



## تعیین ویژگی‌های بافتی و شکلی گندم سرداری با استفاده از ماتریس هم-رخدادی سطح خاکستری

مصطفی خجسته نژاد<sup>۱</sup>، مظفر روستائی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار، دانشگاه بناب؛ Khojasteh@bonabu.ac.ir

<sup>۲</sup>دانشیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه - ایران

چکیده

گندم نقش مهمی در تامین زنجیره غذایی انسان‌ها دارد. به دلیل کمبود آب و خشکسالی، کشت ارقام گندم دیم مقاوم به خشکی و سرما در اولویت قرار دارد. در ایران نیز به دلیل واقع شدن در منطقه گرم و خشک بیش از دو سوم سطح زیر کشت گندم دیم به ارقام زمستانه و بینابین اختصاص دارد. یکنواختی و خلوص رقم مورد کشت، اهمیت بالایی در عملکرد محصول دارد. روش‌های مرسوم سنتی برای طبقه بندی محصولات کشاورزی زمانبر بوده و دقت پایینی دارند و در محدوده وسیعی جوابگو نیستند. برای حل ایرادات روش‌های مرسوم، روش بینایی ماشین با بهره‌گیری از تکنیک پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از روش‌های پردازش تصویر برای استخراج خصوصیات تصویر، استفاده از هیستوگرام و نمودار فراوانی سطوح خاکستری است. اما از آنجایی که نمودار هیستوگرام توانایی ارائه اطلاعات در رابطه با نحوه توزیع سطوح خاکستری مورد نظر را ندارد، ماتریس هم-رخدادی سطح خاکستری به جای آن استفاده شده است. در این تحقیق نیز با استفاده از روش بینایی ماشین و ماتریس هم-رخدادی سطح خاکستری اقدام به استخراج هشت ویژگی شکلی و ۲۱ ویژگی بافتی گندم رقم سرداری شده است. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند برای طبقه بندی ارقام مختلف و یا حتی تشخیص بذره‌های سالم از ناسالم مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: ماتریس هم-رخدادی، ماشین بینایی، پردازش تصویر، ویژگی، گندم سرداری

### Texture and Morphological Features Determination of Sardari Wheat Using Gray Level Co-Occurrence Matrix

Mostafa Khojastehnazhand<sup>1</sup>, Mozaffar Roostaei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mechanical Engineering Department, University of Bonab, Bonab; Khojasteh@bonabu.ac.ir

<sup>2</sup>Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Extension, Education and Research Organization (AREEO), Maraghe, Iran;

#### ABSTRACT

Wheat is one of the agricultural products that plays an important role in the supply chain of humans. Due to water shortages and drought, cultivating dry and cold resistant varieties is a priority. Due to the warm and dry climate of Iran and its mountainous regions, cultivation of cold and drought resistant and earliness varieties has the highest range of cultivation. The uniformity and purity of cultivated varieties have a great influence on the yield of the product. Traditional methods for classifying agricultural products are time consuming, non-precise, and impractical for the entire product. In order to solve the problems of conventional methods, the machine vision method is used by using the image processing technique. One of the methods for image processing is to extract image properties, using a histogram. However, since the histogram diagram is not able to provide information on how to distribute gray levels, co-occurrence matrix of gray level was presented instead. In this research, using the machine vision method and the co-occurrence of gray level matrix, eight morphological and 21 texture features of Sardari wheat were extracted. The results of this research can be used to classify different cultivars or even to detect healthy seeds from unhealthy ones.

**Keywords:** Co-Occurrence Matrix, Machine Vision, Image Processing, Feature, Sardari

۱- مصطفی خجسته نژاد، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب، بناب، کد پستی: ۵۵۵۱۷۶۱۱۶۷، Khojasteh@bonabu.ac.ir



# یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۱- مقدمه

گندم یکی از غلات پر مصرف است که نقش بسزائی در تامین زنجیره غذایی انسانها دارد و بعد از ذرت دومین غله است که برای تغذیه میلیاردها انسان و حیوان تولید می‌شود (FAS, 2007). این محصول در ایران نیز به دلیل مصرف بالای نان و مشتقات آن در کشور، به عنوان یک محصول استراتژیک مطرح بوده و سالانه بالای ۱۴/۵ میلیون تن از این محصول تولید و بصورت‌های مختلف به دست مشتری می‌رسد (Agricultural Statistics, 2017). با توجه به اینکه مناطق کشت گندم متنوع بوده و کشت آن در مناطق خشک و گرمسیری تا مناطق معتدل و یا سردسیری انجام می‌پذیرد، ارائه ارقام مختلفی از آن متناسب با شرایط جوی منطقه مورد کشت در سال‌های اخیر گسترش یافته است. کشور ایران از نظر شرایط اقلیمی برای زراعت غلات به چهار اقلیم آب و هوایی شامل گرم و مرطوب سواحل خزر، گرم و خشک جنوب، معتدل و سرد قابل تقسیم است. علاوه بر این تقسیم‌بندی، به دلیل نوع آبیاری گندم، تقسیم بندی دیگری براساس دیم یا آبی بودن گندم نیز ارائه شده است. علی رغم حدودا دو برابر بودن سطح زیر کشت گندم دیم نسبت به گندم آبی، تولید آن ۷۰٪ کل تولید گندم آبی در کشور است که باعث گردیده، عملکرد گندم آبی ۴/۱۵ تن و برای گندم دیم ۱/۵۱ تن اعلام گردد (Agricultural Statistics, 2017). بر این اساس افزایش عملکرد گندم دیم بعنوان یک مطالبه و چالش بزرگ برای کشاورزان و متخصصین امر زراعت مطرح می‌باشد. در منطقه کوهستانی و سردسیر کشور، تمایل به کاشت گندم دیم مقاوم به تنش‌های خشکی و سرما برای تولید پایدار حائز اهمیت فراوان است که در این بین رقم سرداری که به عنوان یک رقم زمستانه زودرس در سطح معادل یک میلیون و چهار صد هزار هکتار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ کشت شده است (Roostaei, 2017; Roostaei, et al., 2002). نکته مهمی که در زمان کاشت گندم باید بدان توجه شود، خلوص بذر گندم مورد استفاده است تا بالاترین عملکرد از نظر تولید محصول حاصل گردد. بر این اساس خالص سازی ارقام مختلف و جدا نمودن بذرهای ارقام مختلف از یکدیگر امری اجتناب ناپذیر است. در این بین روش‌های مر سوم که توسط یک کارشناس خبره اقدام به جداسازی مواد زائد خارجی و خالص سازی بذرها گردد، کاری حساسه کهنه، زمانبر و نیازمند صرف هزینه بالا برای تامین بذر مورد نیاز کشاورز برای کاشت است (Venora et al., 2009). در سال‌های اخیر، با پیشرفت علوم و تکنولوژی استفاده از روش‌های نوین غیر مخرب برای بررسی کمی و کیفی انواع محصولات کشاورزی و غیر کشاورزی ارائه گردیده است. بطوریکه این روش‌ها باغلبه بر ضعف روش‌های سنتی مر سوم، عملکرد موفقیت آمیزی از خود ارائه داده‌اند. روش بینایی ماشینی نیز به عنوان یکی از روش‌های غیر مخرب، کاربردهای زیادی در بخش کنترل کیفیت مواد غذایی و محصولات کشاورزی از جمله گندم داشته است. روش بینایی ماشین، با الهام از چشم انسان و در فضاهای رنگی متفاوت، اقدام به استخراج خصوصیات رنگی نمونه مورد نظر کرده و کار شناسایی یا طبقه‌بندی را انجام می‌دهد. تحقیقات گسترده‌ای بر روی طبقه‌بندی ارقام مختلف گندم با استفاده از روش بینایی ماشین انجام گرفته است. بعنوان مثال تحقیقی برای شناسایی و طبقه‌بندی بذرهای منفرد دو رقم گندم کانادایی CWRS و CWAD انجام پذیرفته است (Masjumdar and Jayas, 2000). در تحقیق دیگری با استفاده از ویژگی‌های شکلی و بافتی تصاویر رنگی RGB و مدلسازی شبکه عصبی، اقدام به تشخیص دو رقم گندم کانادایی ذکر شده در بالا شده است که دقت بالای ۹۶٪ برای این نوع طبقه‌بندی گزارش شده است (Paliwal et al., 2003). تحقیقات گسترده‌ای نیز بر روی طبقه بندی گندم دوروم (Neethirajan et al., 2006; Wang et al., 2005; Shahin et al., 2005) و انواع گندم کانادایی (Tahir et al., 2007; Manickavasagan et al., 2008; Choudhary et al., 2008) انجام پذیرفته است و دقت‌های قابل قبولی برای روش بینایی بدست آمده است. ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi et al., 2014) نیز با بررسی ویژگی‌های ۹ رقم گندم ایرانی، اقدام به طبقه‌بندی و کلاس بندی آنها با دقت ۹۸/۱۵٪ نموده است.

یکی از ابزارهای مفید رنگی در روش بینایی ماشین، استفاده از هیستوگرام تصویر است که در این روش، نمودار فراوانی هر سطح رنگی ترسیم شده و اطلاعات مورد نیاز استخراج می‌گردد. اما استفاده تنها از هیستوگرام تصویر، هیچ نوع اطلاعاتی را در زمینه توزیع سطوح خاکستری در کل تصویر ارائه نمی‌دهد. بعنوان مثال دو شکل نشان داده شده در شکل ۱ دارای هیستوگرام یکسانی هستند. در حالی که توزیع سطوح خاکستری در دو شکل کاملا متفاوت است.

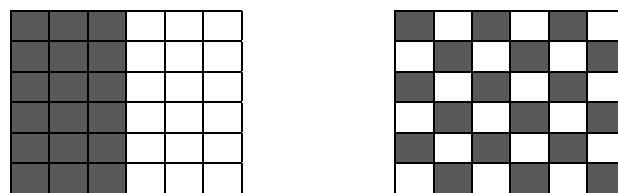


Figure 1. Two different gray region with the same histogram

شکل ۱- دو نوع توزیع سطوح خاکستری متفاوت با یک نمودار هیستوگرام



برای رفع ایراد ذکر شده برای هیستوگرام، روش ماتریس هم رخدادی سطوح خاکستری ارائه گردیده است که در این روش علاوه بر بررسی سطح خاکستری پیکسل مورد نظر، سطوح خاکستری پیکسل‌های همسایگی آن نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد و با ایجاد یک ماتریس جدید از سطوح خاکستری همسایگی‌های پیکسل در زوایا و فواصل مختلف، اقدام به شناسایی و تعریف خصوصیات تصویر می‌شود. براساس مطالب بیان شده و توانایی‌های روش بینایی ماشین در طبقه‌بندی و کلاس‌بندی انواع محصولات کشاورزی و مواد غذایی، در این پژوهش اقدام به استخراج خصوصیات و ویژگی‌های شکلی و رنگی بذر گندم رقم سرداری از روی ماتریس هم رخدادی استخراج شده از تصویر خاکستری، خواهد شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- تهیه نمونه

برای انجام کارهای تصویربرداری و اعمال الگوریتم استخراج ویژگی‌های رنگی و شکلی بذر گندم، ۲۰۰ عدد بذر گندم سرداری مورد استفاده قرار گرفت. بذرهای استفاده شده، بذرهای سالم بوده و هر نوع مواد زائد و بذرهای شکسته یا معیوب، قبل از انجام تصویربرداری حذف گردیدند.

### ۲-۲- سامانه ماشین بینایی

در این سامانه از یک عدد دوربین، رایانه شخصی، سامانه نورپردازی و جعبه سیاد برای حذف نورهای محیطی و فراهم شرایط یکسان تصویربرداری استفاده گردید. جعبه سیاه مورد نظر از جنس MDF به ابعاد ۴۰\*۴۰\*۵۰ سانتی‌متر مطابق شکل ۲ ساخته شد. شکل ۲ محل نصب دوربین و سامانه نورپردازی را در آن نشان می‌دهد. در این سامانه از نورپردازی با لامپ LED که بصورت حلقه‌ای به دور دوربین نصب می‌گردید، استفاده شد. دوربین استفاده شده از نوع CMOS مدل Logitech c920 HD pro Webcam با وضوح ۴۸۰\*۶۴۰ پیکسل با سرعت ۳۰ فریم بر ثانیه بوده که در مرکز حلقه لامپ LED نصب شده و از طریق کابل‌های رابط به رایانه متصل گردید. تصاویر اخذ شده با انتقال به رایانه شخصی، ذخیره شده و مورد استفاده قرار گرفتند. کارهای مربوط به پردازش تصویر و استخراج ویژگی‌ها، بر روی تصاویر ضبط شده بر روی رایانه و در محیط نرم افزار MATLAB R2016b انجام پذیرفت.

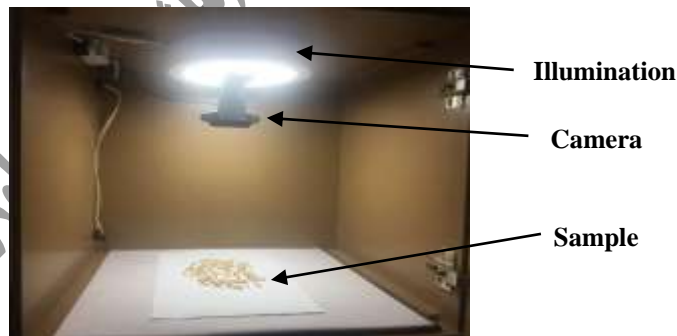


Figure 2. Machine Vision system

شکل ۲: سامانه ماشین بینایی

### ۲-۳- حذف زمینه

به منظور استخراج ویژگی‌های هر یک از بذرها در تصاویر اخذ شده، ابتدا بایستی زمینه حذف گردد. علی‌رغم اینکه زمینه با رنگ سفید برای اخذ تصاویر استفاده گردید ولی به دلیل همپوشانی رنگ نمونه و زمینه، امکان حذف زمینه فقط از طریق رنگ سفید زمینه نبود. بدین منظور با رسم هیستوگرام برای رنگ‌های اصلی قرمز، سبز و آبی زمینه و بذر گندم، حد آستانه مطلوب جداسازی زمینه تعیین گردید. شکل ۳ تصویر اصلی و تصویر ماسک بدست آمده برای حذف زمینه را نشان می‌دهد.

#### ۲-۴- استخراج ویژگی‌های شکلی

با حذف زمینه و برچسب زنی تصویر سیاه و سفید بدست آمده، محل قرار گیری هر کدام از بذرها در تصویر بعنوان یک شی مجزا تعریف شده و خصوصیات و ویژگی‌های شکلی از جمله مساحت سطح تصویر شده، قطر ماکزیمم، قطر مینیمم، خارج از مرکز بودن، تحدب، قطر معادل، صلبیت، نسبت مستطیلی و محیط بر حسب پیسکل استخراج گردید.

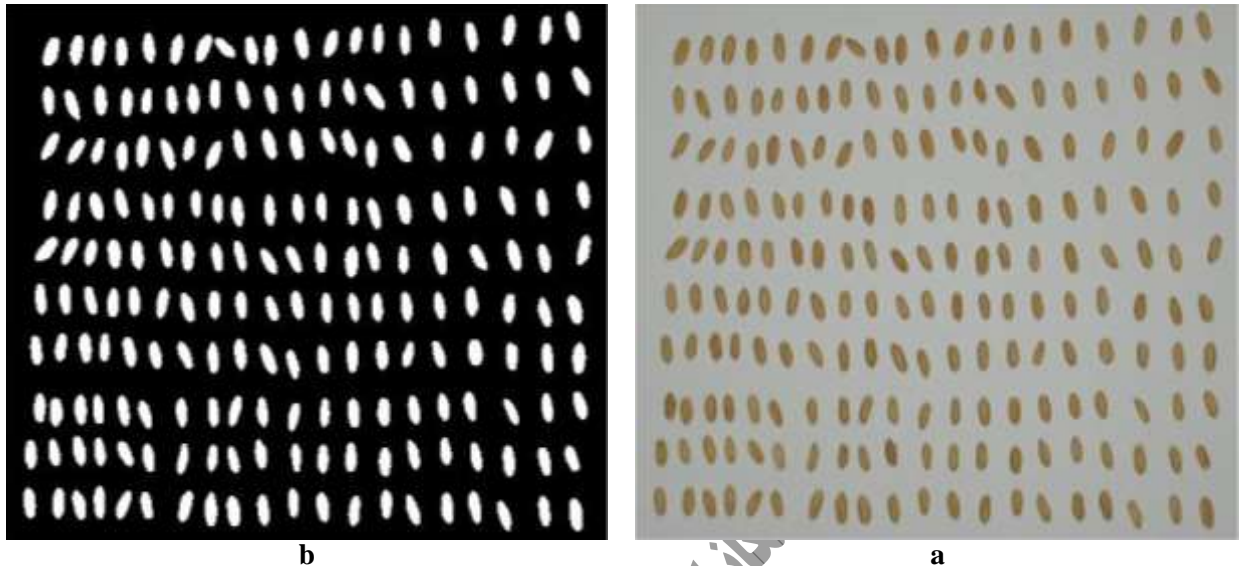


Figure 3. Raw image of wheat samples (a) and Mask of image (b)

شکل ۳- تصویر خام نمونه‌های گندم (a) و ماسک مورد استفاده برای حذف زمینه (b)

#### ۲-۵- استخراج ویژگی‌های بافتی

به منظور استخراج ویژگی‌های بافتی، ابتدا بایستی ماتریس هم رخدادی هر کدام از بذرها قرار گرفته در تصویر تشکیل، و بعد از آن خصوصیات مورد نظر استخراج می‌گردید. بدین منظور، بعد از حذف زمینه و تبدیل تصویر رنگی RGB به تصویر خاکستری، ماتریس هم رخدادی هر بذر استخراج گردید. استخراج ماتریس هم رخدادی با لحاظ نمودن چهار حالت زاویه‌ای (صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه) با فاصله یک از پیسکل مورد نظر انجام پذیرفت. پس از ایجاد ماتریس هم رخدادی، شاخص‌های تعریف شده در جدول ۱ و ۲ از این ماتریس محاسبه شدند. جدول ۱ براساس روابط ارائه شده توسط هارلیک و همکاران برای ۱۳ ویژگی رنگی نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت (Haralicket al., 1973).



جدول ۱- ۱۳ ویژگی معرفی شده توسط هارلیک و همکاران برای استخراج بافت

Table 1. Thirteen texture features based on Haralick et al., 1973

| Formula  | Features                  |
|--|---------------------------|
| $f_1 = \sum_i \sum_j p(i, j)^2$  | Energy                    |
| $f_2 = \sum_{n=0}^{N_g-1} n^2 \left\{ \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \right\},  i - j  = n$ | Contrast                  |
| $f_3 = \frac{\sum_i \sum_j (ij) p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$                             | Correlation               |
| $f_4 = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j))$  | Entropy                   |
| $f_5 = \sum_i \sum_j \frac{p(i, j)}{ i - j ^k}, i \neq j, k = 1, 2$                                    | Inverse Difference Moment |

ادامه: جدول ۱- ۱۳ ویژگی معرفی شده توسط هارلیک و همکاران برای استخراج بافت

Continues: Table 1. Thirteen texture features based on Haralick et al., 1973

| Formula  | Features                            |
|--|-------------------------------------|
| $f_6 = \sum_{i=2}^{2N_g} i P_{x+y}(i)$   | Sum Average                         |
| $f_7 = \sum_{i=2}^{2N_g} (i - f_6)^2 p_{x+y}(i)$   | Sum Variance                        |
| $f_8 = - \sum_{i=2}^{2N_g} p_{x+y}(i) \log\{p_{x+y}(i)\}$  | Sum Entropy                         |
| $f_9 = \text{variance of } p_{x-y}$  | Difference Variance                 |
| $f_{10} = - \sum_{i=0}^{N_g-1} p_{x-y}(i) \log\{p_{x-y}(i)\}$  | Difference Entropy                  |
| $f_{11} = \sum_i \sum_j (i - \mu)^2 p(i, j)$   | Sum of Square: Variance             |
| $f_{12} = \frac{H_{XY} - H_{XY1}}{\max\{H_X, H_Y\}}$   | Information Measures of Correlation |
| $f_{13} = (1 - \exp[-2.0 (H_{XY2} - H_{XY1})])^{1/2}$  |                                     |
| $H_{XY} = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j))$   |                                     |
| <p>که HX و HY آنترنوبی‌هایی از PX و PY هستند و</p> <p><math>H_{XY1} = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log\{p_x(i) p_y(j)\}</math></p> <p><math>H_{XY2} = - \sum_i \sum_j p_x(i) p_y(j) \log\{p_x(i) p_y(j)\}</math></p> |                                     |



جدول ۲-۸ ویژگی‌های رنگی برای استخراج بافت

Table 2. Eight color features

| Formula   | Feature             |
|---|---------------------|
| $f_1 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i-j)^2} p(i, j)$   | Homogeneity         |
| $f_2 = \sum_i \sum_j (ij) p(i, j)$                    | Autocorrelation     |
| $f_3 = \sum_i \sum_j  i-j  p(i, j)$                   | Dissimilarity       |
| $f_4 = \sum_i \sum_j (i+j - \mu_x - \mu_y)^3 p(i, j)$ | Cluster Shade       |
| $f_5 = \sum_i \sum_j (i+j - \mu_x - \mu_y)^4 p(i, j)$ | Cluster Prominence  |
| $f_6 = \text{MAX}_{i,j} p(i, j)$                      | Maximum Probability |
| $f_7 = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i-j)^2} p(i, j)$   | Inverse Difference  |
| $f_8 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 p(i, j)$                 | Inertia             |

P نشان دهنده احتمال وقوع،  $\mu$  میانگین نمونه،  $\sigma$  انحراف معیار، n و m تعداد سطر و ستون و g در روابط نشان دهنده تن خاکستری هستند.

تمامی مراحل اخذ تصویر، حذف زمینه، برچسب زنی و استخراج ویژگی‌های اشاره شده رد جداول بالا، در محیط نرم افزار متلب ۲۰۱۳ انجام پذیرفت.

### ۳- نتایج و بحث

با توجه به اینکه خصوصیات استخراج شده برای مقایسه بین نمونه‌های سالم و غیر سالم، با نمونه‌های ارقام مختلف گندم استفاده خواهد شد، از تبدیل واحدهای پیکسل به میلی‌متر خودداری گردید. جدول ۳ و ۴ بترتیب کل نتایج بدست آمده برای ۹ ویژگی شکلی و ۲۱ ویژگی رنگی استخراج شده برای بذر گندم رقم سرداری را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ویژگی‌های شکلی رقم سرداری گندم

Table 3. Morphological Features of Sardari variety

| Feature             | Average | Maximum | Minimum |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Area                | 684.15  | 875     | 538     |
| Major Axis          | 47.37   | 54.06   | 41.18   |
| Minor Axis          | 18.47   | 23.12   | 15.13   |
| Eccentricity        | 0.92    | 0.95    | 0.84    |
| Convex Area         | 707.28  | 902     | 557     |
| Equivalent Diameter | 29.48   | 33.38   | 26.17   |
| Solidity            | 0.97    | 0.98    | 0.95    |
| Extent              | 0.73    | 0.84    | 0.53    |
| Perimeter           | 111.32  | 126.43  | 97.70   |



جدول ۴- ویژگی‌های رنگی رقم سرداری گندم

Table 3. Color Features of Sardari variety

| Feature                              | Average | Maximum  | Minimum |
|--------------------------------------|---------|----------|---------|
| Autocorrelation                      | 527.69  | 644.20   | 424.76  |
| Contrast                             | 12.32   | 20.30    | 5.17    |
| Correlation1*                        | 0.32    | 0.53     | 0.02    |
| Correlation2*                        | 0.32    | 0.53     | 0.02    |
| Cluster Prominence                   | 2102.29 | 13562.02 | 426.50  |
| Cluster Shade                        | -69.12  | 80.22    | -238.95 |
| Dissimilarity                        | 2.15    | 2.90     | 1.35    |
| Energy                               | 0.04    | 0.09     | 0.02    |
| Entropy                              | 4.07    | 4.58     | 3.57    |
| Homogeneity1*                        | 0.54    | 0.64     | 0.43    |
| Homogeneity2*                        | 0.49    | 0.60     | 0.37    |
| Maximum probability                  | 0.11    | 0.29     | 0.04    |
| Sum of squares: Variance             | 531.30  | 644.86   | 425.09  |
| Sum average                          | 45.78   | 50.68    | 40.82   |
| Sum variance                         | 1870.96 | 2317.94  | 1477.36 |
| Sum entropy                          | 2.84    | 3.10     | 2.48    |
| Difference variance                  | 12.32   | 20.30    | 5.17    |
| Difference entropy                   | 1.89    | 2.16     | 1.56    |
| Information measure of correlation1  | -0.24   | -0.15    | -0.32   |
| Information measure of correlation2  | 0.82    | 0.89     | 0.70    |
| Inverse difference normalized (INN)  | 0.94    | 0.96     | 0.92    |
| Inverse difference moment normalized | 0.99    | 0.99     | 0.98    |

\* مقادیر استخراج شده برای ویژگی‌های همبستگی (Correlation) و همگنی (Homogeneity) براساس دو فرمول استفاده شده در نرم افزار متلب و منبع استفاده شده می‌باشد که در حین استفاده از ماتریس هم رخدادی می‌توان استفاده نمود. همانگونه که مشاهده می‌شود، اختلافی بین دو رابطه برای همبستگی وجود ندارد. ولی مقادیر محاسبه شده برای همگنی نمونه متفاوت می‌باشد.

مقادیر اشاره شده در جدول ۴، با فرض تقسیم تعداد سطوح خاکستری ۲۲ بدست آمده است که با تغییر تعداد تقسیم‌بندی تعداد سطوح خاکستری، مقادیر متفاوت‌تری بدست خواهد آمد.

از آنجائیکه در انتخاب نمونه‌های مورد تصویربرداری، فقط نمونه‌های شکسته حذف گردیدند، بنابراین مقادیر بدست آمده در جداول ۳ و ۴، شامل اطلاعات بدست آمده برای مجموعه کاملی از نمونه‌ها، اعم از سالم و ناسالم استخراج گردیده است و می‌توان دلیلی برای اختلاف بین مقادیر حداقل و حداکثر پارامترها اشاره نمود.

#### ۴- مراجع

- Agricultural Statistics (2017). Ministry of Agriculture, Deputy Director of Economic and Planning, ICT Center (Persian).
- Choudhary, R., Paliwal, J., Jayas, D.S.(2008). Classification of cereal grains using wavelet, morphological, colour, and textural features of non-touching kernel images. *Biosystems Engineering*, 99, 330–337.
- Ebrahimi, E., Mollazade, K. & Babaei, S. (2014). Toward an automatic wheat purity-measuring device: A machine vision-based neural networks-assisted imperialist competitive algorithm approach. *Measurement*, 55, 196-205.
- FAS, 2007. United States Department of Agriculture. <<http://www.fas.usda.gov>> Available at: (accessed 12.12.08).
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. H. (1973). "Textural features for image classification". *Systems, Man and Cybernetics. IEEE Transactions on*, 6, 610–621.
- Majumdar, S., Jayas, D.S., 2000. Classification of cereal grains using machine vision: III. Texture models. *Trans. ASAE* 43, 1681–1687.
- Manickavasagan, A., Sathya, G., Jayas, D.S. & White, N.D.G. (2008). Wheat class identification using monochrome images. *Journal of cereal science*, 47(3), pp.518-527.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک  
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



- Neethirajan, S., Karunakaran, C., Symons, S. & Jayas, D.S.(2006). Classification of vitreousness in durum wheat using soft X-rays and transmitted light images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 53(1), pp.71-78.
- Paliwal, J., Visen, N.S., Jayas, D.S., & White, N.D.G. (2003). Comparison of a neural network and non-parametric classifier for grain kernel identification. *Biosystems Engineering*, 85, 405–413.
- Roustaii, M., Sadeghzadeh, D., Zadehassan, E., & Arshad, Y. (2002). Factor analysis for studying characteristic relations influencing grain yield of wheat in dryland. *Agricultural Science Journal*, 3, pp. 1-10.
- Roostae, M. (2017). Cereal seed production meeting in deputy of agricultural ministry, Tehran, Iran.
- Shahin, M.A., Dorrian, E., & Symons, S.J.(2005). Machine vision system to detect hard vitreous kernels in durum wheat. Proc. CSAE/SCGR Annual Conference, Winnipeg, June.
- Tahir, A.R., Neethirajan, S., Jayas, D.S., Shahin, M.A., Symons, S.J. and White, N.D.G. (2007). Evaluation of the effect of moisture content on cereal grains by digital image analysis. *Food Research International*, 40(9), pp.1140-1145.
- Venora, G., Grillo, O. and Saccone, R.(2009). Quality assessment of durum wheat storage centres in Sicily: evaluation of vitreous, starchy and shrunken kernels using an image analysis system. *Journal of cereal science*, 49(3), pp.429-440.
- Wang, N., Zhang, N., Dowell, F.E., & Pearson, T. (2005). Determining vitreousness of durum wheat using transmitted and reflected images. *Transaction of the ASAE*, 48 (1), 219–222.