

水果果形判别人工神经网络 专家系统的研究

刘 禾^①

(华北电力大学)

汪懋华

(中国农业大学)

提 要 该文使用图像识别系统对果形进行自动判别,并设计了一种用于果形判别的人工神经网络专家系统。试验表明:果形自动判别专家系统方法是可行的,它较好地解决了传统专家系统所面临的知识获取和表达困难、推理能力弱、系统扩充困难、容错性差等问题。

关键词 人工神经网络 专家系统 图像识别 果形判别

Study on Neural Network Expert System for Fruit Shape Judgement

Liu He

(North China Electric Power University)

Wang Maohua

(China Agricultural University)

Abstract The fruit shape is an important feature to grade the fruit. This paper describes an image recognition system to automatically judge the fruit shape. A kind of artificial neural network expert system to judge fruit shape is proposed. Tests prove that the method to judge the fruit shape is feasible and the proposed approach can resolve the problems existed in the traditional expert system, such as difficult to acquire and represent the knowledge, weak in reasoning, hard to expand the system, and sensitive to errors.

Key words Artificial neural network Expert system Image recognition Fruit shape judgement

1 引 言

水果分级主要是根据水果的形状、大小、色泽、果面缺陷等几个方面进行^[1]。目前,水果形状和果面坏损检测与分类依然靠人工进行。这样由于受到个人视力、颜色鉴别力、情绪、疲劳、光线等因素的影响,效率低,分选差异大,很难满足高要求的分级。水果果形自动判别与分类是实现水果分级全部自动化的关键一步。本文采用人工神经网络专家系统进行水果果形自动判别与分类的研究;并选择了具有一定代表性且在我国水果生产中占有重要地

收稿日期:1995-03-30

①刘 禾,博士,讲师,北京清河 华北电力大学热工自动化教研室,100085

位的苹果作为试验研究对象。

2 果形特征分析

为了便于果形描述与特征分析(适用于苹果、梨、李子等),现定义一些术语。

果轴:连接水果果梗与花萼的直线。

果轴长度:水果果梗至花萼的距离。

轴对称:指垂直于果轴的直线交水果外边缘于两点,该两点到轴的距离相等。这里的相等并非绝对相等,而是允许有一定的偏差。

果宽:垂直于果轴的一直线交水果外边缘于两点;该两点之间的距离即为果宽。

高度:垂直于果轴的一直线交水果内的果轴的一点;该点到水果花萼的距离。

正常水果果形有一显著特征即轴对称。此特征定义为对称特征。另外水果轴长度与最大果宽之差也可作为特征值描述果形,当偏差愈大,说明果形呈长形,当偏差愈小,说明果形呈扁形,此特征定义为长宽特征。最大果宽与不同的高度所对应的果宽之差也可作为特征值描述水果外形,此特征定义为宽度特征。此外最大果宽所对应的高度与水果轴长度之比也可作为一特征值描述果形,此特征定义为比值特征。

因此可用对称特征、长宽特征、宽度特征、比值特征等一系列特征值来描述果形。

3 果形判别人工神经网络专家系统

3.1 系统基本结构

传统的专家系统(ES)目前面临着如下几方面的问题^[2]: 1) 知识获取困难; 2) 知识表达繁复和知识“窄台阶”; 3) 推理能力弱、容错性差; 4) 发展进化困难。

人工神经网络(ANN)最主要的特征是大规模模拟并行处理、信息的分布式存贮、非线性、全局集体作用、高度的容错性和鲁棒性、自学习及实时处理。信息分布性是神经网络之所以能够触动 ES 中知识获取与知识表达等问题的关键所在。ANN 是大量神经元的互连及各连接权值(含阈值)的分布来表示知识。在知识获取时,它只要求专家提供范例及相应的解,通过学习算法对样本进行学习,经过网络内部算法不断修改权值分布以达到要求,把专家求解实际问题的启发式知识和经验,分布到网络的互连及权值分布上。因此可利用 ANN 来解决传统 ES 中的知识表达、知识获取等问题。

另外可利用 ANN 完成并行推理以提高传统 ES 中的推理能力。对于特定输入模式,ANN 通过前向计算,产生一输出模式,其中各个输出节点代表的逻辑概念同时被计算出来,特定解是通过输出节点和本身信号的比较而得到的,在这个过程中其余的解同时被排除,这就是 ANN 并行推理的基本原理。在神经网络中,允许输入偏离学习样本,只要输入模式接近于某一学习样本的输入模式,则输出亦会接近学习样本的输出模式。

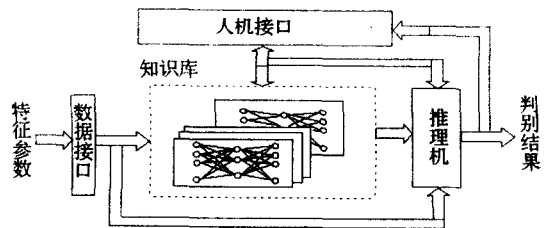


图1 神经网络专家系统基本结构

基于上述思想,本文提出一种基于人工神经网络的果形判别专家系统,其结构如图 1 所示。该系统是 ANN 和人工智能相结合建立的专家系统,由人机接口模块、数据接口模块、知识库、推理机等组成。

人机接口主要功能是从专家那里获取有关 ANN 结构信息(包括网络的层数、输入、输出及隐含结点个数);组织与控制 ANN 的学习训练;接收用户提供的有关信息(如水果品种);完成知识库的扩充。

数据接口完成对检测到的数据进行前期处理(模糊化处理)。

知识库是由 ANN 群构成,这是与传统 ES 的最大不同。采用 ANN 群来实现知识库是将所要表示的知识集合分成若干个逻辑上独立的子集合,每个子集包含若干个知识,然后根据子集来组织网络。每个子集对应于一个逻辑上独立的子网络,这样可以独立地运用学习算法对各个子网络分别进行学习训练。知识库中的知识通过训练样本自动获取。

由于本系统采用 ANN 群作为知识库,故本系统非常适用于各种规格与品种的水果的检测与判别。在本知识库中每一个 ANN 对应存储着一个相应品种水果的果形知识。因此使用本专家系统可同时检测判别各种品种的水果果形。

推理机将依据知识库的输出和系统的输入数据进行正向推理。

3.2 知识表示、知识库与推理机

本系统采用 ANN 群组成知识库,则系统的知识表示有两种形式:一种是面向专家和用户的外部形式;另一种是在知识库中的表示方式,即内部形式。

由于本系统是用于水果形状检测与判别,且数据是通过图像采集后获得,故学习范例是以数字形式和逻辑数字形式表示。

本系统的知识库采用 B-P 人工神经网络结构来表达和存贮知识^[3],在 B-P 人工神经网络结构一定时,知识在知识库中可通过网络的权矩阵和阈值向量描述。

基于 ANN 的知识表示方式具有如下优点:1) 具有统一的内部知识表示形式,通过学习即可获得网络的有关参数如权矩阵和阈值向量。知识规则转换成数字形式,便于知识库的组织和管理,通用性强;2) 便于知识的自动获取;3) 利于实现并行联想推理;4) 能够表示事物的复杂关系如模糊因果关系等。

知识由外部形式转换成内部形式,也即是知识获取过程,它不是一般的代码转换,而是通过学习完成。由于采用了 ANN,故通过网络的学习算法,自动完成知识获取。这类系统首先在知识表示上与传统的智能系统完全不同。传统的知识表示可看作是知识的一种显式表示,而本系统中知识表示可看作是一种隐式表示,在这里知识并不象在产生式系统中那样独立表示每一规则,而是将若干知识在同一网络中表示。其次知识无需被完全转成一条条的描述规则,可通过 ANN 中的学习算法自动获取。另外本系统不同于传统的产生式系统,只要系统的结构(ANN 的结构)一定,学习样本在数量上增加,无需增加新的内存空间和搜索时间,这在一定程度上缓解了传统的 ES 面临的组合爆炸问题。

输入参数中的水果品种参数激活知识库中相应的 ANN,网络对经过数据接口处理过的输入参数(即形状特征参数)进行前向计算,输出即为果形的初步判别结果。

另外水果的轴对称性也是衡量水果果形的一个因素(轴对称性判别另文所述)。故本专家系统中的推理机将依据 ANN 的输出和水果的轴对称性进行推理,得出果形判别的最终

结果。

本系统中的推理机采用产生式规则进行推理,并且是正向推理,其规则形式如下:

if 果形的初步判别结果为中 and 轴对称性为好, then 果形为中等。

if 果形的初步判别结果为不确定, then 进行果形不确定处理。

等等。

由于知识库是由 ANN 组成,所以推理过程分两个阶段。具体如下:通过数据接口将采样数据进行前期处理;然后依据水果品种信息激活知识库中相应的 B-P 人工神经网络,并作前向计算,即得果形的初步判别结果;最后用产生式规则依据初步判别结果和水果的轴对称特性进行推理,得出果形判别的最终结果。

3.3 再学习机制与系统扩充

系统的再学习指的是对知识库中已经训练好的 ANN 由于知识的更新和修改对 ANN 进行再训练;即在原学习样本集中加入新的样本,然后让 ANN 重新学习,学习后新的知识通过修改过的网络权矩阵和阈值向量重新分布在 ANN 中。

利用这种再学习机制,来获取更新知识、完善知识库。在本系统中,当果形判别误差是由于知识库中的知识的不完整、不确切而变得较大时,可通过人机接口使得系统进入再学习状态,通过学习修改过的网络内的权矩阵和阈值向量来提高果形判别准确度。

系统扩充主要指的是增加对不同品种的水果果形的判别功能。在本知识库中每一个 ANN 存贮着一个相应品种水果的果形知识。如果系统要增加一个品种水果的判别果形功能,则只需在知识库中增加一个用于存贮其相应果形知识的 ANN,而不必修改系统的其他模块,这样使得系统具有广泛的适应性。

3.4 数据接口

数据接口主要完成部分检测数据的模糊化功能。以提高系统的鲁棒性。在本系统中需要模糊化的形状特征参数有果轴长度 (L) 与最大果宽 (MW) 的差值(简称长宽差)、最大果宽与水果若干等分后的第 i 个果宽 (W_i) 的差值(简称果宽差)。

定义{正大(\underline{PB}),正中(\underline{PM}),正小(\underline{PS}),零(\underline{Z}),负小(\underline{NS}),负中(\underline{NM}),负大(\underline{NB})}七个语言变量为描述长宽差的模糊状态。在本系统中,设长宽差的论域为 Z ,取

$$Z = \{z\} = \{14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0, \\ -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8, -9, -10, \\ -11, -12, -13, -14\}$$

共 29 级。

在长宽差的论域 Z 上,定义描述长宽差的各模糊状态的隶属函数为式(1)~(7)^[4]:

$$\mu_{\underline{PB}}(z) = \begin{cases} 1 & z > 14 \\ e^{-0.46(z-14)^2} & z \leq 14 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\underline{PM}}(z) = e^{-0.8(z-8)^2} \quad (2)$$

$$\mu_{\underline{PS}}(z) = \begin{cases} e^{-1.84(z-2)^2} & z < 2 \\ e^{-0.46(z-2)^2} & z \geq 2 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{\underline{Z}}(z) = e^{-1.5z^2} \quad (4)$$

$$\mu_{NS}(z) = \begin{cases} e^{-1.84(z+2)^2} & z > -2 \\ e^{-0.46(z+2)^2} & z \leq -2 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{NM}(z) = e^{-0.8(z+8)^2} \quad (6)$$

$$\mu_{NB}(z) = \begin{cases} 1 & z < -14 \\ e^{-0.46(z+14)^2} & z \geq -14 \end{cases} \quad (7)$$

定义{正大(PB), 正中(PM), 正小(PS), 零(Z)}四个语言变量为描述果宽差的模糊状态。在本系统中, 设果宽差的论域为 W , 取

$$W = \{w\} = \{14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0\}$$

共 15 级。

在果宽差的论域 W 上, 定义描述果宽差的各模糊状态的隶属函数与长宽差的 $\mu_{PB}(z)$ 、 $\mu_{PM}(z)$ 、 $\mu_{PS}(z)$ 、 $\mu_Z(z)$ 等隶属函数完全相同。

通常实际的长宽差基本论域、果宽差基本论域与其各自所定义的模糊状态的论域不一致。因此需分别引入比例因子以便对它们进行模糊化处理。

设长宽差的基本论域为 $[0, LW_m]$, 长宽差的模糊状态的论域为 $[-14, 14]$, 果宽差的基本论域为 $[0, W_m]$, 果宽差的模糊状态的论域为 $[0, 14]$, 则长宽比例因子 G_{LW} 、果宽比例因子 G_{DW} 分别为:

$$G_{LW} = \frac{d_{r1}}{14} \quad 14 \leq d_{r1} \leq LW_m \quad (8)$$

$$G_{DW} = \frac{d_{r2}}{14} \quad 14 \leq d_{r2} \leq W_m \quad (9)$$

有了比例因子, 就可将长宽差、果宽差按式(10)、(11)进行模糊化处理。

$$\tilde{Z} = \frac{z}{G_{LW}} \quad (10)$$

$$\tilde{W} = \frac{w}{G_{DW}} \quad (11)$$

注意式(10)、(11)中采用的最大隶属法(即独点集), 只考虑隶属度最大的那一点, 而不考虑其它隶属度小的点。

4 试验与结果

图 2 为本研究采用的图像识别系统, 其主要有 CCD 摄像机(型号 IVG-841P)、图像信息处理卡(型号 V256-E)、图像监视器(型号 HS-M35B)、386 微机和光照箱系统组成。

在本系统中通过图像采集卡并经过数据初步处理后输入到神经网络专家系统的有关果形特征参数有: 轴对称性特性、果轴长度、最大果宽对应的高度、水果等分后的 10 个相应果宽参数以及水果品种。其中水果品种通过人机接口输入。果形特征参数经数据接口处

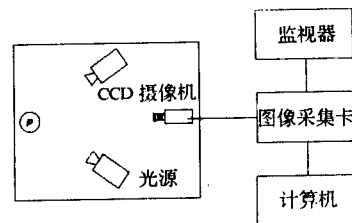


图 2 图像识别系统的组成

理输入到相应 ANN 的参数为:模糊化后的长宽差、离散化的最大果宽高度与果轴长度之比、模糊化处理后的 10 个果宽差。

在本试验中 ANN 初步判别结果分三种,当输出为(1,0,0)时表示水果果形初步判别为优良;输出为(0,1,0)时果形中等;输出为(0,0,1)时水果为畸形果。

试验水果用富士和国光两品种的苹果。富士的学习样本为 10 个,非学习样本为 20 个。国光的学习样本为 27 个;非学习样本为 69 个。通过试验选择结构为 12-6-3 的 B-P 网络存贮知识。

系统对富士学习率为 80%。对非学习样本的富士苹果的果形判别准确率为 75%。系统对国光学习率为 89%。对非学习样本的国光苹果果形判别准确率为 82%。

由此可见:要提高果形判别系统的准确度,必需提高知识库中的网络学习率,这需要大量的包含各种果形信息的学习样本。

5 结 论

试验表明,利用图像识别系统对果形进行自动判别是可行的,同时建立的以人工神经网络为知识库的果形判别专家系统,对解决用传统人工智能方法建立专家系统最感困难的知识获取、知识表达与推理等问题提供了一个新的途径。另外该系统还具有知识自学习、便于系统扩充、容错性强等优点。本系统的判别准确度是随知识库中果形知识的丰富而提高。

参 考 文 献

- 1 商业部济南果品所译. 国际及国外果品标准汇编. 北京:中国标准出版社,1990. 78~84
- 2 焦李成. 神经网络系统理论. 西安电子科技大学出版社,1992. 200~310
- 3 张立明. 人工神经网络的模型及应用. 上海:复旦大学出版社,1993. 33~47
- 4 都志杰,鲍新福. 模糊控制原理及模糊控制系统. 中国自动化学会议表与装置专业委员会出版, 1990. 30~47