

# 基于神经网络的威胁评估研究

胡起伟,石全,王广彦,马志军

(军械工程学院装备指挥与管理系,河北 石家庄 050003)

**摘要:**威胁评估是战场损伤模拟研究的重要内容之一,对于开展更为深入的战场损伤模拟研究是非常重要的。威胁评估涉及的因素较多,且难于建立一种合理的评估准则和评估数学模型。该文根据战场损伤模拟中威胁评估的非线性特点,以及神经网络在解决非线性复杂问题所具有的独特优势,提出了基于神经网络的威胁评估方法,讨论了威胁评估神经网络模型的构建方法,并从某战损试验数据中选取训练样本,进行了实例分析,证明了该方法的可行性和有效性。

**关键词:**威胁评估;神经网络;算法;战场损伤模拟

**中图分类号:**TJ01 **文献标识码:**A

## Threat Assessment Based on Neural Network

HU Qi - wei, SHI Quan, WANG Guang - yan, MA Zhi - jun

(Department of Equipment Command and Management Ordnance Engineering College,  
Shijiazhuang Hebei 05003, China)

**ABSTRACT:**Threat assessment is one of the most important researching contents of battlefield damage simulation. The factors influencing threat assessment are excessive in the number. In addition, it's very hard to establish a reasonable assessment rule or an assessment model of mathematics. Considering the nonlinear characteristics of threat assessment in battlefield damage simulation as well as the advantages of neural network in solving nonlinear complex problems, this paper brings forward an assessment method based on neural network and discusses the method of threat assessment modeling using neural network, which has been proved feasible and effective through analysis of living example.

**KEYWORDS:**Threat assessment; Neural network; Algorithm; Battlefield damage simulation

### 1 引言

战场损伤模拟<sup>[1]</sup>主要以计算机为工具,建立我方装备、敌方威胁和虚拟战场的计算机仿真模型,并通过相应的仿真算法,来分析预测我军装备在一定的假想敌对威胁和战场环境下,可能发生的战损率及其损伤等级分布,以及装备的损伤部位、模式、影响和概率,从而为部队的战场抢修与器材筹措提供科学依据。在目前的战场损伤模拟研究当中,如何根据威胁数据、战场环境和受攻击装备等因素,评估弹药对武器装备的威胁程度和作用大小,进而判断哪些威胁会对武器装备造成损伤,即进行威胁评估,是摆在我们面前的主要难题之一,制约了战场损伤模拟下一步研究工作的开展。

考虑到战场损伤模拟中威胁评估的非线性特点,本文采

用已广泛应用于各领域并取得很多成果的人工神经网络(Artificial Neural Network, ANN),建立了威胁评估模型,进行的实例分析表明该方法是可行而有效的。

### 2 问题描述

目前的战场损伤模拟系统能够初步仿真输出装备的损伤部位、损伤模式及其发生概率、损伤状态和战损率等数据。但是,从系统的整体运行情况来看,还存在以下有待完善的问题:

1) 在仿真运行前未判断威胁的有效性,而直接执行损伤仿真,造成系统运行速度过慢;

2) 仿真结果与实际数据偏差较大,无效威胁、和弹片对仿真产生的负面影响较大;

3) 输出结果缺少装备的损伤等级。如何评估威胁对装备的作用大小,进而根据评估值大小,并结合装备因素,进行装备损伤等级评定,成为战场损伤模拟后续研究工作之一。

因此,为了解决上述问题,我们提出了面向战场损伤模

拟的“威胁评估”,尝试采用BP算法建立评估模型,其评估过程如图1所示。对其说明如下:该评估模型是以单装备单威胁的相互作用而建立的,它把威胁评估特征量作为评估模型的输入,判断威胁对目标装备的作用大小。根据威胁评估值,去除对目标装备未造成损伤的无效威胁,而不再执行损伤模拟,从而可以大大提高战场损伤模拟系统的运行速度。同时,在损伤模拟执行时,根据威胁评估值和弹片质量、大小等数据去除那些对装备产生作用非常小的无效弹片,以提高损伤模拟的准确性,并结合装备因素评估装备的损伤等级。

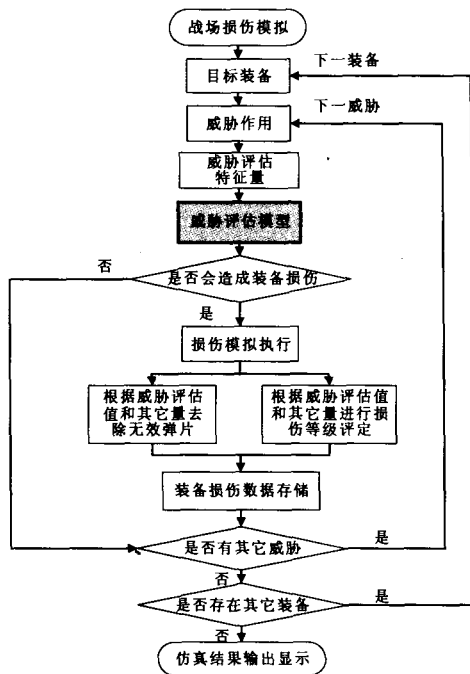


图1 威胁评估的基本过程

### 3 威胁评估影响因素分析

对威胁评估的影响因素进行详细分析,对于威胁评估神经网络的输入层设计是非常重要的。根据神经网络输入层设计的要求,各影响因素应该具有对神经网络输出影响大、能够提取、不相关或相关性很小的特点。考虑到实际,这些影响因素包括:

1) 威胁类型或名称( $X_1$ ):威胁对目标装备、设施、人员的损伤均是通过损伤机理与目标之间的相互作用实现的。弹药种类繁多,损伤机理各异,但其效能描述一般都可以通过一定的参数和指标来界定,例如:炮弹的长度、直径、装药量等等。然而,在实际当中由于保密原因,威胁的这些参数和指标往往是不为人知的。在这种情况下,我们可以用编码来表示各种威胁的类型或名称;

2) 炸点到装备的直线距离( $X_2$ ):炸点到装备的距离不同,对装备的毁伤作用是不同的。炸点距离装备越近,对装备的杀伤作用越大,反之越小;

3) 炸点到装备中心连线与地水平面夹角( $X_3$ ):该参数

与炸点到装备的直线距离 $X_2$ 共同反映了炸点与装备中心的垂直高度差,同时,也反映了装备、炸点所处的地形环境,如图2所示,不同的 $X_2$ 、 $X_3$ 值表示了两种不同的地形;

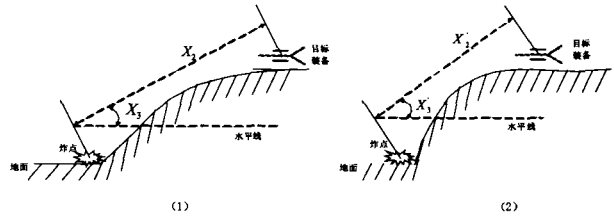


图2 炸点与装备中心连线与地水平面夹角示意图

4) 爆炸类型( $X_4$ ):包括空爆和地爆两种类型,一般情况下威胁空爆比地爆有较大的杀伤作用;

5) 弹着点相对于目标装备位置( $X_5$ ):由于各种装备的功能布局不尽相同,因此,弹着点相对于目标装备的位置不同,产生的威胁程度也就不同。考虑到袭击方向,炸点相对于装备的位置,用装备的前、后、左、右表示;

6) 装备防护类型( $X_6$ ):装备防护主要包括地形防护和掩体防护。 $X_2$ 和 $X_3$ 共同反应了装备的地形防护。而掩体防护主要包括半掩体、简易掩体和永固掩体三种。

### 4 威胁评估神经网络模型的建立

根据神经网络建模原理和方法,采用加入动量项的BP改进算法建立威胁评估模型。

#### 1) 输入层、隐含层、输出层设计

将威胁评估的6种因素作为神经网络的输入,即输入单元数为6。输出层单元数为1,表示对威胁程度的评估值。BP网络映射一个连续函数,一个隐层是足够的,只有学习不连续函数时,才需要两个隐层。因此,考虑到实际,采用1个隐层。隐层单元数根据经验公式 $m = 2n + 1$ ( $n$ 为输入层节点数)计算,确定隐层单元数为13。

#### 2) 激活函数

选取Sigmoid函数 $f(x) = 1/(1 + e^{-x})$ 做为隐含层和输出层的激活函数。

#### 3) 初始权值的确定

初始权值的选取对于神经网络学习时间的长短至关重要的。为此,将隐层的初始权值设置足够小,而将输出层初始值为-1和+1的权值数相等。因为从隐层权值调整公式来看,如果输出层权值太小,会使隐层权值在训练初期的调整量变小,因此采用第二种权值与净输入兼顾的办法,保证每个神经元一开始都工作在其转移函数变化最大的位置。

#### 4) 样本的选取与组织

网络的性能与样本的选则和组织密切相关,我们遵循的原则是:①网络训练中提取的规律蕴涵在样本中,因此样本一定要有代表性;②样本的选择要注意样本类别的均衡,尽量使每个类别的样本数量大致相等;③样本的组织要注意将不同类的样本交叉输入,或从训练集中随机选择输入样本。

5) 输入输出数据预处理

在进行网络训练时,一般要对训练样本进行预处理,将网络的输入、输出数据限制在[0,1] 或区间[-1,1] 内,称为归一化或标准化。将输入、输出数据变换为[0,1] 区间的值常用下式进行变换:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

而将输入、输出数据变换为[-1,1] 区间的值则常用以下变换式:

$$x_{mid} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$$

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{mid}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

上述式中, $x_i$  代表输入或输出数据, $x_{\min}$  代表数据的最小值, $x_{\max}$  代表数据的最大值, $x_{mid}$  表示数据变化范围的中间值。

通过上述分析,建立威胁评估神经网络模型,如图3 所示。

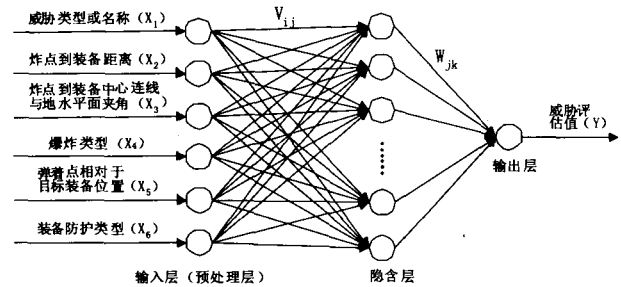


图3 威胁评估神经网络模型

5 实例分析

为了验证威胁评估神经网络模型的准确性和有效性,我们采用 Visual C++ 6.0 作为程序开发平台,编制了 BP 神经网络的计算机程序。从某战损试验数据中,选取 34 组训练样本,并根据各威胁对装备的毁伤作用和效果,对其进行了评分,如表1 所示。

对表1 中数据进行简要说明如下:表中各参数的具体含义和图1 中的指示相对应,其中, $X_1$  的单位为弧度值; $X_2$  的单位为米; $X_3$  的值为0 表示122mm 杀爆榴弹,为1 表示152mm 杀爆榴弹; $X_4$  的值为0 表示装备无掩体,为1 表示半掩体,为2 表示简易掩体; $X_5$  的值为0 表示地爆,为1 表示空爆; $X_6$  的值为0 表示炸点位于装备前方,为1 表示位于装备后方,为2 表示位于装备侧面。

表1 训练样本

序号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	评分
1	-0.12	15.5	0	0	0	2	0
2	-0.2	5	0	1	1	1	0.98
3	0.11	10.9	1	1	0	0	0.3
4	0.08	12.7	1	2	0	0	0.6

5	-0.32	8.5	0	0	0	2	0
6	-0.29	7	1	2	1	2	0.7
7	0.13	10.2	1	2	0	2	0.3
8	0.07	18.6	1	2	0	0	0.01
9	0.06	3.6	0	1	0	0	0.85
10	-0.03	8.5	1	0	0	1	0
11	0.25	3	1	2	0	0	0.95
12	-0.78	10	0	0	1	0	0.5
13	0	0	1	0	0	0	1
14	0.13	9	1	2	0	0	0.54
15	-0.07	15.4	1	2	0	1	0.02
16	0.05	7.8	0	1	0	0	0.12
17	0.01	5.2	1	2	0	0	0.9
18	-0.29	13.2	1	0	1	2	0
19	0.13	6.6	1	2	0	0	0.72
20	0	0	1	1	0	0	1
21	0.03	10.3	1	2	0	2	0.31
22	0.01	13.4	1	2	0	0	0.23
23	0.12	7.5	1	2	0	0	0.65
24	0.11	14	1	2	0	0	0.05
25	0.03	6	0	0	0	2	0.3
26	0	0	1	1	0	1	1
27	0.03	10.3	1	0	0	0	0.35
28	0.12	8.2	0	0	0	0	0.4
29	0.08	5.6	1	2	0	2	0.47
30	0.06	4.9	1	0	0	1	0.1
31	0.15	4	0	1	0	0	0.96
32	0.2	10	1	0	0	1	0
33	-0.25	8	1	1	1	2	0.25
34	0.18	3	0	2	0	2	0.97

选取前30 组样本作为神经网络的学习样本,学习步长 $\eta$  取0.6,最大均方根误差 $\xi_{RME}$  为0.002,实际均方根误差小于 $\xi_{RME}$  时学习结束。把后4 个样本作为检验样本,输入威胁评估神经网络,计算结果如表2 所示,预测值接近于实际值,较好地反映了实际情况。

表2 检验结果

样本序号	威胁评估值		误差 %
	实际值	预测值	
31	0.96	0.93	3.1
32	0	0.001	
33	0.24	0.233	2.9
34	0.97	0.999	3.0

6 结束语

将改进的 BP 网络应用于战场损伤模拟研究中的威胁评估,解决了研究中的难题,为开展更为深入的战场损伤模拟研究奠定了基础。通过仿真试验,取得了令人满意的结果,表明了应用神经网络解决威胁评估问题不失为一种有效的方法。

当然,基于神经网络的威胁评估还存在一些尚待完善的问题,例如:对网络的训练精度、计算简化等问题的研究还不够深入;由于样本量还不够大,

(下转第123 页)

明显要高。

表1 基线向量估计结果

算法	均方误差(MSE) 单位:mm
最小二乘法	16.7
LAMBDA	8.26

## 6 结论与建议

可以看出 GPS 精密定位的关键是整周模糊度的确定,即模糊度整数解的求取。通过示例说明 LAMBDA 方法在进行模糊度搜索解算时充分顾及了模糊度的整数特性,并在此基础上对模糊度协方差阵进行了降相关处理,从而改善了模糊度的方差域,消除了模糊度方差的不连续性。较于未加限制的最小二乘搜索算法,LAMBDA 方法的搜索区域得到明显改善,相应的定位精度明显提高,所以源于整数最小二乘原理的 LAMBDA 算法是求解模糊度整数解的有效方法。

### 参考文献:

- [1] 王子茹,等. 综述 GPS 定位中整周模糊度求解问题[J]. 东北测绘,2000,23(1).
- [2] 李淑慧,等. 整周模糊度搜索方法的效率比较和分析[J]. 测绘通报,2003,(10).
- [3] P J G Teunissen. On the GPS double difference ambiguities and

their partial search spaces. Preceedings IAG symposium. Geodetic Theory Today,2001,(114):234 - 253.

- [4] 李洪涛,等. GPS 应用程序设计[M]. 科学出版社,2000.
- [5] P J G Teunissen. P J De Jonge. Tiberius CC1 The least squares ambiguity decorrelation adjustment: Its performance on short GPS baselines and short observation spans [J]. Journal of geodesy, 1997,71: 589 - 602.
- [6] A Kleusberg, and Teunissen. P J G (eds) 1 GPS for Geodesy, 2nd edn[M]. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1998.
- [7] P J G Teunissen. The invertible GPS ambiguity transformations [J]. Manuscript Geodesy, 1995,20 (6):489 - 497.

### [作者简介]

唐波(1980-),男(汉族),湖北宜昌人,硕士研究生,研究方向:模式识别与智能系统。

朱俊岭(1979-),男(汉族),湖北人,硕士研究生,研究方向:模式识别与智能系统。

崔平远(1961-),男(汉族),山东人,北京工业大学电控学院教授,博士生导师,主要研究方向:城市交通智能导航系统、信息处理与控制。

陈阳舟(1963-),男(汉族),湖北人,北京工业大学电控学院教授,博士生导师,研究领域:动态对策理论、最优控制与鲁棒控制、智能交通系统(ITS) 信息处理与控制、多智能体行为控制。

(上接第 27 页)

在实用性和普及性上尚待开展进一步地探索和研究等等。这些问题也正是我们下一步将要进行的研究工作。

### 参考文献:

- [1] 李建平,等. 装备战场抢修理论与应用[M]. 兵器工业出版社,2000.
- [2] 袁曾任. 人工神经网络及其应用[M]. 清华大学出版社,1999.
- [3] 韩力群. 人工神经网络理论、设计及应用[M]. 化学工业出版社,2002.
- [4] 吴贻鼎,等. 神经网络在预测编码中的应用[J]. 系统工程与电子技术,2002,24(12):89 - 90.
- [5] 尹念东. BP 神经网络的应用设计[J]. 信息技术,2003,

27(6):18 - 20.

- [6] 何海龙,等. 神经网络在装备保障性评估中的应用[J]. 系统工程理论与实践,2003,9:111 - 114.

### [作者简介]

胡起伟(1979-),男(汉族),河北唐山人,硕士生,主要研究方向为战场抢修。

石全(1966-),男(汉族),河北唐山人,硕士,副教授,主要研究方向维修工程。

王广彦(1976-),男(汉族),河北邢台人,硕士,讲师,主要研究方向为战场抢修。

马志军(1974-),男(汉族),河北秦皇岛人,硕士,工程师,主要研究方向为战场抢修。