

基于自组织特征映射特性的栅阵列排序算法¹

林 昌 康泰兆*

(福州电信局交换设备维护中心 福州 350001)

*(南京理工大学信息学院 南京 210094)

摘 要 本文应用自组织特征映射神经网络的竞争学习和自组织特性,并根据栅阵列排序问题的性质来设定网络的竞争原则,建立了一个栅阵列排序算法。实验证明该算法可以求得十分接近全局最优解下限的布图结果。该算法的时间复杂度为 $O(n \times p^2 \ln p)$, n 为线网数, p 为主栅列数。

关键词 自组织特征映射, 栅阵列排序, 最优化设计

中图分类号 TN41.1, TN-052

1 引 言

栅阵列布图是一种针对 CMOS 电路的规则布图模式,这一问题已被证明是 NP-完全问题。近年来有不少好的启发算法发表^[1-3],但问题仍未从根本上得到解决。由于人工神经网络是大规模并行分布处理系统,特别是自组织特征映射(SOFM)神经网络在解决组合优化问题方面已有许多成功的应用,这给求解 NP 问题提供了新的思路。本文根据 SOFM 网络的竞争学习和自组织特性,建立了一个栅阵列排序算法,得到了很好的布图结果。

2 自组织特征映射神经网络的特性

SOFM 神经网络由输入层和输出层两层神经元组成。一维的 SOFM 网络模型如图 1 所示。网络的工作原理可归纳为:对于某一外界输入矢量,输出层的所有神经元通过某种原则进行竞争,选出“得胜”神经元与之对应;各输出层神经元间采用“侧反馈”连接方式,由此使得在竞争得胜的神经元周围形成一个“聚类区”;聚类区内的神经元采用自适应的学习方式,聚类区外的神经元不作学习。通过以上的自组织过程,网络输出层的神经元在结构上将趋于有序化,这种有序结构能反映出输入矢量集合在其空间的拓扑结构和概率分布情况^[4]。这一特性可以成功地应用于解决组合优化问题。

在求解栅阵列排序问题时,我们采用图 1 的模型,将主栅阵列矩阵中各栅列作为样本送入网络进行学习。网络经充分学习后,输出层中的部分神经元将与各栅列形成一一对应关系,它们的排列次序就构成了布图问题的一个解。

3 有关栅阵列排序的一些概念

栅阵列布图中,栅与线网的连接关系可用主栅阵列矩阵 $DG = \{d_{ij}\}_{n \times p}$ 表示^[1],其中 n 和 p 分别为线网与主栅列的个数。 d_{ij} 定义为: $d_{ij} = 1$, 当线网 i 与主栅 j 相交; $d_{ij} = 0$, 不相交。

设 DG 中主栅列为 T_1, T_2, \dots, T_p , 则与 T_j 相交的线网的个数可用 $f(T_j) = \sum_{i=1}^n [d_{ij} + g(i, j)]$ 表示,其中

¹ 1996-06-05 收到, 1997-01-20 定稿

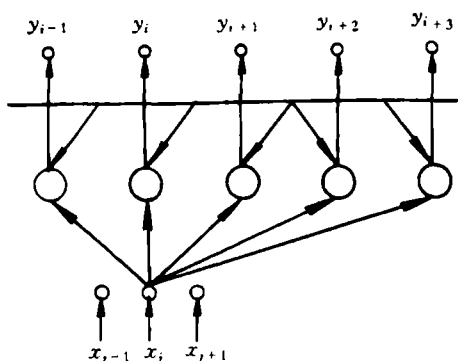


图 1 一维的 SOFM 模型

$$g(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{当 } d_{ij} = 0, \text{ 并且 } L(i) < j < R(i); \\ 0, & \text{否则.} \end{cases}$$

$L(i), R(i)$ 分别为 DG 矩阵第 i 行最左边和最右边的“1”的列号。

显然 $\max_j \{f(T_j)\}$ 就是布图所需占用的行数。因此在用 SOFM 网络求解栅阵列排序问题时，就要通过选择适当的竞争原则，将各主栅列安置于使其 $f(T_j)$ 函数为最小的位置，从而使 $\max_j \{f(T_j)\}$ 为最小；同时还要注意到使每一行的“1”尽可能靠近，使得每个线网占用的布图长度尽量趋于最小，是减小 $\sum_{i=1}^n g(i, j)$ 的先决条件，由此就确定出了本文算法所应采用的竞争原则，如第 4 节 (4) 所示。

4 算法步骤

(1) 根据给定的栅网表，建立主栅阵列矩阵 DG，以图 1 的一维网络作为算法的模型，根据 n, p 确定输入、输出层神经元的个数和加权矢量矩阵 W 的维数。

(2) $t = 0$ ；给定学习步长 $\alpha(t)$ 的初始值 $\alpha(0)$ ；确定聚类区半径 $\gamma(t)$ 的初始值 $\gamma(0)$ ；将 W 矩阵赋值为随机小数。

(3) $\gamma(t) = \lceil \gamma(0)e^{-t/\tau} \rceil$ ， $\lceil * \rceil$ 表示取整运算，常数 τ 取 50 - 100； $\alpha(t) = \alpha(0)/(1+t)$ 。

(4) 从 DG 中随机抽取一主栅列 T_j 送入网络，根据以下原则找出竞争得胜神经元 c

$$I_c = \max_i \{T_j^T W_i - \beta \sum_{k=1}^n g(k, j)\}$$

其中 W_i 为输出层第 i 个神经元的加权矢量， β 为一经验系数。规定以 c 为圆心， $\gamma(t)$ 为半径所包含的神经元为聚类区 N_c 。

(5) 对加权矢量进行调整，调整公式为

$$\begin{cases} \Delta W_i = \alpha(t)(T_j - W_i), & i \in N_c; \\ \Delta W_i = 0, & i \notin N_c. \end{cases}$$

(6) 如果样本集合中还有主栅列未送入网络学习，转 (4)。

(7) 当 $\gamma(t) \neq 0, t = t + 1$ ，转 (3)。

(8) 学习结束, 此时 p 个主栅被一一映射到输出层的 p 个神经元上, 这些神经元的排列关系就构成了排序问题的一个解。此时还可考虑应用以上的算法原理, 根据各栅列之间的连接关系对排列结果进行调整, 这样可以进一步优化排序结果。

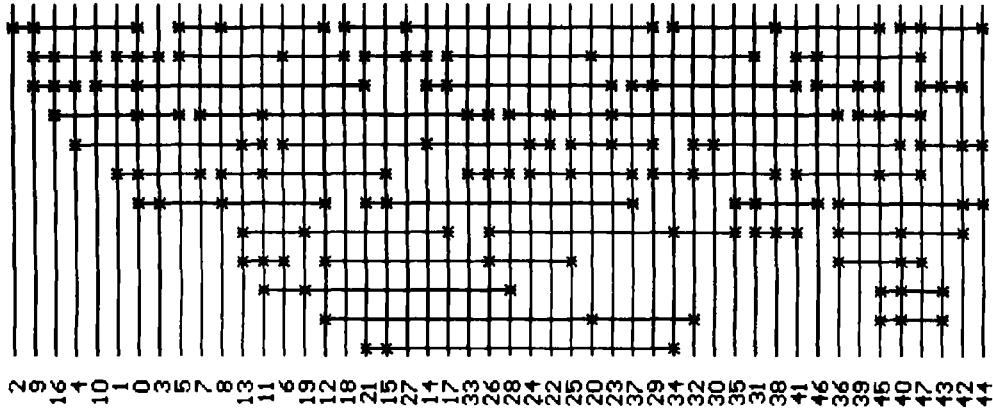


图 2

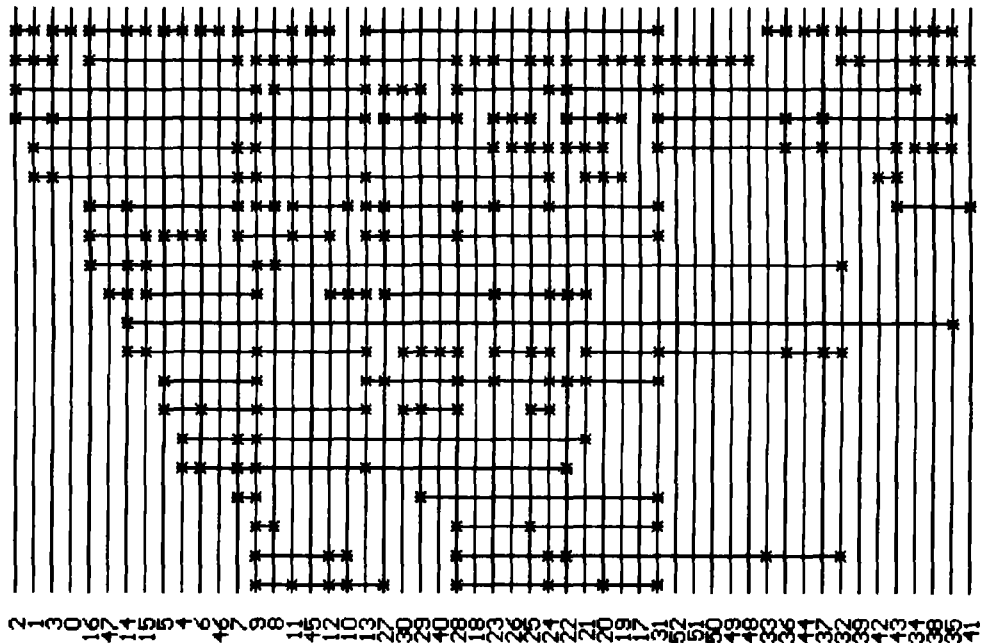


图 3

(9) 将非主栅列安置在其对应的主栅列的任意一侧, 打印出布图结果。

以上算法进行了两层循环运算, 第一层 (步骤 3 → 7) 的循环次数为 $\ln p$, 第二层 (步骤 4 → 6) 的循环次数为 p , 运算量为 $n \times p$, 因此该算法的时间复杂度为 $O(n \times p^2 \ln p)$ 。

5 求解结果

本文应用以上算法进行了大量的实验, 图 2、3 分别给出了 2 个例子的求解结果。图 2 是与文献 [2] 的实例比较, 原布图结果所需行数为 13, 连线长度 410, 本文的解为 12 行, 连线长

度 357。图 3 的实例^[3] 布图结果所需行数为 20，连线长度 585，比原来的解 (23 行，连线长度 623) 要好得多。本文算法复杂度较文献 [1] 略有降低，求解结果从总体上来说也略有改进。

6 结束语

从第 5 节可以看出，本文的求解结果一般都很接近全局最优的下限。大量实验表明本文算法具有良好的全局意识，能较好地克服局部极小点的障碍，因而能很好地解决这一 NP-完全问题。本文算法的时间复杂度仅为 $O(n \times p^2 \ln p)$ ，这对求解大规模电路的排序问题是非常有利的。

参 考 文 献

- [1] 康泰兆, 王灵峰, 林昌. 栅阵列排序的一个有效算法, 南京理工大学学报, 1995, 19(2): 109-112.
- [2] Hong Y, Park K, Kim M. A heuristic algorithm for ordering the columns in one-dimensional logic arrays, IEEE Trans. on CAD, 1989, CAD-8(5): 547-562
- [3] Umimder S, Roger Chen CY. From logic to symbolic layout for gate matrix, IEEE Trans. on CAD, 1992, CAD-11(2): 216-227.
- [4] Kohonen T, The self-organizing map, Proc. IEEE, 1990, 78(9): 1464-1480

A SOFM ALGORITHM FOR GATE MATRIX LAYOUT

Lin Chang Kang Taizhao*

(Switch Equipment Maintenance Center, Fuzhou Telecommunications Bureau, Fuzhou 350001)

*(Information School, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094)

Abstract Through selecting the network's competition rules by the nature of layout problem, an algorithm based on the competitive learning and self-organization characteristics of Self-Organization Feature Mapping(SOFM) neural network for gate matrix layout is put forward in this paper. Experiments show that the achieved results can be quite approximate to the lower limit of the optimum solutions. The time complexity of this algorithm is $O(n \times p^2 \ln p)$, here n and p are the number of nets and dominant gates, respectively.

Key words Self-organization feature mapping, Gate matrix layout, Optimization algorithm

林 昌: 男, 1971 年生, 硕士, 主要从事人工神经网络、电路 CAD、通信技术的研究工作。

康泰兆: 男, 1939 年生, 教授, 江苏省电机工程学会理事。主要从事电路理论、电路 CAD、神经网络的研究。