



## امکان‌سنجی طراحی دستگاه بوجاری دانه کدو حلوائی

پارسا حیدری<sup>۱</sup>، علی حاجی احمد<sup>۲\*</sup>، حسن روشن قیاسی

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران (parsa.haidary@ut.ac.ir)

۲. عضو هیئت علمی دانشگاه تهران (hajiahmad@ut.ac.ir)

۳. دانشجوی ارشد دانشگاه تهران (Hossein.roshan.g@ut.ac.ir)

### چکیده

با توجه به اهمیت کشاورزی دقیق و تأثیر آن در بهبود عملکرد محصولات و ادوات کشاورزی در تحقیق پیش رو تلاش گردید به کمک پردازش تصویر روشی بهینه برای بوجاری تخمه کدو حلوائی ارائه گردد. بدین منظور از ۱۰۳ عدد تخمه کدو حلوائی تصویری برداری حرارتی انجام شد. پس از استفاده از روش‌های کاهش نویز به منظور صاف نمودن تصویر، توسط سعی و خطا آستانه موردنظر به منظور تفکیک تخمه‌های پوک از مغز دار انتخاب گردید. این سیستم دانه‌های پوک را با دقت ۱۰۰ درصد و دانه‌های مغز دار را با دقت ۹۸ درصد تفکیک نمود. در نهایت به مقایسه و امکان‌سنجی استفاده از این روش با روش‌های تجاری موجود پرداخته شد. بر پایه محاسبات تئوری، واحد پردازش تصویر این سیستم توانایی جداسازی ۷۰۰ کیلوگرم تخمه را در یک ساعت دارد.

**کلمات کلیدی:** پردازش تصویر، تصویربرداری ترموگرافی، کدو حلوائی، بوجاری

\* نویسنده مسئول: hajiahmad@ut.ac.ir



## امکان‌سنجی طراحی دستگاه بوجاری دانه کدو حلوائی

### مقدمه

کشاورزی دقیق به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر در سال‌های اخیر پیشرفت قابل ملاحظه‌ای نموده است. از مزیت‌های کشاورزی توأم با علم پردازش تصویر می‌توان به افزایش راندمان و کاهش هدر رفت انرژی اشاره کرد [8]، [6]. امروزه جداسازی و کلاسه‌بندی نمودن میوه‌ها بر اساس رسیده و نارس بودن یا نوع میوه که در کشاورزی سنتی به سهولت امکان‌پذیر نبود و منابع انسانی و هزینه‌های زیادی را می‌طلبد، به کمک پردازش تصویر به‌سادگی و با دقت بالا انجام می‌شود [10]. همچنین از تأثیر پردازش تصویر در تشخیص بیماری‌های گیاهی نمی‌توان چشم‌پوشی نمود [3]، [9]. سیستم‌های پردازش تصویر جدای از عملگرهای خود از چند واحد اساسی تشکیل می‌شوند: (1) پردازنده‌ای<sup>1</sup> که به‌عنوان هسته اصلی سیستم عمل می‌کند، این هسته می‌تواند به‌صورت مستقل عمل کند یا از پردازنده یک کامپیوتر یا گوشی موبایل به‌صورت اشتراکی استفاده نماید. (2) واحد حصول داده<sup>1</sup> که می‌تواند یک دوربین معمولی یا ترموگرافی باشد و (3) محلی برای ذخیره داده‌های گرفته‌شده، که می‌تواند حافظه جانبی پردازنده مذکور باشد [7]، [1]. پس از تشخیص ویژگی‌های موردنظر تصویر، توسط پردازنده سامانه، عملیات مناسب به‌منظور دسته‌بندی میوه‌ها یا جداسازی آن‌ها، از واحدهایی به نام عملگر<sup>2</sup> استفاده می‌گردد. این عملگرها می‌توانند مکانیکی، نیوماتیکی یا موارد دیگر باشند [2]، [4]. در پژوهش حاضر به‌منظور طراحی واحد پردازش تصویر برای جداسازی دانه‌های پوک از مغز دار کدو حلوائی، از تکنیک پردازش تصویر حرارتی استفاده گردید. به این منظور به کمک تصاویر ترموگرافی و اعمال روش آستانه‌گذاری، تلاش گردید دانه‌های پوک از دانه‌های مغز دار جداسازی گردند.

### مواد و روش‌ها

تعداد 103 دانه کدو در این آزمایش به‌صورت دستی از یک کدو حلوائی جداسازی گردیدند. دانه‌های تازه جداسازی شده به دلیل میزان بالای رطوبت، نتایج مناسبی را در تصویربرداری حرارتی منعکس نمی‌نمایند، به همین منظور ابتدا این دانه‌ها به مدت 24 ساعت در آون<sup>3</sup> حرارت داده شدند. سپس دانه‌های خشک‌شده در محیط قرار داده شدند تا شرایط تعادلی محیطی در آن‌ها به وجود آید و هم‌دمای محیط گردند. پس از آن، دانه‌ها به مدت نیم ساعت در آون با دمای 50 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا از رسیدن دانه‌ها به دمای تعادلی 50 درجه سانتی‌گراد اطمینان حاصل گردد (شکل 1). عکس‌برداری حرارتی حداکثر 10 ثانیه پس از خروج دانه‌ها از آون صورت گرفت. تصویربرداری ترموگرافی در این آزمایش به کمک یک دوربین ترموگرافی مدل FLIR ONE PRO انجام پذیرفت (شکل 2). جهت تصویربرداری صحیح، دوربین حرارتی در فاصله 35 سانتیمتری از دانه‌ها که بیشتر از حداقل فاصله مجاز عکس‌برداری دوربین (فاصله کانونی) می‌باشد، قرار گرفت. مشخصات دوربین ترموگرافی در جدول 1 ذکر شده است.

1 Data acquisition unit  
2 Actuator  
3 Oven



شکل ۱- دانه‌های قرار داده شده در آون

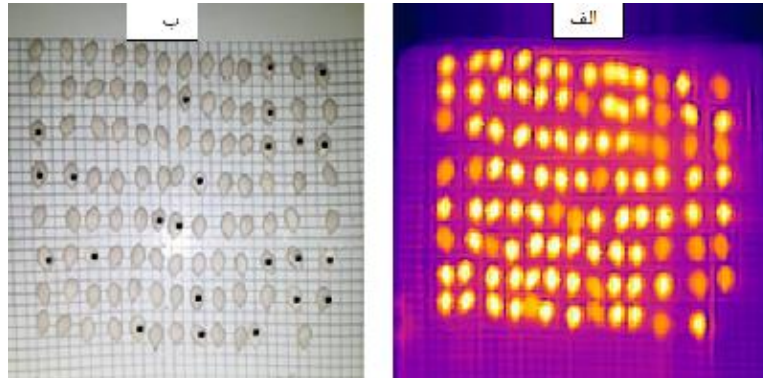


شکل ۲- دوربین حرارتی FLIR ONE PRO

جدول ۱- مشخصات دوربین FLIR ONE PRO

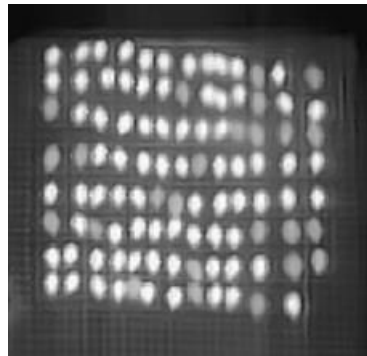
ویژگی	مقدار	واحد
دمای کاری	صفر الی ۳۵	درجه سانتی گراد
وزن	۳۶/۵ کیلوگرم	کیلوگرم
وضوح تصویر حرارتی	۱۲۰×۱۶۰	پیکسل
وضوح تصویر مرئی	۱۰۸۰×۱۴۴۰	پیکسل
فاصله کانونی دوربین	بیش از ۳۰	سانتی متر
نرخ تصویربرداری	۸/۷۸	هرتز

شکل ۳- الف تصویر حرارتی گرفته شده از دانه‌های چیده شده بر روی یک توری فلزی پس از خروج از آون را نمایش می‌دهد و در شکل ۳- ب تصویر مرئی اخذ شده از همان نمونه‌ها نشان داده شده است. در این تصویر دانه‌های پوک به کمک دایره‌های سیاه نمایش داده شده‌اند.



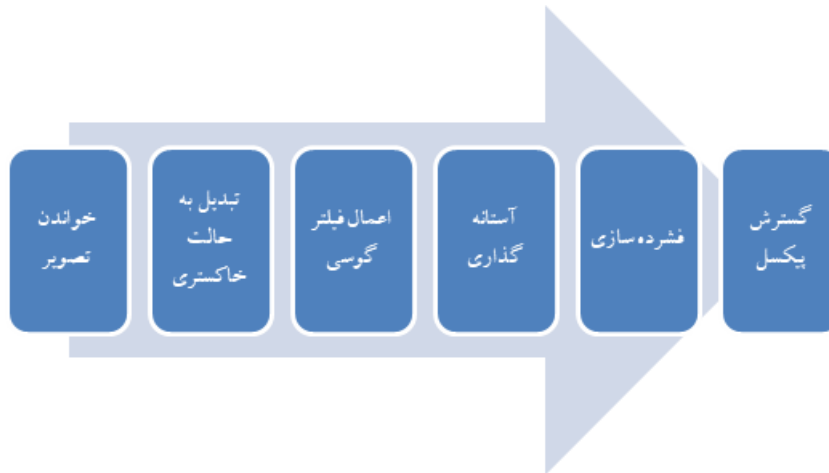
شکل 3- تصاویر گرفته شده از دانه های کدو (الف) تصویر حرارتی (ب) تصویر مرئی

پس از تهیه تصویر ترموگرافی از دانه های کدو به منظور خودکار نمودن فرآیند تشخیص دانه های پوک، از تکنیک پردازش تصویر و کد نویسی در محیط برنامه نویسی پایتون<sup>۴</sup> استفاده گردید. ابتدا تصویر به فضای خاکستری برده شد (شکل 4). سپس به منظور صاف نمودن تصویر و آماده سازی تصویر جهت فرآیندهای بعدی یک فیلتر گوسین<sup>۵</sup> روی آن اعمال گردید. در مرحله بعد به کمک سعی و خطا بر روی تصویر صاف شده، آستانه گذاری اعمال گردید که طی آن دانه هایی که دارای شدت روشنایی بیشتری از آستانه بودند، در تصویر به رنگ سفید درآمدند و دانه های با شدت روشنایی کمتر از حد آستانه به رنگ زمینه (مشکی) پیوستند. پس از این مرحله با فشردن سازی و گسترش پیکسل ها<sup>۶</sup>، پیکسل هایی به جز پیکسل های دانه های روشن (دارای دمای بیشتر) در تصویر باقی نماندند. روش پردازش تصویر به اختصار در شکل 5 نمایش داده شده است.



شکل 4- تصویر برده شده به فضای خاکستری

4 Python  
5 Gaussian filter  
6 Pixels



شکل 5- روند پردازش تصویر و تفکیک دانه‌های پوک از مغزدار کدو

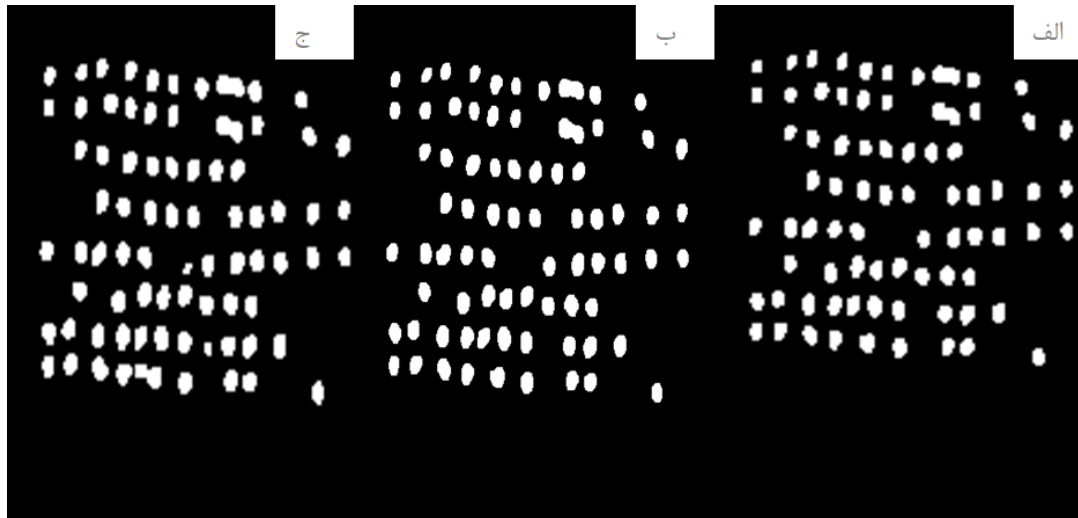
### تحلیل نتایج

از آنجا که دانه‌های مغز دار دارای شدت روشنایی بیشتری نسبت به دانه‌های پوک بودند، پس از عملیات پردازش تصویر و اعمال مقدار 189 برای آستانه، تنها دانه‌های مغز دار در تصویر باقی ماندند. شکل 6 - ب نمایانگر تصویر دانه‌ها پس از انتخاب آستانه مناسب در عمل پردازش تصویر می‌باشد و شکل الف نمایانگر آستانه‌ی بالاتر می‌باشد که باعث محو شدن بخش‌هایی از دانه‌های مغز دار گردیده است و شکل 6-ج نمایانگر جداسازی دانه‌ها با آستانه کمتر می‌باشد، که هنوز برخی دانه‌های پوک در آن مشاهده می‌شوند. با توجه به رابطه (1) تفاوت در جرم و در نتیجه ظرفیت گرمایی دانه‌های پوک باعث تمایز آن‌ها با دانه‌های مغز دار می‌گردد. دانه‌های پوک به دلیل کمبود جرم و همچنین نوع جنس پوسته، توانایی نگه‌داری میزان زیادی از انرژی گرمایی را ندارند و پس از قرار گرفتن در دمای محیط بلافاصله شروع به خنک شدن می‌نمایند. به همین دلیل در تصویر ترموگرافی، دانه‌های مغز دار درخشان‌تر از دانه‌های پوک به نظر می‌رسند که نمایانگر ظرفیت گرمایی بیشتر دانه‌های مغز دار است.

$$Q = MC\Delta T \quad (1)$$

در رابطه (1)  $Q$  انرژی مبادله شده برحسب ژول،  $M$  جرم برحسب گرم،  $C$  ظرفیت گرمایی ویژه جسم برحسب ژول بر کلونین گرم و  $\Delta T$  اختلاف دما برحسب کلونین می‌باشد.





شکل 6- دانه‌های مغز دار جداشده از پس‌زمینه با مقادیر مختلف آستانه الف) 190 ب) 189 ج) 180

همان‌طور که در شکل 6 مشاهده می‌شود، دانه‌ها به‌درستی از یکدیگر تشخیص داده شده‌اند. ماتریس اغتشاش داده‌ها که نمایانگر تعداد تشخیص‌های درست و تعداد تشخیص‌های غلط برای دانه‌های مغز دار و دانه‌های پوک می‌باشد، در جدول 2 نمایش داده شده است. به‌منظور محاسبه دقت این روش از نسبت تعداد دانه‌های درست تشخیص داده شده یک دسته بر تعداد کل دانه‌های آن دسته استفاده می‌شود. در این پژوهش، دقت تشخیص دانه‌های مغز دار 98 درصد و دقت تشخیص دانه‌های پوک 100 درصد به دست آمد.

جدول 2- ماتریس اغتشاش داده‌های تخم کدو

	پوک	24	1
مغز		0	78
دار			
	مغز	پوک	
	دار		

مدت‌زمان لازم برای اجرای کد با ثبت زمان شروع کد و زمان پایان کد و تفاضل آن‌ها از یکدیگر به دست آمد. که این مقدار تقریباً برابر 0/15 ثانیه بود. وزن هر دانه کدو تقریباً برابر با 0/29 گرم می‌باشد [5]، بنابراین تعداد 100 دانه کدو وزنی حدود 29 گرم خواهند داشت. بنابراین امکان بررسی 29 گرم دانه کدو در 0/15 ثانیه یا یک کیلو دانه کدو در 5 ثانیه برای این سیستم پردازش تصویر میسر می‌باشد. محصولات بوجاری صنعتی توانایی جداسازی 700 کیلو دانه را در ساعت دارند. توانایی جداسازی این دستگاه در صورت استفاده از عملگرهای مناسب تقریباً به حدود 700 کیلوگرم در ساعت می‌رسد. درحالی‌که میزان مصرف برق آن نسبت به دستگاه‌های بوجاری موجود بسیار کمتر می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش باهدف جداسازی تخمه‌های پوک از مغز دار کدو حلوایی از روش پردازش تصویر بهره گرفته شد. با استفاده از تکنیک‌های مختلف پردازش تصویر، تصویر حتی‌الامکان عاری از نویز گردید، سپس به کمک روش آستانه گذاری تخمه‌ها از یکدیگر تفکیک گردیدند. مقدار 189 به‌عنوان آستانه تفکیک دانه‌ها در فضای خاکستری تصویر حرارتی انتخاب گردید. دانه‌های مغز دار با دقت

98 درصد و دانه‌های پوک با دقت 100 درصد تشخیص داده شدند. با توجه به سرعت بالای تفکیک در واحد پردازش تصویر، امکان بهره‌برداری از آن به صورت صنعتی نیز وجود دارد. این واحد پردازنده توانایی تفکیک 700 کیلوگرم دانه را در ساعت دارد، که بدون در نظر گرفتن نوع عملگرهای مربوطه توانایی رقابت با نمونه‌های صنعتی موجود در بازار را دارد.

#### منابع

1. Chandel, A. K., Khot, L. R., Osroosh, Y., & Peters, T. R. (2018). Thermal-RGB imager derived in-field apple surface temperature estimates for sunburn management. *Agricultural and forest meteorology*, 253, 132-140.
2. Elgeneidy, K., Lohse, N., & Jackson, M. (2018). Bending angle prediction and control of soft pneumatic actuators with embedded flex sensors—a data-driven approach. *Mechatronics*, 50, 234-247.
3. Huang, T., Yang, R., Huang, W., Huang, Y., & Qiao, X. (2018). Detecting sugarcane borer diseases using support vector machine. *Information processing in agriculture*, 5(1), 74-82.
4. Lins, R. G., de Araujo, P. R. M., & Corazzim, M. (2020). In-process machine vision monitoring of tool wear for Cyber-Physical Production Systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 61, 101859.
5. Paksoy, M., & Aydin, C. (2004). Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. *Journal of Food Engineering*, 65(2), 225-231.
6. Pandurng, J. A., & Lomte, S. S. (2015). Digital image processing applications in agriculture: a survey. *Int J Adv Res Comp Sci Software Engg*, 3, 622-24.
7. Shi, G., Ranjan, R., & Khot, L. R. (2019). Robust image processing algorithm for computational resource limited smart apple sunburn sensing system. *Information Processing in Agriculture*.
8. Tian, H., Wang, T., Liu, Y., Qiao, X., & Li, Y. (2019). Computer Vision Technology in Agricultural Automation—a review. *Information Processing in Agriculture*.
9. Toseef, M., & Khan, M. J. (2018). An intelligent mobile application for diagnosis of crop diseases in Pakistan using fuzzy inference system. *Computers and electronics in agriculture*, 153, 1-11.
10. Vibhute, A., & Bodhe, S. K. (2012). Applications of image processing in agriculture: a survey. *International Journal of Computer Applications*, 52(2).



## Feasibility study of design of squash seeds winnower

Parsa Haidary<sup>1</sup>, Ali Hajiahmad<sup>2,\*</sup> and Hossein Roshan Ghiasi<sup>3</sup>

1. Department of Biosystems Engineering, University of Tehran
2. Department of Biosystems Engineering, University of Tehran
3. Department of Biosystems Engineering, University of Tehran

### Abstract:

Considering the importance of precision agriculture and its effect on performance improving of products and agricultural implements, in the current study, it is attempted to provide an optimal method to winnow squash seeds by image processing technique. For this purpose, a thermography image from 103 squash seeds was photographed. After removing image noises to smooth image, with trial-and-error process, intended threshold was determined to identify hollow seeds. This system was able to recognize hollow seeds with accuracy of 100% and filled seeds with accuracy of 98%. Finally, the feasibility of using this method was compared with existing commercial methods. According to theoretical calculations, the image processing unit of this system is able to sort 700 kg of seeds in one hour.

**Key words:** image processing technique, thermography imaging, squash, winnowing

\*Corresponding author Shahram Akashehe.

E-mail: hajiahmad@ut.ac.ir