

# 基于 RGB 图像特征的大豆含水量快速测定系统研究

黄南,王若兰,岳佳

(河南工业大学 粮油食品学院,粮食储藏与安全教育部工程研究中心,  
粮食储运国家工程实验室,河南 郑州 450001)

**摘要:**基于机器视觉技术,选取黑龙江、美国、巴西以及阿根廷大豆为样品,通过 matlab 图像处理,结合 Design - Expert 进行大豆图像特征值与含水量的相关性分析,探讨出一种可以精准预测同批次同产地大豆含水量的方法。通过 matlab GUI 图形界面设计了一个大豆含水量快速检测的软件。对大豆含水量真实值与软件预测值进行校验结果表明,该软件对同批次同产地大豆含水量预测精度均在 97% 以上。为大豆入仓时含水量在线快速测定提供了理论依据。

**关键词:**机器视觉;大豆;含水量;快速检测

**中图分类号:**TS 210.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1007 - 7561(2016)01 - 0106 - 06

## Research of the moisture content of soybean rapid detection system based on RGB image features

HUANG Nan, WANG Ruo - lan, YUE Jia

(College of Food Science and Technology, Engineering Research Center of Grain Storage and Security of Ministry of Education, National Engineering Laboratory of Grain Storage and Transportation, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001)

**Abstract:** This study is based on machine vision technology, choose the soybean which from Heilongjiang, America, Brazil and Argentina, through the MATLAB image processing, combined with soybean moisture content, in order to be able to accurately predict the moisture content in soybean. Finally, through the MATLAB GUI (graphical user interface) design and develop a set of online moisture content of soybean moisture measurement software. Through the comparison of predictive value and the true value of the soybean, the prediction accuracy of this software could run up to 97% under the same batches. This software provide a reliable theoretical basis for the online determination of moisture of grain.

**Key words:** machine vision; soybean; moisture; rapid detection

大豆是我国主要油料作物之一,大豆营养物质含量丰富,它的食用、药用价值都很高。大豆种植历史已有 5 000 多年。大豆中富含蛋白质、脂肪以及钙、磷、镁等无机盐。其中大豆蛋白质含量 38% ~ 42%,脂肪含量 19% ~ 22%。所以在储藏过程中容易产生霉变、发热等问题,造成大豆储藏稳定性差<sup>[1-2]</sup>。大豆含水量也是影响其储藏稳定性的重要因素,因此含水量的测定是大豆品质检验的一个重要指标。近年来我国大豆进口量不断增长,大豆含水量测定变得尤为重要,它不仅是评定大豆品质的重要依据,也关乎贸易结算。目前我国口岸检验工作中大豆的含水量

测定主要依据 SN/T 0888.19—1999《进出口粮食、饲料水分及挥发物检验方法》<sup>[3]</sup>,或采用 GB/T 5497—1985 的 105℃ 恒温恒重法。但在实际工作中,由于进口大豆来自不同产地,含水量差别较大,国标法测定时间较长,给实际工作带来一定困难。

随着计算机技术日新月异,尤其机器视觉技术在农业中得到快速推广应用,在粮食质量、粮食储藏品质等方面机器视觉技术的研究也在不断深入<sup>[4]</sup>。本实验根据目前大豆储备现状结合机器视觉等高新技术,开展大豆含水量快速检测系统的研究,为大豆入仓含水量指标的测定提供新的途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

黑龙江大豆:中储粮北安直属库提供;进口大

收稿日期:2015 - 07 - 20

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2012AA101705 - 2)

作者简介:黄南,1988 年出生,男,硕士研究生。

通讯作者:王若兰,1960 年出生,女,教授。

豆:美国大豆、巴西大豆、阿根廷大豆均由中储粮镇江粮油质检中心提供。

## 1.2 仪器设备

佳能 powershot G16、岛津 Moc63u 水分仪、JSFM-II 型粮食水分测试磨、恒佳 DT500B 电子天平、计算机、翻拍架、暗箱。

## 1.3 样品处理

将黑龙江、美国、巴西、阿根廷大豆样品分别标为 1~4 组,每组大豆均分为 40 个样品,并标注为 1~40 号,每个样品质量为  $20 \pm 0.2$  g。将各组大豆分散置于翻盘架图盘上,并在暗箱中架设单一光源(LED 灯,与相机同向架设),利用佳能博秀相机拍摄得到所有大豆的原始数字图像并保存。然后粉碎样品,粉碎机内置筛为 2 mm。

## 1.4 大豆含水量测定

大豆含水量分别用国标法、仪器法和图像法进行测定。国标法参照 GB/T 5497—1985 标准进行测定(105 °C 恒温恒重法);仪器法用岛津 Moc63u 水分仪进行测定;图像法按 1.5 方法进行测定。

## 1.5 图像拍摄与处理

大豆样品图像在单一光源的暗箱中进行拍摄,LED 灯与相机同向架设,高度为 20 cm。机身像素 1 200 万。图像存储均为 JPG 格式,分辨率为  $1\ 600 \times 1\ 064$ ,拍摄使用自动档全彩模式。大豆数字图像特征值提取、图像分割采用 MATLAB7.0 编程来完成,其中数字图像特征值在 RGB 模型下提取。

## 2 结果与分析

为了获得岛津水分仪的稳定性和可靠性,对第 3 组巴西大豆的 1~20 号样品进行国标法以及岛津水分仪进行含水量测量,对比两种测量方法的差异。对岛津水分仪测得的巴西大豆含水量数据和通过 MATLAB 计算得出的特征值进行相关性分析,从而获取用于间接测量大豆含水量的方法。利用另外的三个产地的大豆检验该方法的可行性。

### 2.1 大豆含水量测定结果

#### 2.1.1 仪器法测定巴西大豆含水量

岛津水分仪测量巴西大豆含水量结果如表 1,表中整粒质量代表拍摄大豆数字图像前大豆的质量;MOC 代表粉碎后的大豆质量。

由表 1 可知,大豆粉碎前后质量损耗最大为 15 号样,损耗量为 0.204 g,质量损耗最小为 11 号样,损耗量为 0.004 g,1~20 号大豆样品平均损耗量为 0.088 85 g,平均损耗率为 0.45%。说明在相同实验操作条件下,可以保证大豆样品粉碎处理的质量损耗基本能够保持在 0.1 g 以下,这就保证了图像法与仪器法测定含水量时由大豆的质量所产生的误

差很小。由岛津水分仪测试的 20 组大豆含水量的平均绝对偏差值为  $\pm 0.194\ 5$ ,离散程度非常小,表明该方法检测大豆含水量是可信的。但由于该机器测量条件中停止条件与国标法不同,为了研究该方法是否可靠,另选 21~40 号巴西大豆进行国标法测定。

表 1 仪器法测定巴西大豆含水量结果

样品号	整粒质量/g	MOC/g	含水率/%
1	20.14	19.944	8.32
2	20.12	20.024	8.32
3	20.01	19.901	8.27
4	20.02	19.918	8.32
5	20.14	20.071	8.40
6	20.09	20.003	8.31
7	20.08	20.00	8.35
8	20.06	19.862	8.17
9	20.01	19.949	8.08
10	19.93	19.870	8.32
11	20.00	19.996	8.09
12	20.02	19.992	8.07
13	20.04	19.978	7.90
14	20.01	19.930	7.99
15	20.09	19.886	8.01
16	20.04	20.003	8.00
17	20.03	19.965	7.85
18	20.06	19.923	7.81
19	20.05	19.977	7.87
20	20.02	19.991	7.93

#### 2.1.2 国标测定巴西大豆含水量

采用 GB/T 5497—1985 测定巴西大豆含水量,结果如表 2。

表 2 国标法测定巴西大豆含水量结果

样品号	粉碎前质量/g	粉碎后质量/g	含水量/%
21	20.09	19.967	8.41
22	20.12	19.992	8.40
23	20.01	19.923	8.31
24	20.07	19.927	8.31
25	20.12	19.980	8.43
26	20.09	19.956	8.36
27	20.07	19.984	8.34
28	19.96	19.875	8.21
29	19.97	19.923	8.13
30	20.00	19.987	8.34
31	20.02	19.982	8.12
32	20.05	19.991	8.11
33	20.01	19.915	7.97
34	20.04	19.892	8.03
35	19.98	19.883	8.07
36	20.03	19.897	8.09
37	20.06	19.931	7.94
38	20.05	19.975	7.90
39	19.98	19.872	7.92
40	20.04	19.971	7.96

由表2可得,21~40号大豆样品的质量最大损耗为0.148g,最小损耗为0.148g,平均损耗为0.09685g。其平均损耗率为0.49%。由表1和表2可知,仪器法和国标法损耗率基本一致,大豆含水量仪器法与国标法测定结果对比如图1。

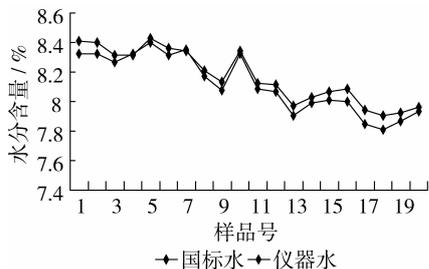


图1 国标水与仪器水测量结果

由图1可得,国标法测得大豆含水量等于或略高于仪器法测定值,在相同的粉碎条件下,国标法与仪器法得到的大豆含水量值的平均误差为0.6%,这说明岛津水分仪测定大豆含水量值是稳定可靠的。因此,本实验利用巴西大豆定标含水量计算方程时采用了岛津水分仪的含水量检测数据。

### 2.2 大豆数字图像特征值提取结果

根据色度学中三基色原理,由红、绿、蓝三种色光配得的彩色范围最广,选用红、绿、蓝三种颜色作为基色构成RGB彩色空间。RGB彩色模型包含的信息丰富,RGB颜色模型可以与其他颜色模型如HSI等任意转换,而图像加强如灰度变换、傅立叶变换等也都基于RGB颜色空间,因此,本实验基于RGB彩色模型提取RGB数值,利用MATLAB7.0编程进行大豆数字图像的RGB值提取,由于在MATLAB中R、G、B函数提取数值均为大豆数字图像全部像素点的数组型数据,因此,为了得到每张图片RGB加权平均值<sup>[5]</sup>,用mean函数来实现,部分提取代码为:

```

Clear all,clc;
Im = imread('path'); \利用 imread 函数提取图像
S = size(im);
R = im(:,:,1); \提取向量类型的 R 值
G = im(:,:,2);
B = im(:,:,3);
R = reshape(R,[s(1),s(2)]); \将向量类型 R 值改变为数组类型数据
G = reshape(G,[s(1),s(2)]);
B = reshape(B,[s(1),s(2)]);
r = mean(mean(R)); \计算 R 值的加权平均值
g = mean(mean(G));
b = mean(mean(B));
    
```

巴西大豆数字图像 RGB 值提取结果如表3。

表3 巴西大豆数字图像 RGB 值

序号	R	G	B
1	59.041	48.851	27.138
2	81.201	68.528	41.900
3	55.401	46.244	25.660
4	54.546	45.224	24.659
5	54.716	45.164	24.570
6	64.118	54.431	31.930
7	68.241	57.142	34.310
8	74.157	63.165	38.689
9	73.868	61.587	38.414
10	63.168	52.969	30.885
11	64.153	53.901	31.558
12	66.826	55.521	32.300
13	70.676	59.205	35.693
14	70.087	58.486	34.203
15	66.038	53.895	31.584
16	61.820	51.764	29.336
17	72.227	61.544	37.318
18	66.030	55.971	32.541
19	67.235	56.080	34.520
20	69.282	63.540	36.853

由表3可知,大豆数字图像的R、G、B数值符合RGB颜色模型,其中R、G值较为接近,且均高于B值。在表4中,2号RGB值远高于其他样品,这是因为2号巴西大豆杂质稍多,大豆数字图像拍摄中对焦出现异常,因此,在大豆含水量与图像特征值相关性分析中将第2号数据替换为第21号数据,第21号RGB数值为:R = 68.896; G = 57.762; B = 38.687。

### 2.3 大豆含水量与图像特征值相关性分析

对巴西大豆数字图像提取的特征值与含水量值进行Box-Behnken设计。因为在获取大豆数字图像时的环境条件均相同,所以大豆的数字图像特征值的差异主要受其含水量、化学成分组成及光源不稳定等条件影响。为了寻找大豆图像特征值与其含水量的关系,以大豆数字图像的R、G、B值分别为自变量,大豆含水量为因变量<sup>[6]</sup>,巴西大豆含水量响应值如表4。

由表4可以看出,在该组巴西大豆含水量模型中,强影响点及Cook's D值大于0.25的点共有5个,分别为1、9、11、12、14。结合图像法和仪器法测定结果可知,这5个数据中2号数据,由于摄像机焦距拉近导致巴西大豆数字图像的RGB值偏高。在其余的4个样品中14号样品含水量高于15号,其RGB数值却小于15号。这是因为巴西大豆数字图像在粉碎前获得,而大豆含水量是粉碎之后检测得到的,偏差值为大豆粉碎时的损耗。因此,图像水与仪器水的偏差主要由样品杂质、粉碎后损耗造成。

仪器测定水分值与图像法预测水分值对比如图2。

表4 大豆含水量响应值

实际值	预测值	残差	修正值	内部学生化残差	外部学生化残差	拟合值	影响系数	cook's distance	拟合顺序
8.01	8.19	-0.180	0.692	-1.529	-1.658	-2.490	0.752		15
7.85	7.78	0.071	0.377	0.432	0.413	0.322	0.016		17
8.31	8.08	0.230	0.185	1.224	1.259	0.600	0.049		7
8.09	8.14	-0.050	0.172	-0.265	-0.252	-0.115	0.002		11
8.32	8.36	-0.035	0.328	-0.209	-0.199	-0.139	0.003		4
7.99	8.08	-0.094	0.415	-0.597	-0.576	-0.485	0.036		14
8.32	8.18	0.140	0.205	0.748	0.730	0.371	0.021		10
8.31	8.09	0.220	0.284	1.233	1.271	0.801	0.086		6
7.42	7.72	-0.300	0.504	-2.069	-2.596	-2.620	0.622		8
7.90	8.04	-0.140	0.119	-0.718	-0.699	-0.257	0.010		13
8.08	8.01	0.067	0.920	1.114	1.129	3.710	1.920		9
8.27	8.53	-0.260	0.570	-1.898	-2.251	-2.590	0.681		3
8.40	8.29	0.110	0.426	0.690	0.670	0.577	0.050		5
8.32	8.20	0.120	0.910	1.961	2.372	7.660	5.730		2
8.07	8.09	-0.016	0.211	-0.085	-0.081	-0.042	0.000		12
8.32	8.11	0.210	0.325	1.257	1.300	0.903	0.109		1
8.00	8.09	-0.092	0.359	-0.558	-0.538	-0.403	0.025		16

由图2可得,同一批巴西大豆水分含量预测值较为平缓,该预测值计算结果来源于大豆粉碎前大豆数字图像的特征值,而巴西大豆仪器水分值是经过粉碎后由岛津水分仪计算得出,在粉碎前后出现了大豆质量的损耗,因此,表4所示结果的偏差主要来源于粉碎损耗,另外,由于每个巴西大豆样品所含

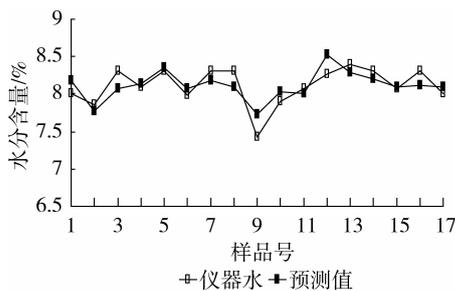


图2 巴西大豆仪器水与预测值

杂质不同,因此出现了仪器水波动较大的情况。通过计算表4大豆含水量的仪器测定水分值与预测值可得,本组实验图像法预测值准确率均在96%以上,最高达到99.75%。对本批大豆进行多元回归分析结果如表5所示。

表5 巴西大豆多元回归分析结果

巴西大豆多因素回归拟合方程	
影响因素	含水率 = $8.22 - 0.87 * A - 1.99 * B + 1.47 * C + 5.90 * A * B + 0.74 * A * C - 6.79 * B * C$
影响因子	含水率 = $34.36 - 1.295 * R - 0.471 * G + 1.882 * B + 0.022 * R * G + 3.381 * R * B - 0.036 * G * B$

由表5可知,经过多元回归分析得到的一个可以进行快速、准确预测巴西大豆含水量的方程,为了将数字图像处理与大豆含水量预测整合起来,研究了一个集提取大豆数字图像特征值、对图像进行加强变换,同时可以将特征值带入计算大豆含水量的快速检测系统。

### 2.4 基于 MATLAB GUI 的大豆含水量快速检测系统

Matlab GUI 即图形用户界面,它可以通过窗口、菜单、按键等方式来方便地对数字图像进行操作。本实验利用 Matlab GUI 图形用户界面处理实验数据,通过融合实验数据,整合实验思路,获取大豆含水量测定系统<sup>[7-9]</sup>。其 GUI 设计路线如图3。

#### 2.4.1 系统运行结果

在该系统中共设计了两种图像变换、三种图像类型的变换,系统运行结果显示了傅立叶变换以及 RGB 模型转灰度模型。其中实验结果标定的大豆含水量多元二次回归方程被编写入粮食含水量控件的 call back 函数里,运行结果如图4。

在大豆含水量在线检测系统中,粮食含水量计算的控件 callback 函数部分代码如下:

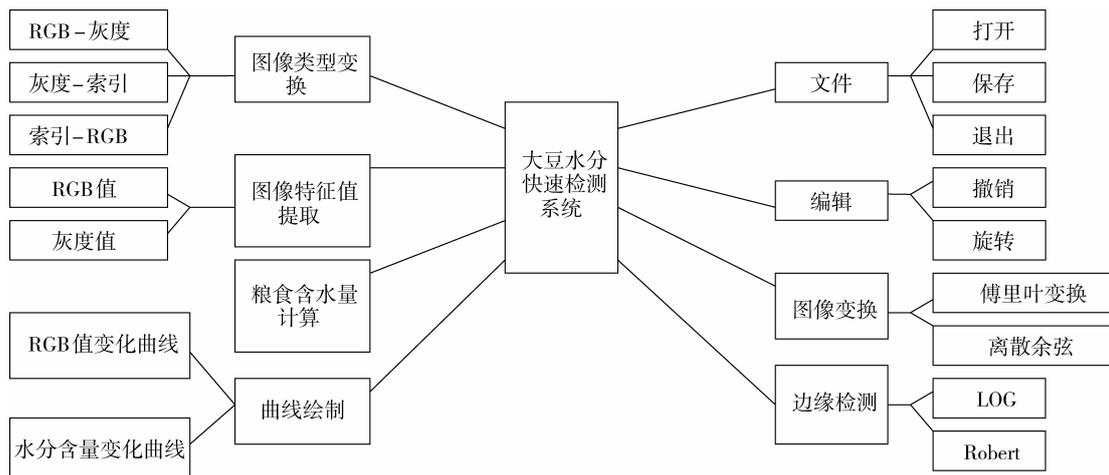


图3 GUI设计路线

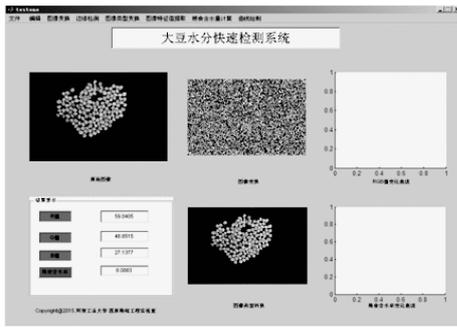


图 4 大豆含水量快速检测系统运行结果

fl = getimage(handles.axes6); \handle 声明句柄  
 声明了 axes6 为全局变量

```
s = size(fl);
imR = fl(:,:,1);
imG = fl(:,:,2);
imB = fl(:,:,3);
R = reshape(imR,[s(1),s(2)]);
G = reshape(imG,[s(1),s(2)]);
B = reshape(imB,[s(1),s(2)]);
r = mean(mean(R)); \计算 R 值加权平均值
g = mean(mean(G));
b = mean(mean(B));
water = 35.29161 - 1.81001 * r + 0.18599 * g +
1.75245 * b + 0.021702 * r * g + 0.019372 * r * b -
0.053265 * g * b \大豆含水量预测多元一次回归方程
```

```
set(handles.wt,'string',num2str(water));
```

上述代码中定义了用于预测大豆含水量的多元一次回归方程,并利用 set 函数将计算结果转化成字符型数据输出至 wt 控件中。

大豆数字图像傅立叶变换部分代码如下:

```
I = getimage(handles.axes6);
J = fft2(I); \对图像 I 进行傅立叶变换
Handles.J = J; \全局变量声明
Axes(handles.axes8);
imshow(J);
```

大豆数字图像离散余弦变换部分代码:

```
RGB = getimage(handles.axes6);
I = rgb2gray(RGB); \转换为灰度图像
J = dct2(I); \使用 dct2 函数对图像进行
```

DCT 变换

```
Axes(handles.axes8); \声明坐标轴 8 为全局变量
imshow(log(abs(J)),[],colormap(jet(64)));
colorbar;
```

#### 2.4.2 大豆含水量快速检测系统校验

校验方法是通过该系统对巴西大豆进行检测。

其中巴西大豆分为 5 组共计 100 份样品,按照时间顺序,平均每天 20 个样品进行检测,其检测结果如图 5。

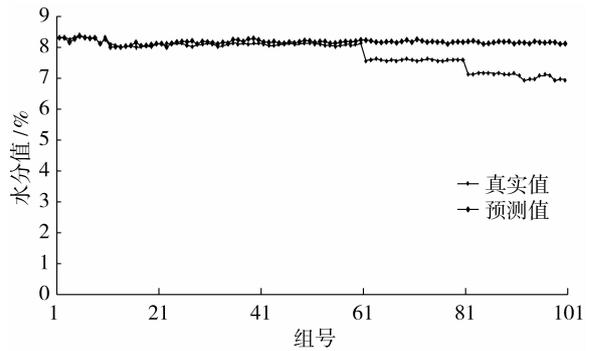


图 5 巴西大豆含水量检测结果

图 5 表明,该软件在前 3 天的检测过程中,除第 4 组,准确率均在 97.8% 以上,从第 4 天开始,由于该批巴西大豆放置条件、时间(密封、室温)等因素影响,测试含水量精度开始下降,至第 5 天,检测精度下降至 68% ~ 75%,经重新定标计算后可得美国大豆含水量多元一次回归方程为:含水率 = 87.002 22 - 0.412 92R - 1.156 33G - 1.948 29B + 3.405 49RG + 6.008 12RB + 0.026 305GB,阿根廷大豆含水量多元二次回归方程为:含水率 = 63.230 52 + 6.736 56R - 10.543 55G + 1.504 37B + 0.022 402RG + 0.022 464RB - 0.065 496GB - 0.065 477R<sup>2</sup> + 0.096 167G<sup>2</sup> + 0.011 106B<sup>2</sup>。方程中 R、G、B 均为软件提取的大豆数字图像特征值。分别将提取的 RGB 数值带入重新定标的方程并计算两种大豆的图像值,美国、阿根廷大豆含水量预测精度均在 96.8% 以上。该检测结果说明,在一定时间内(一般为 1 ~ 3 天)由已定标的多元回归方程计算同批次大豆含水量,其计算精度均能保持在 96% 以上,随着大豆样品放置时间的延长,该软件计算大豆含水量的准确性逐渐下降。

由图 5 可知,当在线检测大批量大豆时,并不能保证在一定的时间内完成所有粮食的检测,随着时间的延长,大豆的品质、色泽、硬度、颗粒破损程度均会发生不同程度的变化。因此,要保证该软件在线测定的精度,就需要有一个实时在线检测窗口。在该软件中,添加了两个窗口即:RGB 数值变化曲线和粮食含水量变化曲线<sup>[10]</sup>。在这两个窗口中,由于需要数据库储存所有在线测量的大豆含水量数值以及 RGB 值,并实时提取这些数值,本软件选择链接 Access 数据库,用以实时监控大豆含水量变化<sup>[11]</sup>。

由于大豆产地、收获年限的不同,为了验证该软件的检测精度,对美国大豆(2014 年入库,1 ~ 20 号)、阿根廷大豆(2014 年入库,21 ~ 40 号)进行检测,其结果如图 6。

由图 6 可知,本软件在预测美国大豆、阿根廷大豆的含水量与其仪器水之间出现了较大的偏差,而这 40 号大豆与巴西大豆相同,均产于 2014 年并于

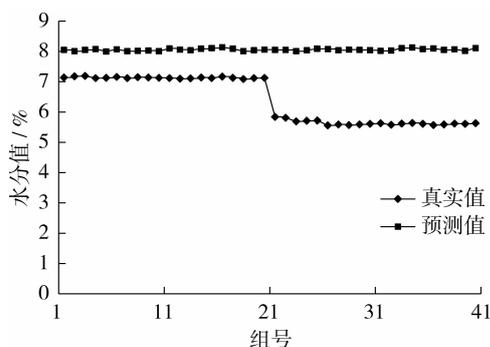


图6 美国大豆、阿根廷大豆预测结果

同年10月入库。美国大豆含水量预测准确率在80%左右,而阿根廷大豆预测准确率均小于70%。美国大豆由于杂质、破损颗粒以及脱皮粒较多,造成了美国大豆的数字图像特征值变化较大,因此在使用巴西大豆定标的含水量计算模型中对其系数影响较大。

由图5、6可得,一般情况下,在对有限组数的大豆进行Box-Behnken设计得到的多元一次回归方程后,该方程在对同批次同产地的大豆均可在一定时间内(不超过3天)进行精准预测,且预测精度能够达到97%以上。但该方程对于其他产地的大豆预测时则会出现无法准确预测的情况。但是,在对不同产地的大豆重新进行定标后,其软件预测精度依旧能够达到95%以上。因为不同产地的大豆其外观形态,颗粒破损程度以及含有杂质的不同,造成了在对大豆特征值分析的时候出现了偏差,这也是造成了不同产地大豆定标之后的方程影响因子的系数不同的根本原因。因此,当大豆收获入库时,需要对不同产地的大豆分别进行数字图像与含水率相关性的计算。本软件就设计了两种大豆图像类型变换即傅立叶变换和离散余弦变换。其中傅立叶变换结果如图4所示。在软件实际计算过程中,傅立叶变换频谱上可以看到明暗不一的亮点,实际上是大豆数字图像上某一点与邻域点差异的强弱,即梯度的大小。一般,梯度大则该点亮度强,否则该点亮度弱,因此在使用该软件时,通过观察傅立叶变换后的频谱图就可以看出图像能量分布,这就为软件操作人员提供了一个可以实时检测的窗口<sup>[12-13]</sup>。也正是由于大豆产地不同,其在数字图像上的能量分布均有所差别,因此傅立叶变换窗口也为操作人员对于鉴定不同粮种、不同产地的大豆提供了依据。

### 3 结论

#### 3.1 大豆的数字图像特征值与含水量的变换关系

在Box-Behnken实验设计中,大豆含水量随着RGB值的升高而升高,对于同批次同产地的大豆进行含水量检测的时候,以RGB数值作为影响含水量的因素是可靠的,但随着大豆含水量的变化,该软件的测量精度会出现一定程度的下降。

大豆含水量的变化对其RGB值有着显著的影响。所有批次的大豆均在同一条件下做数字图像处理,得到的大豆含水量多元回归方程的系数包含了实验中由光源导致的对焦、大豆样品破损程度、杂质等因素,因此用于同批次同产地大豆含水量检测时,该软件精度可达97%以上。已经定标的模型用于不同产地的大豆测量时,会出现偏差,因此为了纠正偏差,该软件设计了大豆数字图像的傅立叶变换,用于检测不同品种、不同产地的大豆。

#### 3.2 建立了大豆含水量测定系统

在该系统中,由实验结果标定了巴西大豆含水量的多元一次回归计算方程 $Y = 35.29161 - 1.81001 * R + 0.18599 * G + 1.75245 * B + 0.021702 * R * G + 0.019372 * R * B - 0.053265 * G * B$ (Y代表大豆含水量),在对1~100号巴西大豆样品的检测中,在一定的时间内(实验表明不超过3天)该软件的预测精度均在97%以上。该系统基于MATLAB GUI设计,支持ACCESS数据库,并提供RGB值变换曲线和大豆含水量两个可视化窗口。同时还提供两种数字图像变换,即傅立叶变换和离散余弦变换,为鉴定不同产地、不同年份的大豆提供了理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 曹毅,崔国华.大豆安全储藏技术综述[J].粮食储藏技术,2005,34(3):17-19.
- [2] 刘锦,张榴萍,罗世龙.大豆安全储藏研究进展[J].安徽农业科学,2013,41(36):14027-14029.
- [3] 柳之光,范光辉,李瑞法等.进境船舶大豆水分含量平均值计算方法的研究[J].粮食与食品工业,2014,21(3):16-18.
- [4] Urena R, Rodriguez F, Berenguel M. A machine vision system for seeds germination quality evaluation using fuzzy logic[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2001, 32(1):1-20.
- [5] 时玉强.基于机器视觉的大豆品质的研究[D].东北农业大学食品学院,2009.
- [6] 梁秀英.基于机器视觉的玉米形状参数与近红外光谱的玉米组分含量检测方法研究[D].华中农业大学工学院,2013.
- [7] Heinemann P H, Pathare N P, Morrow C T. An automated inspection station for machine-vision grading of potatoes[J]. Machine Vision and Applications, 1996, 9(1):14-19.
- [8] Benson E R, Reid J F, Zhang Q. Machine vision based guidance system for an agricultural small-grain harvester. Trans. of the ASAE 46(4), 2003:1255-1264.
- [9] 刘哲.粮食水分在线检测仪的研究[D].吉林农业大学,2013.
- [10] Suehara K, Yasuyuki O, Nakano Y, et al. Rapid Measurement and Control of the Moisture Content of Compost Using Near-Infrared Spectroscopy[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 1999, 6(87):769-770.
- [11] Zheng C, Da-Wen Sun, Zheng L. Correlating colour to moisture content of large cooked beef joints by computer vision[J]. Journal of Food Engineering, 2006(77):858-863.
- [12] National Instruments Corporation. NI Vision Concepts Manual[Z]. 2008.
- [13] 宋亚杰.基于机器视觉的水分无损检测及评判模型研究[D].西南大学,2008.