



مقایسه الگوریتم‌های رایج آشکارساز لبه به منظور آشکارسازی لبه‌ها در دانه‌های بدون ترک و ترک دار شلتوک

علی دباغی^۱، محمد هادی خوش تقاضا^{۲*}، محمد رضا علیزاده^۳ و حماد ذرعی فروش^۴

^۱ دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس؛ ali_d_110@yahoo.com

^۲ دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس؛ khoshtag@modares.ac.ir

^۳ دانشیار بخش فنی و مهندسی موسسه تحقیقات برنج کشور؛ alizadeh_mohammadreza@yahoo.com

^۴ استادیار گروه مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه گیلان؛ hemad.zareiforush@guilan.ac.ir

چکیده

در این مقاله، توانایی الگوریتم‌های مختلف آشکارساز لبه در پردازش تصویر به منظور آشکارسازی لبه‌ها در دانه‌های شلتوک ترک‌دار و بدون ترک مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا با استفاده از روش‌های نورپردازی از جلو و پشت، تصاویر مطلوب تهیه شدند. سپس از دو روش آشکارساز لبه مبتنی بر گرادیان (الگوریتم‌های سوبل و رابرتز) و لاپلاسیان (الگوریتم لاپلاس به روش حذف گوس (LoG)) استفاده شد. به منظور ارزیابی عملکرد، تصویر خروجی و آنتروپی نشان تصاویر خروجی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تصاویر خروجی مرتبط با الگوریتم سوبل، بهترین عملکرد را در آشکارسازی لبه و خطوط ترک در دانه‌های بدون ترک و ترک‌دار داشت. ضعیف‌ترین عملکرد مرتبط با الگوریتم LoG بود. مقدار آنتروپی نشان تصاویر خروجی حاصل از اجرای الگوریتم سوبل برای دانه‌های ترک‌دار و بدون ترک به ترتیب ۰/۷۰۷۳ و ۰/۷۸۳۰ بدست آمد. در حالیکه مقدار آنتروپی برای تصاویر خروجی الگوریتم LoG برای دانه‌های ترک‌دار و بدون ترک به ترتیب ۰/۲۵۴۸ و ۰/۲۴۹۲ بود. نتایج این تحقیق می‌تواند در سایر مراحل پردازش تصویر اعم از تشخیص الگو، استخراج ویژگی و طبقه بندی مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: پردازش تصویر، آشکارساز لبه، آنتروپی، ترک شلتوک

Comparison of Common Edge Detection Algorithms in Order to Detect Edges in Non-Cracked and Cracked Paddy Grains

Ali Dabaghi¹, Mohamad Hadi Khoshtaghaza², Mohamad Reza Alizadeh³, Hemad Zareiforush⁴

¹ Ph.D. Candidate, Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University

² Associate professor, Biosystems Engineering Department, Tarbiat Modares University

³ Associate professor, Department of Agricultural Engineering, Rice Research Institute of Iran (RRII)

⁴ Assistant professor, Department of Agricultural Mechanization Engineering, University of Guilan

ABSTRACT

In this paper, the ability of different edge detection algorithms in image processing were evaluated in order to detect edges in cracked and non-cracked paddy grains. With using front and back lighting techniques, appropriate images were prepared. Then two methods of gradient-based edge detection (Sobel and Roberts algorithms) and Laplacian-based edge detection (Laplacian of Gaussian (LoG)) were used. To evaluate the performance, the output images and Shannon entropy of output images were considered. The results showed that the output images of Sobel algorithm has the best performance on detecting edges and crack lines in the cracked and non-cracked grains. The weakest performance was related to LoG algorithm. The value of Shannon entropy obtained from output image of Sobel algorithm for cracked and non-cracked paddy grains was 0.7073 and 0.7830, respectively. While the value of Shannon entropy of output image of LoG algorithm for cracked and non-cracked paddy grains was 0.2548 and 0.2492, respectively. The results of current study can be used in other steps of image processing such as pattern recognition, feature extraction and classification.

Keywords: Image processing, edge detector, entropy, cracked paddy

۱- مقدمه

برنج یک از محصولات مهم و استراتژیک در جهان و مخصوصاً در آسیا است. برای آسیای شرقی، این محصول جزء غذاهای اصلی و منبع عمده تامین انرژی روزانه می‌باشد (Dabaghi et al., 2013). همچنین این محصول جزء محصولات مهم در ایران محسوب می‌شود. مناطق اصلی کشت برنج در ایران در استان‌های مازندران و گیلان است که تولید ۷۵ درصد محصول کشور را بر عهده دارند. ارزش اقتصادی برنج ارتباط مستقیمی با کیفیت دانه‌های آن دارد. کیفیت دانه شامل کیفیت ظاهری نظیر شکل، اندازه و ظاهر دانه؛ کیفیت تبدیل یعنی توانایی تبدیل برنج سفید از شلتوک و کیفیت پخت می‌باشد (De Babandya & Satish, 2007; Frei & Backer, 2003).

میزان ضایعات برنج در دنیا حدود ۲۷/۴ درصد است که بیشترین مقدار آن (حدود ۸-۶ درصد) به مرحله برداشت (اعم از درو و خرمن‌کوبی) تعلق دارد. مقدار ضایعات شلتوک ورودی به کارخانه برنج‌کوبی تأثیر زیادی بر عملکرد تبدیل شلتوک به برنج سفید دارد. مقدار ضایعات شلتوک به



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



درصد رطوبت، تغییرات رسیدگی، دانه‌های نارس، دانه‌های آسیب دیده و دانه‌های شکسته بستگی دارد (Esfehani et al., 2010). دانه‌های شلتوک به واسطه تغییرات سریع و غیر قابل کنترل رطوبت، جذب موضعی رطوبت و تنظیم نامناسب دستگاه خرمن کوب یا کمباین و یا استفاده از کمباین گندم به جای کمباین مخصوص برنج که ناشی از عدم آگاهی کافی کشاورز و مالک کمباین است، می‌تواند دچار ترک خوردگی، شکستگی و پوست کندگی شده و در نهایت بازده برنج سفید سالم کاهش می‌یابد و این امر در ارزش اقتصادی برنج تاثیرگذار است. در روش سنتی، تعیین درصد ترک شلتوک بواسطه پوست کنی با دست انجام شده که فرآیندی وقت‌گیر، هزینه بر، سخت و طاقت فرسا بوده و به ندرت توسط کارخانه دارن انجام می‌گیرد و نیازمند جایگزینی با روش‌های کم‌هزینه‌تر و سریع‌تر می‌باشد و پردازش تصویر یکی از این روش‌ها است.

در سال‌های گذشته تحقیقاتی به منظور بررسی ترک خوردگی دانه‌های برنج با استفاده از روش‌های مبتنی بر پردازش تصویر صورت گرفته است. در این تحقیق‌ها، روش نورپردازی نقش بسیار مهمی در افزایش قابلیت تشخیص ترک دارد (Lan et al., 2002). بر اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته، مناسب‌ترین روش برای تشخیص ترک در دانه‌های برنج، عبور دادن نور از میان دانه‌ها در شرایطی است که دانه‌ها بصورت منظم روی یک سطح چیده شده باشند (Courtois et al., 2010). لن و همکاران (Lan et al., 2002) در تحقیقی با استفاده از این فرضیه که ترک برنج باعث شکست نور می‌شود، از روش نورپردازی از پشت برای آشکارسازی ترک در دانه‌های برنج استفاده کردند. روش نورپردازی از پشت با منبع نوری فیبر-اپتیکی به منظور دستیابی به روشنایی مورد نظر در تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. به منظور استخراج ترک در تصاویر دانه‌ها، یک سری الگوریتم شامل تصحیح گاما، فیلتر بالا گذر، تنظیم تباين و ارتقاء ناحیه‌ای استفاده شد. پس از اجرای الگوریتم‌های ذکر شده بر تصویر تک دانه برنج، ترک درون برنج مشخص شد. زمان پردازش خیلی زیاد و کار روی تک دانه از معایب روش پیشنهادی توسط این محققین بود. همچنین هاودونگ و همکاران (Huadong et al., 2006) با استفاده از مقادیر میانگین سطح خاکستری تصاویر اقدام به آشکارسازی ترک در تصاویر تک دانه برنج کردند. در تحقیق دیگری کورتویس و همکاران (Courtois et al., 2010) از فن‌آوری پردازش تصویر برای تشخیص ترک در برنج نیم‌جوش استفاده کردند. در این رویکرد، ابتدا وضوح تصویر افزایش یافت و یک مقدار آستانه براساس رنگ دانه‌های برنج در تصویر اعمال شد. سپس، تصویر مقیاس خاکستری برای هر دانه به منظور تشخیص ترک مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین در مورد چنین روشی گزارش شد در شرایطی که تعداد زیادی از دانه‌های برنج در تماس با یکدیگر باشند، زمان لازم برای پردازش تصویر ممکن است از یک ساعت بیشتر باشد.

در پژوهشی، شیمیزو و همکاران (Shimizu et al., 2008) شکل‌گیری ترک در دانه‌های برنج طی فرآیند جذب رطوبت را با استفاده از پردازش تصویر مورد مطالعه قرار دادند. همچنین تحقیقی دیگر توسط سایبمورگن و همکاران (Siebenmorgen et al., 2009) به منظور تعیین اثر رطوبت، رقم، رطوبت نسبی و دمای هوا بر نرخ و مقدار ترک خوردگی دانه‌های برنج صورت پذیرفت. آنها از یک دوربین ویدیویی با بزرگ‌نمایی ۱۰ برابر در داخل یک محفظه‌ی کنترل محیطی برای ثبت و نمایش شکل‌گیری ترک در دانه‌های برنج استفاده شد. به منظور نمایان کردن ترک درون دانه‌ها از روش نورپردازی از دو طرف استفاده شد. پس از اتمام هر آزمایش، تصاویر ثبت شده به منظور محاسبه‌ی تعداد دانه‌های ترک خورده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

لازم به ذکر است که تمامی روش‌های ذکر شده در بالا برای دانه برنج به کار گرفته شده‌اند. در حالیکه در دانه‌های شلتوک به واسطه دارا بودن پوست، استفاده از روش‌های ذکر شده در بالا تقریباً بدون نتیجه است. در تحقیقی، منزس و همکاران (Menezes et al., 2012) توانایی اشعه X در آشکارسازی ترک دانه‌های شلتوک خشک شده در شرایط دمایی مختلف را مورد بررسی قرار دادند. آنها همچنین ارتباط بین دانه‌های آسیب دیده و عملکرد دانه از لحاظ جوانه‌زنی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که اشعه X ابزار قدرتمندی در تشخیص ترک درون دانه شلتوک است. در تحقیقی دیگر ادک و همکاران (Odek et al., 2017) با استفاده از روش تصویر برداری اشعه X، ایجاد ترک را در شرایط مختلف خشک شدن شلتوک مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنها نشان دهنده موثر بودن روش تصویر برداری اشعه X در تعیین ترک شلتوک بود که این نتایج می‌تواند در بررسی‌های مرتبط با سنتیک خشک شدن مفید باشد. خطرات ناشی از استفاده اشعه ایکس و پرهزینه بودن این روش از معایب روش تصویر برداری اشعه X برای تشخیص ترک می‌باشد.

یک گام اساسی در هر سیستم بینایی کامپیوتری، یافتن ویژگی‌های کلیدی در یک تصویر است. استخراج ویژگی مبتنی بر تشخیص لبه‌ها است. آشکارسازی لبه، تعریفی برای مجموعه‌ای از روش‌های ریاضی است که هدف آن‌ها شناسایی نقاطی در تصاویر دیجیتال است که در آن نقاط روشنایی تصویر به شدت و یا کمی بیشتر از حالت عادی تغییراتی داشته است. هدف اصلی آشکارسازی لبه، ساده سازی داده‌های تصویر به منظور کاهش داده‌های قابل پردازش است (Ziou & Tabbone, 1998). هدف این مقاله بررسی خروجی الگوریتم‌های مرسوم تشخیص لبه به منظور آشکارسازی لبه‌ها و همچنین خطوط ترک در شلتوک‌های ترک دار و بدون ترک است. نحوه عملکرد این الگوریتم‌ها در بخش مواد و روش‌ها توضیح داده خواهد شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه نمونه

مقدار یک کیلوگرم شلتوک نمونه هاشمی از موسسه تحقیقات برنج کشور تهیه شد. درصد رطوبت اولیه محصول با استفاده از دستگاه رطوبت سنج دیجیتال (GMK model 303RS, Korea) اندازه گیری شد و در محدوده ۱۴-۱۱ درصد بر پایه تر بود. ابتدا مواد خارجی (مانند سنگریزه و ...) و دانه های ناخواسته (دانه های نارس و ...) بصورت دستی از نمونه جداسازی شدند. سپس نمونه ها در معرض نور عبوری قرار داده شدند و تعداد ۱۰۰ دانه از نمونه حاوی دانه های ترک دار و بدون ترک برای تهیه تصویر انتخاب شدند.

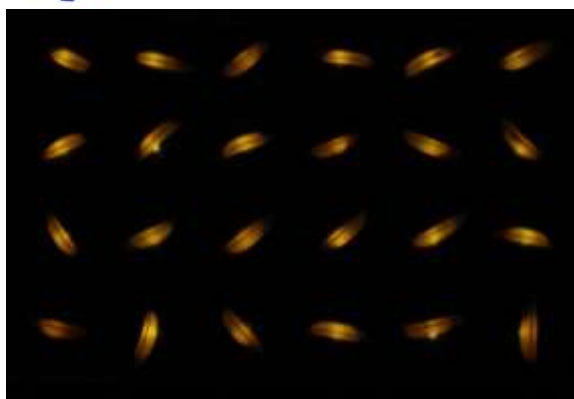
۲-۲- تهیه تصویر

به منظور ایجاد شرایط مناسب جهت آشکارسازی ترک، دستگاهی ساخته شد (شکل ۱). بر طبق شکل (۱)، دستگاه از یک محفظه تصویر برداری، دوربین، سامانه نورپردازی از جلو و پشت و سامانه مکشی تشکیل شده است. محفظه دارای ابعاد ۸۰×۵۰×۵۰ سانتی متر می باشد که تمامی تجهیزات درون آن قرار گرفته است. از دوربین کانن (Cannon EOS-750D) با لنز ۵۵-۱۸ میلیمتر به منظور اکتساب تصویر استفاده شد. سامانه نورپردازی از جلو شامل ۸ عدد LED نوری به انضمام یک دیمر کنترل شدت نور می باشد که به واسطه دیمر، شدت نور ورودی به لنز دوربین کنترل شده و از اشباع تصاویر جلوگیری می شود. به منظور آشکارسازی ترک از یک سامانه نورپردازی از پشت استفاده شده است. این سامانه متشکل از تعدادی سوراخ به قطر ۱ میلی متر است که در زیر هر سوراخ یک لامپ LED کوچک نصب شده است. این سامانه نیز دارای قابلیت کنترل شدت نور عبور داده شده از هر سوراخ می باشد که برای تشخیص ترک ضروری است. به منظور استقرار دانه ها در جلوی سوراخ ها، از یک سامانه مکشی استفاده شد. این سامانه شامل یک محفظه موتور، موتور مکشی با توان ۱۴۰۰ وات و دیمر کنترل دور است. به واسطه دیمر کنترل دور موتور، میزان مکش مورد نیاز جهت استقرار دانه ها جلوی سوراخ ها ایجاد می شود. تصاویر کسب شده از دانه های ترک دار و بدون ترک در شکل ۲ نشان داده شده است.

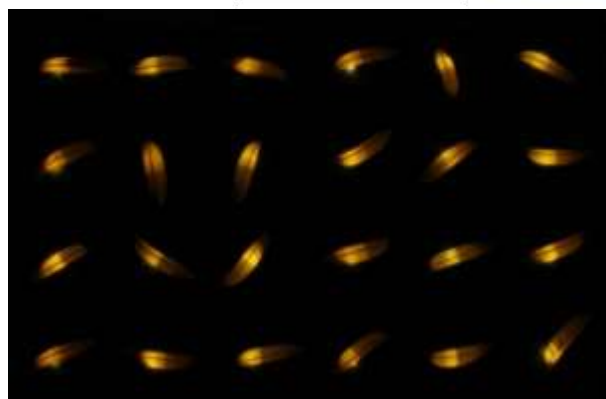


Figure 1. Image acquisition setup

شکل ۱- جزئیات دستگاه تهیه تصویر



a) Image of non-cracked grain



b) Image of cracked grain

Figure 2. Images of non-cracked and cracked grains

شکل ۲- تصاویر دانه‌های ترک دار و بدون ترک شلتوک

۳-۲- روش‌های آشکارسازی لبه

بدون تردید مهم‌ترین پارامتر در تصویر که درک آن بیشترین تاثیر را دارد لبه‌ها می‌باشند. در ساده‌ترین حالت، محل تغییرات در سطح روشنایی و نقاط ناپیوستگی تصویر که حداقل شامل چند پیکسل باشد را می‌توان لبه تعریف کرد. لبه‌ها در تصویر به انواع مختلفی نظیر لبه پله‌ای، لبه شیب‌دار، لبه خطی و لبه خیزشی (شیروانی) تقسیم بندی می‌شوند (شکل ۳). روش‌های آشکارسازی لبه را می‌توان به دو گروه طبقه بندی کرد: براساس گرادیان و براساس لاپلاسین (Dharampal & Mutneja, 2015).

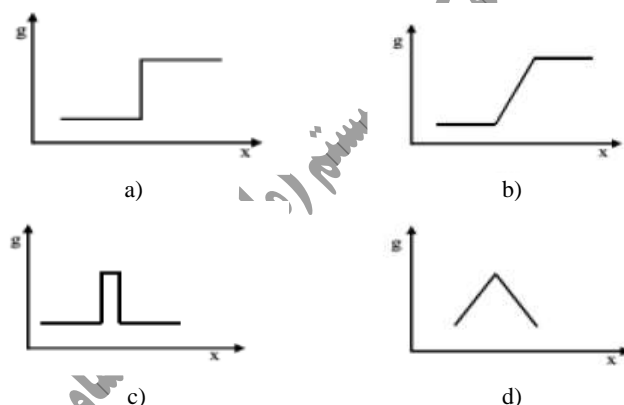


Figure 3. Edge types: (a) Step edge, (b) Ramp edge, (c) Line edge, (d) Roof edge

شکل ۳- انواع لبه: (a) لبه پله‌ای، (b) لبه شیب دار، (c) لبه خطی، (d) لبه خیزشی (شیروانی)

۳-۲-۱- آشکارساز لبه بر اساس گرادیان^۵

در روش گرادیان، لبه‌ها بواسطه گرفتن مشتق اول از تصویر و یافتن نقاط بیشینه تشخیص داده می‌شوند. همچنین مقدار گرادیان به منظور محاسبه قدرت لبه مورد استفاده قرار گرفته است. روش گرادیان، روش نقاب‌دار تصاویر دیجیتال نیز نامیده می‌شود (Jain, 1989). به واسطه نقاب تصویر، تقریب‌های مشتق در جهت‌های افقی و عمودی تصویر محاسبه می‌شود. این عمل بواسطه کانالو کردن نقاب در تصویر مورد نظر حاصل می‌شود. بخشی به عنوان لبه در نظر گرفته می‌شود که در آن مقدار سطح خاکستری به سرعت تغییر کند. گرادیان f در مختصات (x, y) برای تابع

- 1. Step edge
- 2. Ramp edge
- 3. Line edge
- 4. Roof edge
- 5. Gradient
- 6. Mask



$f(x, y)$ از رابطه (۱) تعیین می‌گردد (Dharampal & Mutneja, 2015). عملگرهایی مانند سوبل، پرویت^۲ و رابرتز^۳ و کنی^۴ بر این اساس عمل می‌کنند.

$$\nabla f = G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{df}{dx} \\ \frac{df}{dy} \end{pmatrix} \quad (1)$$

مقدار بردار ∇f که با $M(x, y)$ نشان داده شده است از رابطه (۲) به دست می‌آید:

$$M(x, y) = \text{magnitude}(\nabla f) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (2)$$

در واقع $M(x, y)$ نرخ تغییرات در جهت بردار گرادیان در مختصات (x, y) را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه تابع گرادیان از مشتق‌گیری به دست آمده است، بنابراین یک عملیات خطی است. اما به دلیل اینکه برای به دست آوردن اندازه تابع گرادیان $M(x, y)$ یک بار مجذور و بار دیگر جذر گرفته می‌شود، این تابع در واقع خطی نیست. به همین منظور از رابطه‌ی خطی زیر برای محاسبه $M(x, y)$ استفاده می‌شود:

$$M(x, y) \approx |g_x| + |g_y| \quad (3)$$

جهت گرادیان از رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{g_y}{g_x}\right) \quad (4)$$

که در اینجا زاویه بر اساس محور x اندازه‌گیری شده است. جهت لبه عمود بر گرادیان در هر نقطه است.

عملگر سوبل: در روش‌های آشکارسازی لبه، عملگر سوبل کاربرد فراوانی دارد. محاسبه مشتق نسبی در عملگر سوبل بواسطه کانولوشن^۵

نقاب‌های زیر در تصویر خاکستری انجام می‌پذیرد (Dharampal & Mutneja, 2015):

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * A \quad \text{and} \quad G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * A \quad (5)$$

نقاب سوبل افقی بیشتر لبه‌های افقی را مشخص می‌کند (مشتق در جهت افقی، G_x) و نقاب سوبل عمودی، لبه‌های عمودی را مشخص می‌کند (مشتق در جهت عمودی، G_y). به منظور استخراج تمامی لبه‌ها (افقی و عمودی) از رابطه (۳) استفاده می‌شود. مناطقی که مقدار گرادیان کلی آن از مقدار حد آستانه تعیین شده بیشتر باشد به عنوان لبه معرفی می‌شود.

عملگر رابرتز: به منظور ایجاد آشکارسازی لبه با عملگر رابرتز، نقاب‌های رابطه (۶) در تصویر خاکستری کانالو می‌شود تا G_x و G_y بدست

آید. در مرحله بعدی، همانند عملگر سوبل، تصویر نهایی حاوی لبه از رابطه (۳) محاسبه می‌شود. سرعت محاسبه این عملگر به دلیل کاهش ابعاد ماتریس، بیشتر از سایر عملگرها است (Arora & Kaur, 2012).

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} * A \quad \text{and} \quad G_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} * A \quad (6)$$

۲-۳-۲- آشکارسازی لبه براساس لاپلاسیان^۶

آشکارساز لبه براساس لاپلاسیان بواسطه محاسبه مشتق مرتبه دوم تصویر، لبه‌ها را مشخص می‌سازد. مشتق مرتبه دوم دارای نقطه عبور از صفر است که در آن لبه‌های تصویر نمایان می‌شوند. آشکارساز لاپلاس به روش حذف گوس^۷ از جمله مفیدترین آشکارساز براساس مشتق دوم است. زیرا که مشتق دوم خیلی به نویز حساس است و این ویژگی در زدودن نویز از تصویر موثر است. این آشکارساز به آشکار ساز Marr-Hildreth نیز معروف است. در این روش تصویر در ابتدا به منظور کاهش نویز با یک فیلتر گوسی کانالو می‌شود و این عمل به منظور کاهش نقاط نویز و ساختارهای کوچک مرتبط با آن انجام می‌پذیرد. پیکسل‌هایی که دارای گرادیان ماکزیمم محلی هستند و در آن پیکسل‌ها مشتق دوم آنها صفر است، به عنوان لبه مورد آزمایش قرار می‌گیرند. نقاط صفر در مشتق دوم از لبه‌های غیر مهمی که مرتبط با مشتق اول لبه‌های تصویر انتخاب شده هستند و مقادیر بالاتری از مقدار حد آستانه دارند، اجتناب می‌کند. جهت لبه می‌تواند در جایی که عبور از صفر اتفاق می‌افتد، باشد. تابع دو بعدی LOG بصورت زیر تعریف می‌شود (Nadernejad et al., 2008):

^۱ Sobel

^۲ Prewitt

^۳ Roberts

^۴ Canny

^۵ Convolution

^۶ Laplacian

^۷ LoG: laplacian of Gaussian



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (7)$$

که در آن σ انحراف معیار گوسی می باشد.

برخلاف عملگر سوپل، آشکارساز لایلاس تنها از یک نقاب به منظور محاسبه مشتق دوم استفاده می کند. این نقاب در شکل ۲ نشان داده

شده اند. لازم به ذکر است تنها یک نقاب از سه نقاب نشان داده شده در شکل ۲ مورد استفاده قرار می گیرد.

$$masks = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ or } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{ or } \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

۲-۴- ارزیابی

به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتمها، ابتدا تصاویر خروجی الگوریتمها مورد بررسی قرار گرفت و سپس مقدار آنتروپی شان برای تصاویر

خروجی محاسبه شد. آنتروپی شان از رابطه (۹) قابل محاسبه است (Verma et al., 2013):

$$H(I) = -\sum_{i=0}^{L-1} p_i \log(p_i) \quad (9)$$

که در آن I مربوط به تصویری است که آنتروپی آن اندازه گیری می شود و p_i احتمال رخداد با شدت روشنایی i و L تعداد سطوح روشنایی

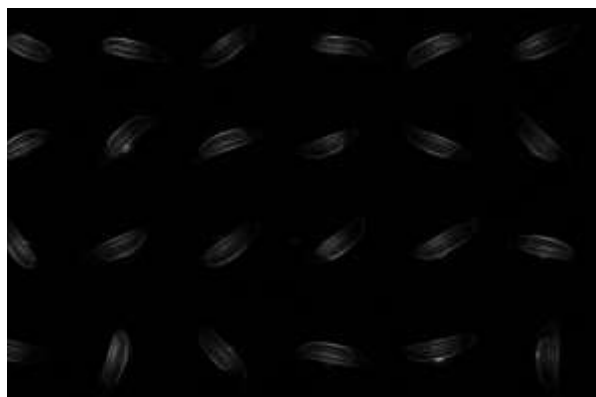
است.

۳- نتایج و بحث

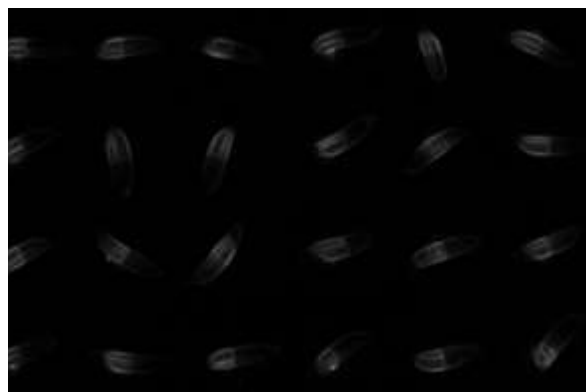
از نرم افزار MATLAB 2014a به منظور اجرای کلیه الگوریتمهای آشکارساز لبه استفاده شد. با توجه به شکل (۲)، نور عبوری از دانه های

ترک دار باعث شکست نور در منطقه ترک می شود درحالی که در دانه های سالم (بدون ترک)، نور عبوری در تمام دانه پخش می شود. نتایج حاصل از

اجرای الگوریتمها در شکل (۴) قابل مشاهده است.



(b) Sobel



(a)



(d) Roberts



(c)



(f) LoG



(e)

Non-cracked grain

Cracked grain

Figure 4. Output images of the algorithms for non- cracked and cracked grains

شکل ۴- تصاویر خروجی الگوریتم های مورد بررسی برای دانه های ترک دار و بدون ترک

نتایج نشان دادند که استفاده از عملگر سوبل توانست بهترین نتیجه را در آشکارسازی لبه ها، هم در دانه های ترک دار و هم در دانه های سالم بدهد (شکل a و b-۴). همچنین تصویر خطوط نشان دهنده ترک در دانه های ترک دار به خوبی نمایان شده اند (شکل b-۴). پس از عملگر سوبل، تصاویر بدست آمده از آشکارساز لبه به کمک عملگر رابرتز نشان داد که برخی خطوط لبه در این عملگر به نادرست حذف شده اند و در نتیجه این عملگر نسبت به عملگر سوبل ضعیف تر می باشد (شکل c و d-۴). دلیل آن هم می تواند استفاده از نقاب 2×2 باشد. زیرا عملگر سوبل از نقاب با 3×3 در جهت های افقی و عمودی استفاده می کند و می تواند پس از کانالو شدن در تصویر ورودی، خروجی بهتری ارائه دهد.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



همچنین نتایج نشان دادند که عملگر LoG قادر به آشکارسازی لبه‌ها در تمامی کلاس دانه‌ها نبود (شکل f و e-4). الگوریتم LoG در ابتدا از یک فیلتر گوسی برای کاهش نویز استفاده می‌کند و این امر باعث شده تا لبه‌های ریز و دارای اطلاعات و ساختارهای کوچک در این الگوریتم به عنوان نویز در نظر گرفته شده و حذف شوند. در نتیجه خروجی الگوریتم هیچگونه اطلاعاتی در زمینه آشکارسازی لبه ارائه نمی‌دهد. جدول (1) مقادیر آنتروپی محاسبه شده برای تصاویر خروجی مختلف را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار آنتروپی نشان دهنده بیشترین استخراج اطلاعات لبه در تصویر است (Verma et al., 2013). با توجه به جدول (1)، مقادیر آنتروپی بدست آمده بواسطه روش سوبل از سایر روش‌ها بیشتر بود و با توجه به آنچه که در شکل b و a-4 قابل مشاهده است، عملگر سوبل اطلاعات قابل قبولی را در جهت آشکارسازی لبه می‌دهد. همچنین کمترین میزان آنتروپی مربوط به عملگر LoG بود.

جدول 1- مقادیر آنتروپی نشان محاسبه شده برای الگوریتم‌های مختلف

Algorithms type \ Grain Class	Cracked paddy grain	Non-cracked paddy grain
Sobel	0.7073	0.7830
Roberts	0.6962	0.6883
LoG	0.2548	0.2492

4- نتیجه‌گیری

در این مقاله از سه الگوریتم مختلف پردازش تصویر (الگوریتم‌های سوبل، رابرتز و LoG) به منظور آشکار سازی لبه‌ها در تصاویر دانه‌های شلتوک سالم و ترک‌دار استفاده شد. نتایج نشان داد که روش گرادیان (الگوریتم‌های سوبل و رابرتز) دارای عملکرد بهتری نسبت به روش لاپلاسیان (الگوریتم LoG) بود. در این بین الگوریتم تشخیص لبه سوبل از سایر الگوریتم‌ها عملکرد بهتری داشت و توانست تصاویر خروجی بهتری را به منظور آشکارسازی لبه‌ها ارائه دهد. به منظور آنالیز عملکرد الگوریتم‌ها، مقادیر آنتروپی نشان تصاویر خروجی محاسبه شد که روش سوبل دارای بیشترین مقدار آنتروپی و روش LoG کمترین مقدار آنتروپی را هم در دانه‌های بدون ترک و هم در دانه‌های ترک دار داشتند.

5- تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از دانشگاه تربیت مدرس و موسسه تحقیقات برنج کشور بواسطه فراهم نمودن امکانات و پشتیبانی‌های لازم به منظور انجام این تحقیق، تقدیر و تشکر می‌کنند.

6- فهرست علائم و نشانه‌ها

واحد	شرح علامت	علامت اختصاری
بدون بعد	تعداد سطوح خاکستری	L
بدون بعد	گرادیان در جهت افقی	G_x
بدون بعد	گرادیان در جهت عمودی	G_y
بدون بعد	احتمال رخداد با شدت روشنایی i	p_i
بدون بعد	گرادیان	∇
درجه	زاویه	θ
بدون بعد	انحراف معیار	σ

7- منابع

Book:

Jain, A. K. (1989). Fundamentals of digital image processing. Upper Saddle River, USA: Prentice-Hall.

Journal Article:

Arora, S., & Kaur, A. (2012). Modified edge detection technique using fuzzy inference system. *International Journal of Computer Applications*, 44, 9-12.

Courtois, F., Faessel, M., & Bonazzi, C. (2010). Assessing breakage and cracks of parboiled rice kernels by image analysis techniques. *Food Control*, 21, 567-572.

Dabbaghi, A., Massah, J., & Alizadeh, M. R. (2013). Physical properties of pre-germinated paddy seeds of different varieties. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(4), 306-312.

De Babandya, M. & Satish, B. (2007). Effect of degree of milling on specific energy consumption, optical measurements and cooking quality of rice. *Journal of Facultative Engineering*, 80, 119-125.

Dharampal, & Mutneja, V. (2015). Methods of image edge detection: a review. *Journal of Electrical and Electronic*



Systems, 4(2), 150.

Esfehani, M., Alizadeh, M. R., Sabori, S., Motamed, M. k., & Amiri, Z. (2010). An analysis on loss and strategies to reduce rice loss. *Iranian Journal of Crop Science*, 12(2). (Persian).

Frei, M., & Becker, K. (2003). Studies on the in vitro starch digestibility and glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. *Journal of Food Chemistry*, 83, 395-400.

Huadong, Z., Muhua, L., Yanhong, W., & Jing, L. (2006). Rice fissure detection using computer vision. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 22, 129-133.

Lan, Y., Fang, Q., Kocher, M., & Hanna, M. (2002). Detection of fissures in rice grains using imaging enhancement. *International Journal of Food Properties*, 5, 205-215.

Menezes, N. L. D., Cicero, S. M., Villela, F. A., & Bortolotto, R. P. (2012). Using X-Rays to evaluate fissures in rice seeds dried artificially. *Revista Brasileira de Sementes*, 34(1), 70-77.

Nadernejad, E., Sharifzadeh, S., & Hassanpour, H. (2008). Edge detection techniques: Evaluations and comparisons. *Applied Mathematical Sciences*, 2, 1507-1520.

Odek, Z. R., Prakesh, B., & Siebenmorgen, T. J. (2017). X-ray Detection of Fissures in Rough Rice Kernels. *Applied Engineering in Agriculture*, 33(5), 721-728.

Siebenmorgen, T., Saleh, M., & Bautista, R. (2009). Milled rice fissure formation kinetics. *Transactions of the ASAE*, 52, 893-900.

Shimizu, N., Haque, M., Andersson, M., & Kimura, T. (2008). Measurement and fissuring of rice kernels during quasi-moisture sorption by image analysis. *Journal of cereal science*, 48, 98-103.

Verma, O. P., Jain, V., & Gumber, R. (2013). Simple fuzzy rule based edge detection. *J Inf Process Syst*, 9(4), 575-591.

Ziou, D., & Tabbone, S. (1998). Edge detection techniques-an overview. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 8, 537-559.