

姚恩婷, 孟燕萍, 林国龙. 基于BP神经网络的受灾点的需求紧迫性分级方法[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 211-216, 229.  
[YAO Enting, MENG Yanping and LIN Guolong. Classification Method of Demand Urgency of the Affected Points Based on the BP Neural Network[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(3): 211-216, 229.]

# 基于BP神经网络的受灾点的需求紧迫性分级方法<sup>\*</sup>

姚恩婷, 孟燕萍, 林国龙

(上海海事大学 物流研究中心, 上海 201306)

**摘要:**大规模突发事件发生后, 往往会涉及到多个受灾区域, 使得应急救援的受灾点数目众多。当应急资源有限, 运输能力受约束时, 为提高应急救援效率, 应急物资的调运和配送需要根据受灾点的需求优先级进行。因此, 对受灾点进行需求紧迫性的分级排序就非常关键。该文提出了基于BP神经网络的分级方法, 构建了影响受灾点的需求紧迫性的评价指标体系, 建立了基于BP神经网络的需求紧迫性分级模型。最后, 实例验证表明BP神经网络对检验样本的结果输出和期望输出是一致的; 并与TOPSIS法、灰色关联分析法和熵权法3种方法的评价结果进行比较, 进一步证明了该分级评价方法的科学性和有效性。

**关键词:** BP神经网络; 受灾点; 应急需求; 需求紧迫性; 分级

**中图分类号:** X43    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2016)03-0211-07

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.03.036

大规模突发事件发生后, 例如自然灾害、社会公共事件等, 有效的应急救援是保证人民生命财产安全的关键。而影响救灾效率的一个很大的因素就是应急物资的合理分配, 救灾人员救援物资等的合理调配可以大大提高救灾效率<sup>[1]</sup>。大规模突发事件往往会涉及到多个受灾区域, 使得应急救援受灾点的数目众多, 当应急资源(物资、人员、车辆)有限, 无法同时满足所有受灾点的应急需求时, 需要考虑不同受灾点的应急救援的不同时间效用, 根据受灾点的需求紧迫性来进行分级救援。根据受灾程度和物资需求属性进行准确的灾区分级与排序是应急物流取得成功的重要前提<sup>[2]</sup>。因此需要对受灾点的应急需求紧迫程度进行分级, 以便在资源有限、运力受约束的情况下, 根据不同受灾点的灾情安排救灾顺序、分配救灾物资, 使得最大程度的满足受灾点的需求, 提高应急救援的效率, 最大化应急物资的效用。

目前, 关于应急需求紧迫性分级的研究主要集中在应急物资需求的需求紧迫性分级方面。夏萍<sup>[3]</sup>提出将概率神经网络用于应急物资需求分级决策, 建立相应的概率神经网络需求分级模型。王婧等<sup>[4]</sup>提出基于模糊综合评判的应急物资需求紧迫性分级方法和应急物资需求紧迫性计算方法, 将应急物资分为三个层级。杨震等<sup>[2]</sup>人根据自组织神经网络方法建立了一个灾区聚类模型, 并采用

TOPSIS多目标决策分析解决了各受灾区救援物资分配的优先级排序。

针对受灾点的需求紧迫性分级的研究主要集中在需求点的聚类分组方面。Sheu<sup>[5]</sup>提出了针对大规模灾害的救灾需求的动态管理方法, 采用了逼近于理想解的综合评价方法。何曼<sup>[6]</sup>提出将模糊聚类方法用于对需求点的分类中, 将需求点分成两大类, 其中第一类需求点的优先级高于第二类需求点。魏国强<sup>[7]</sup>等研究了供应不足条件下连续消耗作战资源的战场调度问题, 在分析资源供求特点的基础上构建需求点优先度评价体系, 提出了用分层聚类法将需求点分类并按优先度将需求点分类排序的方法。周海英<sup>[8]</sup>提出了一种动态的救济需求的管理模式, 一种基于模糊聚类的模型对受影响的地区进行分组, 然后使用TOPSIS来确定的每个组救济需求紧迫性。上述研究主要是先对受灾点进行聚类分组, 然后对分组的需求点以组为单位进行需求紧迫性分级, 这些分级方法具有很大的局限性, 只适用于单品种应急物资的调度配送。但在实际情况中, 灾区各个受灾点所需的物资品种和数量都是有差异的, 将受灾点分类分组, 得到的每个类组的需求紧迫性并不能代表每个受灾点的需求紧迫性, 不利于根据单个受灾点的需求紧迫性进行物资配送, 提高救援效率。

而直接针对受灾点的需求紧迫性进行分级研

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2016-01-05    修回日期: 2016-03-02

基金项目: 教育部博士点基金项目(20130039, 20123121110004); 上海市自然科学基金项目(12ZR1412800); 上海市科委重点项目(11510501900); 上海市科学技术委员会项目(14DZ2280200); 上海市教委科研创新项目(13YZ085)

第一作者简介: 姚恩婷(1992-), 女, 河南卫辉人, 硕士研究生, 主要研究方向为应急物流. E-mail: 1104420822@qq.com

究的文献较少。舒其林<sup>[9]</sup>提出了基于证据理论(D-S理论)的多灾害点应急需求优先排序方法,根据各个灾害点应急情景给出优先权排序。该方法可以较好地解决决策信息不完全,决策者对问题认识存在局限性的问题,但在确定指标权重时引入了决策者的主观判断,结果受主观因素的影响。王婧等<sup>[10]</sup>指出对需求点的需求紧迫性分级的重要性,并提出了基于灰色理想解法的应急需求点的需求紧迫性分级方法,它是直接基于各个需求点的相关信息,进行需求紧迫性分级的方法。

本文基于各个受灾点的信息,提出基于BP神经网络的应急需求点的需求紧迫性分级方法,是一种非线性方法,既很好地克服了评价过程中的主观性,又方便实用有效。研究了受灾点的需求紧迫性分级问题,建立了基于BP神经网络的受灾点需求紧迫性分级模型,最后,分别采用TOPSIS法、灰色关联分析法和熵权法进行紧迫性分级,并对四种方法的结果进行对比,进一步证明了该评价方法的科学性和合理性。通过对受灾点的需求紧迫性进行优先排序,可以更好地为应急救援提供支持和决策依据。

## 1 受灾点的应急需求紧迫性分级

当大规模灾害发生后,往往多个区域受到破坏,每个不同的受灾区域都是一个应急救援需求点。当应急资源(物资、救灾人员、救灾设备、物流车辆等)有限,无法同时满足所有受灾点的应急需求时,需要根据受灾点的需求紧迫性来进行优先分级实施救援。对受灾点的需求紧迫性分级非常重要,它直接影响了针对性开展应急需求救援的效率。对多个受灾点的救援需求紧迫性进行排序,是本文的研究重点。在资源有限的条件下,根据不同灾区需求点的灾情情况和需求紧迫性,对应急资源和获得资源的先后顺序进行安排,对相对更紧迫的受灾点进行优先配送或者更加充分的配送,使得最大程度的满足受灾需求点的实际需求,以提高应急救援的效率。受灾点的应急救援需求紧迫性分级研究在应急资源调运中有着基础作用和重要意义。应急需求点紧迫性分级和应急资源调运框架图如图1所示。

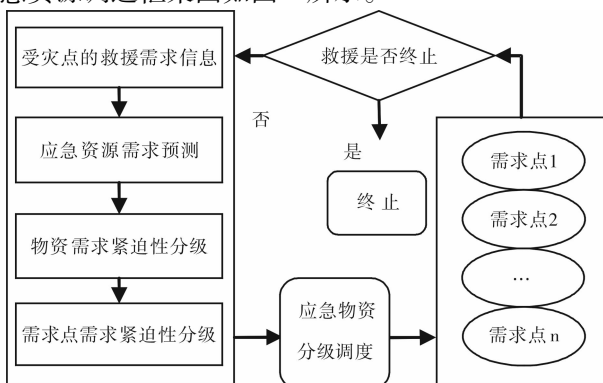


图1 应急资源调运框架图

## 2 受灾点的需求紧迫性分级指标体系

### 2.1 指标体系的建立

对需求点的需求紧迫性进行排序是一个多属性决策问题,构建评价指标体系是对需求紧迫性分级的重要前提。文献[2]定义量化与质化属性以衡量各灾点对救援物资的紧迫程度,提出了灾区的5个需求属性:死亡率、人口密度、老幼比例、物资配送时间间隔以及建筑物受损程度。文献[9]提出了多灾害点应急需求优先权排序决策属性指标主要包灾害规模大小、灾害破坏性程度、灾害点周围人口密度水平、灾害点区域经济状态和灾害对自然环境影响大小等五个方面。文献[3]选取各灾点对物资的需求量、受灾人数、受灾面积及受灾强度四个因素为灾区聚类指标,在此基础上进行优先级划分。在对各灾区的应急需求优先级排序研究中,先对各灾区的需求属性进行聚类分组,然后进行优先级划分的属性指标较多,直接针对各灾区需求优先级排序的评价指标体系较少。

影响受灾点需求紧迫性的因素有很多,本文结合已有研究成果<sup>[10]</sup>,根据突发事件和应急管理的特点,在进行需求点需求紧迫性分级时,主要考虑三方面的影响因素,即环境因素、物资需求因素和人员因素。具体又包括6个子指标,如表1所示。其中环境因素主要考虑两个子指标: $u_1$ 建筑物破坏程度和 $u_2$ 道路破坏程度;物资需求主要考虑受灾点的物资需求缺口率 $u_3$ ,即未被满足的需求占总需求的比率;人员因素主要考虑三个子指标: $u_4$ 受伤人员比率, $u_5$ 受伤人数和 $u_6$ 死亡人数。

表1 应急需求点的需求紧迫性分级的指标体系

一级指标	二级指标	指标类型
环境因素	建筑物破坏程度 $u_1$	模糊数型
	道路破坏程度 $u_2$	模糊数型
物资需求	物资需求缺口率 $u_3$	精确实数
人员因素	受伤人员比率 $u_4$	精确实数
	受伤人数 $u_5$	精确实数
	死亡人数 $u_6$	精确实数

环境因素反映灾害对灾民个人和社会公共的基础设施破坏的情况,以及救援工作展开的难易程度,建筑物破坏程度越严重,受灾群众的处境越危险,需要救援设备就越紧迫;道路破坏程度越严重,说明受灾点的道路交通不便利,影响救灾工作人员及时到达受灾区域,受灾群众得到及时救援的难度加大,道路修复需求越紧迫,因此对这些受灾点在救援过程中给予较大的优先级。

人员因素主要考虑灾区受灾群众情况,反映灾民的伤亡程度,伤亡越严重,说明受灾点的灾情越严重,受灾群众的伤情和病情恶化的可能性加大,受灾群众心理上的负面情绪传播范围变广,说明需求点需要尽快得到比较多的应急救援,防止灾区的灾情加重。物资需求因素主要考虑物资

需求的缺口率,反映受灾点对应急物资需求的缺口程度,应急物资的缺口程度越大,需求点对应急物资的需求就越紧迫。

以上 6 个指标都是效益型指标,指标值越大,说明受灾点的救援需求紧迫性越高,需求越紧急。这些指标既有定性的又有定量的,其中  $u_1, u_2$  的评价是定性的,破坏程度可用“很严重”,“严重”,“一般”,“轻”,“很轻”五个语言变量来表达,是模糊数型指标,在确立决策评价矩阵时,需求去模糊化处理。

## 2.2 指标值的确定

### 2.2.1 精确实数型指标值

精确实数型指标主要有受灾需求点的受伤人数、死亡人数、受伤人员比率、物资需求缺口率,这些指标值可以根据受灾需求点的统计数据获得,受伤人数即受灾点的受伤人员总数,死亡人数包括受灾点中死亡人员和失踪人员的总数,受伤人员比率是受灾点的受伤人员数占总受灾人员数的比率,物资需求缺口率是指受灾点未被满足的需求占总需求的比率。

### 2.2.2 模糊数型指标值

对于模糊数型指标可以选择三角形模糊数表达,三角形模糊数是将模糊的不确定的语言变量转化为确定数值的一种方法,三角形模糊数直观、使用简便、易于理解,能够很好地表达多种语言变量。

定义<sup>[11]</sup> 称  $\tilde{\alpha} = (a_1, a_2, a_3)$  为三角模糊数,如果它的隶属函数可以表示为  $\mu_{\tilde{\alpha}}(x): R \rightarrow [0, 1]$ , 即

$$\mu_{\tilde{\alpha}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \text{ 或 } x \geq a_3; \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2; \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3. \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $x \in R, 0 \leq a_1 \leq a_2 \leq a_3$ ,  $a_1$  和  $a_3$  分别为下界和上界,表示模糊的程度,并且  $a_3 - a_1$  越大,模糊程度越强。当  $a_1 = a_2 = a_3$  时,  $\tilde{\alpha}$  蜕化为实数。其隶属函数图如图 2 所示。

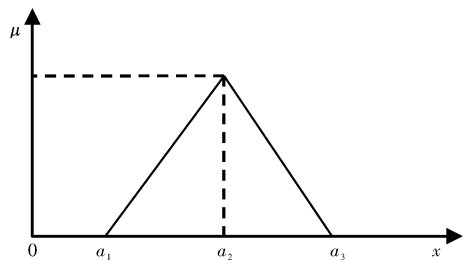


图 2 三角模糊数的隶属函数

而在文献[12]中给出 Yager 定义的第三个模糊集效用函数,见式(2)。

$$F_3(\alpha) = \int_0^{\beta_{\max}} M(\alpha_{\beta}) d\beta. \quad (2)$$

式(2)对三角模糊数进行去模糊化,式中  $\beta_{\max} = \sup \mu_{\tilde{\alpha}}(x)$ ,  $\alpha_{\beta}$  是模糊集  $\alpha$  的  $\beta$ -截集,而  $M(\alpha_{\beta})$  是  $\alpha_{\beta}$  的平均值。对于任意三角模糊数  $\tilde{\alpha} = (a_1, a_2, a_3)$ ,效用函数的值如式(3)所示。

$$F_3(\alpha) = \frac{a_1 + 2a_2 + a_3}{4}. \quad (3)$$

根据定义可知,效用函数的值越大,相应的三角模糊数越大,该方法计算简单方便,能够很好地表达多种语言变量,适用于三角模糊数的计算。本文采用式(3)来计算模糊数的大小,对模糊数去模糊化得到评价指标的清晰值。建筑物破坏程度和道路破坏程度两个指标用“很严重”“严重”“一般”“轻”“很轻”五个语言变量来评价,通过去模糊化计算处理得到的指标值分别为 0.925、0.7、0.5、0.3、0.075。

## 3 基于 BP 神经网络的需求紧迫性分级模型

在对应急救援需求进行分级评价的研究中,主要有 TOPSIS 方法、聚类分析方法、模糊综合评价方法等,但多数方法计算量很大,指标权重确定时存在一定的主观性,会影响评价结果的准确性和客观性。本文将人工神经网络方法引入需求紧迫性分级研究中,建立基于 BP 神经网络的受灾点的需求紧迫性分级模型,对受灾点的应急救援需求紧迫性进行分级排序。BP 神经网络构建的非线性的需求紧迫性分级模型,可以避免人为确定各指标权重带来的主观性,使分级结果的准确性提高,更具有客观性。

### 3.1 BP 神经网络紧迫性分级模型的设计

BP (Back Propagation) 神经网络<sup>[13]</sup> 是 1986 年由 Rumelhart 和 McClelland 领导的科学家小组提出,是一种按误差反传播算法训练的多层前馈网络,也是目前应用最广泛的神经网络模型之一。BP 神经网络模型拓扑结构包括输入层、隐含层和输出层。BP 神经网络能学习和存储大量输入-输出模式映射关系,而无需事先了解描述这种映射关系的数学方程。只要能提供足够多的样本模式对供 BP 网络进行学习训练,它便能完成有  $n$  维输入空间到  $m$  维输出空间的非线性映射。在学习和训练过程中,BP 神经网络不断地将其实际输出与目标输出相比较,并根据比较结果或误差,按照一定的规则或算法对网络的权值分布进行调节,从而使网络的输出逐渐接近目标。

基于 BP 神经网络的应急需求紧迫性评价建模包括 BP 神经网络构建、BP 神经网络训练和 BP 神经网络分级三步。根据受灾点的应急需求紧迫性指标体系的内容和特点,通过模型设计,构建合适的 BP 神经网络紧迫性分级模型。然后通过参数设计,如训练次数、期望误差、学习率等,初始化 BP 神经网络。再对训练样本进行数据准备,包

括原始数据的收集、数据的分析和数据的预处理等，输入处理后的样本数据，训练 BP 神经网络，输出结果。

BP 神经网络构建根据系统输入输出数据特点确定 BP 神经网络结构，本文采用含有一层隐含层的三层 BP 神经网络如图 3 所示。

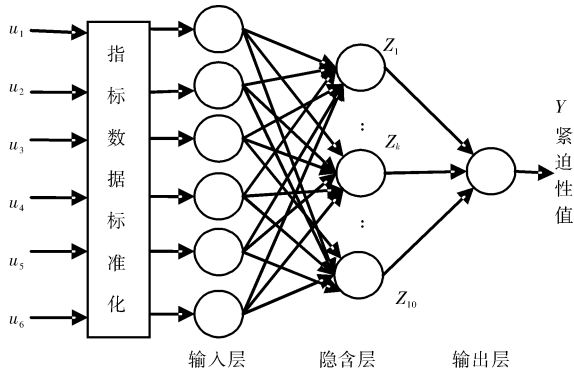


图 3 BP 神经网络结构

(1)输入节点的确定

根据前面文中建立的评价指标体系和选取的指标，确认 BP 神经网络模型的输入节点。将三大类因素的 6 个指标作为 BP 网络模型的输入层神经元。

(2)隐含层节点的确定

隐含层节点的作用是从样本中提取并存储其内在规律，每个隐含层节点有若干个权值，而每个权值都是增强网络映射能力的一个参数。设置多少个隐节点取决于训练样本的多少、样本噪声的大小以及样本中蕴含规律的复杂程度。结合文中的实际情况，并通过反复测试，确定的隐层节点数为 10 个。

(3)输出节点的确定

本文将输出层神经元设置为 1 个，输出值为应

急需求点的救援需求紧迫性值。

(4)传递函数

对于非线性问题，输入层和隐含层多采用非线性传递函数，输出层采用线性函数，以保持输出的范围。因此在选用网络传递函数时，从输入层到隐含层采用非线性正切 S 型传递函数 tansig 函数；从隐含层到输出层采用线性函数 purelin 函数。在选择网络训练函数时，本文考虑选用函数 traingdm 带动量因子的梯度递减法作为训练函数，可以提高学习速度同时增加了算法的可靠性。

由此，本文设计受灾点的应急需求紧迫性分级的 BP 神经网络的结构为 6-10-1，即 6 个输入层神经元，10 个隐层神经元，1 个输出神经元的网络结构。

3.2 BP 神经网络主要参数的选择

BP 神经网络的训练参数主要包括训练的最大学习次数、训练最大允许的误差、训练的学习速率、显示训练结果的间隔步数、训练允许时间以及训练中最小允许梯度值等等。本文设置 BP 网络的最大学习次数为 8 000，训练最大允许的误差设定为 0.000 1，学习速率一般取值在[0, 1]，本文学习率取 0.01，BP 神经网络的性能分析函数采用 MSE 函数，即均方差性能分析函数，表示均方误差，其他参数均为缺省值。

4 实例验证

4.1 样本训练

汶川发生的大规模地震灾害，选取 10 个受灾区域即 10 个救援需求点，对需求点的 6 个指标( $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$ )进行统计评估，收集经事后评定的学习样本原始数据，表 2 所示为学习样

表 2 样本指标原始数据

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$u_1$	0.5	0.7	0.925	0.5	0.7	0.5	0.5	0.925	0.5	0.3
$u_2$	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.7	0.5	0.925	0.3	0.075
$u_3$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$u_4$	0.00736	0.07341	0.06141	0.02679	0.06058	0.1719	0.06256	0.32626	0.00719	0.03582
$u_5$	5770	31567	31567	13476	9693	32145	15453	34583	4388	1612
$u_6$	952	3546	6805	1571	15645	1546	4587	15938	3069	103
教师值	0.406147	0.489146	0.512082	0.434526	0.502567	0.502518	0.460197	0.617095	0.413543	0.390397

表 3 样本数据归一化结果

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$u_1$	-0.3600	0.2800	1.0000	-0.3600	0.2800	-0.3600	-0.3600	1.0000	-1.0000	-0.3600
$u_2$	-0.4706	-0.0000	0.4706	-0.0000	-0.0000	0.4706	-0.0000	1.0000	-0.4706	-1.0000
$u_3$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
$u_4$	-0.9994	-0.7788	-0.8188	-0.1289	1.0000	-0.4497	-0.8150	0.0660	-1.0000	-0.9043
$u_5$	-0.7478	0.8171	0.8171	-0.2803	-0.5098	0.8521	-0.1604	1.0000	-0.8316	-1.0000
$u_6$	-0.8928	-0.5651	-0.1535	-0.8146	0.9630	-0.8177	-0.4337	1.0000	-0.6254	-1.0000
教师值	0.406147	0.489146	0.512082	0.434526	0.502567	0.502518	0.460197	0.617095	0.413543	0.390397

本的6个指标的原始数据,表中数据来源于汶川地震中10个受灾县市的有关统计信息,其中 $u_1$ ,  $u_2$ 指标是去模糊化后的数值。

在文献[14]提出的改进的TOPSIS方法对需求点进行救援需求紧迫性分级方法中得到了每个需求点的灰色关联相对贴近度,文中对受灾需求点根据灰色关联相对贴近度的大小进行排序,灰色关联相对贴近度值越大,需求紧迫性越大,反之,救援需求的紧迫性越小。本文参照该文献中的受灾需求点的贴近度值作为BP神经网络算法中的教师值,即神经网络的期望输出。

原始样本数据具有不同的意义和量纲,有些指标值用绝对数表示,而有些指标值用相对数表示。在进行神经网络训练时,输入模式必须先归一化后再输入神经网络,这样既可以加快训练网络的收敛性,也具有灵活方便、可移植和通用性强的优点。数据归一化是指通过变量的处理将网络的输入、输出数据限制在 $[0, 1]$ 或 $[-1, 1]$ 区间内。因此,先将原始数据进行归一化处理。用最大最小函数premnmx来对训练样本数据进行预处理,将网络的输入数据进行归一化,归一化的数据将分布在 $[-1, 1]$ 内,然后再作为输入数据。样本数据归一化处理结果如表3所示。

#### 4.2 结果分析

本文针对汶川地震中10个受灾县市的救援需求紧迫性,使用MATLAB8.1软件实现其神经网络分级模型训练,将样本数据输入所编的程序,训练5228步后,训练误差达到了目标精度0.0001的要求,网络训练停止,网络的收敛效果良好。网络训练误差下降示意图如图4所示,在训练5228步后,误差达到 $9.9957 \times 10^{-5}$ 。图5反映了训练样本实际值与计算值之间的线性回归,拟合度值 $R$ 达到0.98852,表明实际值与计算值之间实现了合理准确的线性拟合。

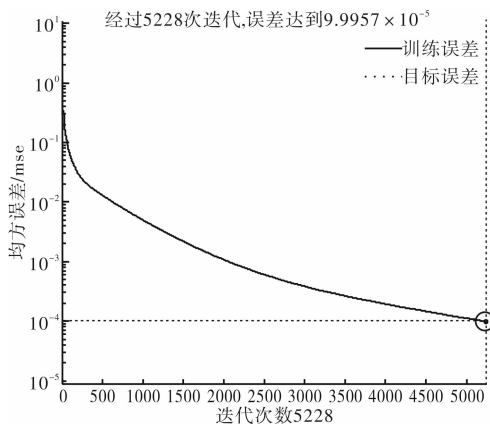


图4 网络训练的误差变化曲线

BP神经网络的仿真过程,是BP神经网络根据网络输入数据,通过数值计算得出相应网络输入的过程。本文利用sim函数对训练后的网络进行仿真,得出BP神经网络的输出值与教师值的相对

误差如表4所示,误差非常小,最大误差0.0507。BP神经网络输出值与教师值的结果对比如图6所示。

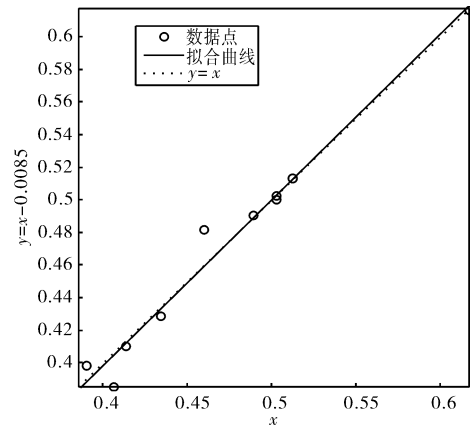


图5 线性回归分析

表4 BP神经网络的仿真结果

需求点	训练结果	名次	教师值	名次	相对误差
1	0.38555	10	0.406147	9	-0.0507
2	0.490427	5	0.489146	5	0.0026
3	0.513426	2	0.512082	2	0.0026
4	0.428777	7	0.434526	7	-0.0132
5	0.502428	3	0.502567	3	-0.002
6	0.500414	4	0.502518	4	-0.0041
7	0.481679	6	0.460197	6	0.0466
8	0.616213	1	0.617095	1	-0.0014
9	0.410527	8	0.413543	8	0.0073
10	0.398336	9	0.390397	10	0.0203

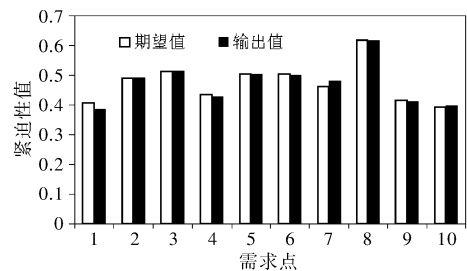


图6 BP神经网络输出值与教师期望值对比

根据受灾点需求紧迫性度进行排序,由表4可以看出,训练结果与教师值基本一致,受灾点的需求紧迫性排序依次是需求点8、需求点3、需求点5、需求点6、需求点2、需求点7、需求点4、需求点9、需求点10、需求点1。排序在前的说明需求紧迫性程度高,在救援时应优先考虑该受灾需求点的应急物资配送。其中紧迫性排序第九和第十的两个县市的受灾程度非常接近,训练结果表明这两者的紧迫性排序有较小误差,但紧迫性值非常接近,相差不到0.025。

由表4和图6可以看出,经网络训练,BP神经网络的训练输出值和教师值评价决策吻合很好,

两者的最大误差仅为 0.050 7, 均方误差 MSE 控制在期望误差之下。说明此 BP 神经网络模型的仿真效果较好, 验证了 BP 神经网络模型可以有效地实现对受灾点的救援需求紧迫性分级, 利用基于 BP 神经网络的需求紧迫性分级模型在进行分级时, 只需在程序中输入一组经标准归一化处理的指标数据, 就可以得到受灾点的需求紧迫性值, 进而可以对受灾点的需求紧迫性程度进行分级排序, 从而在资源有限条件下, 为应急救援活动的决策提供支持, 提高应急救援的效率。

最后, 与 TOPSIS 法、灰色关联法和熵权法的评价结果进行比较, 表 5 所示为四种不同方法对需求点紧迫性分级的评价结果, 基于 BP 神经网络方法对不同需求点的紧迫性进行分级, 期望值与实际输出值之间的误差很小。图 7 展示了采用四种不同方法对 10 个应急需求点进行评价, 各评价结果都出现不同程度的差异。可以从 BP 神经网络中看出, 反映的评价结果比其他三种方法更加合理, 从而证明本文使用的评价方法具有科学性与有效性。

表 5 四种不同方法比较结果

需求点	神经网络	TOPSIS	灰色关联	熵权法
1	0.3855497	0.0713807	0.5982249	0.10584
2	0.4904272	0.3221032	0.7065427	0.39953
3	0.513426	0.3876232	0.7661577	0.48472
4	0.4287771	0.3093207	0.6500318	0.20034
5	0.5024283	0.7669701	0.8435202	0.52781
6	0.5004137	0.3434454	0.7128609	0.47739
7	0.4816789	0.2458527	0.6444528	0.31518
8	0.6162127	0.7309012	0.9195121	1
9	0.4105268	0.1260432	0.5885815	0.14291
10	0.3983359	0.037493	0.5796395	0.06946

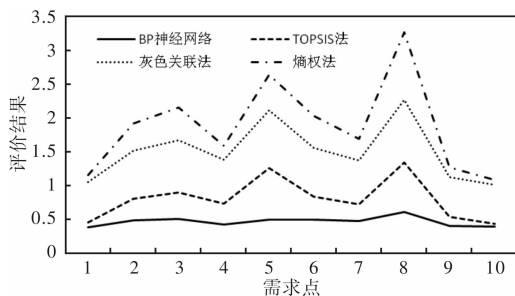


图 7 四种不同评价方法结果比较

## 5 结束语

本文提出基于受灾点的需求紧迫性分级指标体系, 并将该指标体系与 BP 神经网络相结合, 通过模型设计、参数设计以及样本训练, 构建基于 BP 神经网络的受灾点应急需求紧迫性分级模型。运用 MATLAB 软件对 BP 神经网络进行仿真训练, 实例验证结果表明 BP 神经网络模型对检验样本的

训练结果输出和期望输出是一致的; 最后, 分别采用 TOPSIS 法、灰色关联分析法和熵权法对受灾点应急需求紧迫性分级的评价结果进行比较, 进一步论证了该分级评价方法的科学性和合理性。

本文提出的 BP 神经网络的需求紧迫性分级方法, 是一种非线性方法, 属于隐式数学处理方法, 避免了传统分级分类方法中的主观性以及复杂的数学推导和计算, 过程更为方便、快捷。同时, 由于该方法不需要人为地确定权重, 降低了评价过程中由主观因素导致的结果失真, 使结果更为有效、客观和可靠。因此, 基于 BP 神经网络的需求紧迫性分级模型对受灾点的救援需求紧迫性进行排序具有科学性和可行性, 在资源有限的条件下对需求紧迫性程度高的受灾点进行优先配送或更充分地配送, 为救援活动提供决策支持, 使得应急救援有效。

在实际应用中, 运用 BP 神经网络的并行分布处理、知识储存、自适应、自组织和自学习的特点, 能够动态地对受灾点的需求紧迫性进行评价分级, 并可以根据灾害发生的具体情况, 对模型参数和各项指标进行改进修正, 使整个评价过程具有易操作性。

## 参考文献:

- [1] 周阿颖, 张朝, 史培军, 等. 影响地震救灾效率的因素分析——以汶川 8.0 级地震和玉树 7.1 级地震为例[J]. 灾害学, 2011, 26(4): 134–138.
- [2] 杨震, 王成军, 郭梨. 巨灾救援链系统中的灾区聚类与排序问题研究——以汶川地震为例[J]. 灾害学, 2013, 28(4): 159–164.
- [3] 夏萍. 灾害应急物流中基于需求分析的应急物资分配问题研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- [4] 王婧, 王海军. 应急救援中应急物资需求紧迫性分级研究[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(5): 4–7.
- [5] JIUH-BIING SHEU. Dynamic relief-demand management for emergency logistics operations under large-scale disasters [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2010, 46(1): 1–17.
- [6] 何曼. 需求点分级下的应急物资车辆调度路径优化[D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.
- [7] 魏国强, 杨永清. 供应不足条件下战时连续消耗资源调度模型[J]. 系统工程与电子技术, 2012, 34(1): 102–106.
- [8] 周海英. 应急物流实时救济需求管理模型研究[J]. 科技管理研究, 2012(12): 227–233.
- [9] 舒其林. “情景—应对”模式下非常规突发事件应急资源配置调度研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2012.
- [10] 王婧. 不确定条件下应急物资多式联运调度模型研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- [11] 姜艳萍, 樊治平. 一种三角模糊数互补判断矩阵的排序方法[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(7): 26–28.
- [12] 邵祖峰, 王秀华. 基于三角模糊数的水域治安综合治理评价[J]. 水运管理, 2006, 18(7): 24–26.
- [13] 韩力群. 人工神经网络教程[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [14] 王海军, 王婧, 杜丽敬. 应急物资筹集与调配[M]. 北京: 科学出版社, 2013.

(下转第 229 页)

- 观生态分类系统[J]. 干旱区地理, 2007, 30(5): 736-741.
- [18] 王璐, 丁建丽. 基于景观尺度的艾比湖保护区 LUCC 变化及其驱动力分析[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 217-223.
- [19] 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 曹鑫, 等. 干旱区内陆艾比湖流域景观格局时空变化及生态安全评价[J]. 水土保持通报, 2015, 35(1): 249-255, 363.
- [20] 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋. 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局[J]. 生态学报, 2014, 34(2): 247-257.
- [21] 高宾, 李小玉, 李志刚, 等. 基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3441-3450.
- [22] 赵彩霞. 甘肃白龙江流域生态风险评价[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [23] 阿斯耶木·图尔迪, 阿里木江·卡斯木. 基于多源遥感数据的奎屯城市扩张研究分析[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 233-237.
- [24] 巩杰, 谢余初, 赵彩霞, 等. 甘肃白龙江流域景观生态风险评价及其时空分异[J]. 中国环境科学, 2014, 3(8): 2153-2160.
- [25] 闫晓露. 下辽河平原景观格局脆弱性与景观变化驱动力研究[D]. 沈阳: 辽宁师范大学, 2014.
- [26] 胡金龙, 王金叶, 郑文俊, 等. 基于土地利用变化的桂林市区生态风险评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(3): 84-88, 97.
- [27] 巩杰, 谢余初, 赵彩霞, 等. 甘肃白龙江流域景观生态风险评价及其时空分异[J]. 中国环境科学, 2014(8): 2153-2160.

## Evaluation of the Landscape Patterns Vulnerability and Analysis of Spatial-Temporal Patterns in the Typical Region of the Ebinur Lake

ZHANG Yue<sup>1, 2</sup>, ZHANG Fei<sup>1, 2, 3</sup>, WANG Juan<sup>1, 2</sup>, REN Yan<sup>1, 2</sup> and WANG Dongfang<sup>1, 2</sup>

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3. Key Laboratory of Xinjiang Wisdom City and Environment Modeling, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Taking the typical region in the Ebinur Lake Basin as the study area, using 1998, 2011 and 2013 3 period TM/OLI sensing image as data source, by calculating the landscape index, constructing landscape vulnerability index and the study area is divided into low, low, high, high vulnerability areas five vulnerability level. The spatial distribution characteristics, variation pattern and spatial association pattern of landscape vulnerability in study area were analyzed by using the method of geo statistics and spatial autocorrelation model. The results showed that: 1998-2013, the main types of landscape in the study area are the unused land and the cultivated land. The main feature is the significant increase in the area of cultivated land, and the other landscape area is reduced. During the study period, the landscape vulnerability of the study area showed a significant downward trend, and the spatial variation of the grade of the study area was significant. The results show that the transition between vulnerability level is frequent and the conversion rate is relatively high. Fourthly, 1998-2013, landscape pattern in the study area Moran's I is a certain degree of positive correlation, and is closely related to the extent of a rising trend; fragile landscape of local spatial autocorrelation and significant level occurred obvious change. Correct and objective understanding and evaluation of AI Lake region's ecological environment, conducive to the realization of the protection of the natural environment for the sustainable development of human.

**Key words:** the typical region of the Ebinur Lake; landscape patterns vulnerability; geo-statistics; spatial correlation patterns

(上接第 216 页)

## Classification Method of Demand Urgency of the Affected Points Based on the BP Neural Network

YAO Enting, MENG Yanping and LIN Guolong

(Logistics Research Center, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** After the occurrence of large-scale emergencies, often involves multiple disaster areas, so that the number of emergency rescue of the affected point is numerous. When the emergency resources are limited and transport capacity constrained, in order to improve the efficiency of emergency rescue, emergency supplies transportation and distribution needs according to the demand priority of the affected spot. Therefore, hierarchical ordering of the urgent demand of the affected points is critical. This paper proposed a classification method based on BP neural network, constructed evaluation index system of influence the affected points of demand urgency, established the demand urgency classification model based on BP neural network. Finally, example shows that BP neural network for the test sample results output and the expected output is consistent, and it compares the evaluation outcome of TOPSIS method, gray relation method and entropy weight method, and further prove the scientific and rationality of this evaluation method.

**Key words:** BP neural network; affected point; emergency demand; demand urgency; gradation