

计算工时定额的神经网络系统建模与实现

西北工业大学机电工程学院 深圳中兴通信公司西安研究所 朱历新
陕西秦岭航空电器公司 刘诚恪

摘要 介绍了用归纳综合法构建计算工时定额的神经网络模型的方法,详细研究了工时定额计算网络模型的设计和程序实现。系统在Windows平台上用Oracle8.0, Visual C++ 6.0和Matlab6.1开发实现,采用关键字查找法作为模型选择方法,并根据现场环境修正计算结果,该系统已进行了初步应用验证。

关键词 工时定额 神经网络 综合法 Matlab

1 引言

工时定额制定是企业生产管理的重要基础工作,它是企业计划管理、经济核算、调控生产进度、控制成本、产品报价的重要依据。当前国内工时定额制定方法大都采用人工查表法,随着计算机技术和先进制造技术的不断发展和应用,计算机查表法、数学模型法、神经网络法和混合法相继提出。但是计算机查表法存在定额数据存储量大、数据库维护和操作不便的缺点;数学模型法则存在数学模型建立困难的弊端;目前报道的神经网络法由于采用实测数据作为样本集,也难以在工程中应用。

提出了用综合法构建计算工时定额神经网络模型的方法,以标准定额表的综合结构参数为网络输入,以表数据为训练集,采用Matlab脚本语言构建了定额计算网络,同时对网络模型采用后置数据处理确定准确的工时定额数据,为工时定额制定的信息化、计算机化探索出一条新路。

2 基于神经网络的工时定额计算模型建模

2.1 神经网络模型设计的归纳综合法

传统的工时定额计算是根据零件工艺过程,

按照标准定额表查表得到的。为了与传统的工时定额计算方法接轨,利用标准定额表构造人工神经网络模型。但是标准定额表数量很多,如果对每种定额表都建立一个神经网络模型,建模工作量将是很大的,也不便于实际工程应用。

本文提出了一种归纳综合法。在设计神经网络模型时,首先对标准定额表进行分析归纳,分析各工种标准定额表的输入输出参数,将输入参数相同或相近的表格,经过综合归纳,用一个神经网络模型来表述,对于输入参数不同的表格,可采用增加输入结点的办法解决,这样,可以用一个神经网络模型来综合表示多个计算用表,从而减少了神经网络模型的个数。

采用归纳综合法构建神经网络模型,模型数量少,使用简单方便,但模型结构相对要复杂些。网络模型表述的表格数量越多,模型越复杂,使用起来也越简单。但是如果综合的表格数量过多,会增加模型训练的难度和训练时间,甚至会影响网络的收敛性能。

归纳综合法设计的网络结构,其输入输出参数集将大于它所表述的单个计算用表。网络训练的样本集数据从标准定额表中抽取,经归一化处理后形成样本集。对于表格中未出现的输入参数,其数值可选取为固定值(可以为零)。对于字符型

参数可采用编码方式确定。训练样本的大小可根据计算表格内数据的多少和要求的计算精度确定，约占总数据量的 1/4 ~ 1/10。仿真样本数据可以稍少一点；表格数据较少时，抽取的数据比例要稍大一些。抽取的样本集应涵盖该网络模型描述的全部表格。

3.2 神经网络模型结构

以铣工 A 型计算模型为例，该模型对应铣工

中的七道工序，其刀具类型包括：端铣刀、立铣刀、圆柱铣刀、成型刀、三面刃铣刀；加工面型式包括平面、侧面、台阶。经归纳综合确定模型由六个输入量和一个输出量组成，六个输入量分别是：刀具类型、加工面型式、粗糙度、切削深度、加工宽度、加工长度，输出量是定额数值，模型如图 1。

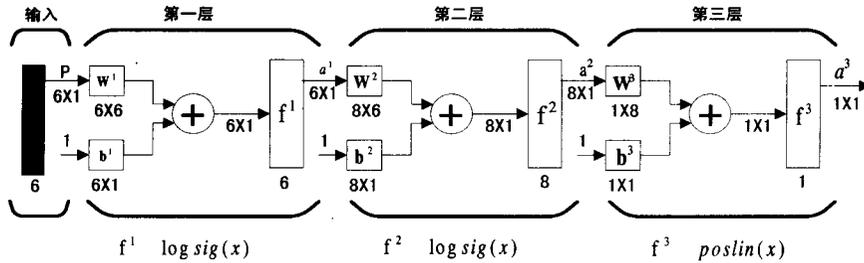


图 1 以 Matlab 表示的铣工 A 型网络计算模型结构

该网络模型采用三层、全互连的 BP 网络结构，其拓扑结构为 6-8-1，模型的训练和仿真由 Matlab 软件实现，训练算法为 learnbpm。

网络模型训练模块的编程设计，各网络模型通过动态连接库技术调用。

3 定额计算神经网络模型系统的实现

系统模块之间的系统通讯如图 2 所示，当控制模块向网络训练模块发出神经网络模型训练操作时，模块通过调用相应的动态连接库实现网络结构构建和训练；当要求计算零件定额时，通过加载存储在数据库中的网络模型结构信息和网络权值矩阵进行计算定额，并返回计算结果。

3.1 系统开发环境和工具

3.2 神经网络训练模块

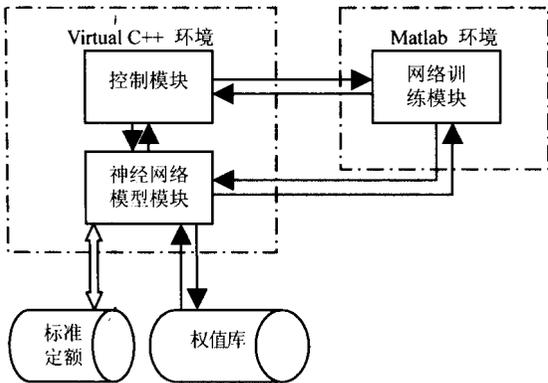


图 2 系统模块间通讯图

系统选用 Windows 2000 作为开发平台，以 Matlab6.1 和 Visual C++ 6.0 作为主要的集成开发工具，Oracle7.3 作为后台数据库管理平台。Matlab 软件具有使用脚本语言、编程简单、运行效率高和可扩展的特点。系统采用 Matlab 软件进行神经

系统开发时要进行网络模型的训练，图 3 为神经网络训练仿真模块界面。首先要确定训练网络模型使用的工种（如：铣工）和具体的网络模型类型名称（如：XA），然后系统自动按设定的训练参数进行训练，同时在窗口的左面显示训练的误差曲线图。训练完成后系统可以对模型仿真验证。窗口的右面给出仿真结果。如果对仿真结果不满意，可以重新设置训练参数并重新训练。

设定的网络参数包括期望误差最小值、最大循环步数、学习率。期望误差最小值可取 0.0001；最大循环步数可取 2000；学习率取 0.01 ~ 0.7。本实例中定额相对误差率取不大于 0.04，网络均方根误差 E_{MSE} 为 0.0001，学习率为 0.7。训练误差曲线图及仿真结果如图 3 所示，从仿真结果来看

完全达到了设计要求。

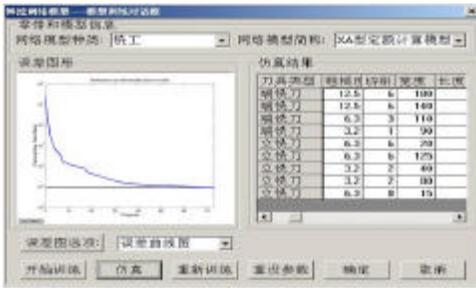


图 3 神经网络模块训练仿真界面

3.3 网络模型的调用

由于系统中设计了多个神经网络计算模型。因此在计算工时定额之前,首先要选择计算模型,然后才能确定计算模型使用的输入参数。

表 1 铣削刀具代码表

| 刀具类型 | 代码 |
|------|----|
| 端铣刀 | 1 |
| 立铣刀 | 2 |
| 圆柱铣刀 | 3 |
| 成型刀 | 4 |
| 三面刃 | 5 |
| 龙门立铣 | 6 |
| 龙门端铣 | 7 |
| 龙门铣 | 8 |
| 锯片铣刀 | 9 |

表 2 铣削加工类型代码表

| 加工类型 | 代码 | 加工类型 | 代码 |
|------|----|------|----|
| 平面 | 1 | 半圆键槽 | 11 |
| 侧面 | 2 | 圆角 | 12 |
| 台阶 | 3 | 倒角 | 13 |
| 型面 | 4 | 耳片 | 14 |
| 直槽 | 5 | 叉口 | 15 |
| 切断 | 6 | 四方 | 16 |
| T 型槽 | 7 | 六方 | 17 |
| 燕尾槽 | 8 | 窄槽 | 18 |
| 锯片铣刀 | 9 | 框 | 19 |
| 键槽 | 10 | | |

神经网络计算模型的调用首先是选择工种,然后根据刀具类型和待加工面型式确定网络计算模型。本系统采用关键字查找法作为模型选择的方法。把刀具类型和加工面型式代码值分别作为

第一关键字 $key1$ 和第二关键字 $key2$, 表 1、表 2 为刀具和加工面类型代码对照表。

表 3 模型选择的哈希表

| 刀具类型代号 ($key1$) | 加工类型代号 ($key2$) | 哈希函数值 $key1*key2$ | 所用模型代号 |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------|
| 1 | 1 | 1 | A |
| 2 | 1 | 2 | A |
| | 2 | 4 | A |
| | 3 | 6 | A |
| 3 | 1 | 3 | A |
| 4 | 4 | 16 | A |
| ... | | | |
| 4 | 7 | 28 | C |
| | 8 | 32 | C |
| 8 | 7 | 56 | C |
| 2 | 11 | 22 | D |

首先计算出哈希函数值, $f(key1, key2)=key1 \times key2$, 再根据哈希函数值从表 3 查到该哈希地址的内容, 这就是所要选择的模型。例如刀具类型为立铣刀, 加工类型为台阶的工序, 由表 1、2 得到相应的关键字为: $key1=2, key2=3$, 对应的哈希地址为 6, 由表 3 得到其内容为 A, 即采用 A 型神经网络计算模型。

3.4 数据的后置处理

由神经网络模型计算得到的工时定额值是标准加工环境(材料、设备)下该工序的定额, 也就是通常人工查表时直接查出的定额数据。在实际应用中, 必须对网络模型结果进行修正, 不同的加工设备、工件材料, 其修正系数不同。图 4 是工序工时定额神经网络模型系统对象类图。零件通过工艺代码和工序相关联, 一个零件包含有多道工序, 每一道工序又可以包含多个工步, 零件通过工时修正和修正系数相关联, 修正系数是设备系数、刀具系数、材料系数、形状系数的抽象类。

例如某工件的材料是工具钢, 加工设备为 CA616 车床, 假设该工件的标准定额数据是 8.3min, 此时该工件的材料修正系数为 1.2, 设备修正系数为 0.9, 该工件的装卸时间是 3.4min, 那么最终工件的单品时间定额是:

$$8.3 \times 1.2 \times 0.9 + 3.4 = 12.3 \text{min}$$

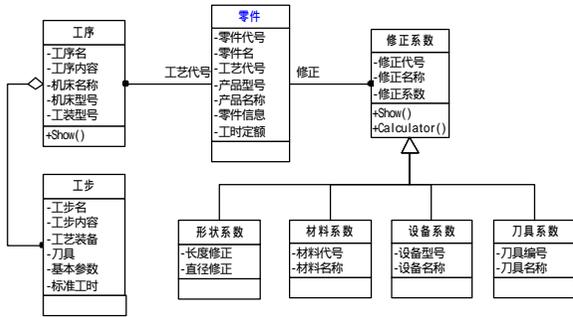


图 4 神经网络定额计算子系统对象类图

加工过程中，经常把一次切削过程分为几次走刀来完成，标准工时定额按一次走刀编制。走刀次数可根据粗糙度要求和加工余量确定。

4 工时定额计算模块及实例

图 5 为铣平面工序工时定额计算界面，界面分为零件信息、工艺信息、神经网络输入参数和工时定额计算四个区域。零件信息与工艺信息目前是通过手工输入方法获得，也可以由 CAPP 系统直接导入。工艺信息包括加工型面、刀具、加工精度等参数，是确定神经网络输入参数的依据。输入零件工艺信息后，即可启动工时定额神经网络进行计算。

图 5 给出了叉耳零件的工时定额计算，经网络模型计算后得到的标准工时定额为 16.2min，修正系数分别为：材料修正系数为 1.2，其余修正系数均为 1。该零件的单件时间定额为 19.4min，增加装卸时间后，得到工序时间 22.74 min。

该零件由人工查表法得到的工时定额值，经修正后为 20.88 min，稍大于神经网络模型计算的工时定额值。这是由于标准定额表中的定额值是按尺寸分段给出的，当加工尺寸在某一段内时，定额值是按尺寸分段的大端尺寸给出的，故而查表数据偏大。而神经网络法得到的工时定额值，则是随加工面大小连续线性变化的。因此，神经网络法比查表法更真实地反映了实际加工情况，完全可以代替查表法进行工时定额的计算。



图 5 铣平面工序工时定额计算界面

该系统已在成都飞机工业公司进行了初步应用。应用表明本文提出的神经网络法计算工时定额系统是可行的，在模型结构设计、算法实现和功能要求上都可以满足生产需要。

5 结束语

介绍了作者提出的应用归纳综合法构造工时定额计算神经网络模型的方法，详细研究了工时定额计算网络模型系统的开发环境和程序实现。研究表明本文提出的工时定额计算神经网络系统具有网络模型数量少，计算准确，使用简便的优点，是对传统的工时定额制定方法的一种突破。

参考文献

- 刘刚, 刘强. 工程图纸矢量化与识别技术在工时定额制定中的应用. 工业工程与管理, 2001.3(46)
- 石晶玉等. 汽车铸件生产工时数理统计计算方法. 吉林工业大学学报, 1998.03
- 洪湖鹏. 通用化计算机辅助工时系统的研究和开发. 管理技术, 2001.03
- 李淑娟等. 基于神经网络的加工时间定额确定方法. 机械科学与技术, 2000.19(2)
- 赵泉, 卢章平. 神经网络技术在多元图表插值中的应用. 机械与电子, 2002.05
- 飞思科技产品研发中心. MATLAB6.5 辅助神经网络分析与设计. 电子工业出版社, 2002



作者简介

朱历新, 男, (1968 -), 山东省济南市人, 硕士, 研究方向: CAD/CAM, 企业信息化, 数据库技术。