseteq\overline{Apr_2}(X)$，则 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$。

证明：$\forall N(x)\in\bigcup NS_2(U)$ 且 $N(x)\neq\emptyset$，根据条件有 $\overline{Apr_1}(\sim N(x))\subseteq\overline{Apr_2}(\sim N(x))$，因为 $N(x)\cap(\sim(N(x)))=\emptyset$，所以 $x\notin\overline{Apr_2}(\sim N(x))$，于是有 $x\notin\overline{Apr_1}(\sim N(x))$，即存在 $N'(x)\in\bigcup NS_1(U)$，使得 $N'(x)\cap(\sim(N(x)))=\emptyset$，$N'(x)\subseteq N(x)$，即 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$。

定理 5 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $\forall N(x)\in\bigcup NS_1(U)$，$\bigcup NS_2(U)=\bigcup NS_1(U)-N(x)$，则 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$。

证明：根据条件知，邻域系统 $NS_2(U)$ 是从邻域系统 $NS_1(U)$ 中剔除一个邻域 $N(x)$ 所得到的，即对于 $\forall x\in U$，有 $NS_1(x)\supseteq NS_2(x)$。$\forall y\in\underline{Apr_2}(X)$，必定存在 $N(y)\in NS_2(y)$ 使得 $N(y)\neq\emptyset\wedge N(y)\subseteq X$。因为 $NS_1(y)\supseteq NS_2(y)$，所以 $N(y)\in NS_1(y)$，于是可得 $y\in\underline{Apr_1}(X)$，即 $\underline{Apr_1}(X)\supseteq\underline{Apr_2}(X)$。在根据定理 3，可以得到 $NS_1(U)\leqslant NS_2(U)$。

定理 1 表明了定义 4 中所描述的拟序关系满足性质 1；定理 2 表明了定义 4 中所描述的序关系满足性质 2；定理 3 表明了定义 4 中所描述的序关系满足性质 3；定理 4 表明了定义 4 中所描述的序关系满足性质 4；定理 5 表明了定义 4 中所描述的序关系满足性质 5。综上，定义 5 满足性质 1—性质 5，它可以用来描述不同邻域系统之间的粗细关系。

定义 6 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若对于 $\forall N(x)\in\bigcup NS_1(U)$ 且 $N(x)\neq\emptyset$，都有 $N'(x)\in\bigcup NS_2(U)$ 且 $N'(x)\neq\emptyset$，使得 $N(x)\subseteq N'(x)$，则称邻域系统 $NS_1(U)$ 比邻域系统 $NS_2(U)$ 细，记为 $NS_1(U)\leqslant' NS_2(U)$。若 $NS_1(U)\leqslant' NS_2(U)$ 且 $NS_1(U)\neq NS_2(U)$，则称邻域系统 $NS_1(U)$ 严格细于邻域系统 $NS_2(U)$，记为 $NS_1(U)\ll' NS_2(U)$。

与定义 5 类似，定义 6 中所示的关系 $\leqslant'$ 也满足自反和传递性，它也是一个拟序关系。

定理 6 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leqslant' NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有 $\underline{Apr_1}'(X)\supseteq\underline{Apr_2}'(X)$。

证明：与定理 1 的证明类似。

定理 7 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $NS_1(U)\leqslant' NS_2(U)$，则 $\forall X\subseteq U$，有 $\overline{Apr_1}'(X)\subseteq\overline{Apr_2}'(X)$。

证明：与定理 2 的证明类似。

定理 8 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有 $\underline{Apr_1}'(X)\supseteq\underline{Apr_2}'(X)$，则 $NS_1(U)\leqslant' NS_2(U)$。

证明：与定理 3 的证明类似。

定理 9 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若 $\forall X\subseteq U$，有 $\overline{Apr_1}'(X)\subseteq\overline{Apr_2}'(X)$，则 $NS_1(U)\leqslant' NS_2(U)$。

证明：与定理 4 的证明类似。

定理 10 设 U 为论域，$NS_1(U)$ 和 $NS_2(U)$ 为论域上的两个邻域系统，若对于 $\forall N(x)\in\bigcup NS_1(U)$，$\bigcup NS_2(U)=\bigcup NS_1(U)-N(x)$，则 $NS_1(U)\leqslant' NS_2(U)$。

证明：与定理 5 的证明类似。

类似于定义 5，定义 6 所示的拟序关系也满足性质 1′—性质 5′，因而它也可以用来描述不同邻域系统之间的粗细关系。

结束语 与划分、覆盖、二元邻域不同之处在于，在邻域系统中，每一个对象都有一族而非一个邻域与之对应。此外，在一般形式的邻域系统中，不同对象的邻域个数可能是不同的。本文在邻域系统的基础上，通过分析两种不类型的粗糙集模型，分别给出了邻域系统分层递阶的 2 套性质描述；此外，还通过构建邻域系统上的拟序关系验证了这 2 套性质描述。

在本文工作的基础上，笔者下一步将对邻域系统和多粒度空间上的有关概念进行对比分析，如粗糙集、不确定性度量等。

参 考 文 献

[1] Zadeh L. Fuzzy sets and information granularity [M]// Gupta N, Ragade R, Yager R, eds. Advances in fuzzy set theory and application. Amsterdam: North-Holland, 1979: 111-127

[2] Lin T Y. Granular computing on binary relations I: data mining

and neighborhood systems[M]. Rough Sets and Knowledge Discovery, 1998: 107-121

[3] Lin T Y. Granular computing on binary relations II: rough set representations and belief functions [M]. Rough Sets and Knowledge Discovery, 1998: 122-140

[4] Lin T Y. Granular computing: practices, theories, and future directions[M]. Encyclopedia on Complexity of Systems Science, 2009: 4339-4355

[5] Yao Y Y. Stratified rough sets and granular computing[C]// Proceedings of the 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society. 1999: 800-804

[6] Yao Y Y. Granular computing: basic issues and possible solutions[C]// Proceedings of the 5th Joint conference on Information Sciences. Atlantic, USA, 2000: 186-189

[7] Yao Y Y, Yao J T. Granular computing as a basis for consistent classification problems[C]// Proceedings of PAKDD'02 workshop on Foundations of Data Mining. CIICM, Taiwan, 2002: 101-106

[8] 刘清,刘群. 粒及粒计算在逻辑推理中的应用[J]. 计算机研究与发展,2004,41(4):546-551

[9] 张文修,徐伟华. 基于粒计算的认知模型[J]. 工程数学学报,2007,24(6):957-971

[10] 王国胤,张清华. 不同知识粒度下粗糙集的不确定性研究[J]. 计算机学报,2008,31(9):1588-1598

[11] 胡军,王国胤. 覆盖粒度空间的层次模型[J]. 南京大学学报:自然科学版,2008,44(5):551-558

[12] 张清华,王国胤,刘显全. 分层递阶的模糊商空间结构分析[J]. 模式识别与人工智能,2008,21(5):627-634

[13] 苗夺谦,王国胤,刘清,等. 粒计算:过去、现在与展望[M]. 北京:科学出版社,2007

(上接第 192 页)

4.2 交通车辆预测

本文用训练好的 FNN 进行车辆预测,并对预测结果进行分析。以某一个城市的公路某一段交通流量实测数据[10]为例,进行预测仿真实验。将 216 个输入输出对中的后 20 对数据作为预测仿真数据。一般情况下,可利用平均绝对误差率(MAPE)来评价网络的性能优劣。因此,为了评价算法的正确度,将平均绝对误差率作为评价指数。

$$MAPE=\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{y_t-\hat{y}_t}{y_t}\right| \tag{11}$$

式中,n 为样本数据数,y_t 和 $\hat{y}_t$ 分别为实际值和预测值。

表 2 FNN 的车辆预测精度(平均绝对误差率)

实际车辆(pcu/h)	本文方法		LDIW-PSO 方法		GA-PSO 方法		PSO+BP 方法	
	预测结果	相对误差	预测结果	相对误差	预测结果	相对误差	预测结果	相对误差
6025	5363	0.110	5245	0.129	5145	0.146	4820	0.200
5135	5007	0.025	5109	0.005	5005	0.025	5176	0.008
4945	4812	0.027	4517	0.087	4795	0.030	4906	0.008
4425	4632	0.047	4183	0.055	4589	0.037	4635	0.047
4802	4585	0.045	3677	0.234	4575	0.047	4435	0.076
5880	4581	0.221	3886	0.339	4501	0.235	4476	0.239
6105	4742	0.223	4574	0.251	4753	0.221	4868	0.203
5883	5197	0.117	4945	0.159	5225	0.112	5013	0.148
5490	4913	0.105	4895	0.108	5890	0.073	5107	0.070
4820	5017	0.041	4654	0.034	4654	0.034	5071	0.052
4507	4720	0.047	4150	0.079	4250	0.057	4605	0.022
4812	4584	0.047	3559	0.260	5310	0.103	4428	0.080
4905	4586	0.065	3868	0.211	5868	0.196	4482	0.086
5475	4609	0.158	4062	0.258	4559	0.167	4562	0.167
5918	4684	0.209	4406	0.255	4660	0.213	4895	0.173
6224	4940	0.206	4757	0.236	7547	0.213	4991	0.198
5879	5221	0.112	5012	0.147	5012	0.147	4982	0.153
5722	4907	0.142	4923	0.140	4910	0.142	5128	0.104
5609	5082	0.094	4763	0.151	4985	0.111	5089	0.093
5485	5326	0.029	4920	0.103	4985	0.048	5226	0.047
平均绝对误差率		0.104		0.162		0.118		0.109

车辆预测仿真结果如表 2 所列。由表 2 可以看出,基于更新粒子群算法的 FNN 的交通流量预测方法具有较高的准确性。采用本文算法的 FNN 的车辆预测平均绝对误差率为 0.104,LDIW-PSO 算法、GA-PSO 算法、PSO+BP 算法的平均绝对误差率分别为 0.162、0.118、0.109。

结束语 本文针对车辆预测问题,提出了一种基于 IPSO 的模糊神经网络的交通车辆预测方法。本文对 PSO 算法进行了两个方面的改进,即改进了 PSO 算法的惯性权重、学习因子且增强了种群多样性;其次在 IPSO 中加入了一个 BP 算法。试验结果表明了,本文的算法有效解决了 PSO 算法的"早熟"现象,充分利用了 PSO 算法的全局搜索能力,进一步提高了模糊神经网络的训练效率和车辆预测结果。

参考文献

[1] Shi Y, Eberhart R C. A modified particle swarm optimizer. Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation [C]// Piscataway: IEEE Press. 1998: 303-308

[2] 于万霞,杜太行,于越. 基于粒子群的模糊神经网络交通量预测[J]. 微计算机信息,2008,24(4):232-233

[3] 刘坤,谭营,何新贵. 基于粒子群优化的过程神经网络学习算法[J]. 北京大学学报:自然科学版,2011,47(2):238-244

[4] 李秀英,韩志刚. 基于粒子群算法优化的 T-S 型模糊神经网络控制器[J]. 黑龙江大学自然科学学报,2010,27(4):272-276

[5] 陈贵敏,贾建援,韩琪. 粒子群优化算法的惯性权值递减策略研究[J]. 西安交通大学学报,2006,40(1):53-56

[6] 李雄军,罗建旭,黄娟. 基于 PSO 和 BP 复合算法的模糊神经网络控制器[J]. 自动化与仪器仪表,2010(2):1-3

[7] Li Lin-yi, Li De-ren. Fuzzy entropy image segmentation based on particle swarm optimization [J]. Progress in Natural Science, 2008, 18(9): 1167-1171

[8] 朱红求,阳春华,桂卫华. 一种带混沌变异的粒子群优化算法[J]. 计算机科学,2010,37(3):215-217

[9] 刘衍民,牛奔,赵庆祯. 基于交叉和变异的多目标粒子群算法[J]. 计算机应用,2011,31(1):82-84,117

[10] Abdulhai B, Porwal H, Recker W. Short-term freeway traffic flow prediction using genetically-optimized time-delay-based neural networks [R]. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 1999