

# 基于遗传算法改进 BP 神经网络的遥感影像分类研究

卜晓波, 龚珍\*, 黎华 (武汉理工大学, 湖北武汉 430070)

**摘要** 遥感影像分类是遥感信息提取的重要手段, 是目前遥感技术中的热点研究内容, 有效地选择合适的分类方法是提高遥感影像分类精度的关键。BP 神经网络具有收敛快和自学习、自适应性强的特点。在遥感图像分类中, BP 神经网络能充分利用样本集的信息, 自动建立分类模型, 但由于 BP 神经网络的权值和阈值能直接影响 BP 神经网络模型的分类精度, 因此该研究通过遗传算法来确定 BP 神经网络的最优权值和阈值, 从而提高 BP 神经网络的分类精度。以 Landsat TM 遥感图像作为数据源, 以长江中游-武汉市为研究地区, 建立了基于 BP 神经网络模型的遥感分类模型和基于遗传算法改进 BP 神经网络模型的分类模型, 对分类结果进行了定量分析。结果表明: 在样本相同的情况下, 基于遗传算法改进 BP 神经网络的遥感影像分类精度要高于 BP 神经网络的遥感影像分类精度。

**关键词** 神经网络; 遗传算法; 遥感图像分类

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)33-13056-03

## Remote Sensing Image Classification of Improved BP Neural Network Based on the Genetic Algorithm

BU Xiao-bo et al (Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430070)

**Abstract** Remote sensing image classification is an important means of remote sensing information extraction, content of research is the hotspot in the remote sensing technology, effectively selecting the appropriate classification method is the key to improve the precision of remote sensing image classification. The BP neural network has quick convergence and self learning, the characteristics of strong adaptability. In remote sensing image classification, the BP neural network can make full use of the information of sample set, automatic classification model is set up, but as a result of the BP neural network weights and thresholds can directly influence the classification precision of BP neural network model, so the optimal BP neural network weights and thresholds were determined by the genetic algorithm, so as to improve the classification precision of BP neural network. With Landsat TM remote sensing image as data sources, the middle reach of Yangtze River in Wuhan City as research area, the classification model of the remote sensing classification model based on BP neural network model and improved BP neural network model based on genetic algorithm was established, the quantitative analysis of the classification result was conducted. The results showed that under the condition of the same sample, the remote sensing image classification accuracy of improved BP neural network based on genetic algorithm is higher than that of BP neural network remote sensing image classification precision.

**Key words** Neural network; Genetic algorithm; Remote sensing image classification

遥感是在不直接接触的情况下, 对目标物或自然现象远距离感知的一门探测技术, 是指在高空和外层空间的各种平台上, 运用各种传感器获取反映地表特征的各种数据, 通过传输、变换和处理, 提取有用的信息, 实现研究地物空间形状、位置、性质、变化及其环境的相关关系的一门现代应用科学技术。通过遥感影像识别各种地面目标是遥感技术发展的一个重要环节, 无论是专题信息提取、动态变化检测、专题制图, 还是遥感数据建设都离不开遥感硬性分类技术<sup>[1]</sup>。遥感影像分类就是利用计算机通过对遥感影像中各类地物的光谱信息和空间信息进行分析, 选择特征, 将图像中每个像元按照某种规则或算法划分为不同的类别, 然后获得遥感影像中与实际地物的对应信息, 从而实现遥感影像的分类。

在过去的几十年里, 国内外的专家学者一直致力于研究分类技术与方法来提高遥感影像的分类精度。遥感分类方法按照分类器的不同可以大致划分为参数分类器、非参数分类器和组合分类器 3 类。参数分类器由于需要数据分布假设, 限制了多源数据分类的应用<sup>[2-3]</sup>。非参数分类器不需要数据分布假设, 成为了一个重要研究内容和发展方向。为此, 笔者针对特定分类问题, 选择合适的分类算法, 确定合理的分类器参数, 做深入研究。

## 1 神经网络分类模型

神经网络(Artificial Neural Network, 简称 ANN) 是由 Rumelhart 等人组成的 PDP 小组于 1985 年提出的一种神经元模型<sup>[4]</sup>, 是一种非线性的处理单元, 具有知识的分布式存储, 信息处理的并行结构方式, 可以处理复杂的数据, 同时对数据的类型和分布函数没有特殊的要求, 容错性强, 适合于遥感图像分类处理。

BP 神经网络是一种单向传播的多层前向网络, 具有 3 层或 3 层以上的神经网络, 包括输入层、中间层和输出层。上下层之间实现全连接, 每一层的神经元之间无连接。当一对学习样本提供给网络后, 输入层的激活值从输入层经各中间层向输出层传播, 在输出层的各神经元获得网络的输入响应。按照减少目标输出与实际误差的方向, 从输出层经过各中间层逐层修正各连接权值, 最后返回到输入层。这种算法称为“误差逆传播算法”, 即 BP 算法。随着这种误差逆的传播修正不断进行, 网络对输入模式响应的正确率也不断上升。

但 BP 神经网络也存在不足, BP 算法可以使网络取值收敛到一个解, 但它并不能保证所求为误差超平面的全局最小解, 很可能是一个局部极小解。除此之外, BP 网络的训练时间较长也是其不足。由于网络结构、初始连接权值和阈值的选择对网络训练影响作用很大, 因此可以采用遗传算法对神经网络进行优化<sup>[5]</sup>。

## 2 基于遗传算法改进的神经网络分类模型

遗传算法(Genetic algorithm, GA)是一种智能进化算法,

**基金项目** 国家自然科学基金项目(40901214); 香江学者计划项目(XJ2012036)。

**作者简介** 卜晓波(1993-), 男, 山西晋城人, 本科生, 专业: 地理信息系统。\* 通讯作者, 讲师, 在读博士, 从事定量遥感研究。

**收稿日期** 2013-10-13

它是由 J. H. Holland 教授提出的<sup>[6]</sup>,其基本原理是仿效生物界中的进化法则,对包含可行解的群体反复使用遗传学的基本操作,不断生成新的群体,使群体不断进化。同时,以全局并行搜索技术来搜索优化群体的最优个体,以求得满足要求的最优解。遗传算法优化 BP 神经网络算法流程图如图 1 所示。

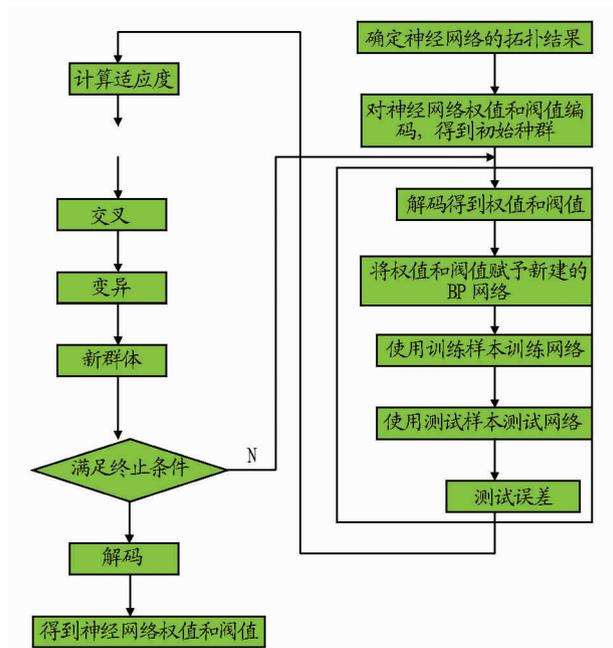


图 1 遗传算法优化 BP 神经网络算法流程图

遗传算法优化 BP 神经网络主要分为 3 个部分:①神经网络结构确定;②遗传算法优化权值和阈值;③BP 神经网络训练和预测。理论上已经证明:具有偏差和至少一个 S 型隐含层加上一个线性输出层的网络,能够逼近任何有理函数。因此该研究采用单隐层的 3 层 BP 神经网络模型,而 BP 神经网络拓扑结构可以根据样本的输入和输出参数个数确定。由于该方法主要是优化 BP 神经网络的权值和阈值,因此只要网络结构已知,权值和阈值的个数就能确定。神经网络的权值和阈值一般是取(-1,1)之间的随机数,但初始化参数对网络训练的影响很大,但是又无法准确获得,对于相同的初始权值和阈值,网络训练结果是一样的,该研究引入遗传算法就是为了优化出最佳的初始权值和阈值<sup>[7]</sup>。

### 3 试验结果与分析

**3.1 数据预处理** 该研究采用的是 Landsat TM 图像,研究地区是长江中下游的武汉市。图像包含 1 000 × 1 000 个像素点。经过辐射校正、光谱增强及随机噪声处理后的合成图如图 2 所示。

**3.2 BP 神经网络构建** 根据 BP 神经网络的基本模型构建了单隐层的 3 层 BP 神经网络。其中输入层神经元的节点数为特征样本点数,隐含层设置为 10 个神经元,输出层为三维矩阵 $[1\ 0\ 0]$ 、 $[0\ 1\ 0]$ 、 $[0\ 0\ 1]$ 。

**3.3 BP 神经网络仿真与训练** 将经过预处理的待分类图像(图 3),加载到训练好的 BP 神经网络模型,网络通过对采样样本的训练,利用网络的记忆能力对图像上的不同地物进

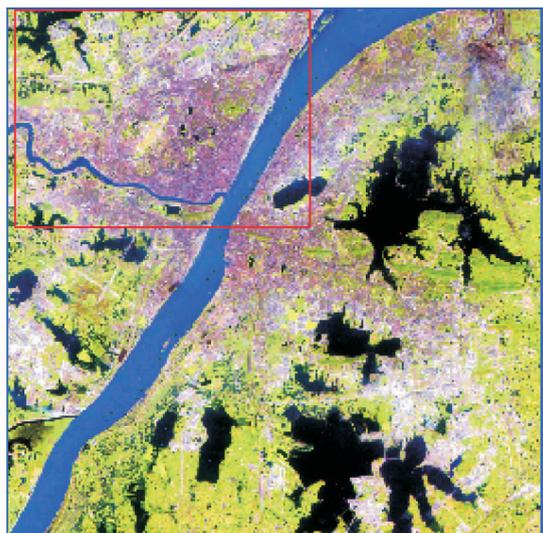


图 2 研究区域的 RGB 合成效果图

行分类识别。将地物进行分类后的训练效果图和分类图如图 4、5 所示。

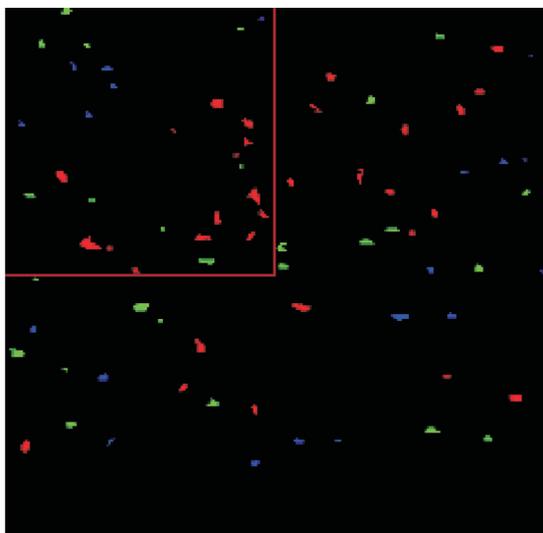


图 3 3 类不同地物样本

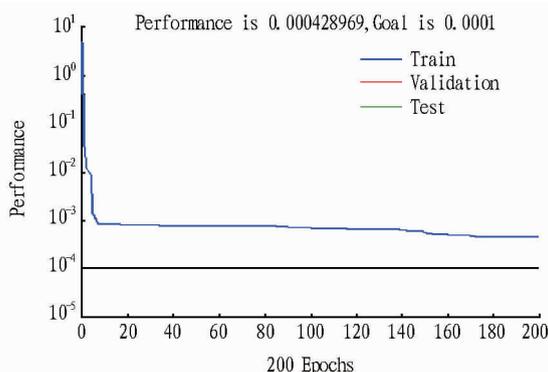


图 4 BP 神经网络模型误差进化曲线

**3.4 遗传算法改进 BP 神经网络构建** 神经网络的模型输入层、隐含层、输出层的设置与“3.2”描述一致。利用遗传算法来优化 BP 神经网络的初始权值和阈值,使优化后的 BP 神经网络模型分类精度更高。遗传算法优化 BP 神经网络模型主要包括以下 4 个部分:种群初始化,适应度函数,交叉算子

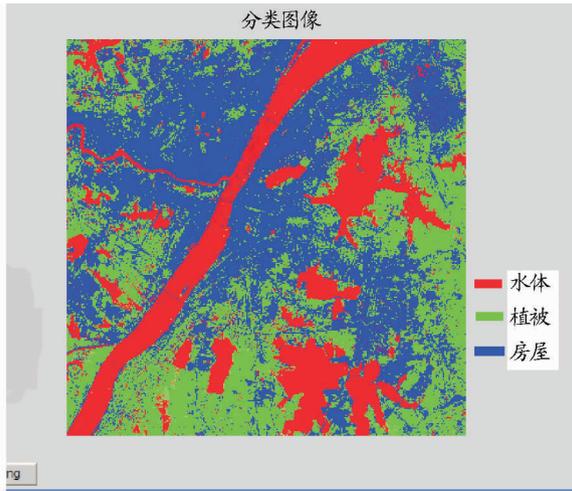


图5 采用神经网络进行分类的效果图

和变异算子。

**3.4.1 种群初始化。**遗传算法的每个个体编码采用二进制编码,每个个体均为一个二进制串,由输入层与隐含层的连接权值、隐含层阈值、隐含层与输出层的连接权值、输出层阈值4个部分组成,每个权值与阈值连接使用 $n$ 位的二进制编码,将所有权值和阈值的编码连接起来成为一个个体的编码。

**3.4.2 适应度函数。**该研究是为了使BP网络模型在进行分类时,预测分类值与期望分类值的残差尽可能小,所以选择分类样本的预测分类值与期望分类值的误差矩阵的范数作为目标函数的输出。

**3.4.3 选择算子。**采用随机遍历抽样进行选择。

**3.4.4 交叉算子。**采用单点交叉算子进行交叉。

**3.4.5 变异算子。**该研究中变异算子以一定概率产生变异基因数,用随机方法选出发生变异的基因。若选的基因编码为1,则变异为0;反之,则变异为1。

**3.5 遗传算法构建神经网络的仿真与训练** 该研究中遗传算法运行设定参数为:种群大小10,最大遗传代数20,变量的二进制位数15,交叉概率0.3,变异概率0.1,代沟0.95。适应值进化迭代图见图6,采用遗传算法进行分类的效果图见图7。

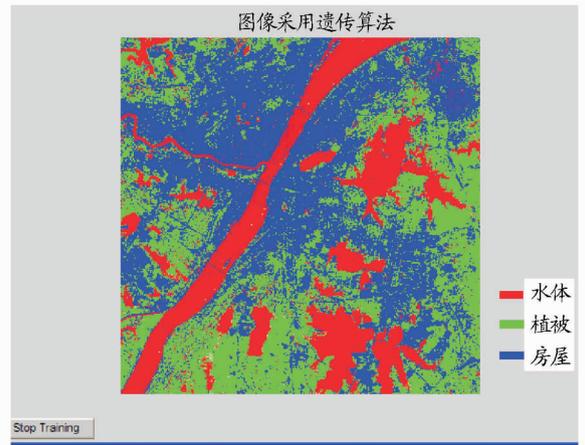


图7 采用遗传算法进行分类的效果图

图中的桥的识别效果不如遗传算法,出现了桥浮在水面的情况。除此之外,也可以采用类型精度评定分类效果。

类型精度是通过分类图像中的类别与参考图像上对应类别进行对照来确定的,通常采用混淆矩阵<sup>[8-10]</sup>来表示。利用BP神经网络分类方法进行精度评定矩阵如表1所示。

表1 采用BP神经网络分类方法进行精度评定结果

模型	覆盖	总分类	$Kappa$	用户精
	类型	精度//%		
BP	植被	83.78	0.75	97.25
	水体	85.62	0.73	95.62
	建筑	84.25	0.74	96.41
GA-BP	植被	91.23	0.84	93.25
	水体	92.46	0.86	94.26
	建筑	91.49	0.85	91.33

## 4 结论

试验证明,用遗传算法优化BP神经网络,寻找BP网络的初始点权重,辅助决策隐层神经元数,有助于克服网络缺陷,提高网络的学习效率。但是也存在一些问题:①由于数据量太大,导致GA-BP模型在微型计算机上运行时间过长,如果能在集群机上运行,可以提高运行速度,同时也可以扩展分类类别。②建立的GA-BP模型未考虑地物的纹理信息,因此下一步可以将纹理信息加入进去,这也会导致数据量过大,在微型计算机上运行过慢的问题<sup>[11]</sup>。③利用高光谱影像和全色影像进行地物分类遥感识别分类是值得研究的内容。

## 参考文献

- [1] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] 贾坤, 李强子, 田亦陈, 等. 遥感影像分类方法研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(10): 2618-2623.
- [3] 李小涛, 李纪人, 黄诗峰, 等. 变差函数和神经网络结合的遥感影像分类方法研究[J]. 国土资源遥感, 2006(1): 82-87.
- [4] 王崇倡, 武文波, 张建平. 基于BP神经网络的遥感影像分类[J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2009, 28(1): 32-35.
- [5] 王万良, 吴启迪. 生产调度智能算法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [6] 段候峰. 基于遗传算法优化BP神经网络的变压器故障诊断[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [7] 汤国安, 张友顺, 刘咏梅, 等. 遥感数字图像处理[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

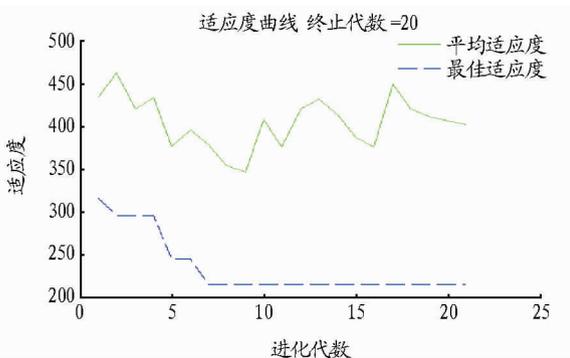


图6 适应值进化迭代图

**3.6 两种模型精度评价** 从图6、7可以看出,采用遗传算法的分类图能更清楚地识别长江上的桥,而BP模型分类

研工作,还能进一步培养学生的实践能力与创新能力,提高学生的综合素质。

**1.4 协调“课堂教学、毕业实习、考研与就业”间的矛盾** 课堂教学、实践教学与考研、就业间的关系相辅相成。只有开展好课堂教学,学好理论知识,才有实践的基础和知识储备;只有具有良好的理论知识与实践能力,才能为考研和就业打好坚实的基础。此外,学生走出校门后的良好发展也会对学校的招生、教学、科研起到促进作用。因此,现阶段促进学生考研和就业成为学校担负的一项重要职责。在组织草业科学专业毕业实习时,既要保证实习的质量,还要兼顾学生考研和就业的需求,甚至创造一些机会,增加学生考研和就业的成功率。

## 2 毕业实习改革的措施

**2.1 改革思路** 草业科学专业本科生从二年级下学期开始,在“导师项目小组制”的指导下,将传统的毕业论文式毕业实习改革成由专业文献综述、大学生科研训练、课程实习和毕业实习及毕业论文有机结合的实践教学环节,从而培养学生创新意识、增强学生分析问题和解决问题能力。改革的思路是从调整毕业实习时间、改变毕业实习学习方式和规范毕业实习成绩评价体系 3 个方面展开。

### 2.2 改革措施

**2.2.1 调整毕业实习时间。**将原本在第 8 学期开展的草业科学专业本科毕业实习调整到第 5 或 6 学期开始,相应的毕业实习时间也分别调整为 1 年半或 1 年(到第 7 学期结束)。将专业文献综述、专业课学习与论文选题等作为毕业实习的准备阶段(第 5 学期或第 6 学期),这一阶段主要进行专业文献检索、英语专业文献的阅读与翻译、相关资料的收集与整理等内容学习,适当参与高年级本科生或研究生的研究工作,熟悉相关工作流程或技能,甚至可开展预备试验。将野外采样、实验室分析、数据处理与分析、论文写作等作为毕业实习的实施阶段,在第 6~7 学期或第 7 学期完成。将论文答辩作为毕业实习的评价阶段,在第 8 学期完成。经调整后既可保证学生在牧草生长季节内完整地从事观测、分析和评价,使论文设计更加全面、系统,论文写作时间更加充裕,也可在第 8 学期为学生腾出更多的时间参加用人单位面试和实习。做到就业实习与毕业实习“两不误”。

**2.2.2 改革毕业实习学习方式。**将相对分散、时间跨度长的专业课学习及其课程实习与毕业实习的专业文献综述、大学生科研训练进行有效整合,建立专业课程兴趣小组或大学生创新项目小组,在专业课甚至专业基础课阶段配备相应导

师。将每门专业课的内容划分为几个专题,学生按照“老师引导讲授、学生查阅文献和师生互动式讨论”的教学模式完成课堂教学;在新疆农业大学谢家沟实习基地、呼图壁生态站实习基地及其他实习基地(如昭苏实习基地),结合导师科研项目或大学生创新项目,以大学生科研训练的形式完成课程实习和毕业实习,直至其完成高水平的专业文献综述和毕业论文(设计)。

**2.2.3 建立毕业实习成绩评价体系。**通过建立以毕业实习选题质量、专业文献检索能力、专业英语阅读与翻译能力、实验设计和实验操作能力及毕业论文(设计)质量评价为一体的毕业实习成绩综合评价体系,科学评价学生的毕业实习成绩。其中,毕业实习选题质量评价可利用专家评分法与层次分析法进行评定;专业文献检索能力评价可利用 Google Scholar Search 和 CNKI 数据库来进行评定;专业英语阅读与翻译能力评价可通过英文文献讨论会与专业文献综述组织相关专家进行评定;实验设计和实验操作能力评价可通过组织草业科学实践技能大赛进行评定;毕业论文(设计)质量评价则综合指导教师、评阅教师(盲审)、答辩小组(导师回避原则)三方评审结果,按相应权重进行评定。

**2.2.4 规范“导师项目小组制”。**通过制订《草业科学本科生导师职责与奖惩办法》,进一步明确指导教师职责,规范毕业实习组织管理。通过制订《草业科学毕业实习管理办法》、《草业科学毕业论文写作与印刷规范》和《草业科学大学生创新项目管理办法》,确保毕业实习按质、按量如期完成。

## 3 建议

积极开展学术交流、学术报告、大学生科技创新节等活动,为大学生科研创新营造浓郁的氛围。邀请校内外草学、植物学、生态学、土壤学等领域的专家、学者到学校举办学术报告会和学术讨论会。同时可举办“草业科技创新节”,展示草业学生最新科研成果,并对草业学生科技成果进行评比和交流,设立草业科技创新奖(可将奖项的名字命名权给企业或著名草业专家),既为大学生创造了展示自己科研成果的舞台,又促进了科学文化的交流,同时还使草业学生的科技氛围更加浓厚。

## 参考文献

- [1] 陈世勇,于群英,张子学.本科生毕业实习模式的改革探索[J].安徽农学报,2008,14(20):141-143.
- [2] 周权锁,陈巍,李辉信,等.注重本科生实践创新能力培养的导师制新模式构建与实践[J].高校实验室工作研究,2010,104(2):91-93.
- [3] 张华.抓好毕业实习环节提高本科生的专业综合素质[J].黑龙江教育(高教研究与评估),2012,988(2):85-86.
- [4] 李金,王群,李群,等.草业科学专业本科毕业实习模式的改革探索[J].西北科技大学学报,2010,9(3):55-59.
- [5] 浩铭,罗金辉,雷利元,等.辅以纹理和 BP 神经网络的 TM 遥感影像分类[J].地理空间信息,2012,10(1):33-36.
- [6] 陈晓铃.遥感数字图像处理[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [7] 李小明,刘萌萌. ENVI 遥感影像处理教程[M].北京:中国环境科学出版社,2008.
- [8] 可华明,陈朝镇,张新合,等.基于 Matlab 的 GA-BPNN 遥感图像分类

(上接第 13058 页)