

文章编号: 1672-8785(2007)10-0018-04

Elman 神经网络在红外小目标检测中的应用

王 超, 谭礼平, 刘景雷, 王志刚

(中国矿业大学(北京)力建学院工程力学测试技术研究所, 北京 100083)

摘 要: 介绍了 Elman 神经网络的基本原理及红外小目标检测的特点。利用 Elman 神经网络对红外图像进行背景估计, 然后通过背景对消原理消去背景噪声, 从而检测到潜在的小目标。运用 Matlab7.0 的神经网络工具箱进行了编程实验, 编程仿真结果表明, 该方法对红外小目标能取得较好的检测效果。

关键词: Elman 神经网络; 红外小目标; Matlab7.0

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A

Application of Elman Neural Network in Small Infrared Target Detection

WANG Chao, TAN Li-ping, LIU Jing-lei, WANG Zhi-gang

(Institute of Mechanics Measurement & Test, School of Mechanics & Civil Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The principle of the Elman neural network and the features of small infrared target detection are presented in this paper. The Elman neural network is used to estimate the background in an infrared image and then the background noise is eliminated according to the principle of background elimination. Thus, the potential small infrared target is detected. The Neural Network Toolbox in Matlab7.0 is used to do an experiment on programming. The experimental result shows that this method is effective for the detection of small infrared targets.

Key words: Elman neural network; small infrared target; Matlab7.0

1 引言

神经网络有多种, 如 Perception、BP、RBF、循环神经网络、模糊神经网络等。将各种神经网络结合起来以构造功能更强大的神经网络已经成为趋势。红外小目标的检测是红外图像处理的难点, 主要有以下几点原因^[1,2,4]:

- (1) 红外图像本身的信噪比低;
- (2) 小目标检测中背景的复杂性和可变性, 背景中可能有多个物体, 而且可能处于运动中;
- (3) 小目标占有的图像像素少, 这样可供处理的信息量就少;

(4) 背景的灰度级别并不是单纯的低于目标点, 它可能有起伏。

红外图像的背景有其自身的特点: 背景可以看成是由内部和弱边缘组成, 内部灰度值通常变化缓慢。边缘也往往是渐变的, 即弱边缘。背景有很大的相关性。目前已经有多种神经网络被用来做红外小目标的检测, 如 RBF 和 BP 神经网络被用来进行背景估计进而检测出小目标^[1,2]。本文将 Elman 神经网络引入红外图像的小目标检测中, 介绍了 Elman 神经网络的结构, 利用 Matlab7.0 神经网络工具箱中提供的基本处理

收稿日期: 2007-05-11

作者简介: 王超(1981—), 男, 山西大同人, 硕士研究生, 主要从事红外图像处理的研究工作。

函数着重研究了 Elman 神经网络适用于红外小目标检测的原因。模拟实验表明了该方法的有效性。

2 Elman 神经网络

2.1 Elman 神经网络的基本结构

Elman 神经网络通常有两层, 从第一层的输出到第一层的输入有反馈, 这也是 Elman 神经网络是循环网络的原因。这一循环连接使得 Elman 具有了动态的特性。图 1 所示为 Elman 网络的标准结构。

在图 1 中, p 为输入向量, 有 R^1 个元素, b^k 为第 k 层的输入偏差向量, $IW^{k,l}$ 为从第 l 层到第 k 层的输入权值矩阵, $LW^{k,l}$ 为从第 l 层到第 k 层的层间权值矩阵, n^k 为第 k 层中转换函数的输入, a^k 为第 k 层中转换函数的输出, y 为最后的输出向量。

网络中的非线性关系如下:

$$a^1(k) = \tan sig(IW^{1,1}P + LW^{1,1}a^1(k-1) + b^1) \quad (1)$$

$$a^2(k) = purelin(LW^{2,1}a^1(k) + b^2) \quad (2)$$

第一层中的激活函数是 $f(x) = \tan(x)$, 第二层中的激活函数是 $f(x) = x$ 。

网络使用 Nguyen-Widrow 方法进行初始化, 该方法由 Nguyen 和 Widrow 两人在 1990 年提出, 指出如果网络的权值矩阵 LW 、 IW 和偏差向量 b 用确定的约束条件进行初始化, 这样得到的网络能够更好地对任意的函数做近似。该方法选择的 LW 、 IW 和 b 初始值力求使一层中的每个神经元的作用区域近似平均地分布到该层的输

入空间。和对 LW 、 IW 和 b 用完全随机的数进行初始化相比, Nguyen-Widrow 方法能够将网络的训练时间缩短将近一个数量级^[3]。

为了避免局部最小化, 采用了基于自适应学习率 - 动量项的误差反向传播梯度下降算法。

2.2 本文用到的 Matlab7.0 神经网络工具箱中的函数

```
net = newelm([0 1], [150 1], {'tansig', 'logsig'})
```

该函数生成一个 Elman 神经网络, 该网络有两层, 第一层有 150 个神经元, 其中的转换函数是 $\tan sig$, 第二层有一个神经元, 转换函数是 $\log sig$, 网络的输入向量的元素是 0 到 1 之间的实数。

```
net = train(net, Pseq, Tseq)
```

该函数对网络进行训练, $Pseq$ 是样本向量, $Tseq$ 是目标向量, 两者必须是 MATLAB 中的 Cell Array 类型。

该函数用训练好的网络进行模拟, $Yseq$ 也必须是 Cell Array 类型。

3 Elman 神经网络在红外图像小目标检测中的实验研究

3.1 网络的训练

实验中的目标图像是 40×40 的灰度图像, 视为样本图像的背景图像, 由下面的 Matlab 程序语句生成:

```
T=ones(40)*0.95;
T(19:21,19:21)=0.98;
T(30:40,30:40)=0.96;
T(20,30)=0.96;
```

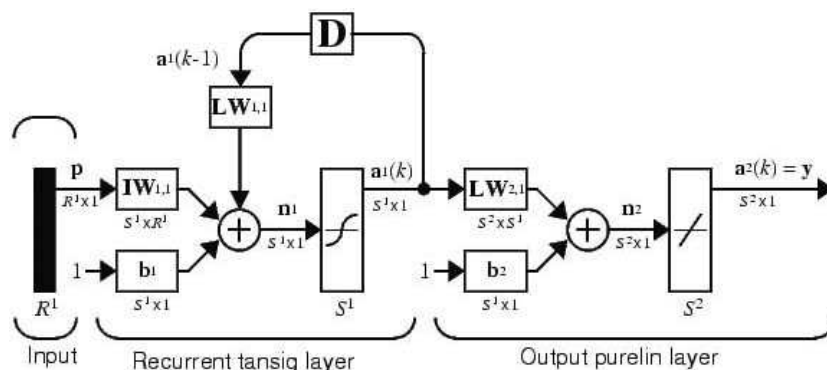


图 1 Elman 网络结构^[3]

以此来模拟背景不是单一灰度值的实际图像的背景。样本图像由下面的语句生成：

```
P(20,20)=0.94; P(18,20)=0.945;
P(19,21)=0.965; P(19,19)=0.94;
P(20,18)=0.94; P(20,22)=0.96;
P(21,19)=0.94; P(21,21)=0.94;
P(22,20)=0.96; P=ones(40)*0.95;
```

上面的样本图像能够模拟红外小目标图像四个特点。图 2 是训练的收敛情况。

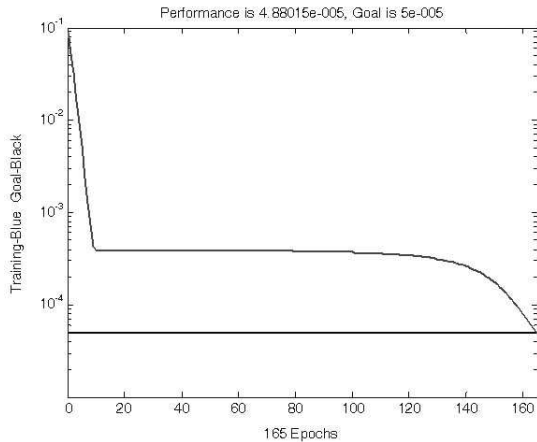


图 2 Elman 神经网络的训练曲线

收敛速度快是 Elman 神经网络的一个优点。

3.2 模拟实验

3.2.1 目标点的灰度值与背景的灰度值相差较小时的模拟

输入图像 P 由下面的 Matlab 语句生成：

```
P=ones(40)*0.95; P(18,20)=0.94;
P(19,21)=0.94; P(19,19)=0.96;
P(20,18)=0.94; P(20,22)=0.96;
P(21,19)=0.94; P(21,21)=0.96;
P(22,20)=0.94;
```

通过模拟得到背景图像 Y 和背景抵消后的残差图像 P-Y，通过设置合适的门限值使残差图像 P-Y 二值化，从而检测出小目标，如图 3 所示。

图 3 的上边缘处，即第一行像素产生了一些噪音。考虑到一般情况下，小目标分布到第一行像素上的可能性很小，所以这不会影响到该方

法的使用。

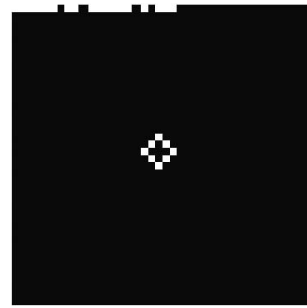


图 3 二值化后的小目标图像

3.2.2 目标点的灰度值与背景的灰度值相差较大时的模拟

输入图像 P 由下面的 Matlab 语句生成：

```
P=ones(40)*0.95;
P(18,20)=0.3;
```

目标点处的残差图像灰度值如表 1 所示。从表 1 中的数据可以清楚地看出，第 18 行从第二个数据开始变化较大，其中最大的一个是目标点，后面的是受其影响的像素点。

如果输入图像 P 由下面的 Matlab 语句生成：

```
P=ones(40)*0.95;
P(18,20)=0.8;
```

目标点后的残差图像灰度值如表 2 所示。通过与表 1 的数据对比可以看出，受影响的像素点减少了。

可见，当目标点的灰度值 f_{ij} 与背景的灰度值 b_{ij} 相差较大时，只有目标点后面与目标点处于同一行上的几个像素点会受到影响。受影响的像素点的个数同 $\Delta = f_{ij} - b_{ij}$ 有关， Δ 越大，受影响的像素点越多。对于个别的脉冲干扰，该方法能将影响限制在一行的像素范围内。

4 分析和结论

本文使用 Matlab7.0 的神经网络工具箱，利用 Elman 神经网络对图像 P 的背景进行估计，得到背景图像 Y，然后通过选取合适的门限值对残差图像 P-Y 进行二值化，从而对小目标进行检测，取得了较好的模拟效果。本文的研究表明，Elman 神经网络有较强的背景估计能力，

表 1 目标点 (18,20) 处的残差图像灰度值

	19	20	21	22	23	24	25	26	27
16	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705
17	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705
18	0.0010705	0.65341	0.0074519	0.0021171	0.006438	-0.00093483	0.00010996	-0.0038181	0.0048389
19	0.0010602	0.0010661	0.0010798	0.0010869	0.0010742	0.0010545	0.0010571	0.0010691	0.0010799
20	0.0010703	0.0010703	0.010705	0.010706	0.010705	0.010704	0.010704	0.010705	0.010706

表 2 目标点 (18,20) 处的残差图像灰度值

	19	20	21	22	23	24	25	26	27
16	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705
17	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705	0.0010705
18	0.0010705	0.15168	0.0029796	0.0011287	0.0021729	0.00055866	0.00063892	-0.00028372	0.0016925
19	0.0010682	0.0010694	0.0010723	0.0010736	0.0010708	0.0010667	0.0010667	0.0010704	0.0010727
20	0.0010704	0.0010704	0.010705	0.010705	0.010705	0.010704	0.010704	0.010705	0.010705

能够检测出信噪比很低的红外小目标, 而且能够将脉冲干扰的影响缩小在一行像素的范围内。另外, Elman 神经网络还具有收敛速度快、需要样本少的优点。综上所述可以看出, Elman 神经网络在红外小目标检测中具有很好的应用前景。

参考文献

[1] 张焱, 沈振康, 王平. 基于 RBF 神经网络的背景

估计及红外小目标检测 [J]. 国防科技大学学报, 2004, 26(5): 39-45.

[2] 张焱, 沈振康, 王平. 基于 BP 神经网络的红外小目标检测 [J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(12): 1901-1904.

[3] Matlab7.0 帮助文件神经网络工具箱.

[4] 杨德贵, 庄钊文, 黎湘. 复杂背景下红外小目标检测技术研究 [J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(5): 563-564.

~~~~~

国外专利介绍

一种外延锗温度传感器的制作方法

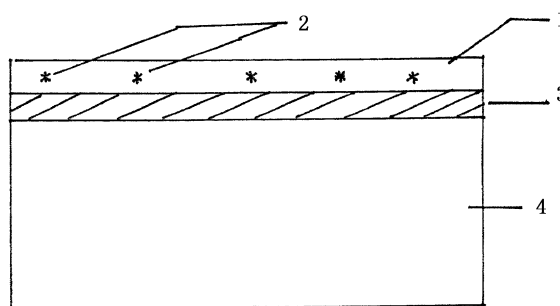
美国专利 US7232487

(2007 年 6 月 19 日授权)

本发明提供一种用于制作高灵敏度外延锗低温传感器的方法。该方法不仅能以比较低的成本大批量地制作传感器, 而且还能根据所需测温范围调整传感器的几何结构和灵敏度。用该方法制作的传感器的应用范围包括实验室和工业设备的低温测温与控制以及红外、X

射线、粒子和等离子体物理学和光谱学等。

本专利说明书共 6 页, 其中有 2 张插图。



高 编译