

基于优化广义回归神经网络的目标威胁评估

翟保磊, 王文豪, 胡盛华, 庞海龙
(中航工业无线电电子研究所, 上海 200233)

摘要: 目标威胁评估是进行空战任务规划的重要一环。针对传统评估模型中指标信息的不确定性和模糊性,以多机空战编队整体为出发点,提出了优化广义回归神经网络的目标威胁评估模型及算法。该优化算法通过遍历散布系数区间内的值,能迅速找到最优散布系数从而使模型达到最优仿真输出结果。考虑到目前空战多以编队作战为主,选择目标对我方编队整体的威胁程度作为评价指标,提高了评估结果的可靠性。最后通过引入实例,验证了该优化模型的有效性和正确性。

关键词: 多机编队; 威胁评估; 空战; 广义回归神经网络

中图分类号: V271.4⁺7; TP183 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2015)10-0044-04

Target Threat Assessment Based on Improved GRNN

ZHAI Bao-lei, WANG Wen-hao, HU Sheng-hua, PANG Hai-long
(Aeronautical Radio Electronics Research Institute, AVIC, Shanghai 200233, China)

Abstract: Target threat assessment is very important for air combat mission planning. Due to the uncertainty and fuzziness of target information in traditional assessment model, the model and algorithm for target threat assessment based on improved Generalized Regression Neural Network (GRNN) are proposed, with multi-aircraft air-combat formation as the starting point. This optimization algorithm can quickly find the optimal scatter coefficient through traversing values within the scatter coefficient interval, thus enabling the model to reach the optimal simulation output. Considering that most of the current air-combats are formation operation, the overall threat level of targets to our formation is selected as the assessment criteria, which improves the reliability of assessment results. Finally, an example is given to verify the effectiveness and correctness of this optimization model.

Key words: multi-aircraft formation; threat assessment; air combat; Generalized Regression Neural Network (GRNN)

0 引言

多机编队空战历来都是一种重要的作战模式,目标威胁的有效评估正是取得作战胜利的必要因素,也是飞行员在空战中最迫切想要得到的信息。现代空战中战场态势愈加复杂,影响目标威胁程度的因素也愈加多样化,对目标威胁的有效评估也愈加困难。传统的威胁评估有很多方法,通过分析不难发现,各种方法都存在一些不足,有些不能覆盖目标的重要属性,有些过度依赖主观因素,有些方法存在收敛速度慢、计算复杂等缺陷,这些缺陷最终会导致计算结果存在较大偏差^[1-5]。

广义回归神经网络方法计算简单、易于实现,相对于其他评估方法既降低了人为主观因素的干预又能综合考虑各个评估参数对评估结果的影响。同时,本文以多机空战编队整体为出发点考虑目标的威胁度,更加符合当前的实际要求。

鉴于上述原因,本文使用概率神经网络来解决编队协同防空中的目标威胁评估问题。

1 威胁评估指标体系

影响空中目标威胁程度的因素很多。其中,既有定量描述,也有定性描述,而且相互之间的关系复杂。根据编队空战的作战准则,结合空战的实际情况,一般可以得到目标的类型、速度、高度、距离、航路捷径和目标的干扰能力6个指标,构成威胁评估的指标体系。

由于空战战场环境瞬息万变,所以如何快速有效

地综合考虑以上因素并使得评估结果有尽可能低的主观因素,都使得评估模型的建立存在很高的难度。

2 广义回归神经网络的优化

尽管广义回归神经网络相对其他方法在目标威胁评估问题上有优势,但是也有自身的缺陷,即散布系数难以取值的问题。散布系数对广义回归神经网络输出结果影响很大,取值过大、过小都会使输出结果产生较大误差,传统解决此类问题的方法是取一组散布系数,分别计算每一个系数下的输出误差,对比得出误差最小值,这个最小误差所对应的散布系数即选为最优散布系数。这种方法因为只能选取部分散布系数,很容易遗漏最优系数,而且人为选取散布系数不能形成统一数学模型,从编程角度及可扩展性方面都不够理想。

对于广义回归神经网络中散布参数取值的问题^[6-7],本文建立了一种搜索算法,使广义回归神经网络针对某一具体训练样本能取得一个最优散布参数。改进型广义回归神经网络具体实施流程如图 1 所示。

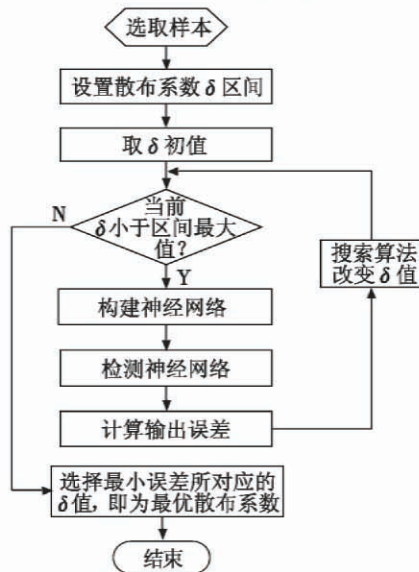


图 1 改进后的广义回归神经网络流程图

Fig.1 Flow chart of improved GRNN

采用上述优化广义回归神经网络解决问题的思路如下:

- 1) 针对某一具体问题选择合适训练样本数据;
- 2) 根据具体问题设置散布系数的取值区间;
- 3) 选取散布系数区间的初始值;
- 4) 判断当前 δ 是否超出散布系数区间,若超出进入 7);
- 5) 采用当前 δ 构建广义回归神经网络;
- 6) 利用检测样本检测当前的神经网络模型;
- 7) 计算检测样本的输出误差;
- 8) 对当前散布系数加一个递增量 $\Delta\delta$;

9) 重复进行 4) ~ 6), 直到散布系数达到区间最大值;

10) 选择最小输出误差所对应的散布系数,即为最优散布系数。

散布系数的合理选取是构建广义回归神经网络模型的关键一环,同时,散布系数也是影响模型输出误差的唯一因素。通过对模型的优化可以发现,只要将 $\Delta\delta$ 设置得足够小,通过比较输出误差的大小就可以找到散布系数取值区间内的最优值。

3 基于改进型广义回归神经网络的目标威胁评估模型

1) 构造广义回归神经网络。

设目标的飞行高度、航路捷径、发现距离、速度、类型及电子干扰作为输入,目标威胁等级作为输出。利用 Matlab 神经网络工具箱,将训练样本的数据进行标准化后得到的矩阵 P 作为输入,目标的威胁等级 T 作为输出,构造广义回归神经网络,将表 1 中的数据归一化^[4]后作为训练样本对网络进行训练。

表 1 目标威胁评估训练样本

Table 1 Training samples of threat assessment

目标	距离/km	高度/km	捷径/m	速度/ ($m \cdot s^{-1}$)	类型	电子 干扰	威胁 等级
1	5	12	500	700	小	强	1
2	10	10	1000	650	小	强	1
3	20	8	2000	600	小	弱	2
4	50	12	1500	650	大	弱	2
5	80	9	3000	400	小	中	3
6	100	10	3500	400	小	中	3
7	200	10	5000	300	大	弱	4
8	300	9	6500	250	大	无	4
9	400	8	900	200	大	无	5
10	500	12	800	100	直	无	5
11	700	9	1200	80	直	无	6
12	600	10	1500	50	直	弱	6

规范化后的输入矩阵 P 为

1	1	1	1	1	1
0.875	0.982 9	0.933 3	0.8	1	1
0.750	0.897 4	0.866 7	0.733 3	1	0.333 3
0.812 5	0.974 4	0.88	0.8	0.5	0.333 3
0.750	0.854 7	0.8	0.466 7	1	0.666 7
0.687 5	0.769 2	0.766 7	0.533 3	1	0.666 7
0.625	0.598 3	0.666 7	0.333 3	0.5	0.333 3
0.687 5	0.427 4	0.6	0.266 7	0.5	0
0.500	0.256 4	0.4	0.2	0.5	0
0.375	0.179 4	0.466 7	0.066 7	0	0
0	0.085 5	0.2	0.04	0	0
0.250	0	0	0	0	0.333 3

输出矩阵 $T = (1\ 1\ 2\ 2\ 3\ 4\ 5\ 5\ 6\ 6)$ 。

以 P, T 中的第4组和第7组数据作为检验样本,其他的作为训练样本训练神经网络。在一定的散布参数下的预测值与实际值的对比如图2所示。

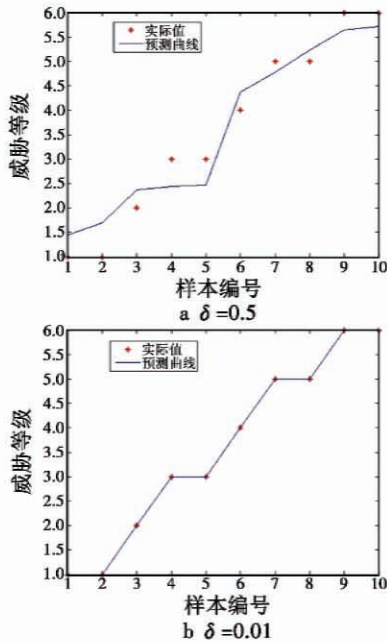


图2 预测值与实际值对比

Fig.2 Comparison of predicted value and the actual value

利用散布参数搜索算法可得到散布系数区间内所有散布系数对应的输出误差值,如图3所示。由该算法可得出最优散布系数为0.28,在该散布参数下预测值与实际值的对比如图4所示。

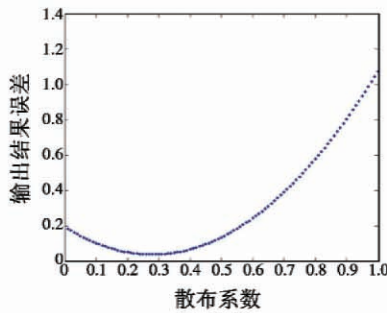


图3 不同散布系数下的误差

Fig.3 Deviation of different δ

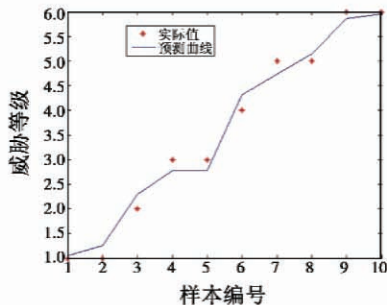


图4 最优散布系数下的预测值与实际值对比

Fig.4 Comparison of predicted and actual values under optimal δ

利用检验样本检测该神经网络,得到的期望值如表2所示。

表2 检验样本结果

Table 2 Result of samples

$sim(net, P)$	检验样本 1	检验样本 2	平均误差/%
实际值	2	4	N
$\delta = 0.50$	2.788 2	4.662 1	30
$\delta = 0.02$	2.491 3	4.303 2	16
$\delta = 0.28$	2.105 6	4.089 0	3.7

从表2中可以看出,预测值非常接近实际值,从而验证该神经网络模型适用于目标的威胁评估。

通过上述方法即可得到各来袭目标相对于编队中每一架飞机的威胁程度。假设编队中作战飞机的重要性系数为 $C = (c_1, c_2, \dots, c_q)$ (q 为飞机的数量),首先分别仿真求出敌方目标对编队中每一架飞机的威胁程度,然后再考虑各飞机的权值不同,最后利用加权平均型广义算子来进行目标相对于编队的威胁程度计算。则目标对于我方空中编队的综合威胁程度的评判总值为

$$\begin{cases} W_j = c_1 d_{1j} + c_2 d_{2j} + \dots + c_q d_{qj} & j = 1, 2, \dots, n \\ d_{ij} = 100 - 10 \times \text{威胁等级} \end{cases} \quad (1)$$

式中, d_{ij} 表示第 j 个目标对第 i 个飞机的威胁度。

依据计算出的具体值从高到低对目标威胁程度进行排序,就可以得到目标相对于编队的威胁排序结果。

4 仿真分析

假设我方空中编队飞机数量为2架,其重要性权值分别为0.3和0.7。敌方来袭空中目标数为4个,我方两架飞机测得的目标参数如表3和表4所示。

表3 飞机1测得的目标运动要素的参数值

Table 3 Target parameters measured by aircraft 1

目标	距离/km	高度/km	捷径/m	速度/($m \cdot s^{-1}$)	类型	电子干扰
1	4	13	400	650	小	强
2	15	10	800	700	小	中
3	80	8	2000	300	小	弱
4	80	12	1500	200	大	弱

表4 飞机2测得的目标运动要素的参数值

Table 4 Target parameters measured by aircraft 2

目标	距离/km	高度/km	捷径/m	速度/($m \cdot s^{-1}$)	类型	电子干扰
1	5	13	0	650	小	强
2	20	10	700	700	小	弱
3	60	8	1500	300	小	弱
4	100	12	2000	200	大	弱

将各指标标准化后作为广义回归神经网络的输入进行仿真分析,输出即表示每个目标分别隶属于哪一个等级。将仿真结果各指标值标准化后作为广义回归神经网络的输入进行仿真分析,输出即表示每个目标分别隶属于哪一等级。仿真计算所得结果与实际情况

完全一致,从而检验了该方法的正确性。运用广义回归神经网络方法所得到的目标相对于编队中各作战飞机的威胁等级结果如表 5 所示。

表 5 目标对单架飞机的威胁等级

Table 5 Threat level of the targets to single aircraft

威胁等级	目标 1	目标 2	目标 3	目标 4
飞机 1	1	2	4	6
飞机 2	1	3	5	6

将表 5 中的数据代入式(1),计算得到目标对于飞机编队的综合威胁结果: $W_1 = 90 \times 0.7 + 90 \times 0.3 = 90$, $W_2 = 80 \times 0.7 + 70 \times 0.3 = 77$, $W_3 = 60 \times 0.7 + 50 \times 0.3 = 57$, $W_4 = 40 \times 0.7 + 40 \times 0.3 = 40$ 。

根据以上结果可以得出敌方目标对我方编队的威胁排序结果是 $W_1 > W_2 > W_3 > W_4$, 所得结果与实际空战情形相符,能够满足预警机指挥多编队作战时进行威胁评估的要求。

5 结束语

广义回归神经网络具有训练速度快、非线性映射能力强的优点,本文采用优化广义回归神经网络模型克服了散布系数难以取值的缺点。在威胁评估过程中以编队整体作为出发点,仿真结果符合作战经验和战术原则,为空中编队作战提供了切实有效的信息。

参考文献

- [1] 朱胜伟,周德云,李兆强. 基于改进的主成分分析的目标威胁评估[J]. 计算机仿真, 2010, 27(3): 1-5. (ZHU S W, ZHOU D Y, LI Z Q. Object threat evaluation based on improved principal components analysis [J]. Computer Simulation, 2010, 27(3): 1-5.)
- [2] 王百合,黄建国,张群飞. 基于改进灰关联分析的目标

威胁评估模型研究[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(4): 212-215. (WANG B H, HUANG J G, ZHANG Q F. Evaluation model of targets threat extent based on refinements to gray relation analysis [J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(4): 212-215.)

- [3] 孟光磊,龚光红. 基于混合贝叶斯网的空域目标威胁评估方法[J]. 系统工程与电子技术, 2010, 32(11): 2398-2402. (MENG G L, GONG G H. Threat assessment of aerial targets based on hybrid Bayesian network [J]. Systems Engineering and Electronics, 2010, 32(11): 2398-2402.)
- [4] 董奎义,杨根源,王子明. 基于概率神经网络的编队协同防空威胁评估[J]. 现代防御技术, 2011, 39(5): 71-74. (DONG K Y, YANG G Y, WANG Z M. Threat evaluation of formation cooperative air defense based on probabilistic neural network [J]. Modern Defence Technology, 2011, 39(5): 71-74.)
- [5] 廖沫,陈宗基. 基于满意决策的多机协同目标分配算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33(1): 81-85. (LIAO M, CHEN Z J. Coordinated target assignment in multi-UAV based on satisficing decision theory [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2007, 33(1): 81-85.)
- [6] 刘秀清,宇仁德,范东凯. 基于广义回归神经网络的交通事故预测[J]. 山东理工大学学报, 2007, 21(2): 28-31. (LIU X Q, YU R D, FAN D K. Traffic accident prediction based on GRNN [J]. Journal of Shandong University of Technology, 2007, 21(2): 28-31.)
- [7] 李国勇,杨丽娟. 神经/模糊/预测控制及其 MATLAB 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013. (LI G Y, YANG L J. Nerve/vague/forecast control and MATLAB implement [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2013.)

下 期 要 目

基于笛卡尔坐标系的高纬度惯性导航方法研究
共面条件约束的无人机视觉导航姿态测量
基于灰色理论的惯性器件寿命预测
复杂大目标激光散射特性测量与评估技术研究
基于数据拟合插值的自适应姿态估计算法
有人机指挥控制无人机界面初步设计
基于一致性理论的四旋翼分布式编队控制方法

基于数值积分粒子 PHD 多目标跟踪滤波算法
不确定混沌系统的到达跟踪控制
海上雷达网探测威力范围仿真分析
惯性参数未知双臂空间机器人自适应模糊控制
网络虚拟化环境下资源监控策略
故障字典技术在机载电源系统故障诊断中的应用
反潜直升机吊放声纳被动搜潜仿真与优化