

基于灰色关联方法的目标类型识别

苏日¹, 申卯兴^{1,2}, 王立辉¹

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 华中科技大学 控制科学与工程系, 湖北 武汉 430074)

摘要:针对目标类型识别问题,在分析影响目标类别因素的基础上,引入了利用灰色关联理论进行目标类型识别的原理,建立了目标类型识别的模型和方法。实例验证该模型能有效地解决目标类型识别的问题。

关键词:灰色关联;目标类型识别;地面防空;模型

中图分类号: TP11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2006)01-0026-03

在地面防空系统中,可用识别目标类型来判断来袭目标的性能,威胁程度等,为决策提供依据。计算机识别目标类型是使用间接的方法通过录取目标的高度、速度、机动方式等运动参数来进行判断。目标类型不同时,上述参数有所区别,但是由于目标运动参数的变化范围往往很大,用计算机比较的结果与实际情况有较大的出入。因此,目标类型的判断要根据多方面的情况,参照计算机的结果比较得出。基于上述情况,本文把雷达操纵员的经验与计算机的对比判断结合起来,利用灰色理论^[1]建立了目标类型识别方法,并进行了相关的探讨。

1 灰色识别原理

应用灰色系统理论处理问题的基本思想是设法使系统由“灰”变“白”,灰色系统的白化过程就是根据地面防空雷达观测到的目标参数及回波情况,通过分析,抓住主要影响因子,并用一定的数学方法尽可能地消除未知因素的影响,建立起目标类型的识别模型。

1.1 建立对目标类型识别的参数模板

根据不同目标类型在空中飞行时地面防空系统雷达所能探测的指标和雷达系统校飞中所采用的指标,我们选取空中飞行器的速度 v 、高度 H 、机动能力 α (加速度)、雷达波形大小 P_1 、雷达回波强弱 P_2 这5项指标,建立如表1所示的目标类型参数模板(回波的强弱是基于目标在一定距离上的)。

表1 目标类型参数模板

目标类型	$v/(m \cdot s^{-1})$	H/m	α/g	P_1	P_2
I	v_{max}	H_{max}	α_{max}	$P_{1max}(0.8 \sim 1)$	$P_{2max}(0.8 \sim 1)$
II	v_{min}	H_{min}	α_{min}	$P_{1min}(0.0 \sim 0.3)$	$P_{2min}(0.0 \sim 0.3)$
III	v_{mem}	H_{mem}	α_{mem}	$P_{1mem}(0.4 \sim 0.7)$	$P_{2min}(0.4 \sim 0.7)$

1.2 参数的选取及建立灰关联矩阵

目标参数的选取是根据在一定的战术背景下,目标采用其特征飞行的参数。把依据表1中5项指标(v, H, α, P_1, P_2)所获得的空中目标参数记为参数体 $S_x: x_i = (x_i(1), x_i(2), x_i(3), x_i(4), x_i(5))$,把已知的各个目标类型(为说明方法,这里仅选取4种机型为目标类型)的相应参数记为 $S_y: x_i = (x_i(1), x_i(2), x_i(3), x_i(4), x_i(5))$, $i = 1, 2, 3, 4, 5$,根据 S_x 与 S_y 的接近关系,即 $S_x \text{Spr } S_y$,来进行目标类型的识别。

收稿日期:2005-05-30

基金项目:国家高等学校骨干教师资助计划资助项目(GG-1105-90039-1004)

作者简介:苏日(1973-),男,山西怀仁人,硕士生,主要从事作战决策分析研究;

申卯兴(1961-),男,陕西合阳人,教授,主要从事防空作战决策分析及其优化理论与方法研究。

根据雷达观测的目标回波特性和参数,与选取的模板参数建立灰关联矩阵 $X = [x_i(k)]_{5 \times 5}$ 。

1.3 对序列进行初值化建立灰关联差异信息矩阵

对于待识别目标参数体 $S_x: x_1 = (x_1(1), x_1(2), x_1(3), x_1(4), x_1(5))$, 相对于已知的 4 种目标类型的参数体, 首先求取差异信息

$$\Delta_{1i}(k) = |x_1(k) - x_i(k)|, (k=1, 2, 3, 4, 5; i=2, 3, 4, 5) \tag{1}$$

得到差异信息矩阵 $\Delta = [\Delta_{1i}(k)]_{4 \times 5}$ 。

1.4 计算灰关联系数和灰关联度

由灰关联系数表达式

$$\gamma_{1i}(k) = \gamma(x_1(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k \Delta_{1i}(k) + \zeta \max_i \max_k \Delta_{1i}(k)}{\Delta_{1i}(k) + \zeta \max_i \max_k \Delta_{1i}(k)} \quad (k=1, 2, 3, 4, 5; i=2, 3, 4, 5) \tag{2}$$

求取灰关联系数, 其中通常取分辨系数 $\zeta = 0.5$, 实际运用中应根据问题需要按文献[2]的方法选取。这样, 得到灰关联系数矩阵 $B = [\gamma_{1i}(k)]_{4 \times 5}$ 。由此, 可以依灰关联度表达式:

$$\gamma_{1i} = \gamma(x_1, x_i) = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \gamma(x_1(k), x_i(k)), (i=2, 3, 4, 5) \tag{3}$$

求出待识别目标参数体对于各个已知目标类型的灰色关联度。

1.5 根据灰关联度排列关联序, 识别出目标类型

按照灰色系统分辨原理, 把 1.4 求出的灰关联度进行排序, 若

$$\gamma_{1i_0} = \max_i \{ \gamma(x_1, x_i) \} \tag{4}$$

则判断认为待识别目标类型为 i_0 所对应的目标类型。

2 算 例

设雷达发现一目标, 距离 100 km, 速度 238 m/s, 高度 10 000 m, 机动为 1 g, 波形大小为 0.8, 回波强弱为 0.7 (以战略轰炸机为根据)。参数模板 (选 4 种机型) 见表 2。

表 2 机型参数模板

机型	$v/(m \cdot s^{-1})$	H/m	α/g	P_1	P_2
战略轰炸机 B-52	$v_{max} = 280$	$H_{max} = 16\ 760$	1	0.8	0.8
	$v_{mem} = 250$	$H_{mem} = 10\ 000$			
	$v_{min} = 222$	$H_{min} = 60 \sim 300$			
歼击机 F-16	$v_{max} = 590$	$H_{max} = 17\ 200$	$\alpha_{max} = 9$	0.5	0.5
	$v_{mem} = 230$	$H_{mem} = 8\ 000$	$\alpha_{mem} = 5.5$		
		$H_{min} = 50 \sim 300$	$\alpha_{min} = 2 \sim 3$		
武装直升机	$v_{max} = 100$	$H_{max} = 6\ 400$	$\alpha_{max} = 3.5$	0.2	0.2
	$v_{mem} = 77$	$H_{mem} = 300 \sim 500$	$\alpha_{mem} = 1$		
	$v_{min} = 0$	$H_{min} = 10$	$\alpha_{min} = 0.5$		
隐形战斗机 F-117A	$v_{max} = 306$ $v_{mem} = 233$	$H_{max} = 13\ 700$	$\alpha = 1$	0.5	0.1

把所发现目标的参数记为序列 $x_1 = (238, 10\ 000, 1, 0.8, 0.7)$, 机型参数模板中各个机型的参数分别取为 $x_2 = (250, 10\ 000, 1.0, 0.8, 0.8)$, $x_3 = (280, 10\ 000, 2.5, 0.5, 0.5)$, $x_4 = (100, 6\ 400, 2.0, 0.2, 0.2)$, $x_5 = (220, 10\ 000, 1.0, 0.1, 0.1)$ 。建立灰关联矩阵

$$X = \begin{bmatrix} 238 & 10\ 000 & 1 & 0.8 & 0.7 \\ 250 & 10\ 000 & 1 & 0.8 & 0.8 \\ 280 & 10\ 000 & 2.5 & 0.5 & 0.5 \\ 100 & 6\ 400 & 2 & 0.2 & 0.2 \\ 220 & 10\ 000 & 1 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}$$

对矩阵进行初值化,由式(1)得灰关联差异信息矩阵

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0.05 & 0 & 0 & 0 & 0.14 \\ 0.18 & 0 & 1.5 & 0.37 & 0.29 \\ 0.58 & 0.36 & 1 & 0.75 & 0.72 \\ 0.08 & 0 & 0 & 0.37 & 0.86 \end{bmatrix}$$

计算灰关联系数和灰关联度取 $G_R = (\Delta, \xi, \Delta_{1i}(\max), \Delta_{1i}(\min)) = (\Delta, 0.5, 1.5, 0)$, 由式(2)得灰关联系数矩阵

$$B = \begin{bmatrix} 0.9375 & 1 & 1 & 1 & 0.8427 \\ 0.8065 & 1 & 0.3333 & 0.6696 & 0.7215 \\ 0.5639 & 0.6757 & 0.4286 & 0.5000 & 0.5102 \\ 0.9036 & 1 & 1 & 0.7211 & 0.4658 \end{bmatrix}$$

由式(3)得灰关联度: $\gamma_1(x_1, x_2) = 0.9650$, $\gamma_1(x_1, x_3) = 0.7061$, $\gamma_1(x_1, x_4) = 0.5368$, $\gamma_1(x_1, x_5) = 0.8181$, 灰关联序为 $\gamma_1(x_1, x_2) > \gamma_1(x_1, x_5) > \gamma_1(x_1, x_3) > \gamma_1(x_1, x_4)$, 即序关系为: $R(2, 5, 3, 4) = R(\text{战略轰炸机, 隐形战斗机, 歼击机, 武装直升机})$ 。

这个序关系表明:从雷达观测到的信息情况经过模型处理后,可以初步判明该机为战略轰炸机,与目标机机型相符。若目标机没有做特征飞行,判别不出该机机型,可以认为该机为灰。整个判别过程为动态,随着目标的临近或作特征飞行,可以进一步判别。

3 结束语

对于战场环境中的目标识别,灰色分辨、灰色关联是一种良好的途径和方法。为说明方法的简便,本文的描述进行了简化。在进一步的研究中,还应注意如何选取合适的参数模板,参数模板的目标类型选择,各个参数在模板中的重要性权重系数的加入,灰分辨系数的灵活选取等等问题,以使方法更加可靠实用。

参考文献:

- [1] 刘思峰,郭天榜. 灰色系统理论及其应用(第三版)[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [2] 申卯兴,薛西锋. 灰色关联分析中分辨系数的选取[J]. 空军工程大学学报(自然科学版), 2003, 4(1): 68-70.
- [3] 傅立. 灰色系统理论及应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1992.
- [4] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.

(编辑:田新华)

A Method of Target Type Classification Based on Grey Correlation Analysis

SU Ri¹, SHEN Mao-xing^{1,2}, WANG Li-hui¹

(1. The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China; 2. Department of Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: Aimed at the problem of target type classification and in the light of the reality of our ground-based air defense army, this paper introduces the principles of target type classification based on Grey incidence theory, presents a model and the scheme of target type classification after analyzing the primary factors which affect airplane type reorganization. The example proves that this model can be used for solving the problem of target type classification effectively.

Key words: Grey correlation analysis; target type classification; ground-based air defense; model