

基于神经网络的风筛式清选装置研究*

李洪昌¹ 李耀明¹ 唐忠¹ 夏利利²

(1. 江苏大学现代农业装备与技术教育部重点实验室, 镇江 212013; 2. 江苏省农业机械试验鉴定站, 南京 210017)

【摘要】 在自行研制的清选试验台上进行了气流场测定试验和水稻清选试验。利用神经网络技术,对风筛式清选气流场进行了研究,建立了2个风力因素(离心风机转速和出风角度)与清选气流场分布之间、清选气流场的分布与清选效果之间以及2个风力因素与清选效果之间3个BP神经网络模型。用试验数据进行了预测检验,预测结果证明了网络模型的有效性。

关键词: 风筛式清选装置 试验 气流场 神经网络

中图分类号: S226.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0065-04

Air-and-screen Cleaning Device Based on Neural Network

Li Hongchang¹ Li Yaoming¹ Tang Zhong¹ Xia Lili²

(1. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China 2. Test Evaluation Station for Agriculture Machines of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China)

Abstract

The airflow field was measured and the cleaning test of rice was carried out on the self-developed air-and-screen cleaning unit. The airflow field was studied by the neural network techniques. Three BP neural network models were developed, which were built between two wind factors and distribution of airflow field, distribution of airflow field and cleaning performance, two wind factors and cleaning performance, respectively. Predict test was carried out with the experimental data. Forecasting results proved the effectiveness of the neural network model.

Key words Air-and-screen cleaning unit, Experiment, Airflow field, Neural network

引言

农业物料的清选方法主要分为纯气流清选和风筛式清选。其中风筛式清选因其清选后籽粒的清洁度高、清选损失小、适应性强等优点,得到了广泛应用。收获时进入清选装置中的物料包括籽粒、短茎秆、颖壳和少量轻杂余等,简称为清选混合物^[1-5]。清选时,利用待清选物料中各成分漂浮特性的不同,完成籽粒与茎秆、杂余等的分离清选,同时气流要与筛子振动较好地配合才能完成对大杂余和少量落在筛面上轻杂余的清除。筛箱内气流场对清选效果有

着重要影响。影响气流场分布的主要因素是离心风机转速和离心风机出风角。本文借助神经网络工具,探讨这2个因素对气流场分布的影响规律,以及气流场分布对清选效果的影响规律。

1 气流场测定与清选试验

1.1 气流场测定

试验在DFQX-3型物料清选仿真与控制试验台上进行,试验台结构如图1所示。清选型式是风筛式,上、下筛是鱼鳞片式,筛面长、宽为1200mm;风机是同轴串联2个相同的离心式风机,两风机间

收稿日期:2011-07-30 修回日期:2011-08-26

* 国家自然科学基金资助项目(50875113、50805068)、江苏省科技支撑计划资助项目(BE2011333)、江苏大学研究生创新计划资助项目(CX09B_06XZ)、江苏省农业装备与智能化高技术重点实验室资助项目(BM2009703)和江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏财教(2011)8号)

作者简介:李洪昌,博士生,主要从事农业机械设计及理论研究,E-mail: sxlhch@163.com

通讯作者:李耀明,教授,博士生导师,主要从事农业装备设计及理论研究,E-mail: ymli@ujs.edu.cn

隔 100 mm。试验仪器为上海中胜科教设备有限公司的数字风速仪,测量范围:0 ~ 45 m/s,精确度为 0.001 m/s,测量点为距筛面 50 mm 处的 25 个点,如图 2 所示,测量结果见表 1。

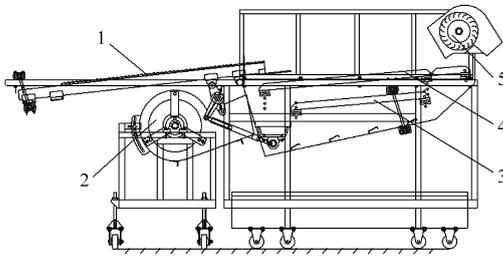


图 1 风筛式清选试验台结构示意图

Fig. 1 Structure diagram of air-and-screen cleaning test-bed

1. 抖动板 2. 离心风机 3. 下筛 4. 上筛 5. 贯流风机

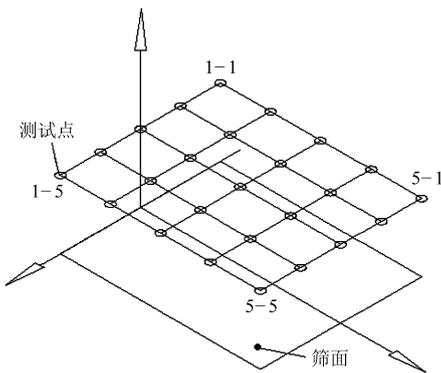


图 2 气流场测量布点示意图

Fig. 2 Diagram of airflow field measuring

1.2 清选试验

试验物料为人工收割后在物料输送脱粒分离试验装置上进行脱粒分离之后的脱出物,水稻品种为武梗 13,脱出物成分如图 3 所示。

对脱出物中各成分的含水率进行了测定:脱出物中长草含水率为 32.2% ~ 50.4%;脱出物中籽粒含水率为 18% ~ 24%;脱出物中短茎秆含水率为 38.98% ~ 59.20%。长草长度为 100 ~ 300 mm,短茎秆长度为 30 ~ 90 mm。

试验参数:振动筛频率为 4.75 Hz,喂入量为 3.0 kg/s,其余参数和气流场测定时的一致。试验结果见表 1。

2 神经网络建模

BP 神经网络是指基于误差反向传播算法(BP 算法)的多层前向神经网络,其神经元采用的传递

函数是 Sigmoid 型可微函数,可以实现输入和输出间的任意非线性映射。典型的 BP 神经网络由一个输入层、一个输出层和至少一个隐层组成^[6-8]。在进行网络学习或训练时, BP 网络的权值和阈值通常是沿着网络误差变化的负梯度方向进行调节的,最终使网络误差达到极小值或最小值,即在这一点误差梯度为零。

2.1 风力因素与清选气流场的神经网络模型

建立一个含单隐层的 BP 神经网络,输入层神经元个数为 2,对应离心风机转速、离心风机出风角 2 个因素,输出层神经元个数为 25,对应距离筛面 50 mm 平面内 25 个测点的气流速度,隐层神经元个数经多次试验设为 30,隐层采用 tansig 作为传递函数,输出层采用 purelin 作为传递函数。

使用表 1 中的 2 ~ 14 组数据来训练此 BP 神经网络,训练函数使用 trainlm,设置网络的性能目标为 0.001,训练到 27 步,结果达到预定目标。网络性能变化曲线如图 4 所示。

用保留下的 1 组和 15 组数据来对训练之后的网络模型进行仿真,检验模型的预测效果误差 e_1 列于表 2。从表 2 可见误差很小,预测效果较好。

2.2 清选气流场与清选效果的神经网络模型

建立一个含单隐层的 BP 神经网络,输入层神经元个数为 25,对应离筛面 50 mm 平面内 25 个测点的气流速度,输出层神经元个数为 2,对应清洁率和损失率,隐层神经元个数经多次试验设为 35,隐层采用 tansig 作为传递函数,输出层采用 purelin 作为传递函数。

使用表 1 中的 2 ~ 14 组数据来训练此 BP 神经网络,训练函数使用 trainlm,设置网络的性能目标为 0.001,训练到 89 步,结果达到预定目标。网络性能变化曲线如图 5 所示。

用保留下的 1 组和 15 组数据来对训练之后的网络模型进行仿真,检验模型的预测效果误差 e_2 列于表 3。从表 3 可见误差很小,预测效果较好。

2.3 风力因素和与清选效果的神经网络模型

建立一个含单隐层的 BP 神经网络,输入层神经元个数为 2,对应离心风机转速、离心风机出风角两个因素,输出层神经元个数为 2,对应清洁率和损失率,经过多次试验,隐层神经元个数设为 5 训练效果最好。隐层采用 tansig 作为传递函数,输出层采用 purelin 作为传递函数。使用表 1 中的 2 ~ 14 组数据来训练此 BP 神经网络,训练函数使用 trainlm,设置网络的性能目标为 0.001,最大训练次数为 1 000。

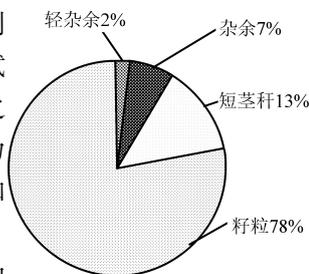


图 3 脱出物成分比例

Fig. 3 Proportion of various constituents in mixture

表 1 试验参数及结果

Tab. 1 Experiment parameters and results

参数	组号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
出风角/(°)		22	22	22	22	22	25	25	25	25	25	28	28	28	28	28
离心风机转速/ $r \cdot \min^{-1}$		850	950	1 050	1 150	1 250	850	950	1 050	1 150	1 250	850	950	1 050	1 150	1 250
	1-5	0.48	0.54	0.68	0.65	0.93	0.78	0.88	1.06	1.24	1.32	1.80	2.19	2.44	2.86	2.99
	2-5	1.28	1.54	1.92	2.05	2.11	1.68	2.02	2.33	2.56	2.78	2.30	2.65	2.82	3.26	3.56
	3-5	1.58	1.93	2.26	2.4	2.67	1.54	1.80	2.06	2.26	2.56	2.20	2.51	2.71	3.08	3.29
	4-5	1.05	0.97	1.28	1.41	1.57	1.06	1.21	1.43	1.60	1.81	1.45	1.52	1.88	2.05	2.27
	5-5	1.08	1.33	1.49	1.54	1.78	0.84	1.13	1.18	1.31	1.68	1.21	1.39	1.63	1.71	1.82
	1-4	1.21	1.41	1.45	1.95	2.03	1.07	1.26	1.47	1.68	1.76	2.67	3.12	3.36	3.57	3.75
	2-4	2.31	2.72	3.06	3.29	3.54	2.82	3.08	3.24	3.40	3.80	2.16	3.66	3.70	4.31	4.67
	3-4	2.02	2.43	2.71	3.03	3.42	2.46	2.71	2.85	3.41	3.45	2.43	2.74	3.00	3.30	3.58
距离筛面	4-4	1.76	1.88	2.25	2.48	2.65	1.82	2.05	2.29	2.33	2.59	1.71	2.03	2.29	2.56	2.66
50 mm	5-4	1.66	1.46	2.08	2.12	2.55	1.51	1.86	2.12	2.28	2.48	1.66	1.96	2.13	2.24	2.51
测点气流	1-3	1.46	1.73	1.97	2.13	2.25	1.62	1.80	1.92	2.20	2.41	2.87	3.32	3.72	3.96	4.29
速度	2-3	3.68	4.16	4.46	5.09	5.45	3.91	4.33	4.81	5.28	6.02	4.28	4.63	5.18	5.61	6.24
$/m \cdot s^{-1}$	3-3	2.74	3.26	3.68	4.01	4.24	2.78	3.17	3.55	4.08	4.30	3.07	3.64	4.05	4.31	4.72
	4-3	2.06	2.40	2.82	3.12	3.23	2.22	2.39	2.70	3.03	3.25	2.35	2.57	2.94	3.27	3.57
	5-3	1.81	2.45	2.21	2.44	2.64	2.01	2.17	2.45	2.64	2.90	2.07	2.35	2.68	2.96	3.19
	1-2	1.28	1.45	1.50	1.96	2.02	1.08	1.22	1.40	1.61	1.71	2.61	3.14	3.40	3.58	3.72
	2-2	2.55	3.01	3.03	3.08	3.60	2.88	3.14	3.30	3.56	3.82	2.22	3.61	3.78	4.27	4.71
	3-2	2.20	2.68	2.89	3.18	3.48	2.47	2.83	2.90	3.52	3.60	2.48	2.79	3.01	3.27	3.41
	4-2	1.82	1.90	2.20	2.34	2.58	1.78	2.06	2.32	2.42	2.65	1.78	2.01	2.32	2.57	2.71
	5-2	1.56	1.60	2.10	2.06	2.42	1.53	1.89	2.10	2.30	2.45	1.67	1.95	2.10	2.27	2.46
	1-1	0.53	0.73	0.75	0.70	1.00	0.74	0.87	1.02	1.18	1.34	1.76	2.21	2.42	2.84	2.98
	2-1	1.50	1.63	1.96	2.13	2.24	1.73	1.96	2.31	2.58	2.80	2.28	2.67	2.84	3.23	3.52
	3-1	1.41	1.78	2.24	2.30	2.56	1.52	1.78	2.05	2.25	2.52	2.22	2.48	2.72	3.07	3.32
	4-1	1.03	1.18	1.32	1.63	1.60	1.08	1.28	1.47	1.66	1.88	1.47	1.56	1.88	2.02	2.26
	5-1	1.12	1.28	1.51	1.65	1.83	0.86	1.15	1.20	1.24	1.62	1.24	1.36	1.60	1.73	1.80
清洁率/%		97.16	97.22	97.56	97.91	97.87	97.41	97.52	97.77	98.00	97.99	97.34	97.60	97.81	97.95	97.97
损失率/%		0.62	0.60	0.52	0.57	0.58	0.49	0.46	0.41	0.48	0.54	0.67	0.61	0.53	0.47	0.59

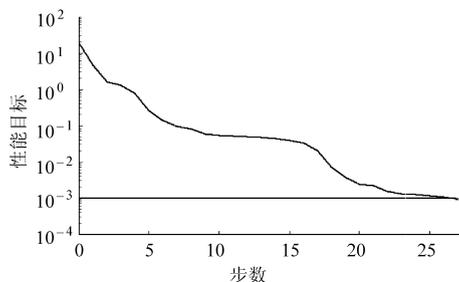


图 4 风力因素与清选气流场 BP 神经网络训练时的性能变化曲线

Fig. 4 BP neural network training performance curves of wind factors and cleaning airflow field

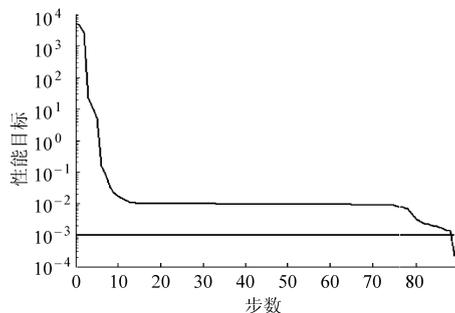


图 5 清选气流场与清选效果 BP 神经网络训练时的性能变化曲线

Fig. 5 BP neural network training performance curves of cleaning airflow field and cleaning result

训练过程中的网络性能变化曲线如图所示,训练进行到 424 步时,网络性能即已达标。网络性能

变化曲线如图 6 所示。

表2 神经网络的预测误差 e_1 Tab.2 Neural network prediction error e_1

测点	1组	15组	测点	1组	15组
1-5	0.049 2	0.105 6	3-2	0.036 3	0.019 0
1-4	-0.015 8	0.039 6	3-1	-0.018 4	-0.013 9
1-3	0.170 3	-0.161 9	4-5	-0.019 9	-0.073 0
1-2	-0.013 6	0.172 9	4-4	-0.124 9	0.081 8
1-1	0.152 5	0.185 8	4-3	0.145 0	0.041 1
2-5	0.042 6	0.198 5	4-2	-0.016 9	-0.065 6
2-4	0.024 0	0.060 7	4-1	-0.024 1	-0.091 8
2-3	0.102 5	0.033 2	5-5	0.028 7	-0.133 8
2-2	0.033 5	0.062 0	5-4	-0.044 8	0.139 9
2-1	-0.044 3	0.190 4	5-3	0.044 6	-0.051 6
3-5	0.019 8	0.010 8	5-2	-0.186 3	0.157 2
3-4	0.033 9	0.032 6	5-1	-0.092 9	-0.080 6
3-3	0.020 3	0.033 8			

表3 神经网络的预测误差 e_2 Tab.3 Neural network prediction error e_2 %

试验 组号	清洁率			损失率		
	实际值	预测值	误差	实际值	预测值	误差
1	97.16	97.001	0.159	0.62	0.618 1	0.001 9
15	97.97	97.900	0.070	0.59	0.592 6	-0.002 6

用保留下的1组和15组数据来对训练之后的网络模型进行仿真,检验模型的预测效果误差 e_3 列于表4,从中可见误差很小,预测效果很好。

参 考 文 献

- 1 陈霓,黄东明,陈德俊,等. 风筛式清选装置非均匀气流清选原理与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(4): 73~77.
Chen Ni, Huang Dongming, Chen Dejun, et al. Theory and experiment on non-uniform air-flow cleaning of air-screen cleaning unit[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(4): 73~77. (in Chinese)
- 2 成芳,王俊. 风筛式清选装置主要参数的试验研究[J]. 农业工程学报,1998,14(12): 217~221.
Cheng Fang, Wang Jun. Test study on the flow field above surface of the air and screen cleaning mechanism[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1998,14(12): 217~221. (in Chinese)
- 3 贾晶霞,刘俊峰,杨欣,等. 振动筛筛分性能的影响因素及分析[J]. 河北农业大学学报,2003,26(1): 86~89.
Jia Jingxia, Liu Junfeng, Yang Xin, et al. The analysis on the influence factors of vibrating sieve property[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2003,26(1): 86~89. (in Chinese)
- 4 李耀明,王智华,徐立章,等. 油菜脱出物振动筛分运动分析及试验研究[J]. 农业工程学报,2007,23(9):111~114.
Li Yaoming, Wang Zhihua, Xu Lizhang, et al. Motion analysis and experimental research of rape extractions on vibration sieve[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007,23(9):111~114. (in Chinese)
- 5 李杰,闫楚良,杨方飞. 联合收割机振动筛的动态仿真与参数优化[J]. 吉林大学学报:工学版,2006,36(5): 701~704.
Li Jie, Yan Chuliang, Yang Fangfei. Dynamic simulation and parameter optimization of the combine harvester vibration sieve [J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition,2006,36(5): 701~704. (in Chinese)
- 6 许东,吴铮. 基于 MATLAB 6X 的系统分析与设计——神经网络[M]. 2版. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- 7 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB 7 实现[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- 8 李守巨,刘迎曦,张正平,等. 基于神经网络的混凝土大坝弹性参数识别方法[J]. 大连理工大学学报,2000,40(5): 531~535.
Li Shouju, Liu Yingxi, Zhang Zhengping, et al. Parameter identification of concrete dam with neural networks[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2000,40(5): 531~535. (in Chinese)

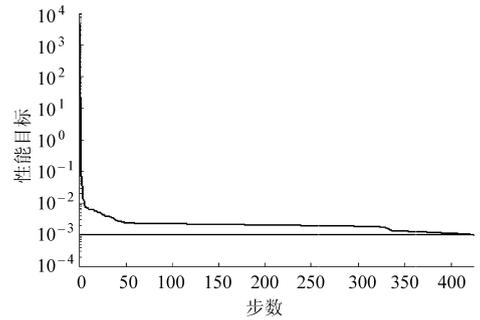


图6 风力因素与清选效果 BP 网络训练时的性能变化曲线

Fig.6 BP neural network training performance curves of wind factors and cleaning result

表4 神经网络的预测误差 e_3 Tab.4 Neural network prediction error e_3 %

试验 组号	清洁率			损失率		
	实际值	预测值	误差	实际值	预测值	误差
1	97.16	96.992	0.168	0.62	0.636 5	-0.016 5
15	97.97	98.108	-0.138	0.59	0.598 4	-0.008 4

3 结束语

建立了风力因素与清选气流场、清选气流场与清选效果、风力因素与清选效果之间3个BP神经网络模型。训练之后的模型预测结果表明,所建立的3个模型是有效的,可以分别用于清选气流场和清选效果的预测和控制。