

# 模拟退火算法改进 BP 算法的区域物流中心选址

孙海涛<sup>1</sup>, 李仲秋<sup>2</sup>

(1. 渤海大学 管理学院, 辽宁 锦州 121013;  
2. 渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州 121013)

**摘要:**合理的区域物流中心选址是加速区域物流网络升级优化,促进经济持续、健康、稳定发展的基础。文中运用模拟退火算法改进 BP 学习算法构成一种新的优化算法,通过学习和迭代求出问题的解。首先,运用精确的数学模型描述 BP 学习算法,并通过图形阐明模拟退火算法改进 BP 算法的流程;然后,针对改进后的算法规划了 6 个选址步骤;最后,通过具体选址实例,验证改进算法和步骤的有效性。文中研究的算法在收敛稳定性、收敛速度、初值敏感性等方面具有良好的效果,表现出高效、实用、简洁的特性。

**关键词:**模拟退火算法;BP 学习算法;区域物流中心;选址

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)09-0222-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.09.052

## Regional Logistics Center Location of Simulated Annealing Algorithm Improving BP Algorithm

SUN Hai-tao<sup>1</sup>, LI Zhong-qiu<sup>2</sup>

(1. School of Management, Bohai University, Jinzhou 121013, China;

2. College of Information Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

**Abstract:** The reasonable regional logistics center location is the base to accelerate the upgrading of regional logistics network optimization, and promote economy sustained, healthy and stable development. In this paper, use simulated annealing algorithm to improve BP learning algorithm and constitute a new optimization algorithm, through learning and iterative to solve problem. First, with a precise mathematical model describe the BP learning algorithm and clarify the processes of simulated annealing algorithm to improve BP algorithm through graphical. Second, plan six sites steps for the improved algorithm. Finally, demonstrate the effectiveness of improved algorithms and procedures through a specific site examples. In this paper, the algorithm has a good effect on convergence stability, convergence speed and initial sensitivity, which shows the efficient, practical, simple features.

**Key words:** simulated annealing algorithm; BP learning algorithm; regional logistics center; location

## 0 引言

物流是企业的第三利润源泉,物流能力是企业的核心竞争力。加快物流产业发展,对于降低产业成本、优化资源配置、引导经济结构调整、促进增长方式转变、推动国民经济发展等方面具有重要意义。区域物流中心是区域内重要的物流基础设施,区域物流中心选址是区域物流规划布局的重要组成部分<sup>[1]</sup>。合理的区域物流中心选址,是加速区域物流网络的优化和升级,促进区域经济持续、健康、稳定发展的基础和前提。区域物流中心选址是一项复杂的系统工程,在选址过

程中如何利用智能化算法并借鉴成功的选址案例是该领域的研究方向。

遗传算法的局部搜索能力较差,但把握搜索过程的能力较强。而模拟退火算法具有较强的局部搜索能力,并能使搜索过程避免陷入局部最优解,但模拟退火算法却对整个搜索空间的状况了解不多,不便于使搜索过程进入最有希望的搜索区域,从而使得运算效率不高。如果将 BP 算法与模拟退火算法相结合,互相取长补短,则有可能得到性能优良的全局搜索算法<sup>[2]</sup>。结合遗传算法的并行搜索结构和模拟退火算法的概率突跳特性,将其同基本 BP 算法相结合,形成基于遗传

模拟退火的 BP 算法。

1 BP 学习算法

BP 网络具有三层或三层以上结构,包括一个输入层、一个或多个中间层(隐含层)和一个输出层<sup>[3]</sup>。每层由许多并行的神经元组成,同层神经元之间无连接,层与层之间神经元全互连接。网络结构如图 1 所示<sup>[4]</sup>。D. Rumelhart 和 McClelland 成立的 PDP(Parallel Distributed Processing)小组提出了 BP 神经网络及其学习算法,称为误差反向传播算法或 BP 学习算法。

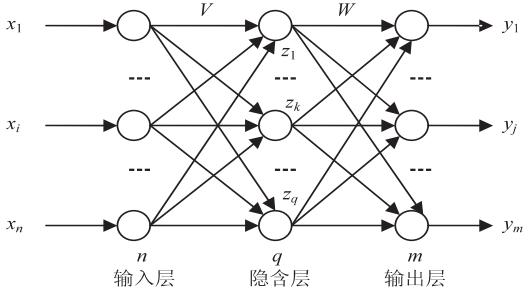


图 1 三层 BP 网络结构

BP 学习算法可用精确的数学模型表示<sup>[5-6]</sup>。隐含层的输出为:

$$z_k = g(S_k) = g(\sum_{i=1}^n v_{ik}x_i)$$
 (1)

输出层的输出为:

$$y_j = f(S_j) = f(\sum_{k=1}^q w_{kj}z_k)$$
 (2)

输入信号  $x^p$  的误差函数为:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (d_j^p - y_j^p)^2$$
 (3)

式中,  $d_j^p$  为输入信号  $x_i$  的期望输出。

输入  $p$  个信号时  $p$  个误差函数的和为:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m (d_j^p - y_j^p)^2 = \sum_{i=1}^p E_p$$
 (4)

输出层连接权重变化公式为:

$$\Delta w_{kj} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{kj}}$$
 (5)

输出层误差信号为:

$$\delta_{y_j} = -\frac{\partial E_p}{\partial S_j} = -\frac{\partial E_p}{\partial y_j} \cdot \frac{\partial y_j}{\partial S_j}$$
 (6)

$$\frac{\partial S_j}{\partial w_{kj}} = z_k$$

则有:

$$\Delta w_{kj} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{kj}} = \eta \delta_{y_j} z_k$$
 (7)

隐含层连接权重变化公式为:

$$\Delta v_{ik} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial v_{ik}}$$
 (8)

定义隐含层误差信号为:

$$\delta_{z_k} = -\frac{\partial E_p}{\partial S_k} = -\frac{\partial E_p}{\partial z_k} \cdot \frac{\partial z_k}{\partial S_j}$$
 (9)

$$\frac{\partial S_k}{\partial v_{ik}} = x_i$$
 (9)

则有:

$$\Delta v_{ik} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial v_{ik}} = \eta \delta_{z_k} x_i$$
 (10)

BP 神经网络根据这些权重连接值的变化量更新权重,直到网络学习稳定并获得分类模型。

2 模拟退火算法改进 BP 算法

为了克服 BP 算法容易陷入局部极小的缺点,引入模拟退火算法。利用遗传算法产生初始种群,确定网络的权值和阈值,得到测试误差;利用模拟退火算法状态函数产生新个体;利用遗传算法进行排序、选择、交叉、变异,产生新一代种群<sup>[7]</sup>。重复计算,直到误差满足精度或达到进化最大代数后输出结果<sup>[8]</sup>。实现过程如图 2 所示。

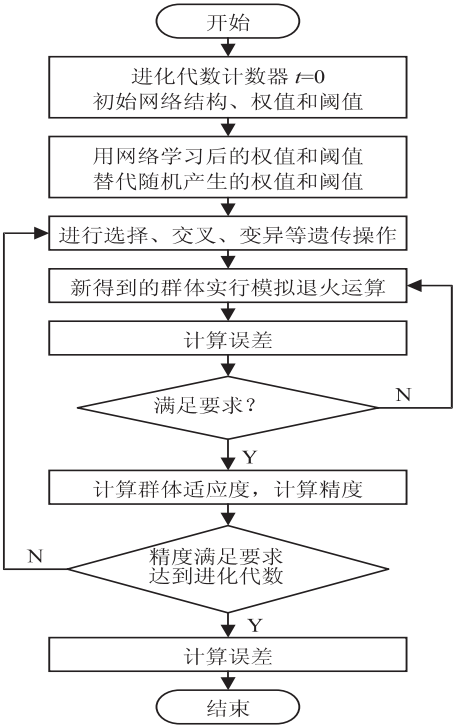


图 2 模拟退火算法改进 BP 算法流程

对图 2 的有关内容说明如下:

(1) 对新得到的群体实行模拟退火运算时,温度调节及权值、阈值处理公式为:

$$\begin{cases} T(t) = \frac{T_0}{\lg(t+1)} \\ w^{(t+1)} = w^{(t)} + dw \\ dw = \frac{T(t)}{T(t)+1} \text{rand} \end{cases}$$
 (11)

式中,  $T_0$  为事先选定的模拟退火的初始温度;  $t$  为迭代次数;  $w^{(t)}$ 、 $w^{(t+1)}$  分别为网络第  $t$  次和  $t+1$  次迭代的权值;  $\text{rand}$  为随机函数。

(2) 计算误差公式为:

$$\Delta E = E^{(t+1)} - E^{(t)} \quad (12)$$

若  $\Delta E < 0$ , 则接受  $w^{(t+1)}$ ; 否则, 计算当前温度下的状态转移概率, 计算公式为:

$$P(\Delta E) = \exp(-\Delta E/T^{(t)}) \quad (13)$$

若  $P(\Delta E) \geq \lambda$ , 则接受  $w^{(t+1)}$ ; 否则, 不接受  $w^{(t+1)}$ 。

(3) 计算群体适应度公式为:

$$F = 1/(E_p)^2 \quad (14)$$

其中,  $E_p$  的计算方法见公式(3)。

### 3 选址步骤

区域物流中心选址通常是在一定的原则下, 预先选择一些方案, 然后再对所选方案进行比较分析, 从中选出一个或几个满意的方案。模拟退火算法改进 BP 学习算法的区域物流中心选址步骤为:

第 1 步: 确定影响因素指标体系。

区域物流中心选址是一个涉及诸多影响因素的综合决策问题, 在选址过程中各因素都有不同程度的影响, 只有将各影响因素集成起来考虑, 才能使选址更合理、更科学。通过对区域物流中心选址影响因素的深入分析, 归纳前人的研究成果<sup>[9-11]</sup>, 并结合相关专家的经验, 将评价指标体系归结为经济发展、区域交通、物流费用、社会环境、其他因素 5 个一级指标, 每个一级指标下有 4 个二级指标。评价指标体系及决策层次结构如图 3 所示。

第 2 步: 单指标模糊评价。

从一个指标出发, 确定评价对象对评价集元素的隶属度。隶属度, 又称隶属函数值或模糊关系系数, 用来描述事物的模糊性。确定隶属度的方法有很多, 如模糊统计法、预定-修改-完善法、二元对比排序法、专家经验法、例证法等<sup>[12]</sup>。无论采用哪种方法, 实践是确定、检验和调整隶属函数的依据, 最终要以符合客观实际为标准。需要建立一个从  $U$  到  $F(V)$  的模糊映射:

$$f: U \rightarrow F(V), \forall u_i \in U,$$

$$u_i \mapsto f(u_i) = \frac{r_{i1}}{v_1} + \frac{r_{i2}}{v_2} + \dots + \frac{r_{im}}{v_m} \quad (15)$$

式中,  $r_{ij}$  表示  $u_i$  属于  $v_j$  的隶属度。

第 3 步: 设计神经网络模型。

合理确定网络层数及各网络的神经元数是成功应用 BP 学习算法的关键。隐含层单元数的选择是个复杂问题, 并没有很好的解析表达式, 需要根据问题的要

求、输入及输出层单元的多少确定。如果隐含层单元数太多, 网络学习时间急剧增加, 难以分辨数据的真伪; 太少则达不到训练学习效果。

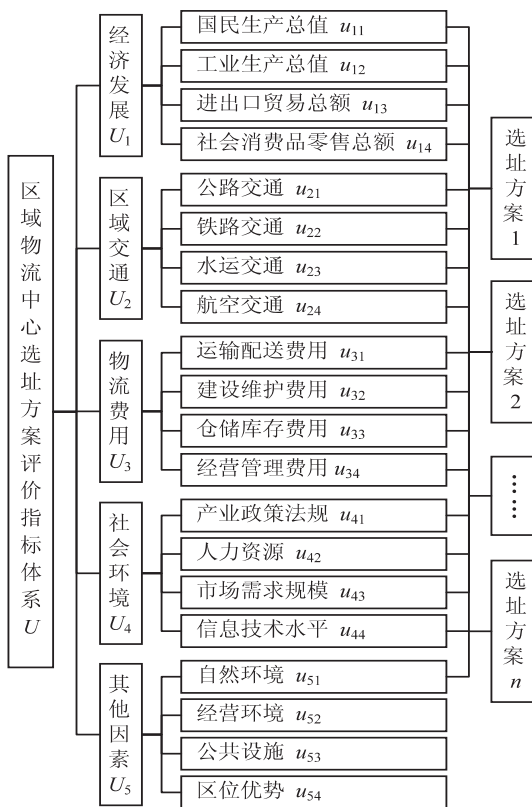


图 3 区域物流中心选址方案评价指标体系

第 4 步: 训练神经网络。

给定教师值, 确定学习率和初始值。初始值包括权值和阈值, 通常可取 0-1 之间的随机值。将训练数据输入网络, 进行学习, 直到训练结果基本接近期望值为止。

第 5 步: 用经过训练的网络处理数据。

将备选方案的指标数据输入神经网络进行处理, 得到处理结果。即将第 2 步的单指标模糊评价结果输入训练后的网络, 分别得到各自的 BP 神经网络输出值。以此输出值的大小对备选方案的优劣进行排序。

第 6 步: 根据处理结果, 对备选方案进行排序, 并选择最终方案。

### 4 选址实例

某区域欲建物流中心, 有甲、乙、丙、丁共 4 个备选方案, 需要对这 4 个备选方案按优劣排序, 供最终决策使用。为了运用 BP 学习算法, 收集了已经成功运营的 A、B、C、D、E、F 共 6 个方案作为学习样本, 经实践证明, 这 6 个学习样本的优劣顺序为 C、D、A、F、E、B。对备选方案及学习样本共 10 个方案进行单指标模糊评价并规范化处理后的结果如表 1 所示。

根据指标及其方案特性设计神经网络。输入层单

元数为 20 个;中间层为二层,第一层单元数为 5 个,第二层单元数为 6 个;输出层单元数为 1 个。将前 6 个方案作为学习样本输入网络,迭代 800 次后所得结果与期望结果吻合。

将后 4 个备选方案输入网络,得到的输出值如表 2 所示。

表 1 区域物流中心选址单指标模糊评价

指标	A	B	C	D	E	F	甲	乙	丙	丁
$u_{11}$	0.86	0.72	1.00	0.95	0.43	0.31	0.64	0.92	1.0	0.73
$u_{12}$	0.84	0.62	1.00	0.77	0.51	0.36	0.59	0.76	1.0	0.64
$u_{13}$	0.62	0.51	0.84	0.75	1.00	0.25	0.87	1.0	0.85	0.52
$u_{14}$	0.74	0.52	1.00	0.64	0.61	0.97	0.64	0.83	0.74	1.0
$u_{21}$	0.74	1.00	0.97	0.53	0.67	0.85	0.50	0.72	1.0	0.41
$u_{22}$	1.00	0.39	0.85	0.53	0.62	0.78	0.66	1.0	0.93	0.70
$u_{23}$	0.12	0.24	0.22	1.00	0.83	0.56	1.0	0.84	1.0	0.84
$u_{24}$	0.31	0.73	0.92	0.49	1.00	0.86	0.71	0.88	0.76	1.0
$u_{31}$	0.54	0.71	0.75	1.00	0.67	0.85	0.58	0.70	0.94	1.0
$u_{32}$	1.00	0.75	0.37	0.56	0.72	0.84	1.0	0.95	0.88	0.57
$u_{33}$	0.89	1.00	0.54	0.48	0.61	0.73	0.92	0.69	1.0	0.46
$u_{34}$	0.66	0.94	0.82	1.00	0.76	0.57	0.64	0.84	0.62	1.0
$u_{41}$	1.00	0.45	0.84	0.76	0.87	0.62	0.77	1.0	0.37	0.34
$u_{42}$	0.87	0.91	1.00	0.54	0.68	0.73	0.62	1.0	0.69	0.82
$u_{43}$	0.71	1.00	0.94	0.82	0.35	1.00	0.46	0.81	1.0	0.57
$u_{44}$	0.68	0.91	0.95	0.64	1.00	0.70	1.0	0.64	0.84	0.81
$u_{51}$	0.44	0.78	0.67	1.00	0.88	0.84	0.43	0.91	0.67	1.0
$u_{52}$	1.00	0.49	0.85	0.83	0.72	0.90	0.72	1.0	0.83	0.62
$u_{53}$	0.64	0.59	1.00	0.87	0.94	0.75	0.54	0.48	1.0	0.38
$u_{54}$	0.82	0.27	1.00	0.86	0.46	0.67	0.81	0.76	1.0	0.55

表 2 网络学习对备选方案处理结果

备选方案	处理结果	方案排序
甲	0.473	3
乙	0.581	2
丙	0.675	1
丁	0.412	4

从表 2 可以看出,备选方案优劣排序为“丙、乙、甲、丁”,因此,推荐“丙”为候选方案,“乙”为预备候选方案。

5 结束语

区域物流的主旨是服务于区域经济发展、提高区

域物流效率、扩大区域物流规模、提高区域核心竞争力。合理的区域物流中心选址是实现区域物流主旨的根本保障。文中针对传统区域物流中心选址存在的问题,提出了运用模拟退火算法改进 BP 学习算法而构成一种新的优化算法,通过学习和迭代,找出输入与输出的内在联系,从而求出问题的解,具有自适应功能,并弱化指标权重确定中人为因素的影响。区域物流中心选址非常复杂,需要考虑多方面的因素,各个因素之间互相影响,呈现复杂的非线性关系。文中研究的算法在收敛稳定性、收敛速度、初值敏感性等方面都有良好的效果,具有高效、实用、简洁的特性,是区域物流中心选址的科学方法。

参考文献:

[1] Kayikei Y. A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions[J]. Procedia Social and Behavioral Sciences,2010,2(3):6297-6311.

[2] 李斐然. 现代铁路物流中心规划研究[D]. 长沙:中南大学,2012.

[3] 张月琴,刘翔,孙先洋. 一种改进的 BP 神经网络算法与应用[J]. 计算机技术与发展,2012,22(8):163-166.

[4] 孙喜波. BP 神经网络算法与其它算法的融合研究及应用[D]. 重庆:重庆大学,2011.

[5] 吕妍. 改进 BP 算法在数据库中的应用[D]. 长春:吉林大学,2011.

[6] Li Mingshun,Chen Wencui. Application of BP neural network algorithm in sustainable development of highway construction projects[J]. Physics Procedia,2012,25(1):1212-1217.

[7] Vasan A,Raju K S. Comparative analysis of simulated annealing,simulated quenching and genetic algorithms for optimal reservoir operation[J]. Applied Soft Computing,2009,9(1):274-281.

[8] 李斐然. 基于遗传算法的呼包鄂区域物流中心选址研究[D]. 哈尔滨:燕山大学,2012.

[9] Roh Sae-yeon,Jang Hyun-mi,Han Chul-hwan. Warehouse location decision factors in humanitarian relief logistics[J]. Asian Journal of Shipping and Logistics,2013,29(1):103-120.

[10] 王敏. 河南省区域物流体系规划研究——基于模糊聚类理论[J]. 河南科技大学学报(社会科学版),2011,29(5):67-69.

[11] 任永昌,邢涛,赵国强. 物流配送中心选址方案模糊决策分析[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2010,29(3):517-520.

[12] 隶属度函数[EB/OL]. 2013-05-25. <http://baike.baidu.com/view/3977584.htm?fromId=1806495>,2013-5-25.

# 模拟退火算法改进BP算法的区域物流中心选址

作者:

孙海涛, 李仲秋, [SUN Hai-  
tao](#), [LI Zhong-  
qiu](#)

作者单位:

[孙海涛, SUN Hai-  
tao\(渤海大学 管理学院, 辽宁 锦州, 121013\), 李仲秋, LI Zhong-qiu\(渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州, 121013\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#) 

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

2014 (9)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201409052.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201409052.aspx)