

基于 Hopfield 网解决 TSP 问题

崔学忠¹, 宋玉珍^{2,3}, 曲付勇²

(1. 92941 部队 91 分队 辽宁 葫芦岛 125001; 2. 海军航空工程学院 山东 烟台 264001;

3. 91550 部队 91 分队 辽宁 大连 116023)

摘要:利用神经网络解决组合优化问题是神经网络应用的一个重要方面。组合优化问题,就是在给定约束条件下,使目标函数极小(或极大)的变量组合问题。首先介绍了 Hopfield 神经网络的工作原理,然后具体介绍了 TSP 问题,然后给出了 Hopfield 神经网络解决 TSP 问题的实例,最后的结果表明利用 Hopfield 神经网络解决 TSP 问题可以求得问题最优解的次优解。

关键词:神经网络; Hopfield 网; TSP 问题; 能量函数

中图分类号: TP18

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X(2008)07-027-02

Using Hopfield Network to Solve TSP Problem

CUI Xuezhong¹, SONG Yuzhen^{2,3}, QU Fuyong²

(1. 91 Team of 92941 Army, Huludao, 125001, China;

2. The Management of Graduates Students, Naval Aeronautical Engineering Institute, Yantai, 264001, China;

3. 91 Team of 91550 Army, Liaoning, 116023, China)

Abstract: Using neural network to solve combination optimize problem is one importance side of neural networks application. Combination optimize problem is the variable combination problem which makes the goal function minimum or maximum under the given constraint condition. Firstly, this paper introduces the operating principle of Hopfield neural network. Secondly, this paper introduces travelling salesman problem. Thirdly, this paper gives the example of travelling salesman problem using Hopfield neural network. The result shows that using Hopfield neural network to solve travelling salesman problem can obtain optimum solution s second-rate solution.

Keywords: neural network; Hopfield network; TSP problem; energy function

利用神经网络解决组合优化问题是神经网络应用的一个重要方面。所谓组合优化问题,就是在给定约束条件下,使目标函数极小(或极大)的变量组合问题。将 Hopfield 网应用于求解组合优化问题,把目标函数转化为网络的能量函数,把问题的变量对应到网络的状态,这样,当网络的能量函数收敛于极小值时,问题的最优解也随之求出。由于神经网络是并行计算的,其计算量不随维数的增加而发生指数性“爆炸”,因而对于优化问题的高速计算特别有效。

1 Hopfield 网的工作原理

目前,人工神经网络常利用渐进稳定点来解决某些问题^[1,2]。例如,如果把系统的稳定点视为一个记忆的话,那么从初态朝这个稳定点的演变过程就是寻找记忆的过程。初态可以认为是给定的有关记忆的部分信息。如果把系统的稳定点视为一个能量函数的极小点,把能量函数视为一个优化问题的目标函数,那么从初态朝这个稳定点的演

变过程就是一个求该优化问题的过程。这样的优点在于他的解并不需要真的去计算,而只要构成这种反馈网络,适当的设计其连接值和输入就可达到目的。

循环网络对输入信号的处理是一个逐渐“修复”、“加强”的过程,称为 Hopfield 网。

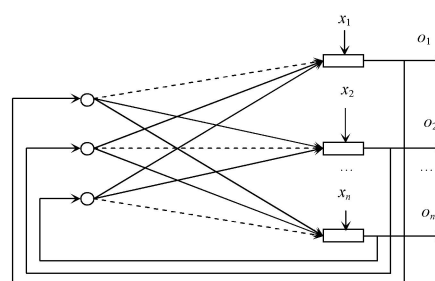


图 1 最基本的 Hopfield 网 ($n = m = h$)

联接:神经元之间都是互联的 w_{ij} , 每个神经元都没有到自身的联接 $w_{ii} = 0$ 。

神经元个数 h , 输入向量维数 n , 输出向量维数 m , $h, n, m \geq 1$ 。

神经元:输入、输出、隐藏。

收稿日期:2007-10-09

状态变化:非同步、同步。
输入向量: $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 。
输出向量: $O = (o_1, o_2, \dots, o_m)$ 。

2 TSP 问题

TSP 问题,即所谓的旅行商问题(Traveling Salesman Problem)。问题的提法是:在 N 个城市中各经历一次后回到出发点,使所经过的路程最短。其不同选择方案有 $N!/2N$ 种,在城市数较少的情况下可以用枚举等方法,但如果城市数量较大时,使用枚举法求解就要考虑的情况是数量级,计算量之大是不可想象的。将 Hopfield 网络用于求解 TSP 问题,效果是显著的^[3,4]。

在 1985 年, J. J. Hopfield 和 D. W. Tank 用循环网求解 TSP。试验表明,当城市的个数较少时,可以给出最优解;当城市个数较多而不超过 30 时,多可以给出最优解的近似解。而当城市的个数超过 30 时,最终的结果就不太理想了。

解决问题需要说明的是以下几个量:
设问题中含有 N 个城市,用 $N * N$ 个神经元构成网络。

N 个城市间存在 $N!/2N$ 条可能路径。
 d_{xy} 为城市 x 与城市 y 之间的距离;
 y_{xi} 为城市 x 的第 i 个神经元的状态;
 $y_{xi} = \begin{cases} 1 & \text{城市 } x \text{ 在第 } i \text{ 个被访问} \\ 0 & \text{城市 } x \text{ 不在第 } i \text{ 个被访问} \end{cases}$
 $w_{xi,yj}$ 为城市 x 的第 i 个神经元到城市 y 的第 j 个神经元的连接权。

网络的能量函数 E :

$$E = \frac{A}{2} \sum_x \sum_i \sum_j y_{xi} y_{xj} + \frac{B}{2} \sum_i \sum_x \sum_z y_{xi} y_{zi} + \frac{C}{2} \left(\sum_x \sum_i y_{xi} - n \right)^2 + \frac{D}{2} \sum_x \sum_z \sum_i d_{xz} y_{xi} (y_{zi+1} + y_{zi-1})$$

其中 A, B, C, D 为惩罚因子。

$\frac{A}{2} \sum_x \sum_i \sum_j y_{xi} y_{xj}$ 仅当所有的城市最多只被访问一次时取得极小值 0。

$+\frac{B}{2} \sum_i \sum_x \sum_z y_{xi} y_{zi}$ 仅当每次最多只访问一个城市时取得极小值 0。

$+\frac{C}{2} \left(\sum_x \sum_i y_{xi} - n \right)^2$ 当且仅当所有的 n 个城市一共被访问 n 次时才取得最小值 0。

$+\frac{D}{2} \sum_x \sum_z \sum_i d_{xz} y_{xi} (y_{zi+1} + y_{zi-1})$ 表示按照当前的访问路线的安排,所需要走的路径的总长度。

3 Hopfield 网解决 TSP 问题实例

部分源程序:

```
NumCity = length(loc);
distance = zeros(NumCity);
for i = 1:NumCity,
    for j = 1:NumCity,
        distance(i,j) = sqrt((loc(i,:) - loc(j,:)).^2);
    end
end
count = 20;
all_dE = zeros(count,1);
for i = 1:count
    path = randperm(NumCity);
    energy = sum(distance((path - 1) * NumCity + [path
(2:NumCity) path(1)]));
    new_path = path;
    index = round(rand(2,1) * NumCity + .5);
    inversion_index = (min(index):max(index));
    new_path(inversion_index) = fliplr(path(inversion_index));
    all_dE(i) = abs(energy - ...
sum(sum(diff(loc([new_path new_path(1)],:)).^2)));
end
dE = max(all_dE);
```

表 1 30 个点的坐标

1 (0.3663,0.9076)	11 (0.2673,0.4274)	21 (0.1980,0.4686)
2 (0.7459,0.8713)	12 (0.9439,0.4208)	22 (0.4158,0.2475)
3 (0.4521,0.8465)	13 (0.8218,0.3795)	23 (0.5990,0.2261)
4 (0.7624,0.7459)	14 (0.3630,0.5908)	24 (0.3927,0.1947)
5 (0.7096,0.7228)	15 (0.6073,0.2640)	25 (0.5347,0.1898)
6 (0.3201,0.6403)	16 (0.5974,0.6436)	26 (0.3960,0.1320)
7 (0.4224,0.7129)	17 (0.3630,0.5908)	27 (0.6287,0.0842)
8 (0.5908,0.6931)	18 (0.6700,0.5908)	28 (0.5000,0.0396)
9 (0.3201,0.6403)	19 (0.6172,0.5495)	29 (0.9802,0.0182)
10 (0.3498,0.4488)	20 (0.6667,0.5446)	30 (0.6832,0.8515)

运行结果:

Initial energy = 12.896411
path = 23 27 29 12 13 20 19 18 5 4 2 30 8 16 7 3 1 6 9 17
21 11 10 14 22 24 26 28 25 15
energy = 4.260261
[minE maxE] = [4.260261 4.281659]
ans =
最小路径的次优解(即最优解的次优解)
path = 23 27 29 12 13 20 19 18 5 4 2 30 8 16 7 3 1 6 9 17 21
11 10 14 22 24 26 28 25 15 23

如图 2 所示。

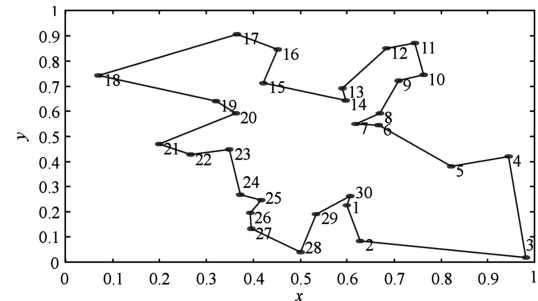


图 2 Matlab 运行结果的图形

(下转第 32 页)

进行融合显示,并适时发出控制指令,控制各仿真雷达的工作状态;评估系统接收指挥控制中心信息,实时进行动态评估。在动态仿真过程中,控制服务系统不断完成对各子系统同步控制,监视工作状态,并且可实时进行仿真暂停、继续、终止等控制。

(6) 仿真结束后,评估系统根据静态和动态评估结果,给出雷达网的抗干扰效能评估结果。

基于仿真的雷达网抗干扰效能评估,不但考虑了雷达装备的抗干扰性能,而且能够将指挥人员的指挥因素和操纵手的操作因素涵盖进去,故能全面地评估雷达网的抗干扰效能。实验证明是一种比较有效的评估方法。

6 结 语

雷达组网是现代战争中雷达作战运用的一个必然趋势,对于如何定量分析、评价雷达组网系统在现代战争中的效能问题,一直没有得到很好的解决。特别是未来战争中雷达将处于非常复杂的电磁环境中,电子对抗将日益激烈,因此评价雷达网的抗干扰效能对雷达装备的作战运用有着重要意义。本文通过对评估准则、评估方法和雷达组

网因素的分析,提出了一种建模仿真的评估方法,给出了系统结构及仿真过程,对研究评估雷达网抗干扰能力具有一定的参考价值和指导意义。

参 考 文 献

- [1] 李波涛,李明,吴顺君. 雷达抗干扰效能评估方法探讨[J]. 现代雷达, 2006, 28(11): 16-19.
- [2] 邵国培,曹志俊,何俊. 电子对抗作战效能分析[M]. 北京: 解放军出版社, 1998.
- [3] 盛文,焦晓丽. 雷达系统建模与仿真导论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [4] 汪剑波,王国玉. 对地面防空雷达网干扰能力的模糊综合评估研究[J]. 计算机仿真, 2005, 22(12): 1-3.
- [5] 高晓滨,郝重阳. 电子战系统效能的模糊评估方法[J]. 火力指挥与控制, 2005, 30(1): 69-72.
- [6] 朱丽莉,王朝晖. 组网雷达作战效能模糊综合评定模型[J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25(12): 1 463-1 464.
- [7] 刘翔,梁幼鸣,严金东. 雷达网可靠性指标分析[J]. 现代电子技术, 2006, 29(1): 32-33.

作者简介 张培峰 男,1979 年出生,河南郑州人,硕士研究生。研究方向为雷达组网。
赵拥军 男,1964 年出生,河南郑州人,教授,硕士生导师。
时银水 男,1965 年出生,河南郑州人,副教授,硕士生导师。

(上接第 28 页)

由图 2 可以看出,最小路径的走法没有重叠的,也充分说明了 Hopfield 网解决 TSP 问题的有效性。因为取的城市个数为 30,个数较多,所求得的是最优解的次优解。

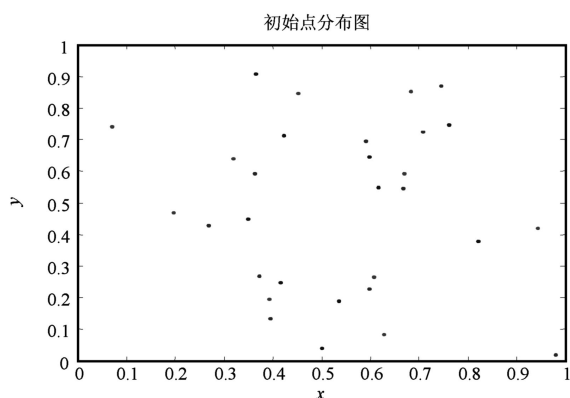


图 3 初始点的分布图

作者简介 崔学忠 男,1965 年出生,湖北石首人,军事学硕士,工程师。主要从事靶场试验测控总体技术方面的研究。
宋玉珍 女,1980 年出生,山东潍坊人,博士研究生。主要从事雷达信号恒虚警检测的研究,海杂波建模分析等。
曲付勇 男,1984 年出生,山东聊城人,硕士研究生。主要从事雷达分布式检测等研究。

4 结 语

本文主要通过利用 Hopfield 网络求解 TSP 问题,在给定要求下求得问题的最优解。该系统的扩展性能也比较好,当改变神经元个数,适当改变参数,也能达到比较好的效果。

参 考 文 献

- [1] 胡守仁. 神经网络应用技术[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1993.
- [2] 张乃尧,阎平凡. 神经网络与模糊控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [3] 党建武,靳蕃. 神经网络方法在解 C-TSP 中的应用[J]. 兰州铁道学院学报, 1994, 13(1): 65-71.
- [4] 郭鹏. Hopfield 网络在优化计算中的应用[J]. 计算机仿真, 2002(3): 37-40.
- [5] 张建航,李国. 模拟退火算法及其在求解 TSP 中的应用[J]. 现代电子技术, 2006, 29(22): 157-158.