

短文

Kohonen 自组织特征映射模型的推广

刘政凯 李葆馨

(中国科技大学信息处理中心 合肥 230027)

摘 要

基于拓扑特征保持的观点,对 Kohonen 自组织特征映射模型进行了推广和理论分析. 实验结果表明,采用推广后的模型,能够使自组织特征映射更好地保持特征空间的拓扑性质,从而达到更好的应用效果.

关键词: 人工神经网络, Kohonen 模型, 自组织映射.

1、引言

人工神经网络中的一大类是自组织网络, Kohonen 的自组织特征映射模型就是这类的一个典型代表. Kohonen 自组织特征映射模型在模式识别、自动控制、最优化问题等方面有广阔的应用前景,并已取得了许多令人满意的结果^[2].

Kohonen 模型完成从特征空间到输出平面的降维映射,映射的结果使得每个输出单元对应输入信号模式的某一范畴,且相邻单元对应的模式也应是相近的,即映射具有拓扑特征保持性质^[1,2]. 因此考虑网络单元间的拓扑关系即网络的拓扑结构,成为这一模型的关键.

2、Kohonen 模型的拓扑特征保持性质

Kohonen 模型中邻域概念的引入导致了映射后输出平面上各单元对应模式的有序性,从而保证映射的拓扑特征保持性质. 由于一个单元最终由其权向量表征,因此映射的拓扑特征保持性质可描述为相邻单元的权向量也是相近的. 文献[1]中的实例表明,所谓拓扑特征保持,是指映射具有下面两个性质:

性质 1. 权向量最终完成对模式空间的正确逼近(或最佳逼近).

性质 2. 上述逼近是有序的逼近.

性质 1 是映射用有限单元捕捉住整个模式空间的主要信息的关键. 性质 2 反映在输出平

面上各单元所对应模式的有序性.

3、基本 Kohonen 模型的局限和改进

基本 Kohonen 模型存在边界效应^[1],只有当网络的单元数设计得足够大时,才能使边界效应不太明显. 实际中我们又遇到了另一类问题: 当特征空间的分布存在着某种形式的封闭性时,若网络的维数低于特征空间的维数,即使迭代次数非常大,保证了性质 1,也会有悖于性质 2,也即此时若采用有界输出面的基本模型,则映射的拓扑特征保持性质会受到影响.

先看一个简单例子. 二维模式空间的分布为一圆环,网络为直线排列结构,当迭代次数足够大时,才能使性质 1 得到保证,此时映射的最好结果如图 1 所示,但可看出,第一个单元与第十个单元在网络上相距最远的,在权空间却是相邻的,这完全与性质 2 相悖,而且特征空间的封闭性无法在网络上得到反映. 为解决上述问题,我们设想把原来模型的网络拓扑结构改成封闭状的,即输出单元排成一个首尾相连的链. 用改进的模型重新处理上述数据,迭代次数远小于图 1 中所用,结果如图 2 所示,性质 1、2 均得到了保证.

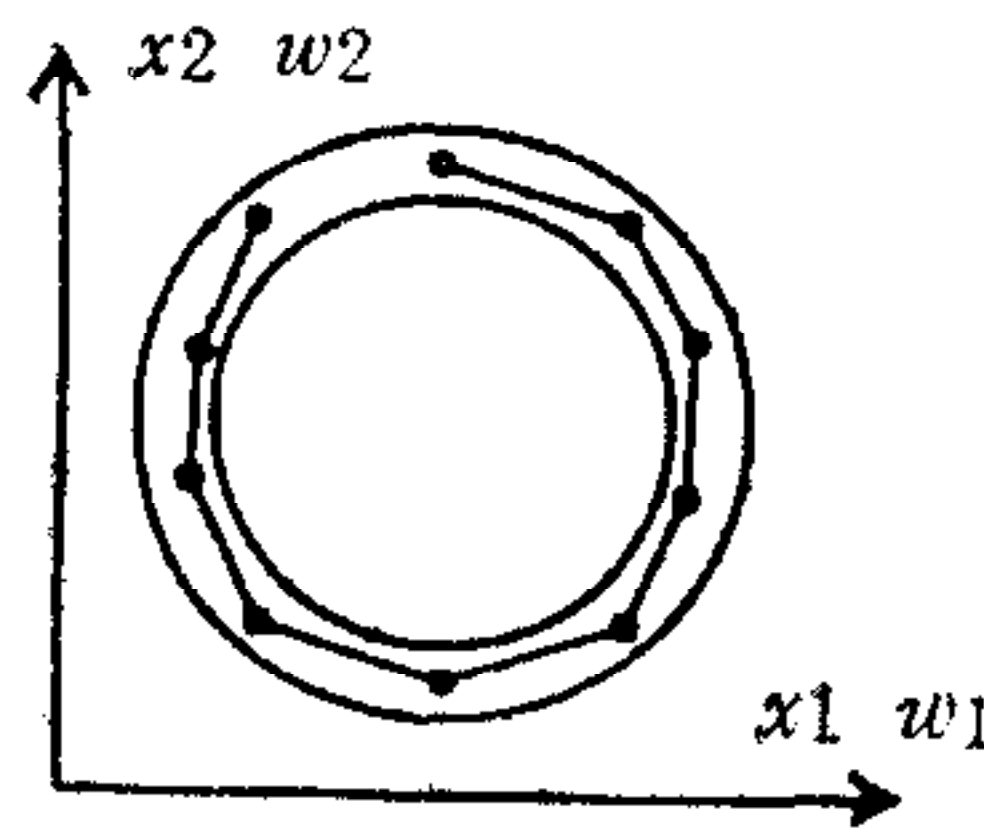


图 1 直线排列较大迭代次数

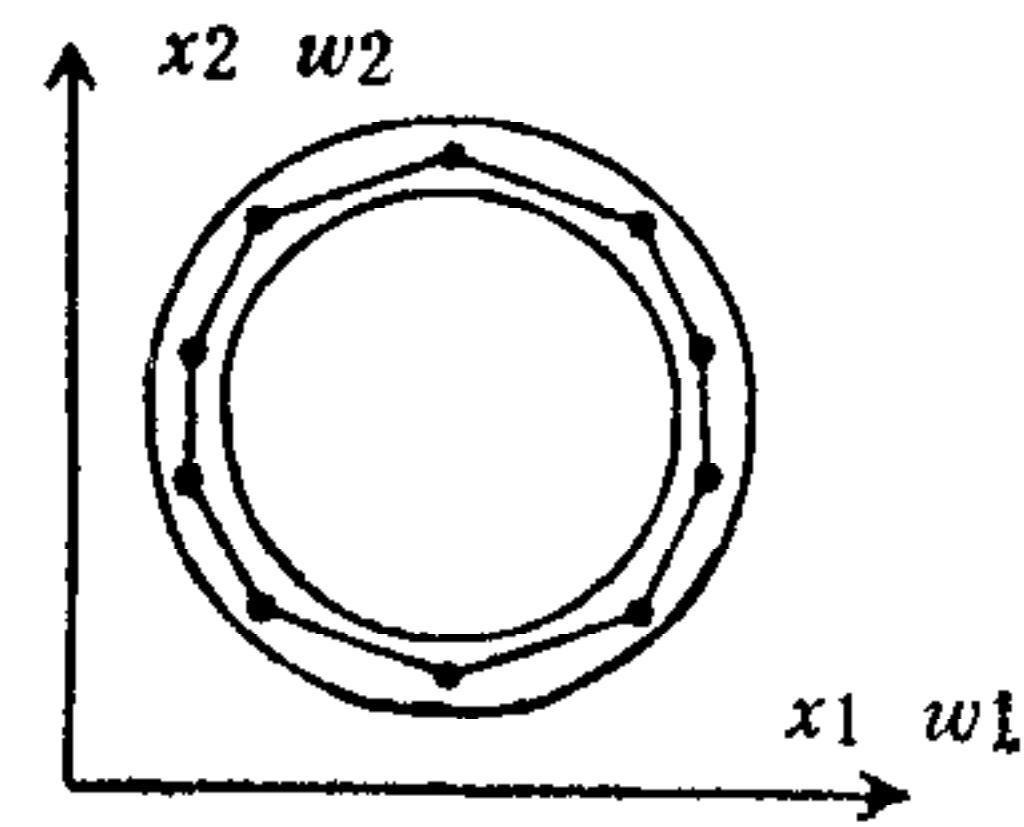


图 2 链状排列较少迭代次数

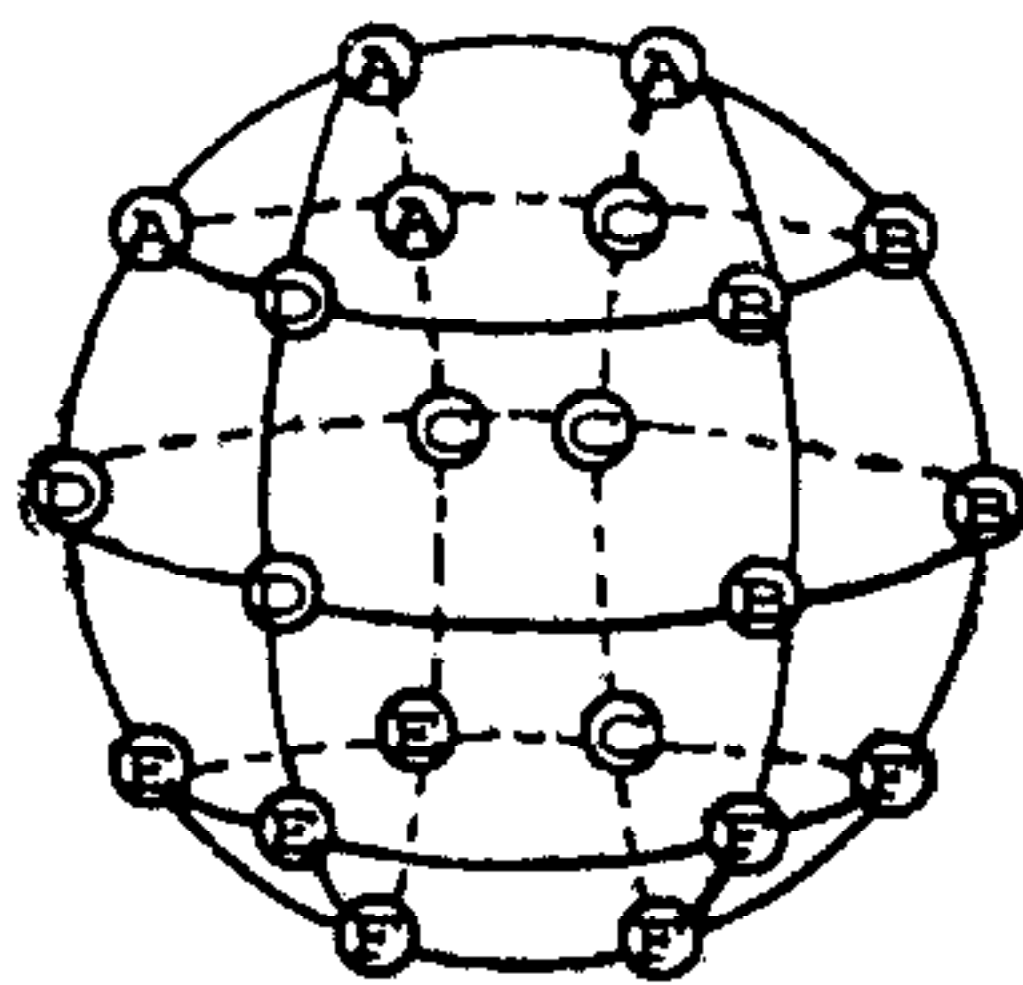


图 3 标定后的封闭输出球面

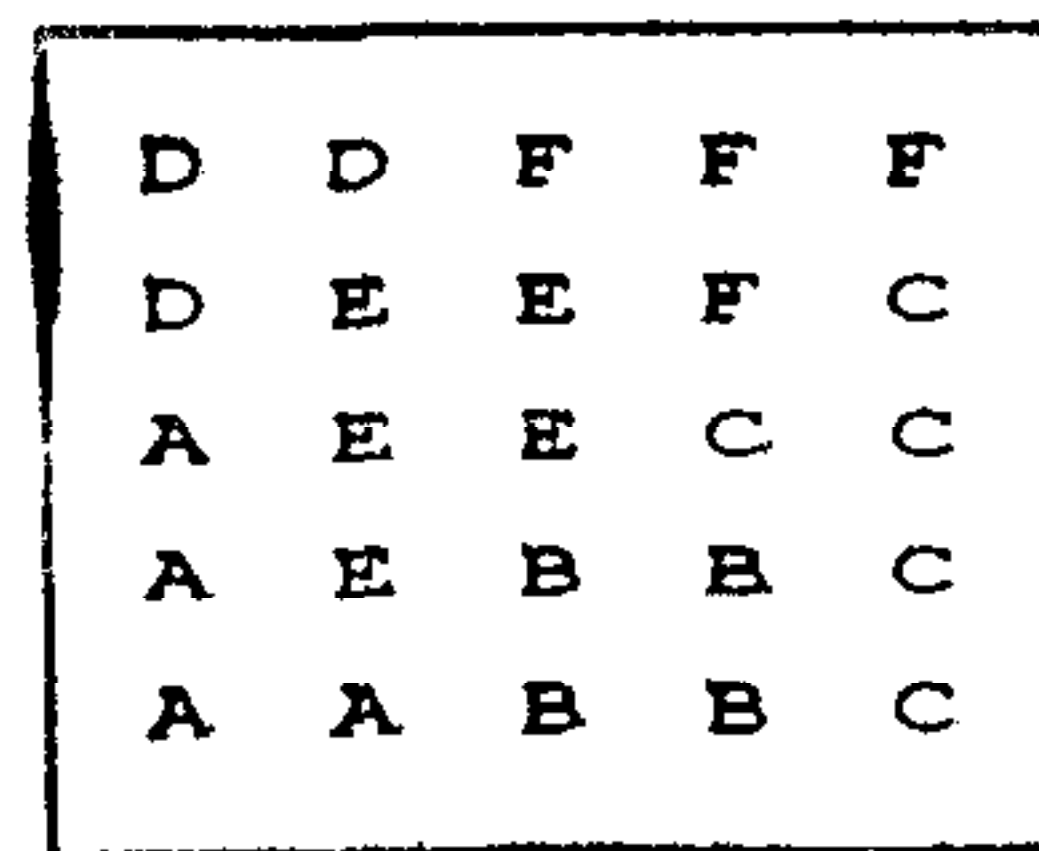


图 4 标定后的二维输出平面

鉴于常用的 Kohonen 模型是平面结构的,我们推广了上述设想,把基本模型中的输出平面改进成一个空间封闭曲面,使网络本身没有边界,则推广后的模型对上面提出的问题应该有较好的解决. 为此,我们作了如下实验. 实验数据为三维模式数据,含有六个

大致呈球面分布的模式(记为 $A、B、C、D、E、F$)。网络采用对称分布于球面上的 22 个单元,结果相当好,输出面完全有序地反映出六个模式之间的拓扑相邻关系,见图 3(已按最小相似性距离对所有单元作了标定,图 4 亦同),从描绘出的权空间来看,权空间也相当精确地逼近了模式空间。作为对比,用平面状的基本模型处理同一数据,即使用了 25 个单元,输出平面上也无法反映出各模式间的拓扑相邻关系(图 4),从描绘出的权空间来看,也与模式空间相差较远。实验结果表明了上述推广是有效的。

4、进一步的讨论和结论

考虑到实际问题中信号通常是高维的,我们又做了下面的模式实验。网络分别采用改进的球面模型和基本的平面模型,实验数据是四维的,含有八个模式。为考察权空间对模式空间的逼近程度,用自组织后的网络对原数据进行分类,结果表明球面模型能对模式空间进行很好的逼近,而平面模型即使单元数更多、迭代次数增大几倍,其所达到的也只是个次佳逼近,且有的模式几乎被淹没,在相当程度上丧失了拓扑特征保持性质。

分析表明,数据中的八个模式可用一个凸凹不平的超椭球面来拟合,故而也可以说模式空间的分布是一封闭结构。

至此,我们的问题在实验上已得到解决:当模式空间的分布为某种形式的封闭结构时,采用封闭曲面状的网络结构将更有利于 Kohonen 自组织映射的拓扑特征保持性质。对这一实验结果我们有如下的理论分析:

已经指出,邻域的概念是 Kohonen 模型的关键。一个单元的最大邻域就是整个网络。事实上网络自组织的初始阶段,邻域通常就需取得很大甚至取满整个网络。因此 Kohonen 自组织过程之所以能从无序的初态发展到有序的末态,宏观上是以整个网络为规模使权空间逼近模式空间的结果。因此,以拓扑结构封闭的网络去映射有封闭结构的模式空间,是非常自然的。这一思想的直接推广就是,若用维数与特征空间匹配(相等)、拓扑结构与特征空间相似的原则去安排输出结点,则 Kohonen 自组织映射必然能更好地保持特征空间的拓扑性质。实际上输出节点只能在三维空间排列,而且出于实现及显示上的目的,要求输出节点在一个面上排列,因此我们建议采用封闭曲面的排列方式(例如球面)。同时,采用无边界的封闭网络,可使每个单元在邻域意义上是等价的,这将有利于各单元平等地竞争学习。

最后指出,尽管我们推广的前提是模式空间的分布存在封闭性,但在实际中这一条件并非特殊情形,而是普遍的现象。例如高维模式空间中的各个模式往往可以采用拟合的方法将其归结为位于一个不规则的封闭超曲面上,而所有模式均位于一个超平面上的情形反倒是例外(尽管此时用基本的平面模型也能有较好的结果)。因此在用 Kohonen 模型完成高维(三维以上)模式空间的降维映射时,我们建议采用封闭曲面模型。当然,若信号本身是二维的,则采用基本的平面模型已经足够,这也符合上面所说的维数匹配的观点。

参 考 文 献

- [1] Kohonen. *Self-Organization and Associative Memory*, 3rd ed. Springer-Verlag, 1989.

[2] Kohonen. Self-Organization Maps. Proceedings of the IEEE, special issue on Neural Networks.

AN IMPROVEMENT ON KOHONEN'S SELF-ORGANIZING MODEL

LIU ZHENGKAI LI BAOXIN

(*Information Processing Center, University of Science and Technology of China, Hefei 230027*)

ABSTRACT

Based on the fact that the topological feature of patterns are usually conserved. We have improved the Kohonen's self-organizing model, and it turns out that the improved model can do much better in keeping the topological relations of the patterns. The experiments show that this model is much better for applications, hence better practical result.

Key words: artificial neural network; Kohonen's model; self-organization.