

结合 IGA 和 BP 算法的物体识别方法

刘 勇, 张 蕾, 范庆辉

LIU Yong, ZHANG Lei, FAN Qing-hui

河南科技大学 电子信息工程学院, 河南 洛阳 471003

College of Electronic Information Engineering, Henan University of Science & Technology, Luoyang, Henan 471003, China

E-mail: why219@163.com

LIU Yong, ZHANG Lei, FAN Qing-hui. Objects recognition based on improved genetic algorithm and BP algorithms. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(18): 205-208.

Abstract: Algorithms for recognition are complex, and the information and computation are large at present. Neural network based on improved genetic algorithm adopts fitness function of combining structure and error and the improved genetic operator to implement the optimization of structure and weights of BP network simultaneity. To recognize objections, BP neural network based on improved genetic algorithm is proposed in the paper, and the improved invariant moments extracted are regarded as the input of BP network. The simulation results indicate that the method improves the stability and convergence capability of recognition. Moreover, the recognition rate is very high. So the efficiency is proved in the paper.

Key words: neural network; genetic algorithm; feature extraction; objects recognition

摘 要: 目前常用的物体识别方法, 其过程非常复杂, 信息量和计算量都很大。结合改进遗传算法的神经网络方法, 采用将结构与误差结合的适应度函数, 改进的遗传算子实现对 BP 网络结构和权值的同步优化。提出一种用改进遗传算法优化后的 BP 神经网络进行物体识别, 并以提取的修正不变矩特征作为 BP 神经网络的输入, 仿真结果表明该方法提高了识别的稳定性和收敛性能, 并且识别率较高。从而验证了该方法的有效性。

关键词: 神经网络; 遗传算法; 特征提取; 物体识别

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.18.061 文章编号: 1002-8331(2009)18-0205-04 文献标识码: A 中图分类号: TP391.41

1 引言

出于工业和医疗等领域大量现实应用的需要, 如今物体识别已成为一个很活跃的研究领域。它的任务是识别出图像中有什么类型的物体, 并反映出物体在图像所反映的场景中的位置和方向。在实际场景中, 物体的观测图像数据受多方面因素的影响, 会发生明显的变化, 如: 物体尺寸、视角和光照变化; 部分区域被遮挡; 噪声干扰等。对计算机视觉系统来说, 如何消除这些干扰, 准确识别出物体的类别是一个非常困难的问题。目前的物体识别算法大多采用提取物体的特征, 然后由训练数据建立物体模型, 最后将待识别的样本特征与模型进行匹配的方法。根据提取特征的不同, 这些算法可以分为两类: 基于局部特征的物体识别算法^[1-3]和基于全局特征的物体识别算法^[4-7]。前者提取一些比较特殊的特征点, 然后在这些点提取局部图像特征。物体间的匹配通过搜索测试图像和训练模型之间的相似匹配点完成。这类算法的抗干扰能力比较强, 但是这些特殊特征点的提取比较困难, 并且算法的计算复杂性很高。基于全局特征的算法提取图像的全局特征, 可以成功识别噪声图像和部分遮挡物体, 其算法简单, 识别速度快, 并且识别率较高。

本文先提取物体的不变矩特征, 即提取物体的全局特征, 然后利用遗传算法的优点来弥补神经网络的不足, 提出一种基于改进遗传算法(Improved Genetic Algorithm, IGA)和 BP(Back Propagation)神经网络的物体识别方法, 在 Coil-20(columbia object image library, 一个标准的图像数据库)图像数据库上, 对 20 个物体进行实验, 仿真结果表明该方法对物体的平移、旋转、缩放都具有不变性, 并且该算法比单纯的 BP 算法有更佳的识别效果和稳定性。实验结果证明了这种方法是成功的。

2 特征提取

物体识别是一个复杂的问题, 特征提取对识别准确率有很大的影响。物体的特征一般包括颜色、纹理、形状等, 其中形状特征是最重要的视觉特征。目前常用的形状特征的描述方法是使用基于矩函数的特征向量。而不不变矩是比较成熟并被广泛使用的一种。不变矩算法是一种通过提取具有平移、旋转和比例不变性的数字特征, 从而进行物体识别的方法。

M.K.Hu 于 1962 年提出了连续函数矩的定义和关于矩的基本性质, 证明了矩的一系列性质, 给出了 7 个不变矩的具体

基金项目: 国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60475021); 河南省杰出青年基金(No.0412000400)。

作者简介: 刘勇(1966-), 男, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 软件工程、图像处理; 张蕾(1980-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 模式识别、图像处理; 范庆辉(1978-), 男, 助教, 研究方向: 嵌入式系统、图像处理。

收稿日期: 2007-11-15 修回日期: 2008-02-21

算法。Hu 所定义的这 7 个不变矩, 尽管在连续情况下具有平移、旋转和比例不变性, 但是在离散情况下比例不变性却不成立, 因此将其用于物体识别需要进行修正。杜在文献[8]中对 7 个不变矩作了修正, 修正后的不变矩将具有比例、旋转和平移不变性, 其具体公式如下:

$$\begin{aligned} \varphi_1' &= \varphi_1 & \varphi_2' &= \varphi_2 / \varphi_1^2 & \varphi_3' &= \varphi_3 / \varphi_1^3 \\ \varphi_4' &= \varphi_4 / \varphi_1^3 & \varphi_5' &= \varphi_5 / \varphi_1^6 & & \\ \varphi_6' &= \varphi_6 / \varphi_1^4 & \varphi_7' &= \varphi_7 / \varphi_1^6 & & \end{aligned} \quad (1)$$

由于 7 个不变矩的变化范围很大, 为了便于比较, 可以利用取对数的方法进行数据压缩; 同时考虑到不变矩有可能出现负值的情况, 因此实际采用的不变矩为

$$M_k = \lg |\varphi_k'| \quad k=1, 2, \dots, 7 \quad (2)$$

然后将这 7 个不变矩特征作为改进遗传算法优化后的 BP 神经网络的输入量。

3 BP 神经网络与 IGA 算法

3.1 BP 神经网络

BP 神经网络^[9-11]是目前应用最广泛也是发展最成熟的一种神经网络模型, 它是按层次构造的, 包括一个输入层、一个输出层和一个或多个隐层。其中三层 BP 神经网络的结构如图 1 所示。

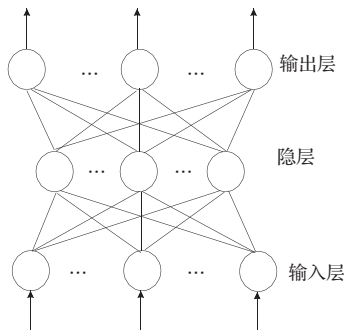


图 1 三层 BP 神经网络模型

这个网络的学习过程由正向传播和反向传播两个过程组成。在正向传播过程中, 输入信息从输入层经隐层逐层处理, 然后传向输出层, 每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。如果在输出层不能得到期望的输出, 则转向反向传播过程, 将误差信号沿原来的连接通路返回, 通过修改各层神经元的权值, 使得误差信号最小。

尽管在实际工作中 BP 网络得到大量应用, 但它也存在一些严重的问题: (1) 由于训练采用简单的梯度下降法进行优化训练, 算法效率低下, 且易陷入局部极值, 造成训练失败; (2) 目前研究中, 神经网络结构大多由经验试算得到。由于网络的拓扑结构对网络性能至关重要, 因此在实际工程的应用中, 只采用经验试算确定网络结构的做法是不合适的。必须合理地改进目前常用的前向多层 BP 网络。

3.2 改进遗传算法(IGA)

遗传算法^[12-14]是一种仿生学算法, 是人类模仿大自然中各生物物种的生存进化现象而提出的一种计算机算法, 其最大的特点就是可进行全局范围内的搜索优化, 而不易陷入局部极值。本文在以下方面对一般遗传算法进行了改进:

(1) 采用小区间生成法提高种群的质量。首先把各待优化

参数的取值范围分成群体总数个小区间, 再在各小区间中分别随机生成一个初始个体。这样生成的初始群体将会均匀分布在整个解空间上, 并能保证随机产生的各个体间有明显的差别, 保证初始群体含有较丰富的模式, 增强搜索收敛于全局最优解的可能。

(2) 优选父代自适应交叉操作。借助优生学的原理从上代群体中随机选择两个个体, 保留适应值大的个体(如果二者适应值相同, 则随机保留一个), 再进行一次上述优选操作。对保留下来的两个优选个体进行交叉。

(3) 两两竞争选择策略。对匹配池中除最优解以外个体进行两两竞争选择, 从匹配池中随机选两个个体, 比较它们的适应值, 把适应值大的个体保留入子代, 直到产生完整子代群体。

3.3 基于 IGA 的 BP 神经网络

基于改进遗传算法的神经网络识别技术^[15-17]可有效克服传统神经网络存在的诸多问题, 并具有更快的学习收敛速度和更好的自学习性, 提高了神经网络最优结构搜索性能。基于 IGA 的 BP 神经网络在模式识别与图像处理方面具有很大的优越性。

3.3.1 神经网络的结构、权值及阈值的编码表示

由 Kolmogorov 定理可知, 一个具有三层前向 BP 网络就能实现任意给定的映射, 而神经网络结构的确定却无定论。在实际应用中的网络的输入层和输出层的节点个数是已知的, 如何确定隐层及隐层节点的数目就成了一个十分重要问题。

在利用遗传算法优化神经网络^[18-20]中常用的编码方法有: 二进制、十进制和符号编码等, 本文提出二进制与十进制混合编码, 来实现网络结构与权值、阈值的同时表达。以下是编码的原则。

(1) 权值与阈值的编码: 神经网络的权值学习是一个复杂的连续参数优化问题, 对于神经网络权值的编码本文中采用实数编码得到构造基因。

(2) 神经网络结构的编码: 由于已知输入层和输出层节点的个数, 所需确定的仅是隐层节点的个数, 考虑对隐层的单元采用二进制编码作为其控制基因, 其串长表示神经网络隐层的单元数目, 其算术和表示有效单元个数。控制基因若为 0, 表示与该节点有关的连接权不起作用, 权值均取为 0。控制基因为 1, 则直接解码, 其对应的构造基因得到连接权值。

采用这种二进制与十进制相结合的编码结构简单直观, 易于解码和进行适应度值的计算, 有效地把网络结构和权值及阈值的进化有机地结合起来, 克服了以往把网络结构的进化与权值的进化割裂开的情况。

3.3.2 适应度函数的设计

利用遗传算法对神经网络进行训练, 最为常见的是使用神经网络目标输出与实际输出的均方误差作为进化个体适应度:

$$E = \sum_{p=1}^t \left[\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_{pi} - o_{pi})^2 \right] \quad (3)$$

y_{pi} 和 o_{pi} 分别表示对第 p 个样本, 神经网络第 i 个输出单元的期望输出值与实际输出值, t 为样本个数, n 为输出单元个数。式(3)仅仅反映了输出误差, 并不能反映和利用神经网络的结构信息, 无法体现本文所采用的编码的优点。考虑构造新的既能反映均方误差又能反映结构信息的适应度函数如下:

$$N = \frac{N_1}{N_{\max}} \quad (4)$$

$$f = \frac{1}{E} (1 + e^{1+\alpha(1-N)}) \quad (5)$$

式(4)为适应度函数的表达式,其中 N_1 表示控制基因中 1 的个数,也就是隐层中起作用的隐层节点的数量,即 $N_1 = \sum_{i=1}^s \alpha_i; N_{\max}$ 表示隐层节点的最大数量,即 $N_{\max} = s; \alpha$ 为隐层节点的参数调节因子,根据实际情况确定。

3.3.3 选择、交叉和变异算子的设计

(1) 选择算子的确定

采用比例选择算子,即每个个体的选择概率和其适应值成正比。由于随机操作的原因,这种选择方法的选择误差比较大,有时甚至连适应度较高的个体也选择不上。为提高遗传算法的收敛性,采取最优保留策略,选择最好适应度的个体作为种子选手,直接保留到下一代。

(2) 交叉算子的设计

对二进制基因和实数基因分别采取不同的交叉算子。二进制基因采用两点交叉;实数基因采用算术交叉算子。采用算术交叉算子可以保证产生的两个个体在两个父代所在区域之间搜索。

(3) 变异算子的设计

对于使用二进制编码的控制基因,采用均匀变异。对于使用实数编码的代表各神经元权值和阈值的构造基因,采用如下二重均匀变异,具体操作如下:首先按均匀分布随机选择个体上一个基因作为变异点;其次,对这个变异点,以变异概率 p_{mut} 对原基因进行变异。

3.3.4 交叉率和变异率的确定

为了尽量不破坏适应度高的个体同时还能保证群体的多样性,较理想的情况下, p_c 与 p_{mut} 的取值应在算法运行过程中随着适应度值的变化而自适应改变。用适应度值来衡量算法的收敛情况,对于适应度值高的解,取较低的 p_c 和 p_{mut} ,使该解进入下一代的机会增大;而对于适应值低的解,则应取较高的 p_c 和 p_{mut} ,使该解被淘汰掉;当成熟前收敛发生时,应加大 p_c 和 p_{mut} ,以加快新个体的产生。

4 仿真结果与分析

本文算法已经用 matlab7.0 对 Coil-20 图像数据库中的物体做过仿真实验(实验所用 PC 机:P4 2.8 G, RAM 256),Coil-20 图像数据库包含 20 个物体,每个物体有 72 个不同视角的图像。物体放在一个旋转的平台上,摄像机固定,旋转平台,每隔 5° 角拍摄一幅图像。图 2 列出了具有代表性的 3 个物体,每个物体仅列出了 3 幅不同视角的图像, B、C 图像与 A 图像的视角差异分别为 30° 和 60° , 并且 obj1、obj2 和 obj3 的 B 图像是由 A 图像放大 1.2 倍后得到的。实验中的部分图像是经过平移、旋转、缩放(放大 1.2 倍,缩小 0.7 倍)后得到的。表 1~表 3 的数据是图 2 各视角下图像的矩特征,也是实验中用到的部分样本的矩不变量特征。

在没有对 BP 网络进行优化的情况下,识别结果如表 4 所示。

由表 4 可知,此种情况下 BP 网络的收敛性能不甚理想。此外,即使在 BP 网络收敛的情况下,由于神经网络的参数为随机数(即使经过训练后神经网络的参数也不是定值),对识别结果影响较大。

利用 IGA 对 BP 网络的结构和权重等参数进行同时优化,对同样的不变矩特征,识别结果如表 5 所示。

与表 4 比较,表 5 的 BP 网络在稳定性和识别率等方面都有

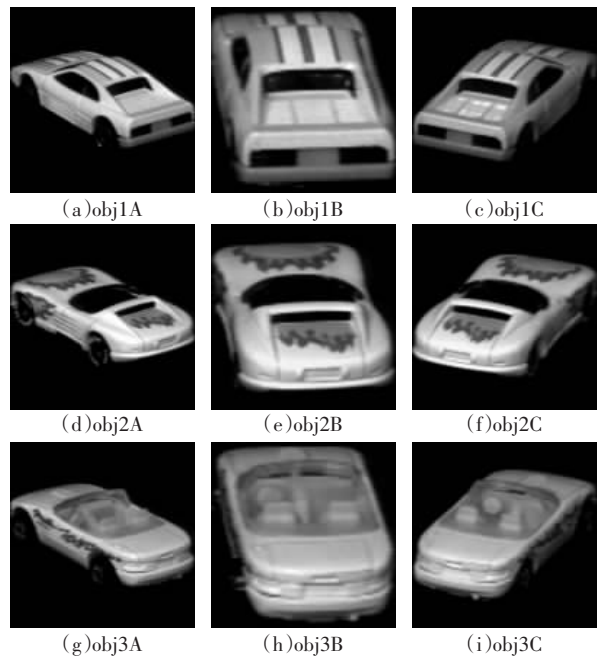


图 2 Coil-20 部分图像的不同视角图

表 1 obj1 的不变矩特征

不变矩	obj1A	obj1B	obj1C
M_1	6.431 5	6.389 2	6.410 3
M_2	12.083 4	11.998 6	12.076 4
M_3	14.302 2	14.322 8	14.291 7
M_4	14.284 4	14.277 9	14.290 1
M_5	54.739 1	54.824 3	54.718 6
M_6	19.997 2	19.981 4	19.982 5
M_7	26.994 6	26.746 2	26.983 3

表 2 obj2 的不变矩特征

不变矩	obj2A	obj2B	obj2C
M_1	6.445 2	6.394 1	6.426 8
M_2	11.985 7	12.045 0	11.932 2
M_3	15.186 2	15.070 1	15.037 8
M_4	15.487 5	15.371 7	15.491 9
M_5	54.715 9	54.932 7	54.818 6
M_6	20.330 6	20.203 8	20.264 0
M_7	27.140 2	27.059 8	27.065 3

表 3 obj3 的不变矩特征

不变矩	obj3A	obj3B	obj3C
M_1	6.599 3	6.562 9	6.584 1
M_2	12.072 1	10.333 7	12.074 3
M_3	15.840 1	16.051 7	17.133 1
M_4	15.576 0	16.512 0	17.046 1
M_5	54.731 9	56.783 3	56.093 7
M_6	21.371 6	21.518 8	22.804 0
M_7	29.510 4	32.250 7	31.963 4

表 4 不同隐层节点的 BP 网络的识别结果

隐层数	训练样本识别率/(%)	测试样本识别率/(%)
7	72.9	62
11	79.3	67
13	81	69.7

很大的改进。同时考虑到 BP 网络的结构和权重系数,IGA 能帮助找到更小的结构和更合适的初始权值,从而获得较好的性能。

表5 利用IGA优化BP网络后的识别结果

初始种群数目	网络结构	训练样本识别率/(%)	测试样本识别率/(%)
30	7×5×3	96.32	95.66
	7×6×3	96.40	95.69
	7×7×3	96.28	95.73
60	7×4×3	96.45	95.70
	7×5×3	96.48	95.77
	7×7×3	96.61	95.84
	7×11×3	96.70	95.86

5 结论

所设计的IGA较好地改善了传统GA在全局收敛性能和收敛速度之间的矛盾。将其应用到基于BP网络的物体识别中,较好地优化了BP网络的结构和参数,提高了BP网络在物体识别时的收敛性能和识别效果;同时以修正的不变矩特征作为BP网络的输入,使之对物体的平移、旋转、缩放都具有不变性。

参考文献:

- [1] Lowe D G. Distinctive image features from scale invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 44(60):91-110.
- [2] Poggio R T. How visual cortex recognizes objects: The table of the standard model[J]. The Visual Neurosciences, 2003, 2:1640-1653.
- [3] Mikolajczyk K, Tuytelaars T, Schmid C. A comparison of affine region detectors[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 44(3):530-541.
- [4] Reinhold M P, Grzegorzec M, Denzler J, et al. Appearance-based recognition of 3-D objects by cluttered background and occlusions[J]. Pattern Recognition, 2005, 38:739-753.
- [5] Bicego M, Castellanti U, Murino V. A hidden Markov model approach for appearance-based 3D object recognition[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26:2588-2599.
- [6] Pope A R, Lowe D G. Probabilistic models of appearance for 3-D object recognition[J]. International Journal of Computer Vision, 2000, 40(2):149-167.
- [7] Yuana C, Niemann H. Neural networks for appearance-based 3-D object recognition[J]. Neurocomputing, 2003, 51:249-264.
- [8] 杜亚娟, 张洪才, 潘泉. 基于矩特征的三维飞机目标识别[J]. 数据采集

集与处理, 2000, 15(3):390-394.

- [9] Kim K J. Artificial neural networks with evolutionary instance selection for financial forecasting[J]. Expert Systems with Applications, 2006, 30(3):519-526.
- [10] Chang P C, Wang Y W, Liu Chen-hao. Fuzzy back-propagation network for PCB sales forecasting[J]. Advances in Natural Computation, 2005, 3610:364-373.
- [11] Do Y. Segmenting images of occluded humans using a probabilistic neural network[J]. Intelligent Computing, 2006, 4113:457-462.
- [12] Perez-Jimenez A J, Perez-Cortes J C. Genetic algorithms for linear feature extraction[J]. Pattern Recognition Letters, 2006, 27(13):1508-1514.
- [13] Javadi A A, Farmani R, Tan T P. A hybrid intelligent genetic algorithm[J]. Advanced Engineering Informatics, 2005, 19(4):255-262.
- [14] Mjahed M. Search for the Higgs boson at LHC by using genetic algorithms[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2006, 559(1):172-176.
- [15] Kondo T, Pandya A S. Recognition of X-ray images by using revised GMDH-type neural networks[J]. Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, 2003, 2774:849-855.
- [16] Yao Zhi-hong, Fei Min-rui, Li Kang, et al. Recognition of blue-green algae in lakes using distributive genetic algorithm-based neural networks[J]. Neurocomputing, 2007, 70(4):641-647.
- [17] Sheu J J, Chen C Y. An integration method of artificial neural network and genetic algorithm for structure design of a scooter[C]// Lecture Notes in Computer Science, 2006, 4113:655-662.
- [18] Gautam R, Panigrahi S, Franzen D. Neural network optimisation of remotely sensed maize leaf nitrogen with a genetic algorithm and linear programming using five performance parameters[J]. Biosystems Engineering, 2006, 95(3):359-370.
- [19] Yang T, Lin Huan-Chang, Chen Meng-Lun. Metamodeling approach in solving the machine parameters optimization problem using neural network and genetic algorithms: A case study[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2006, 22(4):322-331.
- [20] Kim B W, Kim S M. GA-optimized backpropagation neural network with multi-parameterized gradients and applications to predicting plasma etch data[J]. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 2005, 79(2):123-128.

(上接 119 页)

- [14] 吴振强, 马建峰. 一种无线 Ad Hoc 网络动态混淆匿名算法[J]. 计算机研究与发展, 2007, 44(4):560-566.
- [15] Shields C, Levine B. A protocol for anonymous communication over the Internet[C]// ACM Conference on Computer and Communication Security, Athens, Greece, November 1-4, 2000:33-42.

(上接 122 页)

- [3] Chen M S, Shin K G. Depth-first approach for fault-tolerant routing in hypercube multicomputers[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 1990, 1(2):152-159.
- [4] 林玮, 杨小帆. 基于超立方体容错路由算法分析[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(7):273-275.
- [5] Min Y L, Min Y H. A fault-tolerant and heuristic routing algorithm for faulty hypercubes[J]. Journal of Computer Science & Technol-

- [16] Reiter M K, Rubin A D. Crowds: Anonymity for Web transactions[J]. ACM Trans Information and System Security, 1998, 1(1):66-92.
- [17] 吴振强, 马建峰. 一种基于联合熵的多属性匿名度量模型[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(7):1240-1245.
- [18] 睦鸿飞, 陈松乔, 陈建二, 等. 基于重路由匿名通信系统的负载分析[J]. 软件学报, 2004, 15(2):278-285.

ogy, 1995, 10(6):536-544.

- [6] Lee T C, Hayes J P. A fault-tolerant communication scheme for hypercube computers[J]. IEEE Transactions on Computers, 1992, 41(10):242-256.
- [7] Chiu G M, Chen K S. Use of routing capability for fault-tolerant routing in hypercube multicomputers[J]. IEEE Transactions on Computers, 1997, 46(8):953-958.