

一种新型食品安全存储中的水分检测方法

鄂旭^{1,2}, 翟宝峰³, 徐进⁴, 张野¹

(1. 渤海大学信息科学与技术学院, 辽宁锦州 121001;

2. 中国产业安全研究中心, 北京 100084;

3. 辽宁工业大学软件学院, 辽宁锦州 121001;

4. 锦州龙栖湾新区食品药品监督管理局, 辽宁锦州 121001)

摘要:食品安全是国内外各国共同关注的一项重要问题,其安全存储涉及到温度、湿度、紧实度等多种因素,其中水分是影响食品安全存储的一个重要因素,它的检测方法是学术界和工程领域的一个重点和难点。为了更好地测量食品中所含有的水分数量,文中设计了一种结构优化的用于粮食水分检测的电容式传感器,针对所设计的传感器设计了相应的检测电路,给出了调试结果。并利用BP神经网络融合各种传感数据,对影响检测的因素作了详细分析,进而提出了较为合理的解决方案。实验结果表明该方法是有效可行的。

关键词:水分检测;电容传感器;C-V变换;BP神经网络

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)02-0220-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.02.055

A New Method of Water-containing Detection for Food Safety Storage

E Xu^{1,2}, ZHAI Bao-feng³, XU Jin⁴, ZHANG Ye¹

(1. College of Information Science & Technology, Bohai University, Jinzhou 121001, China;

2. China Center for Industrial Security Research, Beijing 100084, China;

3. Software Institute, Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001, China;

4. Jinzhou Longqiwan New District Food and Drug Administration, Jinzhou 121001, China)

Abstract: Food safety is an important problem that all kinds of countries in the world focus on, which is related to temperature, humidity, degree of packing and so on. Among these factors, water is the most important to food storage. Its detection method is important and difficult in the field of academia and engineering. To deal with the above problems, introduce a newly-structured capacitance sensor which is used for water-containing detection for grain. The special circuit is designed and detection result is also given. It analyzes the factors that affect the detection and puts forward reasonable method. The experiment result shows that the method is effective and feasible.

Key words: water-containing detection; capacitance sensor; C-V switch; BP neural network

0 引言

水分是影响食品安全存储的一个重要因素,它的检测方法是学术界和工程领域的一项重要研究内容。水分在粮食中一般呈现为两种状态:一种是自由水或游离水状态,一种是胶体结合水或束缚水状态。通常测量的粮食中的水分其实是这两种水分的综合。在贮藏过程中,粮食中的水分有两种不同的意义:粮食中的水分适中,是粮食种子维持生命所必需的,是保存其色泽、味道、种用品质和食用品质的前提条件;但如果粮食中的水分过多,将促使粮食生命活动过旺,极易造成粮食发生生化变化、霉变、发热、生虫等,引起粮食重量的变化,不仅降低了粮食贮藏的稳定性,而且也白白浪

收稿日期:2013-06-06

修回日期:2013-09-07

网络出版时间:2013-11-29

基金项目:中国博士后基金项目(2012M520158);辽宁省百千万人才基金择优资助项目(2012921058);辽宁省教育科研项目(L2012397);辽宁省社科联2014年度辽宁经济社会发展立项课题(2014LSLKTDLGX-02)

作者简介:鄂旭(1971-),男,博士后,教授,硕士生导师,辽宁省“百千万人才”,中国教育部学位与研究生管理中心专家,中国科技部国际科技合作计划评价专家,中国科技奖励评审专家,研究方向为物联网、智能计算与食品安全信息化。

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20131129.0826.007.html

费了仓容和运输力。因此,测定粮食中水分的含量,对于粮食的贮藏、加工等过程,都是不可或缺的重要环节,具有重要意义^[1]。

目前针对粮食中水分检测问题,国内外学者提出了许多方法^[2-5]。应用电容式方法进行水分检测是常用的一种快速食品检测方法,尤其多用于粮食中的水分检测。因为干物质介电常数与水的介电常数相差几十倍,电容法正是根据这一特性来检测粮食样品中的水分的^[6]。另外,粮食样品的温度、紧实度等因素也在电容式水分测量结果中起到了重要的影响作用。

食品样品选用大豆,利用线性 C-V 变换方法设计电路来进行电容检测,使得食品电容值与电路测试输出值成正比;称出一定体积的大豆重量,再倒入电容传感设备中以备实验检测;温度采用不同采样点。

1 柱型电容传感器及检测电路设计

柱型电容传感器由两个同芯金属(铜质)圆柱面组成。这种类型的传感器便于直接装入颗粒状粮食,而且同芯柱型传感器有利于减小边缘效应对电容值的影响作用。同芯柱型电容传感器的计算公式为^[7]:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon L}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

其中, C 是电容值; L 是电容柱面高度; ε 是介质的介电常数; R_1 是电容内极板直径; R_2 是电容外极板直径。

装入粮食前后电容的变化量为:

$$\Delta C = C - C_0 = \pi(\varepsilon - \varepsilon_0) \frac{L}{\ln \frac{R_2}{R_1}} = K\pi(\varepsilon - \varepsilon_0) \frac{R_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

其中 ε_0 为传感器空时的介电常数。

另 $\frac{\partial \Delta C}{\partial R_2} = 0$, 导出 $(\ln \frac{R_2}{R_1} - 1) = 0$, 则 $R_2 = eR_1$ 时, 取得最大电容值。实验时传感器的参数设定为: $R_1 = 15\text{ mm}$ 、 $R_2 = 40\text{ mm}$ 、 $L = 80\text{ mm}$, 铜板厚度为 0.5 mm 。

由于是现场检测,因此采用交流法的电容检测方法,这种方法具有精度高、线性度好、抗干扰能力及抗寄生电容能力强的特点。同时具有体积小、电路结构简单、稳定性好的特点。

2 实验数据分析

根据电容式食品中水分检测方法的特性,将检测电路的量程范围设定为 $10\text{ pF} \sim 350\text{ pF}$, C-V 变换如表 1 所示。从变化的数据中可以看出,此变换呈现出较为理想的线性关系。

在不同温度下,大豆水分与电路输出电压关系如

表 2。

表 1 C-V 变换关系列表

电容/pF	电压/mV
10	14.7
15	23.5
20	32.3
25	41.3
30	49.9
35	58.9
40	67.6
50	85
75	129
100	173
125	217
150	261
175	305
200	350
225	394
250	438
275	482
300	526
325	571
350	615
375	659

表 2 不同温度下输出电压与水分关系列表

温度	水分/%	电压/mV
25	20.4	296.1
	19.8	250.4
	17.6	182.3
	14.4	128.2
	12.0	113.3
	8.2	58.0
20	19.5	266.4
	18.4	232.2
	16.9	181.5
	13.8	121.6
	11.5	107.6
	8.3	49.1
15	18.3	212.0
	16.5	160.5
	15.8	137.6
	13.0	109.5
	11.1	96.8
	8.7	52.6
10	17.8	177.6
	16.5	140.3
	15.3	112.5
	12.8	97.9
	11.0	77.4
	9.1	45.3

不同温度下,水分与大豆重量关系如表 3 所示。

表 3 水分与大豆重量关系

温度	水分/%	重量/g
10	17.8	217.3
	16.5	221.5
	15.3	223.5
	12.8	228.6
	11.0	230.1
	9.1	231.8
15	18.3	215.4
	16.5	220.6
	15.8	223.8
	13.0	230.5
	11.1	232.6
	8.7	234.7
20	19.5	214.8
	18.4	218.9
	16.9	223.4
	13.8	230.7
	11.5	231.8
	8.3	235.3
25	20.4	12.2
	19.8	214.5
	17.6	222.9
	14.4	229.8
	12.0	230.6
	8.2	235.4

在 15 ℃ 时,输出电压与水分拟合曲线如图 1。

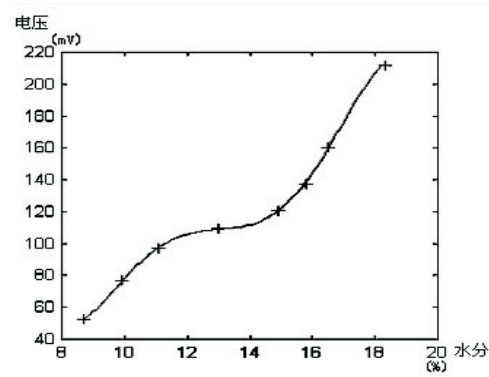


图 1 15 ℃ 输出电压与水分关系图

在 15 ℃ 时,水分与定容积重量拟合曲线如图 2。

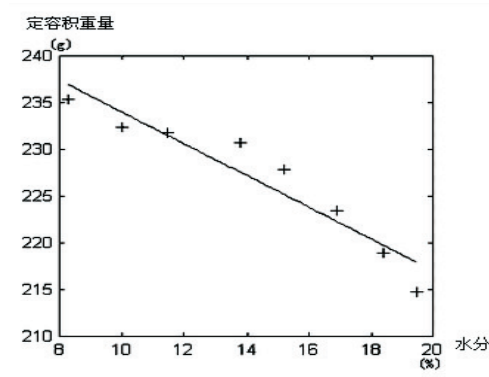


图 2 15 ℃ 水分与定容积重量关系图

图 1 上的曲线具有两个显著的拐点,在这两个拐

点的外面,电压呈明显上升趋势;在两个拐点之间,电压呈现平稳态势。这就很好地说明了样品的电容值随着粮食水分的增加而增大。从图 2 的整个水分分布区域上看,水分与紧实度呈现单调递减关系,粮食中水分越多,其紧实度越小,样品间隙越大,质量越小。实验图示还可以说明:在水分值相同的情况下,电容值与温度呈现同一趋势,温度升高则电容值增大,同时检测电路的输出电压值也增大。

3 数据智能融合与处理分析

从上述图表中可以看出,温度、电容、紧实度三个传感参数紧密相关,存在着交叉灵敏度,因此,粮食中的水分值单纯由电压值来最终决定是不合理的。

人工神经网络是一种处理与分析复杂数据的较好工具,其中 BP 神经网络模型是得到业界使用最为广泛的一种多层人工神经网络模型^[8-10]。BP 神经网络模型由众多神经元组成,大体可以分别为三层结构,分为输入层、隐层和输出层,网络中不同层之间是相互连通的,同层节点之间不进行任何连接。它通常选用 S 型函数作为基本处理单元,使得它的输入值与输出值呈现非线性关系,并可连续变化。在 BP 神经网络模型中,数据的正方向处理模式是:数据从输入层输入,经过隐含层进行非线性处理后再传给输出层,下一层面的数据处理单元状态只受上一层面数据处理单元状态的影响。如输出层计算值与期望值有较大偏差,则计算出数据误差,再按照连接路线反向推导到输入层,并在推导过程中不断修正 BP 神经网络的权值和阈值等参数,改善网络结构及性能,降低输出偏差^[11-13]。

基于神经网络技术可以实现检测粮食水分的目的,整个系统由传感器模块和神经网络模块两大部分组成。将水分传感器的输出频率以及水分传感器工作时的温度作为两个输入信号,然后送入神经网络进行处理。具体操作过程如下:

- (1) 确定信息表达形式为数据向量形式;
- (2) 确定 BP 神经网络结构;
- (3) 确定网络的输入输出神经元的数目,并进一步确定隐层所包含神经元的个数;
- (4) 确定合理的训练目标误差,选择适当的训练算法,指定合适的训练步数;
- (5) 检验网络性能。

在此次实验前,要对水分检测数据进行归一化,具体公式如下:

$$\bar{X}_{im} = \frac{X_{im} - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}}$$
$$\bar{P}_m = \frac{0.9(P_m - P_{min})}{P_{max} - P_{min}} + 0.05$$

误差公式定义为:

$$E_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (P^* - \bar{P}_m)^2}{m}} \leq \varepsilon$$

隐层单元输出值计算公式为:

$$f(S_j) = \frac{1}{1 + e^{-S_j}}$$
$$S_j = \sum_{i=1}^3 x_j W_{ji} - \theta_j$$

此例采用两层BP网络进行实验,将样本分组,每组数据都包含有一组标定的数据,网络输入参数设为温度、电压和重量,期望值为水分值,学习因子取值为0.02,训练次数为5万次,隐层神经元设定为15个,数据误差见表4。

表4 计算结果与期望值差δ的分布数

误差	≤0.1	>0.1	>0.2	>0.3	>0.4	>0.5	>1.0
0.000 1	81	56	28	20	11	23	2
0.000 2	41	47	37	29	20	38	9
0.000 3	38	34	31	29	26	45	18
0.000 4	29	31	32	28	24	53	24
0.000 5	29	25	23	31	21	60	32

表4表明:随着训练次数的增加,误差越小,网络输出值越接近期望值。

为了验证该数据处理分析方法,又选用了60组其他数据代入该算法中,设定0.000 1为训练误差,结果,输出的水分值与标定值的误差均小于0.5。从数据可以看出BP网络具有很好的泛化功能。

4 结束语

利用电容式方法检测粮食水分需要考虑的影响因素较多,如温度、紧密度等。因此需要利用多种传感器硬件设备采集多种不同类型的数据;同时,又由于没有一个统一、规范的数学模型来处理各种数据类型,因

此,采用人工神经网络对各种类型的数据进行融合,不断改变各种网络参数,综合处理分析数据,以实现食品水分的精确检测。

参考文献:

[1] 管杰. 浅析粮食水分检测方法[J]. 民营科技, 2011(4): 113-113.

[2] 邱禹, 李长友, 徐凤英, 等. 基于平板结构的电容式粮食水分检测仪的设计[J]. 农机化研究, 2013(1): 78-82.

[3] 王永安, 殷海双, 段志伟. 基于单片机AT89C51的粮食水分检测系统[J]. 化工自动化及仪表, 2013, 40(4): 464-467.

[4] 臧俊, 董玉德, 万志强, 等. 一种快速检测粮食水分的数据处理方法研究[J]. 装备制造技术, 2012(9): 23-25.

[5] 孙健, 周展明, 唐怀建. 国内外粮食水分快速检测方法的研究[J]. 粮食储藏, 2007, 36(3): 46-49.

[6] 宗伟林, 邓先明, 赵英麟. 煤粉仓粉位仪用电容传感器的研制[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(3): 24-26.

[7] 陈惟蓉. 电磁学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.

[8] 从爽. 面向MATLAB工具箱的神经网络理论与应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1998.

[9] Kevin H, David Z. A survey of attack and defense techniques for reputation systems[J]. ACM computing surveys, 2007, 42(1): 1-31.

[10] Saachi S, Halligan K, Despain D J, et al. Estimation of forest fuel load from radar remote sensing[J]. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 2007, 45(6): 1726-1740.

[11] E Xu, Shao Liangshan, Yang Fang, et al. Decision making based on rough set theory and weight value[J]. Journal of advanced materials research, 2010, 121: 275-280.

[12] 刘金梅, 王俊红, 韦雪洁, 等. 虚拟仪器和神经网络在粮食水分检测中的应用[J]. 北华航天工业学院学报, 2012, 22(6): 19-21.

[13] 薛海燕, 邹丽霞. 基于RBF网络的粮食水分检测数据融合研究[J]. 计算机与现代化, 2011(6): 103-107.

++++++
(上接第219页)

策, 2009(15): 106-107.

[3] 胡源. 我国经济增长对电力消费影响关系的实证分析[J]. 统计与决策, 2012(15): 104-106.

[4] 朱天星, 徐明圣, 李倩, 等. 我国电力消费与经济增长关系研究[J]. 价格理论与实践, 2010(10): 69-70.

[5] 赵秀恒, 关会娟. 电力消费与经济增长关系的实证研究——以河北省为例[J]. 经济与管理, 2012, 26(7): 89-92.

[6] 王荣桂. 广东省经济增长和电力消费的关系研究[J]. 价格月刊, 2010(7): 64-67.

[7] 郑定成. 广东省经济发展与能源电力消费影响关系分析[J]. 能源工程, 2012(4): 31-35.

[8] 汪旭晖, 刘勇. 中国能源消费与经济增长: 基于协整分析和Granger因果检验[J]. 资源科学, 2007, 29(5): 57-62.

[9] 张学志, 才国伟. 基于VECM模型的石油消费与经济增长因果关系检验[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2010, 50(5): 681-685.

[10] Yu E S H, Jin J C. Cointegration tests of energy consumption, income, and employment[J]. Resources and energy, 1992, 14(3): 259-266.

[11] Yu E S H, Hwang B K. The relationship between energy and GNP: Further results[J]. Energy economics, 1984, 6(3): 186-190.

[12] Erol U, Yu E S H. On the causal relationship between energy and income for industrialized countries[J]. Journal of energy and development, 1987, 13(1): 113-122.

一种新型食品安全存储中的水分检测方法

作者：鄂旭, 翟宝峰, 徐进, 张野, E Xu, ZHAI Bao-feng, XU Jin, ZHANG Ye

作者单位：鄂旭, E Xu(渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州 121001; 中国产业安全研究中心, 北京 100084), 翟宝峰, ZHAI Bao-feng(辽宁工业大学 软件学院, 辽宁 锦州, 121001), 徐进, XU Jin(锦州龙栖湾新区食品药品监督管理局, 辽宁 锦州, 121001), 张野, ZHANG Ye(渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州, 121001)

刊名：计算机技术与发展

英文刊名：Computer Technology and Development

ISTIC

年, 卷(期): 2014(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201402056.aspx