

一种多作战编队下的目标编群算法

袁德平¹ 郑娟毅² 史浩山¹ 刘 宁¹

(西北工业大学电子信息学院 西安 710129)¹ (西安邮电大学通信与信息工程学院 西安 710121)²

摘 要 在敌多目标对我多目标群进攻的态势下,提出了一种对敌目标分群的算法。该算法首先根据敌目标的几何态势要素,采用约束条件下的 chameleon 算法实现敌目标的空间聚类;再根据敌空间群的几何要素,推算出敌空间群对我空间群的进攻要素优势函数,并形成空间群进攻要素矩阵;最后通过对进攻要素的主、客观权重的推导,计算出综合权重和敌我双方空间群的进攻矩阵,进而划分出敌相互关系群。通过场景的设定与算法的仿真验证,证明了该算法的有效性。

关键词 目标分群, chameleon 算法, 进攻优势函数, 综合权重

中图分类号 TP391 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.2.049

Target Grouping Algorithm Based on Multiple Combat Formations

YUAN De-ping¹ ZHENG Juan-yi² SHI Hao-shan¹ LIU Ning¹

(School of Electronics Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)¹

(School of Telecommunication and Information Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China)²

Abstract A clustering algorithm was proposed for grouping enemy targets in the situation of the enemy multiple targets attacking our target groups. Firstly, the spatial clustering is realized by the constrained chameleon algorithm based on the geometric elements of the enemy's targets. And then, the advantage function of the attacking elements for the enemy's space group is calculated by the geometric elements of enemy space groups, and the attack factor matrix of the space groups between two sides is formed. Finally, the enemy's relationship groups are divided by a series derivation including computing the subjective weight and objective weight of the attack elements, deducing the synthetic weight and the attack matrix of the space groups between two sides. The effectiveness of the proposed algorithm was verified by the simulation of the given scene.

Keywords Target grouping, chameleon algorithm, Superiority function of attack, Synthetic weight

在现代战争中,通过对大量的战场信息推理而形成准确的战场综合态势,对实现正确的指挥决策有重大意义,而对战场目标的分群是整个态势估计的基础。在战场对抗中,敌我双方的目标实体具有不同的组织和空间结构,每个结构的组成部分也分别起着不同的作用,将形成这一结构的过程叫做目标分群^[1]。现有的目标编群方法中,基于多属性的目标分群方法^[2]对于多属性间权值分配主要依据主观经验;基于知识的最近邻法^[3]对于群目标的空间状态要求严格,否则会产生较大的误差。而且多数算法仅仅着重于对群目标的空间属性进行分群,而对目标的相互作用群考虑较少^[4,5],且都是敌多空间群对我单空间群的模式,无法满足在敌我双方多编队对抗下我方对敌的态势估计。本文提出敌我双方多目标群的编群算法,首先采用约束条件下的 chameleon 算法对敌目标进行空间群聚类;再根据敌空间群的几何要素,通过计算进攻要素优势函数,并对进攻要素优势函数值进行线性加权,获得

进攻矩阵;最后通过对进攻矩阵的分析,实现对敌目标相互作用群的划分。最后通过场景设置和仿真分析,验证了本算法的有效性和准确性。

1 态势估计中的目标编群问题描述

目标编群是针对点迹、航迹融合和目标识别后形成的目标航迹信息,进行同类信息的聚合和深层次的信息抽取,将作战目标划分为更高抽象层次的作战群。该作战群作为态势估计的输入,为更深层次上理解敌方的部署、意图及态势提供有效的参考。现代作战中态势估计的基本流程如图 1 所示。

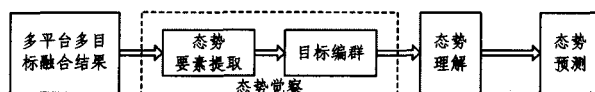


图 1 态势估计流程

从图 1 可以看出,态势估计包括态势觉察、态势理解和态

到稿日期:2015-09-15 返修日期:2015-10-23 本文受国家自然科学基金项目(61201194),陕西省科学技术研究发展计划项目(2013K06-07)资助。

袁德平(1972—),男,博士生,高级工程师,主要研究方向为信息融合、目标跟踪, E-mail: depingy@sina.com; 郑娟毅(1977—),女,高级工程师,硕士生导师,主要研究方向为计算机通信; 史浩山(1946—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机通信及网络; 刘 宁(1976—),女,工程师,博士生,主要研究方向为通信工程与信号处理、数据链仿真。

势预测。目标编群是态势估计中态势觉察的一部分,是对战场环境高级别态势描述的基础。

目标编群分为4层,由低级到高级分别为目标对象、空间群、相互作用群和敌/我/友群,如图2所示。目标对象就是战场环境中各独立的实体,如空目标或水面目标等;空间群是对目标对象按照空间位置关系进行分类的过程;相互作用群是指具有相同的战术目的空间群的集合;敌/我/友群是将相互作用群按照我方、敌方和友方划分为战场上的3个阵营。

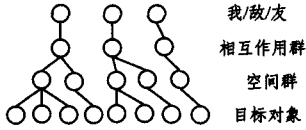


图2 目标编群的层次结构

态势觉察首先要提取态势要素,军事战场态势由一个复杂的环境组成,涉及到的态势要素有环境要素、作战兵力要素、社会要素等。对于战术级的态势估计,主要是基于作战双方的兵力要素进行的,其态势要素更注重实时、动态的信息。态势要素的提取通常是根据不同的战术目的进行有选择的选取,本文作战要素设定各独立目标的态势要素集合 $A = \{ \text{目标批号}(id), \text{目标敌我属性}(attr), \text{位置}(x, y, z), \text{速度}(V_x, V_y, V_z), \text{目标类型}(type) \}$ 。

批号是多传感器目标级融合后确定目标的唯一识别号,敌我属性是通过敌我识别器来获取的,目标类型是探测和识别到的空海目标类型,其他的态势要素是前一级多传感器融合后形成的目标属性。

2 改进的目标编群方法

2.1 基于约束的 chameleon 算法实现对目标的空间群聚类

chameleon 算法是一种聚合型层次聚类算法,它根据类的内在特征,综合考虑互连性和近似度,具有发现和构造任意大小类的能力^[6]。本文不再详述 chameleon 算法的详细流程,主要说明如何改进该方法以进行目标空间群的聚类。

改造的简要流程为:将 k-最近邻图改造成反映所有目标数据点之间的位置关系、速度关系、类型关系和敌我属性关系;为目标图添加边的权重值,根据目标图边的权重值来进行目标图的分割;利用互连性和近似度函数来完成目标图的初始子类的聚类^[7]。

首先是 k-最近邻图的构造,每个目标为 k-最近邻图中的一个点。首先以敌我属性和目标类型作为约束条件,判断两点间的权重。如果敌我属性和目标类型均相同,则判断有可能是同一空间群目标,继续计算权重,否则权重为 0;如果权重不为 0,则由目标数据点之间的位置和速度属性确定两个数据点之间的相似度,并以此相似度作为两点间的权重。设 T 时刻的距离为 D_1 , $T + \Delta T$ 时刻两点距离变为 D_2 ,那么这两个距离的平均值的倒数 $\frac{2}{|D_1 + D_2|}$ 作为两点间的相似度,两点之间权重越大,目标空间位置和速度越接近,同群的可能性越大。

其次,根据 k-最近邻图中目标点间边的权重值来进行 k-最近邻图的分割,设定权重阈值 W_T ,将权重大的目标合并,并用一个节点来表示,接下来按照 chameleon 算法将其分割成子类。

最后对子类进行合并。设定子类间的相似度函数和互连性函数乘积的阈值 P_T ,计算每两个子类间的相似度函数 RI 和互连性函数 RC 的乘积,将乘积最大的两个子类合并。再重新计算新的子类间的相似度函数和互连性函数的乘积,合并最大两类,反复运算,直到乘积小于阈值时停止,完成空间聚类。

具体步骤如下。

Step1:设定参数值 $\Delta T, W_T, P_T$ 等。

Step2:遍历每两目标点,如果敌我属性和目标类型均相同,则按照点间相似度计算点间权重,否则为 0,形成 k-最近邻图。

Step3:点间权重与 W_T 比较,判断是否合并为一点,并按照 chameleon 算法分割子类。

Step4:遍历每两子类点,计算 RI 和 RC 的乘积。合并乘积最大的两子类,形成新的子类集。

Step5:遍历每两子类点,计算 RI 和 RC 的乘积,并与 P_T 比较,如果大于 P_T ,则重复 Step4,否则聚类结束。

2.2 基于进攻矩阵的相互作用群划分

敌方同一空间群中各目标对我方目标有着相同进攻意图,对我方目标有进攻性的空间群与我方目标构成了一种进攻关系。基于几何态势要素确定敌我空间群的进攻关系,首先通过敌我空间群的几何态势要素计算进攻要素优势函数;通过计算各进攻要素的主客观权重,获得各进攻要素的综合权重;通过进攻要素综合权重和进攻要素优势函数,获得敌我空间群的进攻矩阵,实现相互关系群的划分。

2.2.1 进攻要素矩阵的计算

1) 求解进攻要素矩阵

首先根据角度、速度、距离、高度和目标类型这 5 个要素,构造进攻要素优势函数。设敌我双方的几何态势如图 3 所示, M 为我方目标群; T 为敌方目标群; Φ 为我目标群航向与敌目标线的夹角,即方位角, V_M 为其速度; θ 为敌机群 T 相对于我目标群 M 的舷角,即敌目标群舷角, V_T 为其速度; D 为敌我目标群之间的距离。方位角与进入角的方向一致规定为右偏为正,左偏为负。

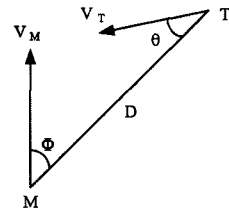


图3 敌我双方几何态势

构造相对角度优势函数:

敌空目标群对我空目标群的相对角度优势函数为:

$$T_A^S = \frac{1}{2} (1 + \frac{|\Phi| - |\theta|}{180}) \quad (1)$$

可以看出,当 $\Phi = 180^\circ, \theta = 0^\circ$ 时, $T_A^S = 1$ 为最大,此时表示敌追我尾,敌方进攻可能性最大。

当敌空目标群对我水面目标群时,相对角度优势函数与我方位角无关(假设舰艇平台导弹为垂直发射系统),只与敌舷角有关:

$$T_A^{SW} = 1 - \frac{|\theta|}{180} \quad (2)$$

构造相对速度优势函数:

敌目标群速度越大时,其对我目标群进攻可能性也越大,反之就越小。构造敌空目标群对我空目标群的相对速度优势函数为:

$$T_V^S = \begin{cases} 1.0, & V_T > 1.5V_M \\ -\frac{1}{2} + \frac{V_T}{V_M}, & 0.6V_M \leq V_T \leq 1.5V_M \\ 0.1, & V_T < 0.6V_M \end{cases} \quad (3)$$

当敌空目标群对我水面目标群时,相对速度优势函数为:

$$T_V^W = \begin{cases} 1.0, & \Delta V \geq 1Ma \\ \Delta M, & \Delta V < 1Ma \end{cases} \quad (4)$$

ΔV 的单位为马赫。

构造相对距离优势函数:

敌空目标群对我空目标群的距离优势函数呈分段型函数,如式(5)所示。

$$T_D = \begin{cases} 1, & D < D_{\min} \\ \exp\left[-\frac{k(D-D_{\min})}{(D_{\max}-D_{\min})}\right], & D_{\min} \leq D \leq D_{\max} \\ 0, & D > D_{\max} \end{cases} \quad (5)$$

其中, $k > 0$ 。距离小于特定距离 $D_{\min}$ 时,距离进攻可能性为 1;大于特定距离 $D_{\max}$ 时,距离进攻可能性为 0;处于两者中间时,呈指数关系。此处 $k = 10$,敌我均为空目标群时 $D_{\min} = 15\text{km}$, $D_{\max} = 200\text{km}$,敌空目标群对我水面舰艇时, $D_{\min} = 3\text{km}$, $D_{\max} = 500\text{km}$ 。

构造相对高度优势函数:

敌目标群相对我目标群的飞行高度 ΔH 越小,我方越难以发现,特别是敌近距离低空目标对我方的进攻概率更大。构造高度优势函数为:

$$T_H = \begin{cases} 1, & 0 \leq \Delta H \leq H_{\min} \\ \exp[-\beta(\Delta H - H_{\min})^2], & H_{\max} > \Delta H > H_{\min} \\ 0, & \Delta H \geq H_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

敌我均为空目标群时, $H_{\min} = 0.2\text{km}$;敌空目标群对我水面舰艇群时, $H_{\min} = 0.15\text{km}$; $\beta > 0$,在此取 $\beta = 0.1$ 。

构造目标类型的优势函数:

根据目标类型,实现敌我目标类型间的优势函数如表 1 所列。例如表示敌歼击机群对我轰炸机群的优势值为 $T_T = 0.8$ 。

表 1 敌我目标类型间的优势函数

我 \ 敌	歼击机	轰炸机	侦察机	舰艇平台
歼击机	0.5	0.8	0.9	0.6
轰炸机	0.2	0.5	0.4	0.9
侦察机	0.6	0.6	0.5	0.6
舰艇平台	0.2	0.4	0.2	0.5

2) 进攻要素矩阵

n 个敌目标群对我目标群 j 的进攻要素矩阵为:

$$A_j = \begin{bmatrix} T_A^1 & T_V^1 & T_D^1 & T_H^1 & T_T^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ T_A^n & \dots & T_T^n \end{bmatrix}, j=1, \dots, m \quad (7)$$

本文所获得的指标无不同纲量的影响,无需规范化处理,只进行列归一化处理。

2.2.2 综合进攻要素权重的计算

通过对进攻要素的优势函数值进行线性加权来获得进攻优势值。为实现主观偏好和客观判断的一致性,对主、客观进

攻要素权重进行综合,获得综合权重,以尽量达到主观和客观的统一。

1) 进攻要素客观权重

客观权重的选取方法采用熵信息法。熵信息法利用指标的客观信息,规定同一指标间的波动越小,则该指标的权重越小,波动越大,则该指标权重越大^[8]。

熵信息法的权重计算过程为:进攻要素矩阵 $A_j = (b_{nm})_{G \times 5}$, 令

$$p_{nm} = b_{nm} / \sum_{n=1}^G b_{nm}, n=1, 2, \dots, G; m=1, 2, \dots, 5$$

G 为敌空间群数, $m=5$ 为指标数量。

由信息论知识可得,指标 s_m 输出的信息熵为:

$$E_m = -(\ln G \sum_{n=1}^G p_{nm} \ln p_{nm}), m=1, 2, \dots, 5$$

其中,当 $p_{nm} = 0$ 时,规定 $p_{nm} \ln p_{nm} = 0$ 。则

$$\mu_m = (1 - E_m) / \sum_{m=1}^5 (1 - E_m) \quad (8)$$

其中, $m=1, 2, \dots, 5$, μ_m 为指标 s_m 的客观权重,所有指标的客观权重向量 $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_5)^T$ 。

2) 进攻要素主观权重

进攻要素指标的主观权重的选取采用 5 级标度赋值法^[9]来计算 ω 。设 5 种进攻要素指标的 5 级标度如表 2 所列。

表 2 进攻要素指标的 5 级标度

进攻要素 s_j 与 s_k 方案比较	取值
相当	$d_{kj} = d_{jk} = 4$
较强	$d_{kj} = 4+1, d_{jk} = 4-1$
强	$d_{kj} = 4+2, d_{jk} = 4-2$
很强	$d_{kj} = 4+3, d_{jk} = 4-3$
绝对强	$d_{kj} = 4+4, d_{jk} = 4-4$

若指标 s_j 对 s_k 的 5 级标度赋值为 d_{jk} ,按上表方法可得赋值矩阵为:

$$(d_{ij})_{m \times m} = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{51} & \dots & d_{55} \end{bmatrix} \quad (9)$$

计算各方案的 5 级标度偏好优序号数: $O_j = \sum_{k=1}^5 d_{jk}, j=1, 2, \dots, 5$ 。令

$$\omega_j = O_j / \sum_{k=1}^5 O_k, j=1, 2, \dots, 5 \quad (10)$$

可得所有指标的主观权重向量为 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_5)^T$ 。

3) 进攻要素的综合权重

采用主、客观权重获得综合权重的方法,主要有基于最小二乘线性权重综合和乘法合成归一综合法等,为计算简单,本文采用乘法合成归一法。考虑到主观、客观赋权方法求得的权重重要性程度相同,本文 5 种指标采用乘法合成归一法进行权重综合:

$$\rho_j = \frac{\prod_{s=1}^L \rho_j^s}{\sum_{j=1}^5 \prod_{s=1}^L \rho_j^s} \quad (11)$$

其中, ρ_j 为第 j 个指标的综合权重, $s=1, 2, \dots, L$ 为赋权方法的个数,在此 $L=2$,分别表示主观和客观法。 $\prod_{s=1}^L \rho_j^s$ 表示第 j 个指标用 L 种赋权法得到的权重积,分母表示所有指标权重积之和。最终得到综合权重 $\rho = (\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_5)$ 。

2.2.3 计算进攻矩阵并判断敌相互作用群

计算敌目标对我目标 j 的综合进攻向量,是对 A_j 各进攻要素的线性组合:

$$a_j = A_j \rho^T \quad (12)$$

设进攻矩阵为 A_T , 则 $A_T = (a_1, a_2, \dots, a_R)$ 。其中行向量为敌方空间群, 列向量为我方空间群。根据矩阵 A_T 判定相互作用群和作用群我方目标群。判定方法为: 在 G 行中, 找出每一行的最大值, 假定该值为 a_{ij} (表示敌空间群 i 对所有我方空间群中的第 j 个进攻可能性最大), 给予选出。再从列看, 每列中已选出的个数表示该相互作用群的空间群个数, 该相互作用群包含的敌方空间群为 a_{ij} 中 i 所对应的敌空间群。

2.3 计算步骤

综上所述, 本文算法的计算步骤如下。

Step1: 将我方目标群和敌目标空间群聚类结果作为输入, 计算敌各个空间群要素集: $G_i = \{\text{群号}(GB_i), \text{位置}(X_i, Y_i, Z_i), \text{速度}(V_{x_i}, V_{y_i}, V_{z_i}), \text{类型} \text{type}(i)\}$, $i = 1, 2, \dots, G$, G 表示敌空间群的个数。计算我各个空间群要素集: $R_j = \{\text{群号}(GR_j), \text{位置}(X_j, Y_j, Z_j), \text{速度}(V_{x_j}, V_{y_j}, V_{z_j}), \text{类型} \text{type}(j)\}$, $j = 1, 2, \dots, R$, R 表示我空间群的个数。

Step2: 根据式(1)~式(6)及表1, 计算敌空间群 i 对我方目标群 j 的攻击优势函数值 $T_A^i(j)$, $T_V^i(j)$, $T_b^i(j)$, $T_h^i(j)$, $T_f^i(j)$ 。并按式(7)形成进攻要素矩阵 A_j , $j = 1, 2, \dots, R$ 。

Step3: 计算敌空间群对我目标群 j 进攻各要素的权重。

列归一化处理得到矩阵 $B = (b_{jm})_{G \times K}$, 按式(8)~式(11)分别计算客观权重向量 μ 、主观权重向量 ω 和综合权重 ρ 。

Step4: 计算敌目标对我目标 j 的综合进攻向量 a_j , 按照式(12)获得。

Step5: 计算进攻矩阵 A_T , 并按准则判定相互作用群。

3 仿真验证与分析

假设敌我双方在海面对峙, 已知我方兵力部署为水面舰艇编队和飞行编队, 敌方有 10 批空目标。并且已知战场态势为敌方歼击机群欲攻击我歼击机群, 敌轰炸机群将进攻我舰艇编队群, 为验证本文算法的有效性, 本文算法与文献[9]算法在给定同样场景下仿真。已知在 T 时刻, 我方编队(GR1-GR3)的空间要素和敌方目标(B1-B10)的空间要素如表3、表4所列, 坐标系为以我舰艇编队的中心位置为原点, 正北指向 Y 轴, 位置坐标 (X, Y, Z) 坐标符合右手定则。

表3 我方空间群在 T 时刻空间要素表

我空间群号	位置 (X, Y, Z)(m)	速度 (V _x , V _y , V _z)(m/s)	属性
GR1	(0, 0, 0)	(8, 8, 0)	我舰艇编队
GR2	(80, 3215, 2135)	(266, 270, 0)	我歼击机编队 1
GR3	(-1513, 1427, 2034)	(258, -265, 0)	我歼击机编队 2

表4 敌方目标在 T 时刻空间要素表

目标批号	位置 (X, Y, Z)(m)	速度 (V _x , V _y , V _z)(m/s)	属性
B1	(-3652, 23763, 3021)	(254, -261, 0)	歼击机
B2	(-17208, 17232, 3138)	(331, -301, 0)	歼击机
B3	(-4813, 22512, 3132)	(258, -332, 0)	歼击机
B4	(-6233, 21972, 3072)	(110, -472, 0)	歼击机
B5	(-16005, 18120, 3088)	(275, -423, 0)	歼击机
B6	(-14511, 19277, 2881)	(286, -488, 0)	歼击机
B7	(-14599, -14132, 3122)	(133, 233, 0)	轰炸机
B8	(-11904, -14335, 2988)	(120, 201, 0)	轰炸机
B9	(-16212, -13033, 3032)	(140, 301, 0)	轰炸机
B10	(-11012, -15483, 3022)	(110, 239, 0)	轰炸机

首先按照本文算法进行计算。

按照 2.1 节的步骤, 可以得到敌方空间群分类及空间群几何态势要素, 如表 5 所列。

表5 敌方空间群在 T 时刻空间要素表

敌空间群号	所含目标	位置 (X, Y, Z)(m)	速度 (V _x , V _y , V _z)(m/s)	属性
GB1	B1, B3, B4	(-4899, 22749, 3075)	(207, -355, 0)	歼击机群
GB2	B2, B5, B6	(-15908, 18210, 3036)	(297, -404, 0)	歼击机群
GB3	B7, B9	(-15406, -13583, 3077)	(137, 267, 0)	轰炸机群
GB4	B8, B10	(-11458, -14909, 3005)	(115, 220, 0)	轰炸机群

对 GR, 敌目标群的几何要素优势函数矩阵如下 (其中行式分别代表敌目标群 GB1-GB4, 列式分别代表角度优势函数、速度优势函数、距离优势函数、高度优势函数和目标群类别优势函数):

$$A_{GR1} = \begin{bmatrix} 0.832 & 1 & 0.662 & 0.425 & 0.6 \\ 0.798 & 1 & 0.651 & 0.435 & 0.6 \\ 0.881 & 0.852 & 0.699 & 0.442 & 0.9 \\ 0.945 & 0.698 & 0.724 & 0.443 & 0.9 \end{bmatrix}$$

$$A_{GR2} = \begin{bmatrix} 0.662 & 0.584 & 0.756 & 0.946 & 0.5 \\ 0.727 & 0.823 & 0.687 & 0.952 & 0.5 \\ 0.949 & 0.292 & 0.654 & 0.956 & 0.2 \\ 0.952 & 0.155 & 0.704 & 0.956 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$A_{GR3} = \begin{bmatrix} 0.843 & 0.611 & 0.699 & 0.931 & 0.5 \\ 0.976 & 0.856 & 0.680 & 0.938 & 0.5 \\ 0.579 & 0.311 & 0.828 & 0.942 & 0.2 \\ 0.699 & 0.171 & 1 & 0.942 & 0.2 \end{bmatrix}$$

客观权重的计算: $\omega(1) = (0.073, 0.302, 0.027, 0.004, 0.594)$, $\omega(2) = (0.057, 0.592, 0.005, 0.003, 0.343)$, $\omega(3) = (0.066, 0.551, 0.043, 0.003, 0.337)$ 。

主观权重的选择: 假设根据专家经验, D_1 、 D_2 分别是在敌方为空目标群而我方为舰艇平台和敌我都是空目标群的情况下, 对 5 种几何要素优势指标的赋值矩阵。

$$D_1 = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 1 & 2 & 0 \\ 5 & 4 & 7 & 6 & 3 \\ 7 & 1 & 4 & 3 & 2 \\ 6 & 2 & 5 & 4 & 3 \\ 8 & 5 & 6 & 5 & 4 \end{bmatrix}, D_2 = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 5 & 7 & 2 \\ 5 & 4 & 6 & 7 & 5 \\ 3 & 2 & 4 & 5 & 0 \\ 1 & 1 & 3 & 4 & 2 \\ 6 & 3 & 8 & 6 & 4 \end{bmatrix}$$

根据五级标度赋值法, 分别计算出矩阵 D_1 对应的 5 种几何要素指标的权重: $\omega(1) = (0.10, 0.25, 0.17, 0.20, 0.28)$, 矩阵 D_2 对应的 5 种几何要素指标的权重: $\omega(2) = (0.21, 0.27, 0.14, 0.11, 0.27)$ 。

综合权重分别为: $\rho(GR1) = (0.029, 0.297, 0.018, 0.003, 0.653)^T$, $\rho(GR2) = (0.045, 0.602, 0.003, 0.001, 0.349)^T$, $\rho(GR3) = (0.053, 0.572, 0.024, 0.001, 0.350)^T$ 。

对 A_{GR1} — A_{GR3} , 综合进攻优势向量分别为: $V_{GR1} = (A_{GR1} * \rho(GR1))^T$, $V_{GR2} = (A_{GR2} * \rho(GR2))^T$, $V_{GR3} = (A_{GR3} * \rho(GR3))^T$ 。

敌我编队的进攻优势矩阵:

$$(V_{GR1} \ V_{GR2} \ V_{GR3}) = \begin{bmatrix} 0.726 & 0.557 & 0.853 \\ 0.725 & 0.706 & 0.737 \\ 0.880 & 0.291 & 0.287 \\ 0.837 & 0.209 & 0.205 \end{bmatrix}$$

从我方编队的进攻优势矩阵可以看出, 每一行最大值分别为 V_{13} , V_{23} , V_{31} , V_{41} , 在 T 时刻, 敌第一、第二目标群对我第三空间群有进攻可能性最大, 编为同一相互作用群; 敌第三、第四空间群对我第一空间群有最大可能的进攻目的, 编为同一相互作用群。敌方目标编群的过程如图 4 所示, 图 4(a)为

(下转第 244 页)

[18] Cabezas C, Resnik P, Stevens J. Supervised Sense Tagging using Support Vector Machines[C]// Proceedings of Senseval-2, Second International Workshop on Evaluating Word Sense Disambiguation Systems. Toulouse, France; Association for Computational Linguistics, 2001; 59-62

[19] Buscaldi D, Rosso P, Pla F. Verb Sense Disambiguation Using Support Vector Machines; Impact of WordNet-Extracted Features[M]// Computational Linguistics and Intelligent Text Processing. 2006; 192-195

[20] Vapnik V N. 统计学习理论的本质[M]. 张学工, 译. 北京: 清华大学出版社, 2000

[21] Vapnik V N. 统计学习理论[M]. 许建华, 张学工, 译. 北京: 电子

工业出版社, 2004

[22] Li Gang, Kou Guang-zeng, Xia Chen-xi, et al. The optimal boundary issues of Chinese word sense disambiguation[J]. New Technology of Library and Information Service, 2009(2); 54-58 (in Chinese)

李纲, 寇广增, 夏晨曦, 等. 中文词义消歧上下文最优边界问题研究[J]. 现代图书情报技术, 2009(2); 54-58

[23] http://ccl.pku.edu.cn:8080/ccl_corpus/index.jsp?dir=xian-dai

[24] Li X F, Liu B, Tian X D. Research on Automatic Recognition of Separable Words in Modern Chinese[J]. Applied Mechanics, and Manufacturing IV, 2014, 8(4); 1493-1498

(上接第 238 页)

敌方目标与我方目标群的位置关系, 图 4(b)为通过对敌方目标空间编群, 形成敌方 4 个空间群与我目标群的空间关系, 图 4(c)为敌方空间群对我方不同目标的进攻意图而形成的相互作用群。

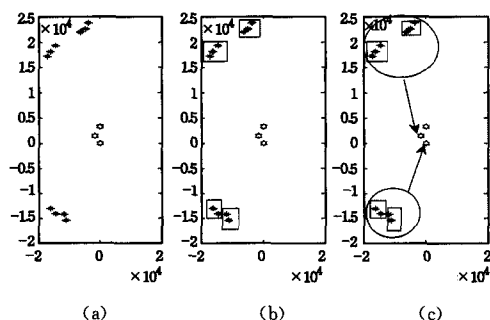


图 4 敌方目标分群过程

按照文献[10]的算法计算, 在同样场景下仿真, 可以得出空间编群的结果一致, 而相互作用群划分时, 按照其功能类型互补、视线夹角小于 130° 等划分原则, 对敌相互作用群的划分时, 敌同一空间群在我方不同空间群时, 其处于不同相互作用群。显然这样的结果无法有效地在敌多目标群对我多目标群进攻时实现对敌目标编群, 无法满足我海空编队作战时对敌方态势的有效估计。

结束语 针对敌方多目标对我多目标进攻时, 对敌目标分群的问题, 本文采用两步来实现。首先改进 chameleon 算法实现空间群的聚类, 不但具有发现和构造任意大小空间群的能力, 实际目标属性的约束条件也使得聚类准确, 运算更加简化。其次根据敌空间群的几何要素, 通过计算进攻要素优势函数, 对各进攻要素优势函数值线性加权, 获得进攻矩阵, 通过对进攻矩阵的分析, 实现对敌目标相互作用群的划分。最后通过场景设置和仿真对比分析, 验证了本算法的有效性。

参 考 文 献

[1] Wang Xiao-fan. Research on situation assessment techniques in information fusion[D]. Xi'an: Xidian University, 2012 (in Chinese)

王晓帆. 信息融合中的态势评估技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2012

[2] Long Zhen-zhen, Zhang Ce, Wang Wei-ping, et al. An unsupervised method for multi-attribute target grouping based on clus-

tering analysis[J]. Mathematics in practice and theory, 2009, 39(19); 157-161 (in Chinese)

龙真真, 张策, 王维平, 等. 基于聚类分析的非监督多属性目标分群方法[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(19); 157-161

[3] Zhang Ming-yuan. Research of technologies for situation assessment in multi-source data fusion[D]. Xi'an: Xidian University, 2004 (in Chinese)

张明远. 多源数据融合系统中态势评估技术的研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2004

[4] Long Zhen-zhen, Zhang Ce, Wang Wei-ping. Algorithm for operational object grouping in situation assessment based on hierarchical clustering[J]. Journal of projectiles, rockets, missiles and guidance, 2009, 29(3); 209-221 (in Chinese)

龙真真, 张策, 王维平. 基于层次聚类态势估计中的目标分群算法[J]. 弹箭与制导学报, 2009, 29(3); 209-221

[5] Li Yun, Lao Song-yang, Liu Gang, et al. Maximum entropy object grouping algorithm based on dissipative structure theory [J]. System engineering-theory and practice, 2012, 32(12); 2816-2824 (in Chinese)

李贽, 老松杨, 刘钢, 等. 基于耗散结构理论的极大熵目标分群算法[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(12); 2816-2824

[6] Han Jia-wei, Kamber M. 数据挖掘概念与技术[M]. 范明, 孟小峰, 译. 北京: 机械工业出版社, 2001

[7] Huang Lei, Guo Lei. Method of clustering about situation assessment [J]. Computer Applications, 2006, 26(5); 26-29 (in Chinese)

黄雷, 郭雷. 一种面向态势估计中分群问题聚类方法[J]. 计算机应用, 2006, 26(5); 26-29

[8] Lin Qi-ning. Decision analysis[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2005 (in Chinese)

林齐宁. 决策分析[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2005

[9] Wang Chang-qing, Zhang Yi-nong, Xu Wan-li. Research of determining index weights based on Least squares method in post-evaluation process[J]. Journal of Jilin University (Information Science Edition), 2010, 28(5); 513-518 (in Chinese)

王长青, 张一农, 许万里. 运用最小二乘法确定后评估指标权重的方法[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2010, 28(5); 513-518

[10] Wang Xin-wei, Yang Shao-qing, Lin Hong-wen, et al. Target Clustering Technology in Sea Battlefield[J]. Ship Electronic Engineering, 2013, 33(11); 25-27 (in Chinese)

王新为, 杨绍清, 林洪文, 等. 海战场目标分群技术研究[J]. 舰船电子工程, 2013, 33(11); 25-27