

基于熵权法和神经网络的口岸物流综合能力评价方法研究

窦志武¹ 李红巍² 熊琦¹

(云南财经大学物流学院 昆明 650221)¹ (云南财经大学科研院所党委 昆明 650221)²

摘要 口岸物流综合能力的提高是当前口岸发展研究的热点和难点问题,而综合能力的提高首先需要准确的评价方法。为此采用了熵权法与 BP 神经网络法相结合的评价方法进行口岸物流综合能力评价研究,以熵权法确定了 BP 神经网络的训练样本和期望输出,以 BP 神经网络模型进行口岸物流综合能力的评价。以河口口岸 7 年的物流数据为实例进行验证,得到了河口口岸物流综合能力的发展水平评价,从而证明了该方法的有效性和实践应用价值。

关键词 口岸物流,熵权法,BP 神经网络,综合能力

中图分类号 TP391 文献标识码 A

Evaluation of Port-logistics Capability Based on Entropy Weight and BP Neural Network

DOU Zhi-wu¹ LI Hong-wei² XIONG Qi¹

(Business School, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China)¹

(Party Committee of Scientific Research Institute, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China)²

Abstract To improve the comprehensive capability of port-logistics is a hot and difficult question. So a combined method of entropy theory and BP neural was applied to research the port-logistics. The theory of entropy weight was adopted to determine the training samples and expected output, and the comprehensive capability of port-logistics were obtained based on the trained BP neural network. Instance including 7 years' logistic data of Hekou port confirms the effectiveness and practical application value of the methods.

Keywords Port-logistics, Entropy weight, BP neural network, Comprehensive capability

1 引言

口岸是国际物流的必经通道,是进出境物流、信息流、资金流汇聚和散发的枢纽。口岸作为全球经济活动的重要结点,已超越“门户”和“通道”的作用,直接影响某一地区、某一产业的发展。如何提高口岸物流能力成为当前重要的研究课题,而找出评价口岸综合能力的合适方法是新的研究热点。

近年来,开始有学者关注口岸物流的问题^[1]。陈秋琳等人借助于分层赋时 Petri 网建立口岸通关流程模型,仿真分析口岸通关过程的效率^[2];谷人旭等人使用首位联接强度模型研究中国东盟国际口岸空间运输优化布局^[3];赵跃平证明 BP 神经网络模型可以对第三方物流企业客户满意度进行有效的分析^[4];肖生苓建立企业供应物流系统绩效评价的 BP 神经网络模型,通过对该神经网络的训练和仿真,证明该评价方法的可靠性^[5]。

尽管口岸拥有重要的战略地位,但对口岸的研究非常少,尤其对于云南边境口岸,学者们仅仅是从定性的角度对其进行简单的分析,对口岸物流能力的定量评价还是学术领域的一处空白,尽管传统方法可以用于口岸物流综合能力评价,但计算复杂、主观因素对评价结果的影响较大,因而研究一种新口岸物流综合能力定量客观的评价方法势在必行。

本文拟采用熵权法与 BP 神经网络相结合的熵权-BP 神经网络法来评价口岸物流能力,从而为提高口岸物流综合能力评价提供一种新的方法选择。

2 口岸物流综合能力评价方法的建立

边境口岸通常是一个物流量大、综合运输的结点,客观、准确地评价边境口岸物流能力、找出口岸物流能力的关键影响因素,是制定口岸物流发展战略规划、出台相应对策措施的首要前提。为克服传统方法单一、主观和不全面的缺点,本文构建了熵权-BP 神经网络法来评价口岸物流综合能力。为此,先建立口岸物流能力的评价指标体系,用熵权法确定指标权重并对口岸物流能力进行评价,获取口岸物流能力样本;然后构建口岸物流能力评价的 BP 神经网络模型,用此样本作为期望输出训练 BP 神经网络;为口岸物流综合能力的评价提供一种新方法。

2.1 评价指标体系构建

根据科学性、完整性、定性与定量相结合等原则,按照 AHP 的思想,建立口岸物流能力的一套规范的、系统的评价指标体系^[6],包含 1 个目标层(A)、5 个准则层(B1、B2、B3、B4、B5)和 16 项具体指标,这些指标从不同的角度影响着口岸物流的能力(见图 1)。

本文受国家自然科学基金项目:综合交通体系下边境口岸物流均衡智能方法研究(61163035),云南财经大学研究生创新课题项目资助。

窦志武(1972—),男,博士,教授,硕士生导师,主要研究方向为物流与供应链管理、电子商务;李红巍(1975—),女,讲师,主要研究方向为物流管理;熊琦(1989—),女,硕士生,主要研究方向为物流与供应链管理。

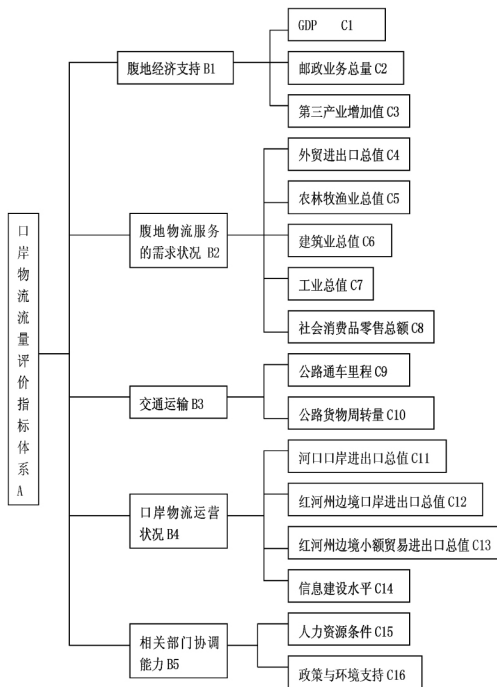


图1 口岸物流效率评价指标体系

腹地经济支持(B1)反映口岸物流发展的社会经济基础;腹地物流服务的需求状况(B2)涉及生产、消费和流通领域,它们反映对口岸物流的潜在需求规模;交通运输(B3)反映交通运输基础,是物流运输的基础;口岸物流运营状况(B4)反映口岸的进出口值和 信息建设水平,进出口值越大,对口岸的依托性更大,则口岸能力越强,信息建设水平是口岸物流信息发展的基础,影响到口岸通关效率;相关部门协调能力(B5)主要是指支持口岸物流发展的软环境,良好的软环境是口岸物流发展的前提,软环境一般包括人力资源条件和政策环境。人力资源条件关系着劳动者的工作效率,政府的政策和制度对边境口岸的发展意义重大。

由于各指标的 量纲不同,实际数据的差别会影响到决策的结果,为更好地进行数据分析,需要将所有的评价指标数据都转换在[0,1]之间,即指标无量纲化^[7]。设 χ_j^{\max} 为 m 个方案中第 j 个指标的最大值; χ_j^{\min} 为 m 个方案中第 j 个指标的最小值; χ_j 为 m 个方案中第 j 个指标的实际值。由于所选指标皆为效益型指标,因此转化方法参照式(1)。

$$\mu_j = \begin{cases} 1, & \chi_j \geq \chi_j^{\max} \\ \frac{\chi_j - \chi_j^{\min}}{\chi_j^{\max} - \chi_j^{\min}}, & \chi_j^{\max} \geq \chi_j \geq \chi_j^{\min} \\ 0, & \chi_j \leq \chi_j^{\min} \end{cases} \quad (1)$$

2.2 熵权法确定评价指标权重及评价结果

常用于确定权重的方法有德尔菲法、层次分析法和熵权法等,其中层次分析法和德尔菲法属于主观赋权法,无法克服主观随意性较大的缺陷,同时聘请专家会产生很大的工作量,而熵权法属于客观赋权法,能使评价结果更具有科学性和说服力^[8]。因此,本文采用熵权法确定口岸物流能力评价指标的权重并对口岸物流能力进行评价。

先计算评价指标的权重,设有 m 个待评项目, n 个评价指标, μ_{ij} 为无量纲化后 j 指标下第 i 个项目的评价值,求各指标权重的过程如下:

1) 计算第 j 个指标下第 i 个项目的指标值的比重 ρ_{ij} 。

$$\rho_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{\sum_{i=1}^m \mu_{ij}} \quad (2)$$

2) 计算第 j 个指标的熵值 e_j 。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m \rho_{ij} \cdot \ln \rho_{ij} \quad (3)$$

其中, $k = \frac{1}{\ln m}$ 。

3) 计算第 j 个指标的熵权 ω_j 。

$$\omega_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (4)$$

再对准则层和目标层进行评价,设 W 为各层指标的权重矩阵, U 为无量纲化后指标的数据矩阵,则评价结果 Y_0 等于对应的权重数据矩阵乘以数据矩阵,即:

$$Y_0 = W \times U \quad (5)$$

2.3 构建 BP 神经网络口岸物流综合能力评价方法

口岸物流系统是一个复杂的非线性系统,各指标之间相互影响。传统采用的评价方法有模糊综合评判法、AHP 法等,这些方法假设变量之间是线性关系且变量之间不存在相互影响。在物流能力评价中,BP 网络模型已成为研究物流系统的重要方法之一^[9],BP 神经网络摒弃了这些假设,能够更好地适应系统的复杂性,提高关键因素识别的准确性。BP 神经网络构建过程如下。

2.3.1 网络层数的确定

前人研究与经验表明,一个最基本的三层 BP 神经网络就可以模拟任何连续有界的函数,也可以解决所有的输入层到输出层的映射问题。因此,本文决定采用三层 BP 模型来进行陆运口岸的物流水平值评价工作。

2.3.2 传递函数的选择

常见的传递函数有 logsig、dlogsig、tansig、dtansig、purelin 和 dpurelin。从理论上讲,任何函数都可以选择,但在实际应用中,考虑到计算机的存储及运算、收敛速度、鲁棒性等因素,还是有所偏向。在函数传递过程中,如果样本输出小于等于零时使用 tansig,样本输出与此相反则多采用 logsig 函数,同时,一个三层的神经网络,如果第一层是 logsig,而第二层是 purelin,则它可以用来模拟任何连续有界的函数。再加上本文对输出层结果没有特别的要求,因此,确定输入层到隐层的函数为 logsig,隐层到输出层的函数为 purelin。

2.3.3 训练函数的选择

训练函数的选择也是一个难题,由于本文口岸样本容量有限,不能完全符合传统的 BP 网络模型,因此在选择训练函数时需做一些改进。Matlab 中常用的改进训练算法有 5 种: TRAINLM、TRAINGD、TRAINGDM、TRAINGDA、TRAINGDG,每一种算法都有各自的优缺点,不能随意的选择,必须结合实例进行实验才能做出判断。本文将这 5 种训练函数套入 BP 网络模型中,对比训练结果。暂时确定 14 个输入神经元,9 个隐层神经元,1 个输出神经元,设定最大迭代次数为 5000 次,目标收敛精度为 0,用迭代次数和误差作为评价指标,得出的结果如表 1 所列。

调试代码为

```
net1=newff(minmax(p),[9,1],{'logsig','purelin'},
'trainlm');
net1.trainparam.epochs=5000;
net1.trainparam.goal=0;
```

表 1 5 种训练函数训练结果的对比

函数	迭代次数	收敛精度
TRAINLM	5	9.7943×10^{-17}
TRAINGD	5000	0.0024922
TRAINGDM	5000	0.00090228
TRAINGDA	4987	0.00020159
TRAINDX	2721	4.6832×10^{-8}

由表 1 可以看出 TRAINLM 只用了 5 步就达到了期望误差,这也是它的优点,即迭代次数最少和训练速度最快。但是它每次迭代时计算量最大,不言而喻占用的存储空间最多,影响了计算机整体的运作效率和使用寿命,所以不建议采用;在这里 TRAINGD 的收敛速度很慢,TRAINGDM 和其一慢慢,TRAINGDA 只是少了 13 步,都用了将近 5000 次才使结果在误差范围内,得出的精度是 0.0024922、0.00090228 和 0.00020159,收敛精度不是很好,另外,TRAINGDA 的曲线是一条波浪线,其收敛过程略有起伏,所以也不采用;TRAINDX 用 2721 步就可以达到 4.6832×10^{-8} 的精度,收敛精度比 TRAINGD、TRAINGDM、TRAINGDA 优越,训练次数比较少,因此,最后决定选择 TRAINDX 作为训练函数。

2.3.4 隐含层神经元数的确定

一般地讲,确定网络神经隐层单元神经元大概数目后,在极大值的基础上加上一两个神经元即可,目的是为了提升误差降低的速度,没有明确的规定具体该如何选择隐含层节点数目。常见的方法有两种,第一种方法是实验比较法,从 1 到 n 逐个对同一样本集进行训练,根据训练结果从中选择最满意的神经元数目。另外一种方法是采用以下的经验式(6):

$$K = \sqrt{N+M} + \rho \quad (6)$$

其中, K 是隐层神经元的个数,输入神经元的个数为 N , M 为输出神经元的数量, ρ 是在 1~10 之间。

本文将结合这两种方法进行隐层神经元数的确定,首先由式(6)得到神经元数目 K 的范围大约在 [5, 13] 之间,对比这 9 个隐单元数的取值,最后选出网络运作效率高、输出误差较小的隐层神经元数 12,图 2、图 3 显示了隐层神经元数为 10 和 12 时的训练情况。

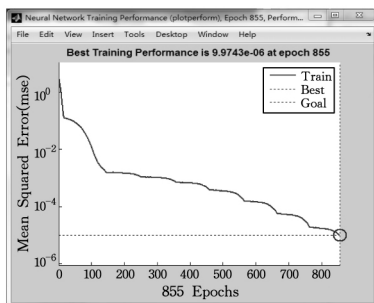


图 2 隐层神经元数为 10

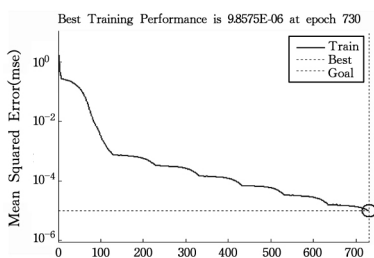


图 3 隐层神经元数为 12

训练程序为:

```
net = newff ( minmax ( p ), [ 5/6/7/8/9/10/11/12/13 ],
{ 'logsig', 'purelin' }, 'traingdx' );
net.trainparam.epochs=1000;
net.trainparam.goal=0.00001;
net=train(net,p,t);
```

2.3.5 BP 神经网络模型及训练结果

通过上述隐含层和训练函数的选择,确定本研究的 BP 神经网络模型如图 4 所示。

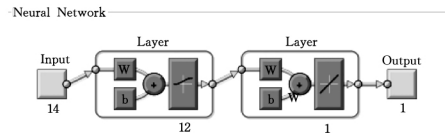


图 4 BP 神经网络模型

运用实际收集到的口岸历史数据对构建的 BP 神经网络进行实验,得到表 2 和图 5 所示的训练结果。

表 2 BP 神经网络口岸物流水平输出值与综合评价值的误差

	综合评价结果	BP 网络实际输出	相对误差
广西	0.2906	0.2972	2.27%
云南	0.3318	0.3287	0.93%
四川	0.4228	0.4239	0.26%
安徽	0.3883	0.3860	0.59%
江西	0.3576	0.3619	1.2%
辽宁	0.4415	0.4391	0.54%
黑龙江	0.5012	0.5014	0.04%
内蒙古	0.5359	0.5359	0%
新疆	0.2767	0.2758	0.33%
吉林	0.3379	0.3339	1.18%

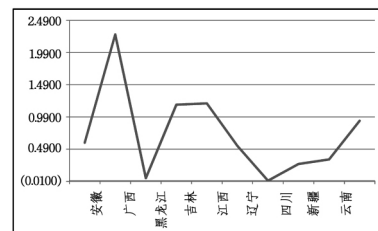


图 5 预期值与实际训练值之间的相对误差(%)

由评价结果可以看出, BP 神经网络的输出值与综合评价结果的最小相对误差是 0%, 最大误差是 2.27%, 训练结果令人满意, 这表明将 BP 神经网络模型方法应用于陆运口岸物流发展水平的评价是可行的, 并且具有准确性。

3 实证研究

2010 年以来, 在建设中国-东盟自由贸易区和把云南建成面向西南开放的“桥头堡”战略发展中, 云南已经成为中国、东南亚、南亚三大市场人流、物流的集散中转中心和陆路的必经之道, 建设高效大口岸物流成为必要。河口口岸属于国家一类口岸, 是云南省发展最快的口岸之一, 是中国西南进入东南亚、南亚国家最便捷的重要通道, 因此本文选取有代表性的河口口岸来研究云南口岸物流综合能力, 并为国家其他口岸物流综合能力的提高提供借鉴意义。

将河口口岸物流 7 年的数据进行仿真, 得到的仿真结果如图 6、图 7 所示, 即河口口岸 2004 年—2011 年的口岸物流发展水平值(其中缺失 2006 年数据)。

(下转第 566 页)

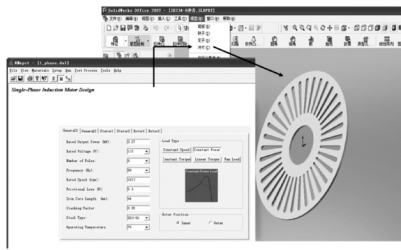


图4 RMxprt 输出生成的 SolidWorks 的三维模型

结束语 1)本文利用 Windows 消息处理机制开发了电机设计平台,集成了 SolidWorks 和 Ansoft 软件,该方法同样可以应用到其他应用软件集成中。

2)电机设计平台利用软件集成,避免了不同软件切换操作,这种集成技术的确提高了设计的效率,减少了人工操作,降低了设计人员出错的几率,能够缩短产品设计周期。

本文所作的工作是电机设计平台的初步成果。以后还要有逐步进行电机常用零部件的参数化开发,最终实现电机电磁计算、结构设计、自动绘图的集成,并能够通过编程技术做

(上接第 556 页)

```
>> y=sim(net,m)
y =
    0.7501    0.5510    0.5655    0.4025    0.5995    0.1823    0.1988
```

图6 河口口岸物流发展水平仿真结果

表3 河口口岸7年物流水平评价误差

BP 网络	2011	2010	2009	2008	2007	2005	2004
输出值	0.7501	0.5510	0.5655	0.4025	0.5995	0.1823	0.1988
期望值	0.7542	0.5498	0.5602	0.4061	0.5985	0.1806	0.2008
误差	0.54%	0.22%	0.95%	0.89%	0.17%	0.94%	1%

注:缺失 2006 年数据。

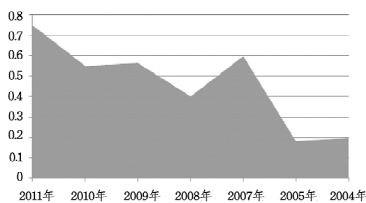


图7 各年物流发展水平

从上图看出河口口岸发展水平排名年份是:2011 年河口口岸水平值、2007 年河口口岸水平值、2009 年河口口岸水平值、2010 年河口口岸水平值、2008 年河口口岸水平值、2004 年河口口岸水平值和 2005 年河口口岸水平值。从整体趋势来讲,口岸物流发展水平总体趋势是递增的,原因离不开经济的发展及技术进步。可是 2010 年口岸物流发展水平比 2009 年低,2008 年比 2007 年水平值低,2005 年比 2004 年水平值低,出现这种现象的原因将通过关键因素的识别进行进一步的研究。

结束语 本文通过建立河口口岸物流能力评价指标体系,创新采用熵权-BP 神经网络法综合对指标体系进行评价、识别。研究显示,该综合方法在口岸物流综合发展水平评价上是可行有效的。由于实例口岸的选取没有特别要求,因此该方法具有广泛的适应性。

另外,由于 BP 神经网络方法自身的特点,克服了复杂的

到程序内部更深层次的集成。基于这样的设想,逐步实现电机设计的集成化、自动化、智能化。

参考文献

- [1] 郑党党,刘更,杨磊,等.机械系统协同仿真环境中软件集成技术研究[J].机械设计与制造,2011,7(7):60-61
- [2] 卢本捷,魏守平,路志宏,等.基于 COM 的自动发电控制系统软件集成技术[J].计算机工程,2003,29(19):160-164
- [3] 刘清芝,胡仰栋.面向对象的软件集成技术研究[J].计算机应用研究,2004(8):76-79
- [4] 张长富,蒋庄德,卢德江,等.基于三维特征的机电系统器件结构设计方法[J].西安交通大学学报,2007,41(5):571-575
- [5] Kruglinski D J. Visual C++ 技术内幕(第四版)[M].潘爱民,王国印,译.北京:清华大学出版社,1999:209-210
- [6] 周鸣扬. Visual C++ 界面编程技[M].北京:北京希望电子出版社,2003:396-397
- [7] 江洪,魏峥,王涛威. SolidWorks 二次开发实例解析[M].北京:机械工业出版社,2004:63-64

非线性系统各指标之间相互影响,弥补了传统评价方法对这些变量之间是线性关系假设的不足,能够更好地适应系统的复杂性,减少了主观因素的影响,提高了评价的准确性。关于口岸物流能力的未来研究热点有:

(1)随着口岸建设和对外贸易不断发展,口岸能力关键影响因素的识别及方法研究将成为另一个研究热点;

(2)随着口岸物流内外部环境的变化和腹地经济发展,研究不确定因素对口岸和腹地物流系统的动态影响将是另一个研究热点;

(3)随着物流网络的不断发展,口岸物流呈现出相互交叉的网格状态,运用复杂网络理论或网格计算来研究这一系统也将成为热点。

参考文献

- [1] Dou Zhi-wu, Li Yan-feng. Study of the border port logistics equilibrium based-on DIS/HLA under comprehensive transportation system [J]. Advances in Intelligent and Soft Computing, 2011,12:441-446
- [2] 陈秋林,杨勇生.基于 HTPN 的口岸通关流程效率分析[J].上海海事大学学报,2009,30(3):5-8
- [3] 谷人旭.中国东盟国际口岸空间运输优化布局研究[J].同济大学学报,2011,39(7):1093-1098
- [4] 赵跃平.基于 BP 神经网络的第三方物流企业客户满意度评价研究[J].物流工程与管理,2011,33(9):24-27
- [5] 肖生苓.基于神经网络的企业供应物流系统评价研究[J].物流技术,2010,20:123-125
- [6] 李旭宏.基于层次分析法和熵权法的区域物流发展竞争态势分析[J].东南大学学报,2004,34(3):398-401
- [7] 陈志祥.基于 ANP 理论的供需协调绩效评价模型与算法[J].计算机集成制造系统,2004,10(3):287-291
- [8] 邱菀华.管理决策与应用熵学[M].北京:机械工业出版社,2002
- [9] 钱征文.基于 BP 神经网络的叶片损伤度评估方法[J].航空动力学报,2011,26(4):794-800
- [10] 姜林奎.基于 BP 方法的企业核心竞争力关键因素探析[J].哈尔滨工程大学学报,2009,30(10):1188-1193