

基于神经网络的激光脉冲编码解码研究

陈玉丹¹, 何永强¹, 尚彩娟², 陈玉成³

(1. 军械工程学院光学教研室, 河北 石家庄 050003; 2. 装甲兵工程学院科研部, 北京 100072; 3. 陆军指挥学院, 河北 石家庄 050084)

摘要:应用神经网络技术对寻的式制导武器常用的 PCM 码型进行了识别, 以验证这种解码方法的有效性。通过建立线性神经网络, 采用训练向量长度优先和数量优先两种方式对网络进行训练, 并对下一激光脉冲信号的产生时刻进行了预测。仿真结果表明, 线性神经网络在 2.3 个周期内就可以准确地预测, 并且脉冲在时间轴上小范围的抖动不能影响网络的预测精度, 这表明神经网络技术可以有效地对脉冲编码进行解码操作, 具有一定的工程实用性。

关键词:激光编码; 神经网络; 解码

中图分类号:TN97

文献标识码:A

Research of decoding laser pulse-coded signal based on neural network

CHEN Yu-dan¹, HE Yong-qiang¹, SHANG Cai-juan², CHEN Yu-cheng³

(1. Department of Optics & Electrical Engineering of Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. Department of Science Research, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

3. Army Commander College, Shijiazhuang 050084, China)

Abstract: Neural network technology is used to recognize PCM code of homing guidance weapon, and this can validate the method of decoding. Firstly, through building linear neural network and train network using two mode, that are size priority and quantity priority of train vector, the generation time of next laser pulse was forecasting. The result of simulation showed the PCM code can be recognized correctly if 2.3 periodic times was offered, and laser pulse whipping on the time axis couldn't affect the precision of forecasting. This indicated that neural network technology can decode laser pulse code, and this method is suitable for engineering.

Key words: laser pulse-coded signal; neural network; decoding

1 引言

面对战场上越来越严重的激光精确制导武器的威胁, 怎样提高作战人员和装备的战场生存能力已成为各国科研人员大力研究的课题^[1-4]。激光制导通常有“视线式”和“寻的式”。“视线式”的典型代表是激光驾束制导, “寻的式”的典型代表是激光半主动寻的制导, 也是目前最常用的激光制导方式。激光半主动寻的制导武器使用环境不要求具备通视条件, 因此在战场上应用广泛。由于在半主动寻的制导方式中, 激光目标指示器和接收器分离, 两者不可能完全同步, 这就为欺骗式干扰创造了条件。为

了实现有效的欺骗式干扰, 必须在很短的时间内确定激光编码的方式和码型。

目前, 激光指示信号所采用的编码方式已日趋多样化。但从公开报道的文献中可以发现, 普遍采用的激光编码仍然是 PRF (pulse repetition frequency) 编码^[5]。美军在 20 世纪 70 年代后开始研究脉冲间隔调制编码 (PIM)。但无论是 PRF 码, 还是 PIM 码, 均是将激光脉冲在时间轴上进行调制,

作者简介:陈玉丹 (1981 -), 女, 博士研究生, 主要从事光电对抗及防护方面的研究工作。E-mail: chenjudan2009@163.com

收稿日期:2010-06-28

本质上与 PCM 码类似。目前,采用神经网络进行解码的研究鲜有报道。因此本文以 PCM 码为例,拟采用神经网络技术对激光编码进行识别,以确定这种方法的有效性,为工程应用提供理论基础。

2 神经网络解码模型的建立

2.1 线性神经网络的结构

线性神经网络是最简单的一种神经网络,可以由一个或者多个神经元组成。线性神经网络采用 Widrow-Hoff 学习规则,称为 LMS (least mean square) 算法。线性神经网络主要用于函数逼近、信号处理滤波、预测、模式识别和控制等方面^[6]。对激光制导信号的解码过程实际是属于对激光信号的预测性问题,即根据已知时间域中的激光脉冲信号来预测产生下一信号的时刻,因此可以用线性神经网络来解决此类问题。

线性神经网络的结构如图 1 所示,此单层线性神经网络有 S 个神经元和 R 个输入,输出向量数目也是 S 个,权值矩阵为 w ,阈值为 b ,这种网络也称为 Madaline 网络。

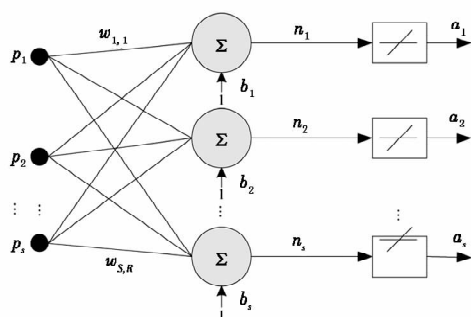


图1 线性神经网络结构

Fig.1 the structure of linear neural network

线性神经网络采取的是最小均方误差 LMS (least mean square error) 学习规则。这种学习规则

属于监督类的学习规则。首先需要训练样本集: $\{P_1, t_1\}, \{P_2, t_2\}, \dots, \{P_q, t_q\}$, 其中 P_q 是输入向量, t_q 是目标的输入向量。对于每个输入向量,线性网络均计算出相应的输出向量,并计算该输出向量与相应目标输入向量的误差,通过调整网络的权值和阈值,使该误差逐渐减小。线性神经网络基于负梯度下降的原则来减小网络的训练误差,它所要减小的是这些误差平方和的均值,如式(1)所示:

$$\text{mse} = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q e(k)^2 = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q (t(k) - a(k))^2 \quad (1)$$

2.2 训练样本的设定

由于线性神经网络的神经元传递函数为线性函数,其输入和输出之间是简单的比例关系。因此建立线性神经网络的重点就在于网络结构的确定,即确定输入层、输出层向量的长度以及神经元层中神经元的数目等。由于所要预测的量是产生下一激光脉冲信号的时刻,因此输出层向量的长度和神经元的数目均设定为 1。在对威胁激光进行解码的过程中,信息的接收量是逐渐增加的,因此可以用来预测下一个激光信号的信息逐渐增多,预测的准确性将逐步提高。

为了适应这种特点,训练网络所用的向量的长度和数量应该随信息量的增加而增大。根据训练信息量逐渐增大的特点,分别采用两种不同的方式设定训练样本,即训练向量长度优先和训练向量数量优先。训练样本的设定是根据当前已知的激光脉冲到达的时刻,采用向量长度优先或数量优先的方式对信息进行处理,两种方式对数据的处理过程分别如图 2 和图 3 所示,图中的数字 i 表示接收到第 i 个激光脉冲信号的时刻。

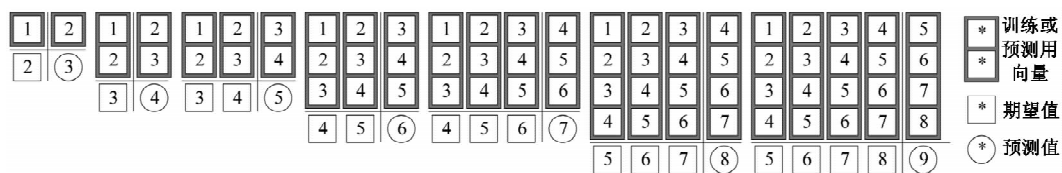


图2 训练向量长度优先方式

Fig.2 the size priority mode of train vector

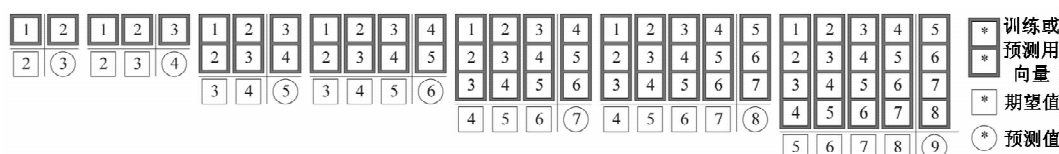


图3 训练向量数量优先方式

Fig.3 the quantity priority mode of train vector

2.3 神经网络解码流程

线性神经网络的解码流程如图4所示,当接收到2个激光脉冲后程序开始工作。首先将信息按照某种方式设定训练向量,并输入网络进行网络训练,然后将预测用向量输入网络,对下一激光信号的到达时刻进行预测,同时根据预测结果发射干扰信号;当接收到下一信号时,将测量值与预测值相比较,如果连续 n 次预测误差小于规定值,那么认为以后的预测值可信,从而确定线性神经网络模型,并保持不变,直到干扰战术结束;如果不满足连续 n 次误差条件,继续接收下一激光脉冲

信号,重新设定脉冲信号的输入序列,直到满足条件为止。

2.4 首脉冲选取抗干扰方式

在采用线性神经网络对激光脉冲信号进行解码的过程中,由于信号中可能出现虚脉冲或漏脉冲,使得网络的训练向量中始终存在错误信息,从而大幅度延长网络正确解码的时间。因此,本文采用了首脉冲选取的抗干扰方式,其过程如图5所示。通过选取不同的首脉冲,并将接下来的脉冲序列输入网络进行训练,直至某个解码程序满足误差条件,从而确定正确的码型。

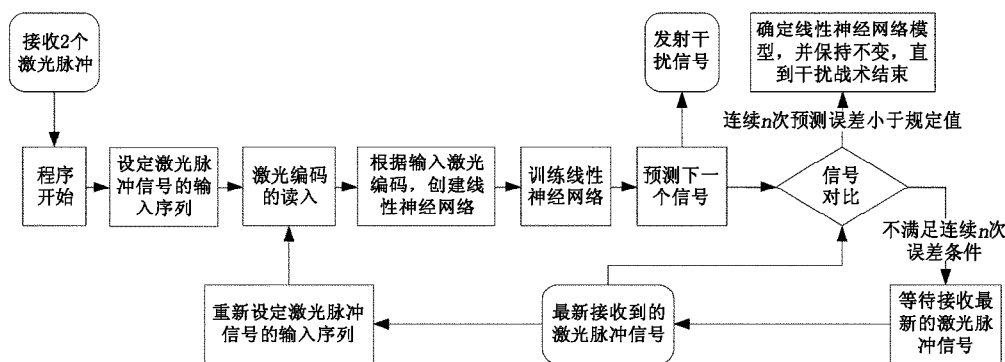


图4 线性神经网络解码流程图

Fig. 4 the flow process diagram of linear neural network decoding

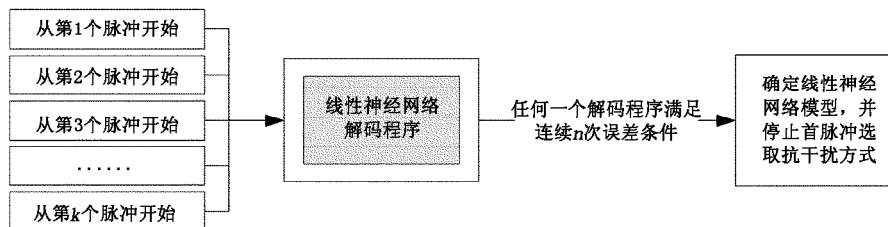


图5 首脉冲选取抗干扰方式

Fig. 5 the anti-jamming mode of first pulse selection

3 仿真结果及分析

根据以上建立基于线性神经网络的解码模型,编制程序进行仿真计算。PCM码的周期设定为1.2 s,并采用16位的移位寄存器产生随机的码型,考虑到实际的激光脉冲会存在一定的抖动,因此在激光脉冲的产生时刻随机加载不大于 $5\mu\text{s}$ 的偏差。由以上参数产生的PCM码激光脉冲序列及网络的预测误差变化趋势如图6所示。从图6中可以发现,经过约两个周期的训练,预测误差基本为零,这说明线性神经网络经过一定样本量的训练就可以对码型进行准确预测,激光脉冲在时间轴上一定程度的随机抖动并未对网络的预测造成影响。

仍然采用以上设定的PCM码参数随机产生码

型,分别采用训练向量长度优先和数量优先两种方式,对不同信息量条件下的成功预测概率进行仿真,每种条件下进行1000次的计算,并统计成功预测的概率,信息量条件的步长为0.1个周期。成功预测概率随信息量的变化趋势如图7所示。从图中可以发现,训练向量长度优先和数量优先两种方式的预测成功概率基本相当,随着激光脉冲周期数量的增大,预测成功的概率均逐渐增大。当激光脉冲周期小于1.8时,预测成功的概率很低,约为0.05;但随后成功预测的概率迅速增大,在激光脉冲周期为2.0的位置,成功预测的概率已达到0.6左右;当信息量为2.3个周期时,成功预测的概率就达到了1.0。

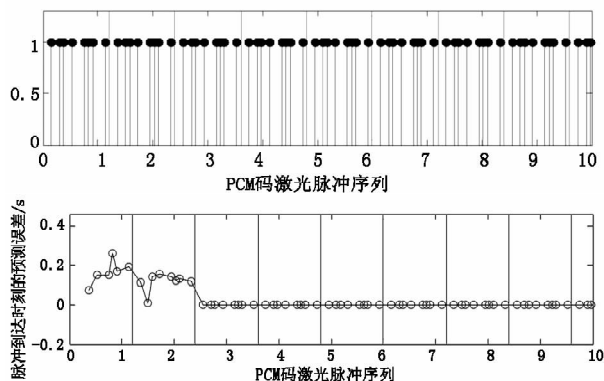


图6 PCM码激光脉冲序列及预测误差的变化趋势

Fig.6 laser pulse serial of PCM code and variation trend of forecasting error

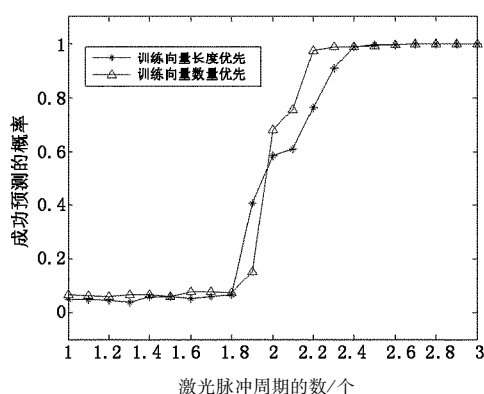


图7 成功预测概率随信息量的变化趋势

Fig.7 variation trend of forecasting correctly ratio along with amount of information

4 结论

(1)采用线性神经网络对PCM码进行了识别,仿真结果表明如果在约2.3个周期内不存在虚、漏脉冲,网络就可以准确地识别出激光脉冲信号的码型。

(2)在时间轴上激光脉冲的一定程度的抖动,并不能影响到线性神经网络的预测。

(3)采用训练向量长度优先和数量优先两种方式对网络进行训练,所得到的预测结果基本一致,因此在

进行工程应用时可以选择任何一种方式来训练网络。

参考文献:

- [1] Li Junbo, Yang Tao. A method to decode laser-pulse series based on autocorrelation [J]. Optics & Optoelectronic Technology, 2004, 2(4): 34-35. (in Chinese)
李君波, 杨涛. 基于自相关的激光编码解码[J]. 光学与光电技术, 2004, 2(4): 34-35.
- [2] Fang Yanyan, Chai Jinhua. Analysis of present situation in counter active deception jamming of terminally laser-guided shell [J]. Laser & Infrared, 2005, 35(5): 319-322. (in Chinese)
方艳艳, 柴金华. 激光末制导炮弹抗有源欺骗式干扰现状分析[J]. 激光与红外, 2005, 35(5): 319-322.
- [3] Tong Zhongcheng. A new technology of laser angle cheating jam [J]. Applied Laser, 2007, 27(1): 25-27. (in Chinese)
童忠诚. 激光角度欺骗干扰技术的改进研究[J]. 应用激光, 2007, 27(1): 25-27.
- [4] Han Bing. Laser warning and the interference technology of deception and blinding [J]. Ship Electronic Engineering, 2007, 27(2): 48-50. (in Chinese)
韩冰. 激光告警与欺骗和致盲的干扰技术[J]. 舰船电子工程, 2007, 27(2): 48-50.
- [5] Wei Wenjian, Qin Shiqiao, Zhan Dejun, et al. Research on laser encoding in laser semi-active homing guidance [J]. Laser & Infrared, 2008, 38(12): 1199-1203. (in Chinese)
魏文俭, 秦石乔, 战德军, 等. 激光半主动寻的制导激光编码的研究[J]. 激光与红外, 2008, 38(12): 1199-1203.
- [6] Dong Changhong. Matlab neural network and application [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2005: 32-33. (in Chinese)
董长虹. Matlab神经网络与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 32-33.