



## 摘要

针对茶园拖拉机传统故障诊断对故障信息的采集存在严重滞后性的问题,提出一种基于模糊神经网络(Fuzzy Neural Network, FNN)的茶园拖拉机远程故障诊断系统(Remote Fault Diagnosis System, RFDS)。该方法融合模糊算法和神经网络的优势,通过对车辆运行的实时监控,远程处理车辆信息,获取车辆潜在的故障和实时故障信息,避免了传统方式需进行的大量检测,为维修争取到了更多的时间,提高了生产效率。该系统以仿真软件Carsim为基础,利用Carsim实时模拟车辆运行情况,通过训练集和测试集对算法模型进行训练和验证,结果表明, FNN诊断算法满足系统性要求,准确率可以达到90%以上,可远程准确诊断茶园拖拉机故障。此外,RFDS技术对于车辆的开发也有重要的作用,可以在车辆的研发阶段通过远程故障诊断系统进行车辆性能评估,节省了大量的人力资源。

## 提出的方法

### 1. 框架

远程故障诊断系统主要包括信息采集模块,信息编码传输模块以及信息处理模块三大模块,如图1所示。



图1. 系统总体结构图

### 2. 实现过程

系统首先通过信息采集模块对拖拉机进行实时信息采集,包括环境信息和拖拉机自身信息;然后信息编码传输模块将采集到的信息进行编码处理,并通过无线局域网发回远程监控中心的计算机;最后由监控中心对得到的信息进行分析处理,判断拖拉机是否处于正常工作,并及时将故障状况通过屏幕显示。

### 3. 描述

#### 3.1 信息采集模块

信息采集模块包括环境信息采集模块和拖拉机信息采集模块,各模块中的传感器实时采集茶园拖拉机工作时的各种数据,并将其存储在信息存储模块中。信息采集模块结构图见图2。

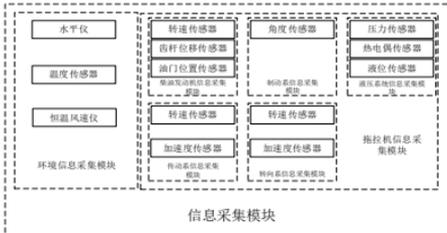


图2. 信息采集模块结构图

#### 3.2 信息编码传输模块

信息编码传输模块包括信息编码模块和信息传输模块两大模块。信息编码模块由寻呼机电路板组成,用于将采集到的信息用编码器以一定的编码方式编成,方便传输,编码方式为POCSAG编码。信息传输模块由无线局域网组成,用于将编码后的信息通过网络发送到监控中心的处理模块。

#### 3.3 信息处理模块

信息处理模块包括信息接收模块,信息解码模块,信息分析模块以及信息显示模块。信息接收模块通过无线局域网接收无线网络传输过来的编码信息,由无线信号接收器接收;信息解码模块由单片机实现,用于对接收的编码信息进行解码处理;信息分析模块由装有Carsim的计算机组成,采用具有高鲁棒性、推理性、强拟合性模糊算法与神经网络算法结合组成的模糊神经网络算法对解码后的拖拉机参数检测值和理论值相对比,诊断拖拉机是否存在故障,包括构建动态拖拉机理论工况数据库以及信息计算处理两个步骤;信息显示模块由一块LED屏幕组成,用于显示拖拉机的故障信息。

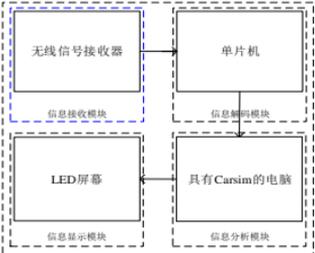


图3. 信息处理模块结构图

信息分析模块包括以下两个部分:

1) 构建动态拖拉机理论工况数据库。装有Carsim的计算机接收解码器发来的环境信息,并将其录入到Carsim中,由Carsim建立相应的模拟环境,同时将现实拖拉机输入电脑,建立拖拉机动力学模型,得到拖拉机理论工况,电脑根据接收来的环境信息动态更新模拟环境,实时更新拖拉机理论工况数据库,为采集到的实际工况数据提供对比数据。

2) 信息计算处理。主要有对比法和模糊神经网络算法。

对比法为:实际工况数据 $N_{ij}$ 与理论工况数据库 $N_{1i}$ 的差分为 $\Delta_i$ ,其中 $i$ 为所监控参数的代号, $i=1-11$ 。则有:

$$\Delta_i = \frac{|N_{ij} - N_{1i}|}{N_{1i}} \quad (1)$$

式(1)表示当编号为 $i$ 的某组实际工况数据,当 $\Delta_i \leq \beta_i$ 时,则称该实际工况数据与理论工况数据相符合,否则处于异常工况。根据所对应的监控参数,可以得到出问题的机构,所述 $\beta_i$ 为所对应参数

### 2) 构建模糊规则表和模糊化处理函数

模糊化处理是将模糊神经网络系统输入变量映射到模糊集合。首先将参数 $\alpha_i$ 和参数 $\beta_i$ 的基本论域量化为[-3, +3],离散成7个等级,即[-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3];之后建立7\*7规则表,建立如下form规则表:(NB表示负大、PB表示正大、NM表示负中、PM表示正中、NS表示负小、PS表示正小、ZO表示零)

表1. 模糊规则表

		EC						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
E	NB	PB	PB	PM	PB	PS	PS	ZO
	NM	PB	PB	PM	PS	ZO	ZO	ZO
	NS	PM	PM	PM	PS	ZO	NS	NS
	ZO	PM	PM	PS	ZO	NS	NM	NM
	PS	PS	PS	ZO	NS	NS	NM	NM
	PM	ZO	ZO	NM	NM	NM	NM	NB
	PB	ZO	ZO	NM	NB	NM	NB	NB

然后采用等分三角形处理函数对 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 进行模糊化。建立数组es[]、ecs[],用来存储对 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 模糊化后的结果,总共求7次,其中 $i \in [0, \dots, 6]$ ,  $i$ 值不同时a、b、c取值不同; $j \in [0, \dots, 6]$ ,  $j$ 值不同时a、b、c取值不同。

### 3) 隐藏层

其功能是实现输入变量和输出变量的模糊值之间的映射。

### 4) 量化输出层

输出结果为模糊化值,可以控制输出层故障诊断结果的数值范围,对故障诊断结果处理有利。

### 5) 输出层

计算输出故障诊断参数 $\delta_i$ ,根据 $\delta_i = (y+z)/2$ 求出诊断参数 $\delta_i$ ,可以保证输出结果的清晰性。并依据 $\delta_i$ 值得出如下诊断结果:

$$\delta_i = \begin{cases} \text{运行状态良好}, & \delta_i < 1 \\ \text{故障发生概率较大}, & 1 < \delta_i < 10 \\ \text{对应位置发生故障}, & \delta_i > 10 \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中 $\delta_i$ 代表诊断系统输出对应(神经元节点)部件的诊断结果。

## 实验

### 1. 数据介绍

采用CarSim-MATLAB联合仿真平台,建立基于模糊神经网络的茶园拖拉机远程故障诊断系统模型,选取500组正常工作状态时的数据,400组异常数据,其中,随机抽取250组正样本和200组负样本进行训练,预留剩余数据集作为后续测试样本集。验证在给定工况下,由Carsim和MATLAB组成的联合仿真是否可以得到茶园拖拉机的实时运行参数,并对故障诊断模型的准确率进行分析。

实验方案包括以下几个步骤:

1) 在Carsim中对茶园拖拉机进行参数设定;

虽然Carsim软件中提供了拖拉机的模型,但我们需要对其部分参数进行修改才可以使用。首先将模型选为拖拉机,然后点击Tractor,进入拖拉机的参数设置界面,新建一组数据,将新的拖拉机的参数输入,新参数如表1:

表2. 拖拉机参数

参数名称	参数值
车型	D-class, SUV w/ ABS
初始车速	20km/h
节气门开度	0
档位控制	闭环四档
方向盘转角	0deg
路面	草地
仿真时间	10s
仿真步长	0.001s

随即设置拖拉机的工况,路面情况选择为草地。

2) 在MATLAB里添加茶园拖拉机的控制策略;

3) 定义Carsim的导入变量;

4) 定义Carsim的输出变量,回到Carsim主界面;

5) 在MATLAB Command Window中键入simulink,在Simulink中加入ABS控制模块;

6) 返回并运行Carsim软件,打开“send to simulink”,弹出ABS模型,然后点击MATLAB中的运行按钮即可运行整个模型。

### 2. 实验结果

经计算得出,该系统提出的算法准确率可达90%,满足茶园拖拉机故障诊断的精度要求。

试验中,对其中100组正样本的统计数据记录下来,得到如下的结果:

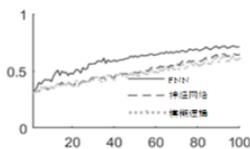


图5. 准确性统计结果

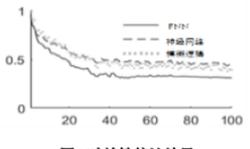


图6. 时效性统计结果

表明FNN算法均优于两种对比算法,时机性能优势较明显,准确性也优于对比算法,且本文算法表现的更稳定。

## 结论

(1) 改进了故障诊断算法,设计了基于模糊神经网络设计了茶园拖拉机远程故障诊断系统,通过仿真测试后,实现了茶园拖拉机运行状态在线监测与故障诊断功能,诊断结果尚可,具有较大的实用意义与市场价值。

(2) 系统以网络为载体,可实现快速诊断,及时发现故障,减少