

自组织特征映射神经网络及其在彩色地图自动分层中的应用

林宗坚 刘少创

(武汉测绘科技大学,摄影测量与遥感系,武汉市珞喻路39号,430070)

摘要 地图数据分层是地图识别系统的一个重要组成部分。由于传统的基于 Bayes 准则识别方法要求已知概率分布密度,当实际概率分布与假设条件存在差异时,无法取得满意的识别效果。神经网络方法可以克服这些缺点。本文利用 Kohonen 提出的自组织特征映射网络的学习、识别能力,实现了对彩色地图扫描数据的自动分层。

关键词 神经网络;侧抑制;自组织特征映射;彩色地图数据分层

分类号 P289;TP18

神经计算方法是信息科学研究的一个重要领域。人们早在 40 多年前就已经开始研究神经网络的模型了。40 年代,心理学家 McCulloch 和数学家 Pitts 合作提出了形式神经元的数学模型——MP 模型,从而奠定了神经科学理论研究的基础;1941 年,Hebb 提出了改变神经元连接强度的 Hebb 规则;1957 年,Rosenblatt 首次提出了感知机(Perceptron)的概念;1962 年,Widrow 提出了与当时占主导地位的以符号推理为基本特征的 AI 途径完全不同的自适应线性元件(Adaline),引起了人们的极大兴趣。但是,1969 年,人工智能的创始人 Minsky 和 Papert 出版了颇有影响的《Perceptrons》一书,从数学上深入研究了以感知机为代表的网络系统功能及其局限性^[1]。由于 Minsky 在人工智能领域的巨大威望,这种分析使神经网络的研究走入低谷。笔者认为,在当时的计算机科学发展水平上出现这种局面是有其必然性的。此后 S. Amari、T. Kohonen、S. Grossberg、J. A. Anderson、L. N. Cooper 和 K. Fukushima 等人依然在这个领域进行了卓有成效的研究^[2,3]。80 年代,美国加州工学院生物物理学家 J. J. Hopfield 教授利用全连接神经网络模型成功地求解了 TSP 问题^[4],从而又一次掀起了神经网络的研究热潮。本文将神经网络理论用于彩色地图数据分层,为地图的自动识别奠定了基础。

1 自组织特征映射网络的特性

T. Kohonen 认为,一个神经网络在接受外界输入模式时将会分为不同区域,各区域对输入模式具有不同的响应特征,而且这一过程是自动完成的^[5]。这正是其提出的自组织特征映射网络的基础。

自组织特征映射模型结构如图 1a 所示。它是一个两层的网络,即输入层与输出层。但其输出节点是在平面上顺序排列的,每一个输入层上的神经元的邻近节点与邻域可用图 1b 的结构表示。神经元在层内及与输入层的神经元之间是高度互连的,它不仅接受网络的输入,而且还受到其邻近的其它输出单元的影响。

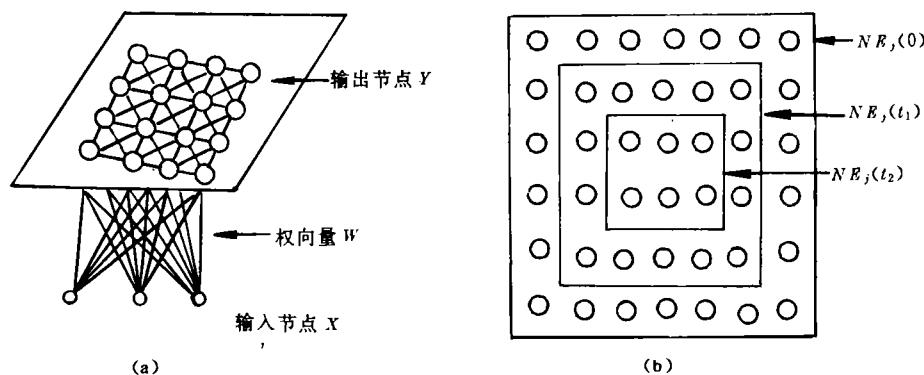


图 1 自组织特征映射神经网络

模式输入系统后,网络节点之间的连接权系数不断被自适应地修正。当网络接收到足够的输入模式后,各连接权自动地在输出平面上形成一些类别的中心,只有与当前输入矢量距离最近的节点输入最大。这些类别的中心,就相当于对输入矢量空间进行矢量量化的结果。自组织特征映射网络中权系数的自组织性,能保证输出节点平面上邻近的节点响应那些在欧氏空间中距离靠近的矢量。这表明,自组织特征映射网络具有聚类功能,而且这种聚类是无监督聚类。

自组织特征映射得名于其网络本身的自组织和自适应特性。这种特性使得网络可以自动地向环境学习,从而抽取其主要特征。经过多次训练后的网络,可把输入映射到输出平面上的一个点。对于相近的输入,它们的输出响应节点在输出平面上和拓扑意义上也是相近的,输出可以看成是输入样本特征的一种表达。本网络在有噪声干扰的情况下,仍然可以得到理想的输出结果。

侧抑制功能是自组织网络所具备的重要性质,是神经系统信息处理的基本原则之一。从原始节肢动物到人,从外周神经系统直至中枢的各级水平,从触觉到视觉的各种感觉中枢都存在着侧抑制作用。H. K. Hartline 由于在视觉生理学中引入了侧抑制与感受野这两个重要概念^[6,7],而获得了 1967 年度的诺贝尔医学与生理学奖。这种生物神经系统中存在的侧抑制作用主要表现在:①存在一种短距离的侧激励;②在以上的侧激励范围之外,存在一圈侧抑制;③围绕上述侧抑制,还有一圈较弱的侧激励。这种相互作用可以用图 2 表示。

在自组织神经网络中,这种侧抑制的作用表现在最邻近的神经元相互激励,而较远的神经元则相互抑制,更远一些的神经元则又具有激励作用。

2 地图数据分层的自组织算法

彩色地图数据分层实际上是一个分类问题。对于分类问题,可以将待分类的模式样本看作 N 维特征空间的点。类别相同或特征相似的模式在 N 维特征空间中也比较靠近。在监督分类时,系统的输出模式类别是已知的,因此系统通过训练能学习到 N 维特征空间与解释空间(即类别空间)之间的映射。但是,在某些场合,需要自行发现所观察到的模式集合在模式空间中的

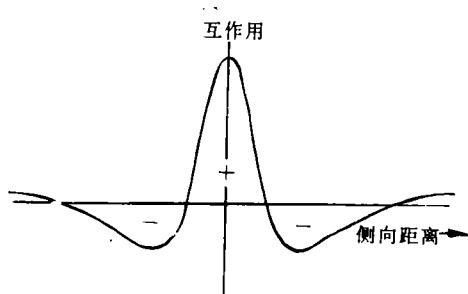


图 2 任意激励点周围的侧互作用是距离的函数

分布情况。如果这些模式在空间中以一种明显的集群分布,自动确定各集群的位置与分布的方法是很有意义的。

对于彩色地图,其各种符号、注记可以分为棕色、蓝色、绿色、黑色等各种不同的颜色。彩色地图数据分层就是在 R, G, B 构成的空间中确定各类的位置与分布。由于图纸本身的质量、扫描设备的分辨率等原因,各个类别的特征有较大的随机性。若采用监督分类的方法,则难以选取大量的样本对系统进行训练,因为地图中有点状、线状、面状等多种地物符号与注记,分别用不同的颜色表示,有些(如大面积的水系)可以比较容易划定训练区,有些(如等高线)则很难。所以,这种分类应该采用非监督分类的方法。此外,为了抵抗各种干扰,这种方法还应该具备自组织、自适应的特性。对于传统的模式识别,无论是监督分类方法,还是非监督分类方法,都是以 Bayes 理论为基础的。从理论上讲,在对概率密度函数假设正确的前提下, Bayes 分类器是最优的。这种方法的最大局限在于它要求概率密度函数已知,当实际的概率分布与假设存在差异时,将无法得到正确的分类结果。即使在实际的概率密度与假设一致时,由于样本构成的模式空间的复杂性,判别函数也往往很难正确表达。由于具有学习能力和对概率分布模型无限制等特点,神经网络是一种比 Bayes 分类器更有效的方法。可以认为,神经网络是一种估计概率分布的非参类方法。此外,这种方法还具有进行分布式处理的特点。本文采用的自组织特征映射网络,即是一种能满足上述要求的分类方法。

Kohonen 的自组织特征映射算法如下^[5]:

(1) 初始化。将 N 个输入 M 个输出节点之间的权系数赋予在 $(0,1)$ 上均匀分布的随机数:

$$W_{ij}(0) = r \quad i = 0, 1, \dots, N-1; j = 0, 1, \dots, M-1 \quad r \in (0,1)$$

并赋予输出节点一个初始邻域 $NE_j(0)$ 。其中输入层为一个一维向量, $N=3$, 使三个输入节点分别对应于每个像素的 R, G, B 三个分量。输出层为一个二维矩阵, 它的大小由处理的具体问题决定。此处,输出层为一个 15×15 的矩阵,则输出节点总数为 225。 $N_j(0)$ 也是一个正方形,此处 $N_j(0) = 5 \times 5$ 。 r 为一个 0 与 1 之间的随机数。

(2) 问网络输入新的输入样本, $x_i(t) = (x_0 \quad x_1 \quad \dots \quad x_{N-1})$ 。

(3) 计算输入与各输出节点之间的距离 d_j (此处使用的是欧氏距离):

$$d_j = \sum_{i=0}^{N-1} [x_i(t) - W_{ij}(t)]^2$$

(4) 选择与输入距离最小的节点 j^* :

$$j^* = \min_{j=0,1,\dots,M-1} d_j$$

(5) 修正输出节点 j^* 及其邻域 $NE_j(t)$ 内节点的连接权:

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \eta(t)[x_i(t) - W_{ij}(t)] \quad j \in NE_j(t); 0 \leq i \leq N-1$$

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) \quad \text{其它 } j$$

因子 $\eta(t)$ ($0 \leq \eta(t) < 1$) 邻域随时间增加而减小。 $\eta(t)$ 表示的是学习速率, 它随时间而衰减意味着随训练过程的进行权值调整幅度逐渐减小, 以使竞争获胜节点所连的权向量能够代表模式的本质属性。一般, 要使 $\eta(t)$ 满足下面两个条件, 即

$$\sum_{t=0}^{\infty} \eta(t) = \infty, \sum_{t=0}^{\infty} \eta^2(t) < \infty$$

随时间的增加, $NE_j(t)$ 的缩小, 结果会使一个节点对输入模式作为最大响应。 $NE_j(t)$ 的变化也

由 t 决定。一般设定若干个时间间隔,在计算的不同阶段 $NE_j(t)$ 采用不同的值,逐渐缩小其邻域。当计算结束时, $NE_j(t)$ 变为输出平面上的一点。

(6) 返回(2)重复计算,直到所有输入模式都进行了处理为止。

3 实验结果

本文利用上述的自组织特征映射算法,对一幅彩色地图数据进行了数据分层处理。图3为此图的灰度影像。按上述算法得到的分层结果含有随机噪声,用中值滤波的方法进行后处理,得到了图4、5所示的最后分层结果。限于篇幅,浅棕、深蓝、浅蓝等不同类别的分层结果从略。

从以上的分层结果可以发现:利用自组织特征映射算法对

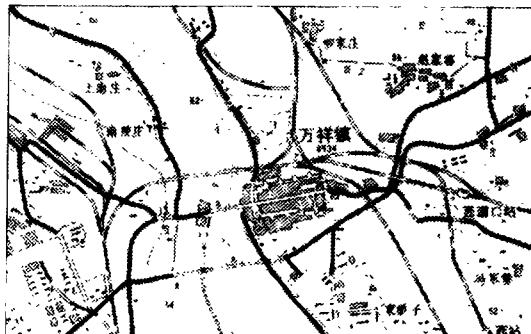


图3 原图的灰度影像

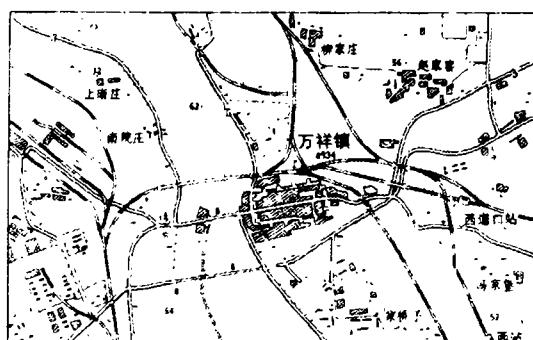


图4 分类结果中属黑色的类别

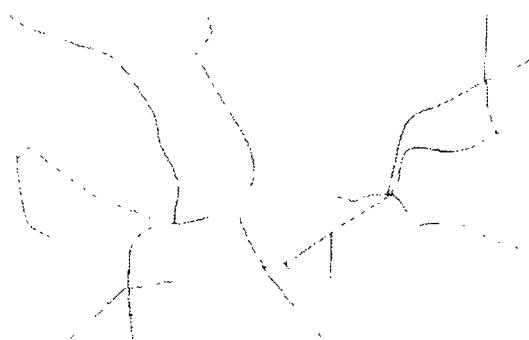


图5 分类结果中属深棕色的类别

彩色地图的扫描数据进行数据分层时,大部分数据可以根据其在 R 、 G 、 B 构成的特征空间中被有效地区分。但也有个别类别,如本例中的浅棕色分层结果不甚理想。这主要由两个原因造成:一是这类样本不典型,在特征空间中与其它类别的距离较近;二是样本的数量太小,以致于网络中的输出层未形成明显的类别聚类中心。尽管如此,神经网络技术用于彩色地图数据分层,仍不失为一种有效的途径。

参考文献

- 1 Minsky M, Papert S. Perceptrons. Massachusetts: MIT Press, 1969
- 2 焦李成. 神经网络系统理论. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991
- 3 包约翰. 自适应模式识别与神经网络. 马颂德译. 北京: 科学出版社, 1992
- 4 Hopfield J J, Tank D W. Neural Computation of Decision in Optimization Problems. Biological Cybernetics, 1985,

52,144~152

- 5 Kohonen T. *Self-organization and Associative Memory*. Berlin: Springer, 1984
- 6 顾凡及, 汪云九. 侧抑制网络中的信息处理. 北京: 科学出版社, 1983
- 7 Hartline H K. *Visual Receptors and Retinal Interaction——Studies on Excitation and Inhibition in Retina*. New York: The Rockefeller University Press, 1974

Self-organization Feature Mapping Artificial Neural Network and Its Application in Map Segmentation

Lin Zongjian Liu Shaochuang

(Dept. of Photogrammetry and Remote Sensing, WTUSM, Luoyu Road 39, Wuhan, China, 430070)

Abstract The map segmentation is an important subsystem in automatic map recognition system. This paper discussed the ability of adaptive learning in self-organization artificial neural network and used it in map segmentation. The results of segmentation illustrated the efficiency of unsupervised learning and classification in self-organization artificial neural-network.

Key words artificial neuralwork; lateral inhibition; self-orgnizing feature map; color map segmentation

=====

“全数字自动化测图的理论与方法”获国家自然科学二等奖

经国家自然科学奖励委员会评定和国家科委核准,由我校王之卓、张祖勋等人负责完成的“全数字自动化测图的理论与方法”研究最近获得国家自然科学二等奖。

“全数字化”摄影测量是国际摄影测量与遥感界的重要前沿课题,其核心之一是研究数字影像匹配的理论与技术。这是摄影测量由模拟与解析向数字化发展的重要理论与实践基础。1978年,王之卓教授在世界上率先提出了全数字化自动测图的构想。随后,该项目通过论证被列为国家“六五”重点项目,受到国家自然科学基金和国家测绘局历时15年、总投资200余万元的持续支持。经过15年的艰苦努力,课题组解决了国际上急需解决的一系列重大理论和技术问题,从而使影像匹配这一久攻未克的难题取得了突破性的进展,并为进一步处理奠定了理论与方法基础。

利用该研究成果构成的WUDAMS是迄今世界上为数不多的全数字自动化测图系统之一。由于它创造性地运用了跨接法、松弛法和一维动态规划进行二维整体匹配,使影像匹配速度创世界之最,并达到实用化的要求。该领域的专家认为,其研究成果达到90年代国际先进水平,其理论和方法的研究处于国际领先地位。

WUDAMS在国际上得到了极高的评价。澳大利亚GEONAUTICS公司经过广泛的市场调查后决定承销这一软件。今年3月,我校与GEONAUTICS公司签订了销售协议。