

文章编号: 1007- 757X (2006) 11- 0001- 03

利用 Hopfield 神经网络求解旅行商问题研究

杨秀梅, 陈洪亮, 董得义*

摘 要: 本文主要研究利用连续的 Hopfield 网络求解 TSP 问题, 从连续的 Hopfield 神经网络原理出发, 结合 TSP 问题的要求, 在给定参数要求下求得问题的最优解。并分析了实际算法的弱点, 给出分析改进算法, 加快了算法的收敛速度, 改善有效解并提高最优解的比例。

关键词: 连续的 Hopfield 网络; 旅行商问题; 改进算法; 优化

中图分类号: TP301 **文献标识码:** A

1 概述

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 网络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。本文针对将 Hopfield 理论应用于实践给出了研究性方法。

2 问题的提出

TSP 问题, 即所谓的旅行商问题。问题的提法: 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 $(N-1)!/2$ 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, 例如, $N=33$ 时, 使用枚举法求解就要考虑的情况是 10^{25} 数量级, 计算量如此之大是不可想象的。将 Hopfield 网络应用于求解 TSP 问题, 效果是显著的。下面就利用连续的 Hopfield 网络求解 TSP 问题进行探讨。

3 Hopfield 神经网络及求解 TSP 问题算法

1) Hopfield 神经网络主要是模拟生物神经网络的记忆机理, 是一种全连接型的神经网络, 对于每个神经元来说, 自己输出的信号通过其他神经元又反馈到自身, 所以 Hopfield 神经网络是一种反馈型神经网络。连续的 Hopfield 神经网络状态的演变过程是一个非线性动力学系统, 可以用一组非线性微分方程来描述。系统的稳定性可用所谓的“能量函数”(即李

雅普诺夫或哈密顿函数) 进行分析。在满足一定条件下, 某种“能量函数”的能量在网络运行过程中不断地减小, 最后趋于稳定的平衡状态。

反馈网络达稳定状态时可以使系统的能量达极小, 因而可用于一些最优化问题的计算, 能量公式如下:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} v_i v_j - \sum_{i=1}^N \theta v_i = -\frac{1}{2} \mathbf{v}^T \mathbf{T} \mathbf{v} - \mathbf{v}^T \boldsymbol{\theta}$$

在实践中, Hopfield 神经网络理论可应用于很多领域。但实际上由于将理论转化为实践存在一些技术难点需要解决, 导致实际中很少用。下面以 TSP 问题进行连续的 Hopfield 神经网络理论应用研究。

2) 求解 TSP 问题算法

实例: 本实验中采用 Hopfield 网络的方法实现以 5 个城市为例的 TSP 问题, 设有 5 个城市 A, B, C, D, E, 用 $d_{xy}(x, y \in \{A, B, C, D, E\})$ 表示城市 x 和城市 y 之间的距离 ($d_{xy} > 0$)。有一推销员从某一城市出发(如从城市 C 出发)访问各城市一次且仅一次后再回到原出发城市, 要求找出一条最短的巡回路线, 即: $t = d_{CA} + d_{AE} + d_{EB} + d_{BD} + d_{DC} \rightarrow \min$ 。

建模: 在 5-TSP 中, 如城市 1 在第 3 个被访问, 则对应的向量为 $V(1) = 00100$ 。5 个城市 TSP 问题需用 5×5 个神经元来实现, 而每行每列都只能有一个 1, 其余为 0, 该阵称为换位矩阵。换位矩阵中 1 的和为 5, 所构造的函数极小值对应于最短路径。

式中取 $\tau = 1, 0$; u_0 为符号函数的参量, u_0 越小, 符号函数的离散化程度越高。在进行迭代前, 要对 u_{xi} 赋初值, 不妨令 $u_{xi, init} = -0.5 * u_0 * \ln(N-1) * (1+\delta)$, δ 是在 $(-0.1, 0.1)$

的随机数。在迭代时, $u_{xi}^{t+1} = u_{xi}^t + \frac{du_{xi}}{dt} * \delta$ 为运算步长。

因为能量在极小值时变化最慢, 所以将能量函数 E 变化小到一定程度作为结束标志变化小到一定程度作为结束标志, 即 $\Delta E \leq \min_value$ 。如果超过了一定的迭代次数仍没有收

* 作者简介: 杨秀梅, 上海交通大学电信学院, 硕士研究生, 上海 200240
陈洪亮, 上海交通大学电信学院, 上海 200240
董得义, 上海交通大学电信学院, 上海 200240

敛,则强行终止。

3 算法的脆弱性分析

在实际算法实现上,该算法的求解受到一些变量的制约,使得该算法很难求取最优解,而且经常会出现一些无效解的情况。通过分析研究,发现主要参数影响算法实现的现象如下,其中初始值对最终函数能否收敛到最优解起到至关重要的作用,我们使用计算机自带的随机函数,因为所产生的随机数的随机性较差,最好自编随机性较好的随机函数,这样才能使算法比较容易达到最优。初值尽量取在0附近且随机分布。

另外,所给定的程序参数中,D值越小,算法越易收敛到最优解,当D值较大时,如 $D=500$,比较难找到最优解,不进行优化前,算法得到有效解都非常困难。其它参数值在算法优化后对算法的影响很小,取一般参考书上所给定的参考值即可,在此不进行详细分析。

4 算法的改进

针对上面提到的算法弱点,实际实现中对算法进行如下改进:

a) 找最优解 针对初值对最优解的求取起决定性的作用,和对随机函数的随机性不够的弥补,在整个函数外增加一层循环,即在多次初值收敛结果中找最优解。找最优解的方法是根据能量最小对应距离最短,通过比较所有迭代中有效解的能量最小点来求最优解。

c) 加快算法收敛速度 为了更快使算法收敛,根据算法的特性,因为当程序达到最优时,V矩阵每行和为1,在每次迭代求取 V_{xi} 值后,对V矩阵按行求和后与1比,通过该比值将V矩阵每行和向1靠近。实际发现,通过优化,函数收敛速度明显加快。

b) 改善有效解 针对上面提到的得到有效解的概率较低,当存在两行(或列)以内为全0时,在交叉通过加1补正。优化前,当D值大于20时,算法很难得到最优解,有效解的比例也非常小;优化后D取500时,有效解的比例也很大,而且明显出现了最优解。

d) 适当选取D值,提高最优解比例实测发现,在300次循环中,D取100以内值,每次运行能100%得到最优解。当 $D=500$ 时,有40%以上能得到最优解。当循环次数提高到1000时,基本上每次都能得到最优解。

5 程序说明

a) 程序框图

b) 初始数据:

TSP问题,5个城市间距离如下表1所示。

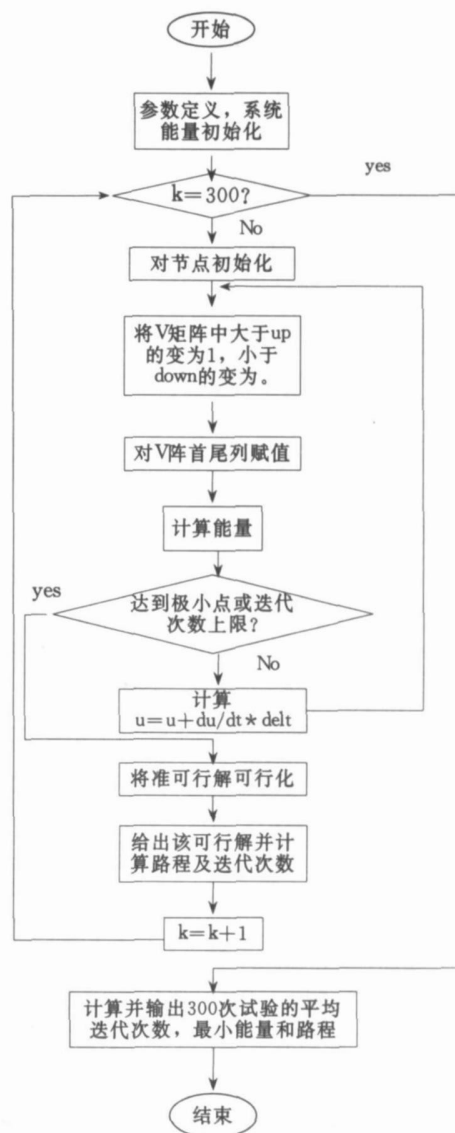


图1 程序框图

表1

	A	B	C	D	E
A	0	7	6	10	13
B	7	0	7	10	10
C	6	7	0	5	9
D	10	10	5	0	6
E	13	10	9	6	0

取 $m_A = 500, m_B = 500, m_C = 200, m_D = 500, m_{dU0} = 0.02$, 实际程序中可根据需要输入参数值, $\tau = 1.0$ 。

4 TSP问题求解结果分析

1) 穷举法的结果:

因为本例中城市数少, 可对此问题采用穷举法求出结果以供检验, 和Hopfield 网络方法比较。结果如下: 34 为最优解, 38 为次优解, 平均路程长度为 41.5。

2) 程序运行结果分析

实际中通过针对不同D 值运行程序, 程序运行界面如图2所示。

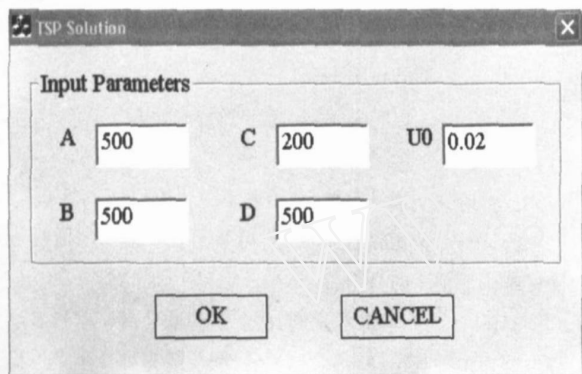


图2 1 程序运行界面一

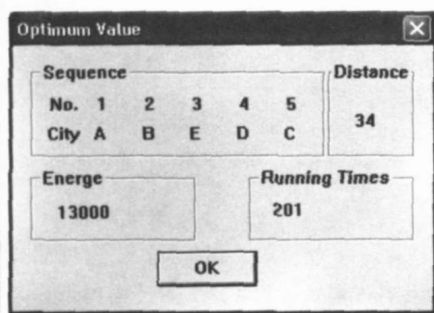


图2 2 程序运行界面二

每种D 值测试 12 次, 得到实测结果, 通过对数据分析, 可以得到解的比例与D 值关系图和达到最优解的平均迭代次数与D 值关系图如图3和图4所示。

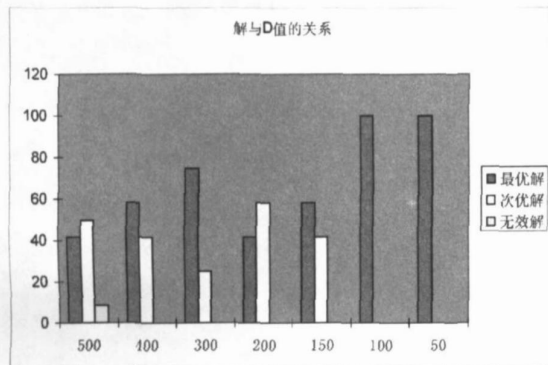


图3 测试所得解的比例与D 值关系图

通过图1和图2可以看出, D 值越小, 越容易得到最优解, 且最优解的比例越高, 当D 值小于 100 时, 每次运行都能够得

到最优解。优化后, 基本上所有解都是最优34 和次优解38。将循环次数增大到 1000 次后, D = 500 时, 基本上每次都能得到最优解。

5 结束语

本文主要通过利用连续的Hopfield 网络求解TSP 问题, 在给定参数要求下求得问题的最优解。本文作者的创新点在于针对实际算法的弱点, 进行分析和研究, 自编随机性较好的随机函数, 使算法比较容易达到最优。给出改进算法, 加快了算法的收敛速度, 改善有效解并优化最优解的比例。该系统的扩展性能也比较好, 当增大神经元个数, 适当改变参数, 也能达到比较好的效果。

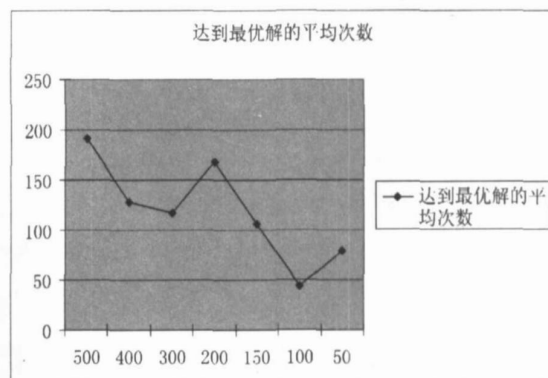


图4 达到最优解的平均迭代次数与D 值关系图

参考文献:

- [1]胡守仁 神经网络应用技术[M] 北京: 国防科技大学出版社, 1993
- [2]党建武 靳蕃, 神经网络方法在解C- TSP 中的应用, 兰州铁道学院学报 1994 年第13 卷第1 期,
- [3]张乃尧 阎平凡, 神经网络与模糊控制, 清华大学出版社, 1998 年10 月第1 版
- [4]陈萍 对Hopfield 神经网络求解TSP 的研究[J] 北京邮电大学学报, 1999 - 7.
- [5]王永骥 涂健, 神经网络控制, 机械工业出版社, 1999 年7 月第1 版
- [6]郭鹏 Hopfield 网络在优化计算中的应用[J] 计算机仿真, 2002- 5
- [7]刘剑平 TSP 邻近算法在 Euclid 平面上的性能比分析[J] 华东理工大学学报(自然科学版), 2004, 30 (3): 3362338

(收稿日期: 2006- 5- 23)

ISSN 1007-757X

Microcomputer Applications

Monthly (Since 1985)

Zhu Zhongying

Editor-in-Chief

Vol. 22, No. 11 (General No. 163)

November 2006

Research & Design

Using Consecutive Hopfield Network to Solve TSP Problem P(1)
 YANG Xiu-Mei CHEN Hong-liang (Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract This article mainly makes a study of using consecutive Hopfield network to solve TSP problem. Starting from the theory of consecutive Hopfield neural network and combining with the requirements of TSP problem, to get optimal solution of the problem under given parameters. Analyze the weakness of practical arithmetic, and give out the improved arithmetic. It quickens the speed of convergence, improves effective solutions, and optimize the proportion of optimal solution.

Keywords Consecutive Hopfield network TSP Problem (Traveling Salesman Problem) Improved arithmetic Optimize

Research on Cross-trust-domain Authentication Based on PKI and Single-point Sign-on P(4)
 LI Xian-hua ZHENG Shi-bao (Department of Electronic Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract This paper provides a method to implement Cross-trust-domain authentication by single-point sign-on. I designed a system design model based on PKI and an authentication system design project. I also proposed a basic design of trust level model. Users' access efficiency can be greatly improved if this method is implemented. It is also proved by theory that the net service security can be enhanced while the access time is saved.

Keyword Single-point sign-on Cross-trust-domain PKI Identity alliance

Research on Fuzzy Logic Compensator for Network Delays P(7)
 LIN Feng TIAN Wen-ya (Department of Information Technology, Zhejiang Economic & Trade Polytechnic, Hangzhou 310018, China)

Abstract Time delay will be generated when a communication network is applied into control system, which will arouse adverse effects on the closed-loop networked control system such as performances degradation and system destabilization. In this paper, we propose a fuzzy logic compensator on top of a PI gain to adaptively compensate for the time delay induced by network in networked control systems. One of the advantage of this proposed fuzzy logic compensator is that we do not need to completely redesign the existing PI controller, but simply modulate the control signal provided by PI controller with the output of the fuzzy logic controller. This paper adopts MATLAB/SIMULINK simulation. Simulation result shows the validity of the proposed method.

Keywords Network control Time delay Fuzzy logic control

Research on the Survivability of Network Information System P(9)
 CHAI Zheng-yi ZHANG Hao-jun (Department of Information Science and Engineering, Henan Industry University, Zhengzhou 450007, China)

Abstract Network survivability refers to that the system can still fulfill its key tasks when it is suffering attacks, failures or accidents. Survivability has become a new aspect in network security. It can better satisfy the current situation of network application in contrast to the traditional security concepts and technologies such as information protection and assurance. It also gives a new way to research the network security. Firstly, an analysis of the difference between survivability and traditional security concepts is made. Then, the paper gives out the definition, measurement and characteristic implementation technology of survivability. Finally, it introduces two methods to realize the survivability and analyzes the difference between the two methods.

Keywords Network security Survivability Intrusion usage scenario Intrusion-tolerant Survivable system design

Research on Dynamic Index Technology in Full Text Retrieval P(11)
 GUO Qi-juan CHEN Tong-zhao (College of Computer and Communication Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061, China)

Abstract Full text retrieval is one of the most efficient technologies of information retrieving. This paper analyses the merits and demerits of static index technology in full text retrieval system, discusses the factors which may affect the dynamic features of index, then put forwards a kind of dynamic index technology based on inter-relevant successive trees. This technology has good performance in solving the problem of updating index and enhancing its dynamic features, while not affecting inquiring efficiency and other performances.

Keywords Full text retrieval Inter-relevant successive trees Static index technology Dynamic index technology

Research on Quantum Computer and its Applications P(13)
 HE Xiang-chu (Dept. of Computer, Vocational College of Industry & Commerce of Guangdong Guangzhou 510510, China) LI Ji-rong (College of Information, Wuyi University, Jiangmen, Guangdong 529020, China)

Abstract This paper introduces the newest research directions of quantum computation, and expounds the applications of quantum computation technologies in secret communication, cryptography system and database searching. The advantages of quantum computer compared with classical computer and the main factors that restrain the current development of quantum computer are also analyzed. Finally, its future development trend is expected.

Keywords Quantum computation Quantum computer Quantum algorithm

Development and Application

Design of Vehicle Alarming and Control System Based on GSM P(16)
 LI Zhi-wei (Office of Computer Teaching and Researching, No. 1 Aeronautical Institute of Air Force,