

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.06.014

# 基于决策树的海战场舰艇意图识别

牛晓博, 赵虎, 张玉册

(海军蚌埠士官学校 信息技术系, 安徽 蚌埠 233012)

**摘要:** 通过对以往战场舰艇意图识别经验的学习, 采用信息熵理论建立舰艇意图识别决策树。通过对舰艇意图识别历史数据的分析, 将识别错误的元组更正后加入历史信息库, 重新建立决策树, 使该方法具有一定的自学能力, 并通过实例进行仿真分析。结果表明, 该方法具有一定的自学能力, 意图识别的准确率会随着决策树的学习逐渐提高, 在一定程度上克服战场目标意图的欺骗性。

**关键词:** 信息熵; 决策树; 海战场; 意图识别

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## Naval Vessel Intention Recognition Based on Decision Tree

NIU Xiao-bo, ZHAO Hu, ZHANG Yu-ce

(Dept. of Information Technology, Bengbu Petty Officer School of PLA Navy, Bengbu 233012, China)

**Abstract:** Decision trees can be created by using information entropy through the research on vessel intention recognition experience. Through analyzing the intention recognition historical data, correct the error meta-groups and add them to the historical information base and reconstruct decision tree. The method has self-study ability and can carry out simulation analyze based on example. The results show that the method has self-study ability, the intention recognition accuracy rate will improve by the learning and overcome the cheating of battlefield target intention in some degree.

**Keywords:** Information entropy; Decision tree; Naval battlefield; Intention recognition

### 0 引言

现代战争中战场态势瞬息万变, 能否快速准确地对海战场舰艇战术意图进行识别, 为指挥员决策提供支持, 将关系到战争的成败。对敌战术意图识别指对战斗区域内敌方将要达成的战术目的和作战计划进行判断和评估<sup>[1]</sup>。在没有特别说明的情况下, 文中的意图识别均指对敌战术意图识别。在人工智能理论中, 与意图识别相关的是规划识别技术, 规划识别分为匙孔规划识别、意识到的规划识别和阻碍规划识别<sup>[2]</sup>。目前, 意图识别处于起步阶段, 主要方法有: 证据理论<sup>[3]</sup>、贝叶斯推理技术<sup>[4]</sup>、极大极小算法<sup>[5]</sup>、冲突分析法<sup>[6]</sup>、最大近似法<sup>[7]</sup>等。海战场可以用于判别舰艇意图的依据很多, 过去的海战场舰艇的意图主要依靠舰艇的机动来识别。随着海军作战样式的改变和各种远程攻击武器的使用, 单独依靠敌方舰艇的机动来识别敌方的意图已经变得越来越困难。故利用以往战场舰艇意图识别的经验, 采用信息熵对各个识别依据得到的识别结果的可信性进行分析, 建立舰艇意图识别决策树。对决策树进行搜索, 便可以实现对敌舰艇意图的快速识别, 以提高识别的准确性。

### 1 基于信息熵的决策建树方法

利用信息熵建立决策树实际上是对历史经验的学习过程, 通过学习, 可以将历史经验存储在决策树中。意图识别过程中对决策树的搜索, 实际上是利用历史经验进行决策的过程。决策树的使用使决策不仅仅局限于当前的分析, 而更加强调对历史经验的借鉴。

#### 1.1 信息熵

熵的概念源于热力学, 表示不能用来做功的热量, 为热能的变化量除以温度所得的商。后由香农引入信息论, 现已在工程技术、社会经济等领域得到了广泛应用<sup>[8]</sup>。

##### 1) 信息熵的计算

设  $S$  为训练集, 有  $n$  个特征 (属性), 表示为  $(A_1, A_2, \dots, A_n)$ ,  $|S|$  表示训练集中样本总数。

特征  $A_k$  处有  $m$  个值, 分别为  $(V_1, V_2, \dots, V_m)$ 。

$S$  中有  $(U_1, U_2, \dots, U_i)$  类。  $|U_i|$  表示  $U_i$  类样本数。

$U_i$  出现的概率为:  $P(U_i) = \frac{|U_i|}{|S|}$

收稿日期: 2010-01-21; 修回日期: 2010-03-28

作者简介: 牛晓博 (1983-), 男, 山东人, 硕士, 海军蚌埠士官学校助教, 从事战场态势可视化与决策支持研究。

信息熵计算公式为:

$$H(U) = \sum_i P(U_i) \log_2 \frac{1}{P(U_i)} \quad (1)$$

2) 条件熵的计算

条件熵是一种后验熵, 计算公式为:

$$H(U|V) = \sum_j P(V_j) \sum_i P(U_i|V_j) \log_2 \frac{1}{P(U_i|V_j)} \quad (2)$$

3) 互信息的计算

熵( $H(U), H(U|V)$ )是平均不确定性的描述, 熵差( $H(U) - H(U|V)$ )表示在特征(属性)给出后不确定性的消除量, 消除量越大表示该属性含有的信息量越大。熵差

$$I(U, V) = H(U) - H(U|V) \quad (3)$$

定义为互信息。

## 1.2 决策建树方法

决策树的建立过程为: 计算各字段(属性)的互信息熵, 取信息量最大的字段(属性)作为根节点, 它的各个取值为分枝, 对各个分枝所划分的数据元组(记录)子集, 重复建树过程, 扩展决策树, 直到得到相同类别的子集, 以该类别作为叶节点。故这种建树过程是一种递归过程。通过递归调用建树算法, 可以实现按照属性逐层建树。建立决策树的流程如图1。

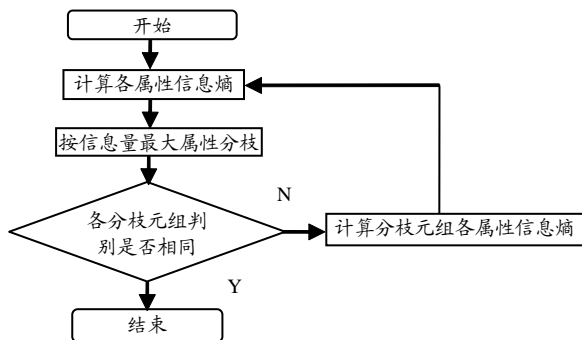


图1 建立决策树流程图

利用信息熵建立决策树方法的优缺点分别为:

优点: 理论清晰、方法简单、学习能力较强, 是一种知识获取的有用工具。

缺点:

1) 互信息的计算依赖于特征值数目较多的特征。

2) 建树是每个节点仅含一个特征, 是一种单变元的算法, 特征间的相关性强调不够。虽然它将多个特征用一棵树连在一起, 但联系还是松散的。

通过计算各属性的信息熵得到各个属性提供信息的多少, 按照提供信息多少进行建树, 利用该决

策树对未知的样本进行判断, 可提高判别的准确性。

## 2 海战场意图识别

### 2.1 海战场目标战术意图的特点

战场目标意图具有对抗性、动态性、稳定性、欺骗性等特征:

1) 对抗性: 敌水面舰艇最终作战意图就是完成其作战任务, 而我方作战意图就是为了阻止其完成任务, 两者作战意图存在着直接对抗。

2) 动态性: 表现在2个方面, 第一, 作战意图的阶段性的; 第二, 作战意图具有变化性。

3) 稳定性: 敌水面舰艇的目标意图和阶段意图均具有稳定性, 除非遂行作战意图的条件发生根本变化。

4) 欺骗性: 作战双方都会隐蔽己方的战术意图, 更可能是带有欺骗性的。

战术意图的稳定性说明战术意图是可识别的, 由于作战意图具有欺骗性, 因此意图识别需要综合利用各种特征进行识别, 作战意图的动态性决定了战术意图识别是一个连续在线进行的过程, 而不是只在某一时刻对意图识别结束后就不再进行。

### 2.2 海战场目标意图识别的依据

各种侦查手段的运用也可以为舰艇意图识别提供新的依据。敌舰艇战术意图的识别依据包括:

1) 敌舰艇采用的作战队形

敌舰艇兵力遂行作战任务时都要采取相应的队形, 如防空时和护航时采取的编队队形就大不一样, 因此敌舰艇编队采取的队形, 即我方识别其作战意图的依据之一。

2) 敌舰艇的类型

不同类型的舰艇携带不同的武器装备, 其战术技术性能也有差别, 适合执行的任务也有区别, 敌方在制定作战计划时, 必将仔细考虑这一点, 以发挥各类舰艇的优点, 充分发挥其作战效能。因此, 敌舰艇的类型是识别其战术意图的重要依据之一。

3) 敌舰艇的机动特征

敌舰艇航向、航速的变化直接反映了其战术意图。如使用武器进行攻击或防御, 应满足武器的发射条件(射程、射界等), 因此必须进行相应的机动。航向、航速的变化在态势上综合表现为同我方兵力的相对位置(距离、方位和舷角)变化, 并且这种变化是有其战术目的的。敌水面舰艇的机动类型可通过分析计算得到。通过敌水面舰艇的机动特征进

行意图识别是过去使用比较多的方法。

4) 敌舰艇的电磁声光特征

敌舰艇在实行动时,使用技术器材被我方技术器材所探测到的特征信息,也是我方对其作战意图进行识别的依据,例如舰艇上装备有多种不同功能的雷达,各雷达的工作频率、重复频率、脉冲宽度、天线扫描方式、脉冲幅度等都不相同,使用不同雷达表明了敌方在进行不同意图阶段性的行动。这些电磁声光特征包括雷达信号、红外信号、无线电信号、声纳信号等。

5) 敌我双方对抗作战海域的水文气象条件

作战海域的水文气象条件是敌舰艇采取作战行动必须考虑的因素,在一定的水文气象条件下,敌方只能遂行与之相适应的作战任务。作战海域的水文气象条件同样是判断其作战意图的依据。

2.3 基于决策树的目标意图识别

依靠单一证据对战场舰艇战术意图进行识别造成了信息的损失,同时也忽略了历史经验在意图识别中的作用。根据每一个证据都可以得到一个关于舰艇意图的判断,而这些判断的可信度是不同的,即每个依据提供的信息量是不同的。对历史数据库中的信息进行分析,计算每个依据的互信息熵,按照建树算法可以建立一个决策树,该决策树可以看作是对历史数据进行学习得到的先验知识。

在进行意图识别时利用不同的依据分析得到的舰艇的一系列意图识别结果,使用深度优先的搜索策略对决策树进行查询,可较快地实现目标的意图识别。由于战场上舰艇意图的不确定性很大,识别总是存在错误的,在识别结束后,用户需要向系统反馈识别结果是否正确,如果利用决策树进行意图识别的结果是错误的,则将该识别更正后加入历史信息库,重新建立决策树。对舰艇意图的识别过程同时也是一个机器学习的过程,通过一段时间的使用会使识别结果越来越准确。

基于决策树的舰艇意图识别流程,如图 2。

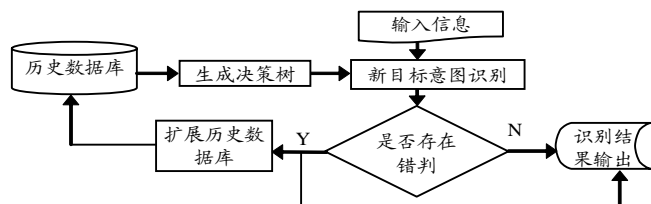


图 2 舰艇意图识别流程图

3 算例分析

建立意图识别框架为:识别命题{防空、搜潜、

攻击、规避},即  $\Omega = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}$ ;证据集为{作战队形、舰艇类型、机动特征、电磁声光、水文气象};  $E = \{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5\}$ 。采用表 1 的历史数据建立决策树,表中第 2~5 列表示按照每一种证据得到的意图识别结果,最后一列表示舰艇实际的意图。

利用建树算法建立的决策树,在意图识别建树过程中特征值数目相同,克服了判断特征值数目不同对计算互信息造成的影响。建立的决策树如图 3 (建立的决策树不唯一,只给出其中的一个图)。

表 1 舰艇意图识别样本

Table with 8 columns: NO., 作战队形, 舰艇类型, 水文气象, 机动特征, 电磁声光, 实际意图. It contains 16 rows of data points.

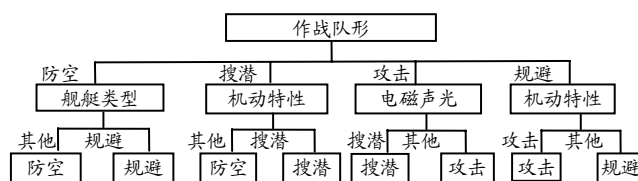


图 3 目标意图识别决策树

利用得到的决策树,对新出现情况的判断,采用不同的识别依据得到如表 2 的识别结果。

表 2 利用决策树的意图识别

Table with 8 columns: NO., 作战队形, 舰艇类型, 水文气象, 机动特征, 电磁声光, 识别意图. It contains 5 rows of data points.

对建立的决策树进行测试,经专家评审后,给出 3 组试验数据,一次识别正确率分别为:71%、79%、73%,证明该方法是有效的。

4 结论

通过仿真证明了该算法的有效性。通过对舰艇意图识别历史数据的分析,基于信息熵理论建立决策树,可以通过借鉴历史经验实现多证据的组合。综合利用这些信息对海战场舰艇进行意图识别,在一定程度上克服了战场目标意图的欺骗性。

(下转第 53 页)

$$Y = \begin{bmatrix} C1 & C2 & C3 & C4 & C5 & C6 & C7 & C8 \\ 0.51 & 40 & 0.85 & 0.45 & 0.80 & 0.45 & 12300 & 20650 \\ 0.55 & 35 & 0.7 & 0.48 & 0.68 & 0.49 & 15211 & 22200 \\ 0.76 & 26 & 0.64 & 0.65 & 0.62 & 0.66 & 12650 & 19870 \\ 0.82 & 30 & 0.41 & 0.71 & 0.40 & 0.70 & 18300 & 17680 \end{bmatrix} \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix}$$

采用基于正负理想点的距离评估方法进行编配方案的效能评估。确定评估系数如下:

- CA1=0.056 5
- CA2=0.158 0
- CA3=0.632 3
- CA4=0.920 2

可见, CA4> CA3> CA2> CA1, A4 与正理想点最接近, 即方案 4 较其他方案优。也就是换装单兵数字化装备的机械化步兵分队编配方案较其它方案更有利于城市作战。

### 5 结束语

\*\*\*\*\*

(上接第 46 页)

#### 参考文献:

- [1] 王瑞龙, 吴晓锋, 冷画屏. 对敌战场意图识别的若干问题[J]. 舰船电子工程, 2004, 24(6): 4-6.
- [2] 冷画屏, 吴晓锋, 余永权. 对抗意图识别技术研究现状及突破途径[J]. 电光与控制, 2008, 15(4): 54-58.
- [3] 胡剑光, 吴晓锋, 冷画屏. 海战场对敌战术意图识别技术研究[J]. 舰船电子工程, 2007, 27(3): 8-12.
- [4] 殷卫斌. 对敌水面舰艇作战意图识别研究[D]. 广州: 海军广州舰艇学院, 2002.
- [5] 庄晋林. 一个体现战术意图的博弈树搜索算法[J]. 华北水利水电学院学报, 1997, 18(3): 60-64.
- [6] 袁再江, 许国志, 邓述慧. 序贯博弈作战意图预测模型[J]. 系统工程理论与实践, 1997, 18(7): 70-76.
- [7] 冷画屏, 吴晓锋. 对敌舰艇作战意图的识别技术[J]. 人工智能与模式识别, 2004, 24(3): 55-57.
- [8] 张少艳. 信息熵在教学质量分析中的应用[J]. 红河学院学报, 2007, 5(2): 77.

\*\*\*\*\*

(上接第 48 页)

#### 2.5 求列归一化矩阵

由式 (3) 计算列归一化矩阵:

$$\bar{R} = \begin{bmatrix} 0.316 & 3 & 0.268 & 1 & 0.206 & 3 & 0.156 & 3 \\ 0.167 & 8 & 0.256 & 1 & 0.373 & 3 & 0.176 & 5 \\ 0.206 & 3 & 0.280 & 7 & 0.243 & 6 & 0.254 & 7 \\ 0.226 & 8 & 0.073 & 0 & 0.112 & 0 & 0.196 & 9 \\ 0.236 & 4 & 0.122 & 1 & 0.064 & 8 & 0.215 & 6 \end{bmatrix}$$

#### 2.6 计算属性的信息熵和权重向量

根据式 (5) 计算属性的信息熵:  $E_1 = 0.992 9$ ,

$$E_2 = 0.935 8, E_3 = 0.907 1, E_4 = 0.991 2。$$

该系统实现了红蓝双方步兵分队在城市作战条件下的对抗仿真, 在陆军装备城市作战能力分析、单兵综合装备城市作战效能评估、城市作战步兵分队编配方案对比等方面发挥了一定的作用。

#### 参考文献:

- [1] 陈志诚, 杨克巍, 岑凯辉, 等. 基于效能评估的坦克作战联邦设计与实现[J]. 计算机仿真, 2005, 22(10): 250-253.
- [2] 郭齐胜, 郭志刚, 杨瑞平, 等. 装备效能评估概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [3] 邵卓, 邱晓刚. 基于 HLA 的战场攻防仿真系统设计研究[J]. 计算机仿真, 2005, 22(10): 246-249.
- [4] 焦逊, 陈永光, 李修和. 基于 HLA 的星载 SAR 电子干扰效能评估仿真系统设计[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 349-352.

根据式 (6) 计算属性权重向量:  $\omega_1 = 0.041 0$ ,  $\omega_2 = 0.371 1$ ,  $\omega_3 = 0.537 0$ ,  $\omega_4 = 0.050 9$ 。

利用  $\tilde{z}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{r}_{ij} \omega_j$  计算方案  $x_i$  的模糊效用值  $\tilde{z}_i$ ,

并由式 (4) 计算  $E[\tilde{z}_i](i=1, 2, 3, 4, 5)$ :  $E[\tilde{z}_1]=0.647 0$ ,  $E[\tilde{z}_2]=0.865 4$ ,  $E[\tilde{z}_3]=0.735 9$ ,  $E[\tilde{z}_4]=0.306 8$ ,  $E[\tilde{z}_5]=0.304 4$ 。从而得到作战方案的优劣排序为:  $x_2 \succ x_3 \succ x_1 \succ x_4 \succ x_5$ 。即最优作战方案为  $x_2$ 。

### 3 结束语

该方法利用信息熵求出各属性权重, 进而基于加权法则和期望值算子<sup>[6]</sup>, 获得了方案的排序及优选。实例表明, 基于信息熵的模糊多属性决策方法科学有效、计算简便, 为解决模糊多属性决策问题提供了一种新思路。

#### 参考文献:

- [1] 陈培彬. 炮兵指挥决策中优选作战方案的神经网络模型[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(2): 78-80.
- [2] 王超, 王西田, 张道延. 基于 D-S 证据理论的炮兵作战方案优选[J]. 兵工自动化, 2008, 27(6): 32-37.
- [3] 李勇, 杨光, 尤志锋. 大区域防空条件下防空兵作战方案的优选[J]. 现代防御技术, 2005, 33(5): 1-4.
- [4] 安静, 孟祥劝, 郭栋, 等. DEA 方法在防空作战方案优选中的应用[J]. 指挥控制与仿真, 2006, 28(3): 68-71.
- [5] Hwang C L, Yoon K S. Multiple attribute decision making and application [M]. New York: Spinger Verlag, 1981.
- [6] Liu B. Theory and practice of uncertain programming[M]. Heidelberg: Physcia-Vdrlag, 2002.