

基于粗糙集理论的动态目标识别及跟踪

徐捷,徐从富,耿卫东,潘云鹤

(浙江大学CAD&CG国家重点实验室,浙江杭州310027;浙江大学人工智能研究所,浙江杭州310027)

摘要: 在通信对抗中,通信电台及其装载平台的识别与跟踪一直是个非常困难的问题.本文提出了基于粗糙集理论的动态目标身份识别及其运行轨迹跟踪算法,并用实例对几种典型情况进行了详细的分析和讨论,实践表明这是粗糙集理论在数据融合领域的一个较为成功的应用.

关键词: 数据融合;粗糙集;通侦信息;身份识别;目标跟踪

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2002)04-0605-03

Dynamic Objects Identifying and Tracing Based on Rough Set Theory

XU Jie, XU Cong-fu, GENG Wei-dong, PAN Yun-he

(State Key Lab of CAD&CG of Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China;
Zhejiang University Artificial Intelligence Institute, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract: The methods of identifying communication stations and their platforms using the rough set theory in the communication reconnaissance information fusion system are discussed, and some typical application examples are given and analyzed in detail. It gives out a beneficial reference to applying the rough set theory in data fusion.

Key words: data fusion; rough set; identification; objects tracing

1 引言

在通信对抗(也称通信电子战)中,通信电台及其装载平台的识别及跟踪一直是个非常棘手的难题.因为要从大量错综复杂的无线电信号中推导出通信电台及其装载平台,而且无线电信号的技术参数与通信电台、通信电台与装载平台之间的对应关系难以确定,有时甚至根本没有明确的对应关系.通信电台及其装载平台的识别及跟踪是通信侦察信息(简称通侦信息)融合系统的重要组成部分.通侦信息智能化融合系统是我们设计和开发的一个数据融合原型系统,它通过对截取的敌军通信技术参数、通联特征、友邻通报和人工情报等信息进行智能化融合,得到敌军通信电台及其装载平台身份、军事部署等,并进一步对敌军态势和威胁程度进行合理的估计.文献[7]根据通侦信息的特点提出一个层次递进模型,该模型主要分成一级相关和二级融合两大功能模块.其中,一级相关模块根据通信侦察传感器(仿真)数据进行时间、位置等相关操作,得出敌军通信电台型号、数量、装载平台和网台种类等;二级融合模块对一级相关结果、友邻通报和人工情报等进行融合,得到敌军网台属性、平台身份、兵种及其部署等,进而推出敌军态势和威胁估计.在通侦信息智能化融合系统中,我们成功地将粗糙集理论用于通信电台及其装载平台的识别及跟踪^[7].

粗糙集(Rough Set)理论^[1~3]是Pawlak于1982年首先提出

的,这一理论为数据(特别是带噪声、不精确或不完全数据)分类问题提供了一套严密的数学工具,使得人们对知识能够进行严密的分析和操作.粗糙集理论把知识看作是知识论域的划分,从而认为知识是有粒度的,而知识的不精确性是由知识粒度太大引起的.粗糙集理论的主要思想就是在保持分类能力不变的前提下,通过知识约简,导出概念的分类规则.该理论通过不分明关系和集包含关系定义了知识粗糙性.由于粗糙集理论适用于从大量的、模糊的原始数据集中抽出有用数据,并能客观地推导出规则,即除数据集之外无需任何先验知识,故它在机器学习、知识获取、决策分析、从数据库的知识发现、专家系统、决策支持系统、归纳推理、模式识别等领域都有非常广泛的应用^[4~6].

2 一级相关模块处理流程

基于粗糙集理论的数据融合模块是通侦信息智能化融合系统IFS/CI2的一级融合模块,它是整个系统的基础和重要组成部分之一,为基于Dempster-Shafer证据理论的Agent、基于模糊神经网络方法的Agent、仿真显示模块等提供数据^[7].一级相关模块的处理流程如图1所示.通信侦察传感器仿真器生成的数据存放在共享数据库中,对该库中的记录进行初步分类、约简,生成预备数据库.在预备数据库的基础上,一方面经过电台识别算法,生成电台库;另一方面通过平台识别算法,生成装载平台库.在电台库的基础上,既可生成通信技术

参数库和通联特征库,又可经目标网生成算法得到目标网库。在平台库和目标网库的基础上,对电台库中一些未定的项进行融合回填。

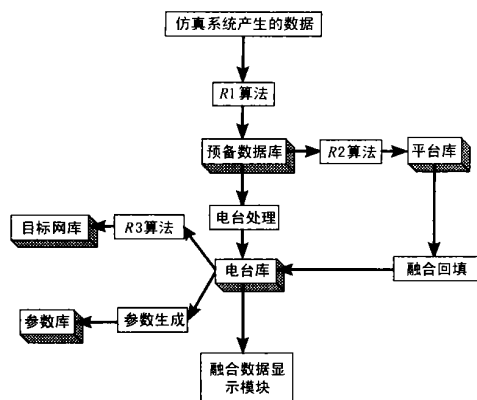


图 1 一级相关模块的处理流程

其中,在电台识别算法中,我们定义了近似空间 $A = \{ U, RB \}$,其中 RB 是作用在共享数据库当前时间点上记录的等价关系,该等价关系由关键属性确定。平台识别算法中主要运用了粗糙集理论中的决策表及 Rough 算子的概念^[4]。能分离出条件属性和决策属性的信息表称为决策表,它由电台记录生成,我们运用 Rough 算子概念解决多平台识别问题。Rough 算子是在给定条件的先验概率下,决策的条件概率,定义如下:

$$p(\) = (p(\) * \mu(\ ,)) = p(\)$$

3 关键算法

我们利用粗糙集的分类功能将共享数据库中的各个电台信息记录分类融合,结合融合系统中的时间、位置相关实现电台的分选。下面对上述的三个算法进行详细阐述:

3.1 R1 算法的实现

算法功能:将同一电台的多条信息融合成一条记录并填入预备数据库。

步骤:

从共享库中读出当前时间点上的电台记录;

call 电台链表生成方法,生成当前时间电台链;

for (电台链表中所有记录)

```
{
    依次取电台链表中的节点记录;
    call 节点记录与预备电台库中相关记录融合算法
```

```
{
    for (预备电台库的每一电台)
```

```
{
    进行电台的数据融合;
}
```

```
}
}
```

3.2 R2 算法的实现

算法功能:依据预备数据库推导出平台库。

步骤:

将数据库划分成等价数;

根据知识表和规则推导;

```
{
```

根据电台数判断平台;

如果失败,运用知识表生成决策表,通过 Rough 算子判定平台及概率;

```
}
```

设预备数据库上的记录的集合为 U ,则 U 上的关系 $R2$ 定义如下:

$$R2 = \{ (a, b) \ U \times U | a, b \text{ 电台在同一平台上} \}$$

$$= A_1 \ A_2 \ A_3$$

关系 A_1, A_2, A_3 分别由属性平台经度、平台纬度、平台高度定义。

装载平台的判断规则如下:

(1) 面平台有 4 个或 4 个以上电台,则认为是指挥所;

(2) 若地面平台与空中目标组网,则认为是机场(平台);

(3) 若空中平台的电台数大于 3,则认为是预警机,否则认为是战斗机;

(4) 若空中平台的电台功率大于 400W,且电台数小于 3,则认为是电子战飞机。

3.3 R3 算法的实现

算法功能:从电台库上推出目标网库。

步骤:

根据频率、调制方式、带宽、频段使用方式得出属于同一网的电台; call 网的种类判别算法

```
{
```

根据主台工作时间在网中的百分比,取概率大的为目标网种;

若同一网中电台的装载平台有地面和空中,则认为地面平台是机场,修改地面平台种类,保留空中平台种类。

```
}
```

将目标网库的信息回填电台库的相关属性字段;

3.4 电台识别及跟踪改良算法

算法功能:综合利用多种改良方法完成目标的识别跟踪任务。

步骤:

得到融合形成的二维链表,记录目标历史运动信息的辅助链表;

call 目标进行识别和跟踪算法

```
{
```

根据运动属性及历史信息计算可能的运动范围、海拔变化、轨迹变化等;

根据上述信息判别目标变化情况;

if (目标识别发生变化)

回溯以前的记录用新的目标号更新,以保持一致;

```
}
```

4 实验结果与分析

下面分别对几种典型的实验情况进行讨论:

(1) 三个目标分别进行互不干扰的简单运动

实验结果显示,系统对这种情况的处理非常完美,正确率接近 100%。

(2) 目标运行轨迹相交的简单运动

多次实验结果表明,本系统对此类情况的处理正确率达 90%以上.出现个别误判的原因是有多个运动属性(如飞行高度)相同的目标装载着工作参数完全相同的电台,而且它们在经过其运行轨迹的交点附近时均处于工作状态,就可能在局部区域对目标跟踪产生误判.

(3) 目标进行复杂运动

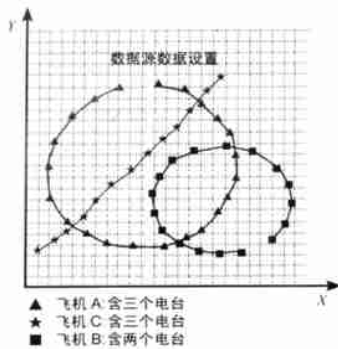


图 2

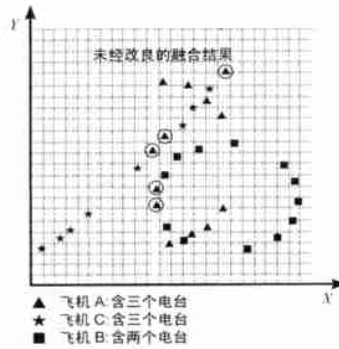


图 3

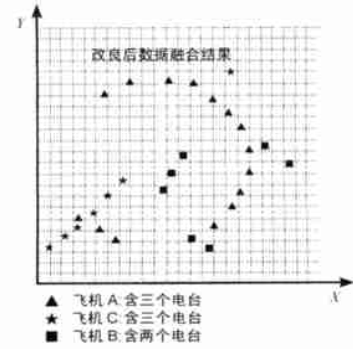


图 4

由图 3 可知在未用电台识别及跟踪改良算法时的融合结果存在较大误差(误判点用圆圈标注),此时判断准确率约为 60%.在应用了上述改良算法后得到的结果如图 4 所示.

多次实验数据表明,利用改良算法后的正确率在 80%以上.

5 结束语

本文将粗糙集理论应用于通侦信息的智能化融合,对通信电台及其装载平台进行身份识别及动态跟踪,提出了多种有效的识别和跟踪算法,实践证明这是粗糙集理论在数据融合领域的一个比较成功的应用.需进一步完善的工作是,提高对极复杂运动轨迹的识别与跟踪的正确率,可以考虑用数学工具将融合结果拟合成轨迹曲线,再用有关规则进行判断以剔除误判.

致谢 对谢澍、叶军诚、茹黎明、邢康博、刘勇等为此系统做的工作表示衷心的感谢.

参考文献:

- [1] Pawlak Z. Rough set [J]. International Journal of Computer and Information Science, 1982, 11(5): 341 - 356.
- [2] Pawlak Z. Information System theoretical foundations [J]. Information systems, 1981, 6(3): 205 - 218.
- [3] Pawlak Z, et al. Rough sets [J]. Communications of the ACM, 1995, 38(11): 89 - 95.
- [4] 刘清,等.带 Rough 算子的决策规则及数据挖掘中的软计算[J].计算机研究与发展, 1999, 36(7): 800 - 804
- [5] 刘清,等. Rough 集理论:现状与前景 [J]. 计算机科学, 1997, 24(4): 1 - 5.
- [6] 王珏,等.关于 Rough Set 理论与应用的综述 [J]. 模式识别与人工智能, 1996, 9(4): 337 - 344.
- [7] 徐从富.基于多 Agent 的信息融合技术研究 [D]. 杭州:浙江大学, 2000.

[8] 史忠植.高级人工智能 [M].北京:科学出版社, 1998.

作者简介:



徐 捷 男, 1978 年 9 月生于四川彭山, 现为浙江大学计算机系硕士研究生, 主要研究方向为人工智能、计算机图形学.



徐从富 男, 1969 年 2 月生于浙江开化, 博士, 现为浙江大学计算机系讲师, 目前主要研究方向为人工智能、数据融合及智能 CAD.

耿卫东 男, 1967 年 12 月生于江苏盐城, 博士, 副教授, 目前主要研究方向为人工智能、CAD/CG 和多媒体.

潘云鹤 男, 1947 年 10 月生于浙江杭州, 教授, 博士生导师, 中国工程院院士, 浙江大学校长, 目前主要研究方向为人工智能、智能 CAD、形象思维和计算机美术.