

آشکارسازی نواقص پوسته تخم مرغ با استفاده از مدل محاسباتی تشخیص برجستگی تصاویر مبتنی بر سیستم بینایی انسان

مسعود خزاعی فدافن^{۱*}، ناصر مهرشاد^۲، سید محمد رضوی^۲

۱- دانشجوی دکترای الکترونیک، گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- دانشیار، گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه بیرجند، ایران

۲- دانشیار، گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه بیرجند، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۹

چکیده:

باتوجه به افزایش انتظارات مصرف کنندگان در ارتباط با کیفیت محصولات غذایی، ارزیابی دقیق و سریع این محصولات از اهمیت ویژه ای برخوردار است. تکنیکهای پردازش تصویر امکان نظارت غیرمخرب بر صنایع غذایی را فراهم کرده است. در این تحقیق الگوریتمی توانمند برای آشکارسازی نواقص پوسته تخم مرغ مبتنی بر مدل محاسباتی سیستم بینایی انسان و بر اساس حساسیت سریع سیستم بینایی انسان به محرکهای شدت روشنایی، جهت و رنگ ارائه شده است. روش پیشنهادی و چهار مدل از روشهای موجود در تشخیص برجستگی تصاویر بر روی تعدادی از تصاویر با نرم افزار Matlab R2013a در محیط Windows7 با پردازنده ۲/۵ گیگاهرتز و حافظه RAM ۴ گیگاهرتز پیاده سازی شدند. برای پیاده سازی روش پیشنهادی، مدل محاسباتی سیستم بینایی موجود در الگوریتم در سه مقیاس و شش جهت در نظر گرفته شد. نتایج حاصله که بر اساس مقایسه دیداری نتایج، رسم منحنی ROC و محاسبه AUC مدلها بودند، عملکرد مطلوب الگوریتم پیشنهادی را نسبت به سایر الگوریتمها نشان داد.

واژه های کلیدی: سیستم بینایی انسان، کیفیت تخم مرغ، مدل محاسباتی سلول ساده، پردازش تصویر

۱- مقدمه

تشخیص و طبقه بندی تخم مرغهای معیوب یکی از مسائل اساسی به لحاظ بهداشتی و اقتصادی در صنعت طیور می باشد. تشخیص زودهنگام تخم مرغ های سالم و معیوب و جداسازی آنها از نشت مواد داخلی به بیرون جلوگیری می نماید. کیفیت تخم مرغ با ارزش اقتصادی آن در بازار رابطه مستقیم دارد. کیفیت ظاهری و فیزیکی مهمترین موضوع در تعیین ارزش تخم مرغ چه بصورت تجاری و چه به منظور جوجه کشی است (۱). پردازش تخم مرغ برای مصرف انسان چهار مرحله دارد: جمع آوری، شستشو، درجه بندی و بسته بندی. گامهای اول و دوم و چهارم مکانیزه شده است ولی در گام سوم که درجه بندی مطرح می باشد، فرآیند بازرسی و مرتب سازی بررسی نواقصی مانند ترک، لکه های خاک و برای تعیین کیفیت تخم مرغها از طریق ارزیابی انسانی انجام می شود. تفاوت های افراد، استرس بینایی، خستگی، فرصت محدود برای ارزیابی تخم مرغ، افزایش هزینه های کارگری و عدم استفاده از ابزار دقیق موجب افزایش سهم خطای انسانی در درجه بندی تخم ها شده و به عبارت دیگر تخم مرغ های ترک دار و دارای نشت باید به سرعت تشخیص داده شده و از چرخه خارج شوند در غیر اینصورت در محیط آلودگی ایجاد می کنند این موضوع بخصوص در تخم مرغهایی که برای جوجه کشی استفاده می شوند باعث کاهش بازده اقتصادی جوجه کشی می شود (۴-۲). امروزه استفاده از تکنولوژی ماشین بینایی و تکنیک های پردازش تصویر کاربرد گسترده ای در صنعت پیدا کرده است و کاربرد آن به ویژه در کنترل کیفیت محصولات تولیدی روز به روز گسترده تر می شود. ساردینا و همکاران (۵) شکل میوه هندوانه را با استفاده از تکنیکهای پردازش تصویر مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. الهیاری و همکاران (۶) با استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی با استخراج خصوصیات بافت و رنگ، موفق به شناسایی و دسته بندی بیماریهای مرتبط با برگ گیاهان شدند. بوانشواری و پالانیلو (۷) تخم مرغهای نطفه دار از تخم مرغ های بدون نطفه را با استفاده از تکنیکهای پردازش تصویر تشخیص دادند. ابراهیم و همکاران (۸) طبقه بندی تخم مرغ و بازرسی

سطحی آن را بر اساس تکنیکهای پردازش تصویر انجام دادند. در این تحقیق نتایج قابل قبولی در درجه بندی و تشخیص تمیزی تخم مرغ حاصل شد. دوستی ایرانی و همکاران (۹) الگوریتمی برای تخمین میزان چربی گوشت قرمز بر مبنای پردازش تصویر ارائه نمودند در این تحقیق از ویژگیهای رنگ تصویر برای محاسبه بافت گوشت و چربی خالص استفاده شد، دقت این الگوریتم برای شناسایی این دو نوع بافت به ترتیب ۹۹/۶۵ و ۹۹/۲۱ درصد به دست آمد. اودناش و همکاران (۱۰) الگوریتمی برای تشخیص میزان تازگی تخم مرغ بر مبنای پردازش تصویر ارائه نمودند، در این تحقیق از ویژگیهای زرده تخم مرغ و میزان ارتفاع هوا استفاده شد، نتایج آزمایشات دقت ۹۰ درصدی الگوریتم را نشان داد. موهانا و همکاران (۱۱) روشی جدید برای تشخیص سطوح معیوب سیب و درجه بندی آن ارائه نمودند، در این روش با استفاده از تصاویر RGB و برداشت پس زمینه و مشخص نمودن نواحی ویژه و در نهایت چند آستانه گذاری قطعه بندی انجام شده و با استفاده از ویژگیهای بافتهای رنگی درجه بندی با استفاده از طبقه بندی KNN (Knearest Neighbour) انجام می شود. نتایج آزمایشات در این روش دقت قابل قبولی داشت. ماراکی و همکاران (۱۲) روشی را برای بازرسی سریع کیفیت محصولات غذایی با استفاده از روش بینایی ماشین ارائه نمودند. در این تحقیق روشی برای افزایش کیفیت طبقه بندی تولیدات غذایی مبتنی بر بینایی مطرح شد. مراحل طبقه بندی بر اساس گرفتن تصویر و تحلیل تصاویر برای جداسازی تولیدات معیوب انجام می شد. در این روش دقتی معادل ۹۷ درصد و سرعتی بالای ۲۰۰ تصویر در دقیقه حاصل شد. جینگ جین و همکاران (۱۳) روشی را برای تشخیص معایب سطحی سیب زمینی ارائه نمودند، در این تحقیق از ترکیب قطعه بندی (OTSU) با عملگر مورفولوژی و آستانه گذاری تطبیقی استفاده شد، نتایج آزمایشات نشان داد این روش برای معایب سیب زمینی های با رنگ زرد مناسب و دقتی بالای ۹۱ درصد را دارا می باشد. در این پژوهش الگوریتمی توانمند برای آشکارسازی نواقص پوسته تخم مرغ مبتنی بر مدل محاسباتی سیستم بینایی

که در جهت خاص امتداد داشته باشد، پاسخ می دهد (۱۵)، (۱۶). یک سلول ساده را می توان با خانواده ای از توابع گابور دو بعدی مدل کرد. رابطه (۱) میدان دریافت (پاسخ ضربه) این سلول که مرکز آن در مبدا است را نشان می دهد.

$$h_{\lambda, \sigma, \theta, \varphi}(x, y) = \cos\left(\frac{2\pi\tilde{x}}{\lambda} + \varphi\right) e^{-\frac{\tilde{x}^2 + \gamma^2 \tilde{y}^2}{2\sigma^2}}$$

$$\begin{cases} \tilde{x} = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \\ \tilde{y} = -x \sin(\theta) + y \cos(\theta) \end{cases}$$

در این رابطه γ مقدار ثابتی است و نسبت جلوه مکانی نامیده می شود. این پارامتر میزان بیضوی بودن میدان دریافت را مشخص می کند. انحراف معیار (σ) ضریب گوسی اندازه میدان دریافت را مشخص می کند. پارامتر λ طول موج است و معکوس آن فرکانس مکانی ضریب کسینوسی را نشان می دهد. نسبت σ/λ عرض باند فرکانس مکانی را مشخص می کند. پارامتر زاویه θ ، جهت ترجیحی را مشخص می کند ($\theta \in [0, \pi)$). پارامتر φ ، یک جبران فاز است که تقارن $S_{\lambda, \sigma, \theta, \varphi}(x, y)$ نسبت به مبدا را مشخص می کند ($\varphi \in (-\pi, \pi]$). پاسخ $S_{\lambda, \sigma, \theta, \varphi}(x, y)$ سلول ساده دارای تابع میدان دریافت $h_{\lambda, \sigma, \theta, \varphi}(x, y)$ به تصویر ورودی دارای توزیع روشنایی $i(x, y)$ توسط رابطه زیر محاسبه می شود:

$$S_{\lambda, \sigma, \theta, \varphi}(x, y) = (i * h_{\lambda, \sigma, \theta, \varphi})(x, y) = \iint_{\Omega} i(x', y') h_{\lambda, \sigma, \theta, \varphi}(x - x', y - y') dx' dy'$$

با توجه به اینکه جهت یکی از محرکهای توانمندی است که سیستم بینایی انسان به آن پاسخ داده و باعث تعیین نقشه برجستگی جهتی شیء می شود در این مرحله با استفاده از مدل محاسباتی سلول ساده سیستم بینایی انسان تشریح شده در بخش قبل و با استفاده از معادلات (۱) و (۲) فیلترهای گابور مربوطه با پارامترهای $\gamma = 1$ ، در شش جهت، سه مقیاس $3.0632\dots, 4.5920\dots, 6.1208$ و $\sigma = 0.56$ (با افزایش تعداد جهت ها بدون اینکه تغییر قابل توجهی در کارایی آشکارسازی حاصل شود، حجم محاسبات به طور چشمگیری افزایش می یابد).

انسان و بر اساس حساسیت سریع سیستم بینایی انسان به محرکهای شدت روشنایی، جهت و رنگ ارائه شده است.

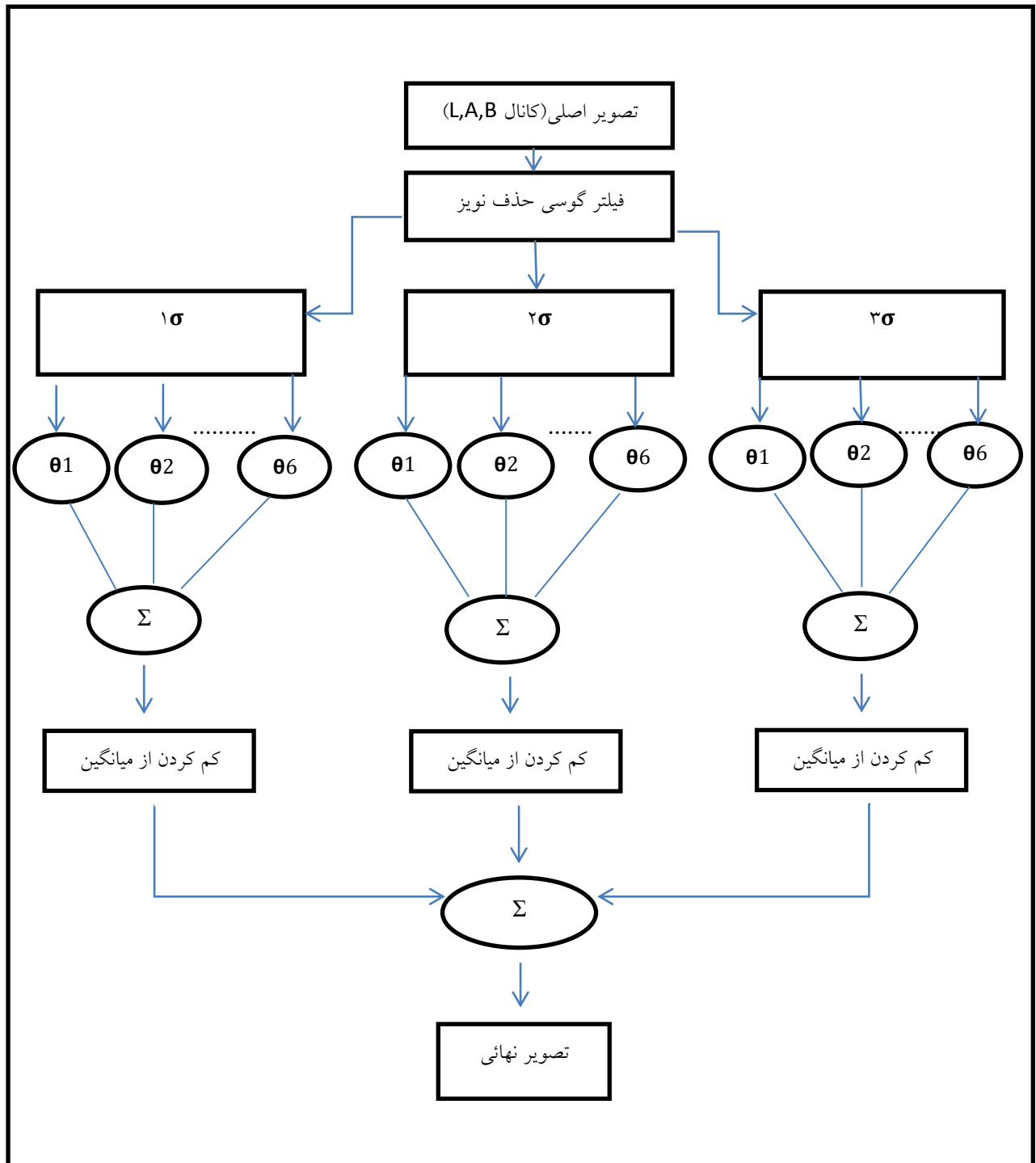
۲- مواد و روشها:

در این تحقیق از نرم افزار Matlab R2013a در محیط Windows7 با پردازنده ۲/۵ گیگاهرتز و حافظه RAM ۴ گیگاهرتز برای پیاده سازی مربوط به الگوریتمهای مختلف آشکارسازی نقشه های برجستگی تصاویر استفاده شده است. مدل پیشنهادی بر اساس مدل محاسباتی سیستم بینایی انسان که در ادامه همین بخش تشریح می شود ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی که شامل مدل محاسباتی سلول ساده کورتکس اولیه بینایی در سه مقیاس و شش جهت می باشد به همراه چهار مدل دیگر برای استخراج ویژگیهای تصاویر در محیط نرم افزار متلب شبیه سازی شده و نتایج حاصله برای رسم منحنی ROC (Receiver Operating Characteristic) و محاسبه AUC (Area Under Curve) مورد استفاده قرار گرفتند.

۱-۲ مدل ریاضی ارائه شده برای سیستم بینایی انسان (HVS: Human Visual System) (۱۴): سیستم بینایی انسان قادر است با سرعت و دقت بالا تحلیل جامعی از منظره پیش رو ارائه دهد. عملگرهای بسیار زیاد سیستم بینایی قادر هستند در زمانی کوتاه تمامی پردازشهای لازم را روی تصویر دریافتی انجام دهند. بیشتر الگوریتمهای پردازش تصویر که بر اساس عملکرد سیستم بینایی انسان توسعه یافته اند در بین الگوریتمهای مشابه از کارایی بیشتر برخوردارند. دو نوع سلول حساس به جهت در کورتکس بینایی وجود دارد، سلولهایی که به پلاریته کنتراست خطها و لبها حساسند، سلولهای ساده (Simple Cell) نامیده می شوند و سلولهایی که به این پلاریته حساس نیستند، سلولهای پیچیده (Complex Cell) نامیده می شوند

۲-۲ مدل محاسباتی سلول ساده:

بسیاری از سلولهای کورتکس اولیه بینایی به لبه یا خط موجود در میدان دریافتشان (نواحی مشخصی از میدان دید)

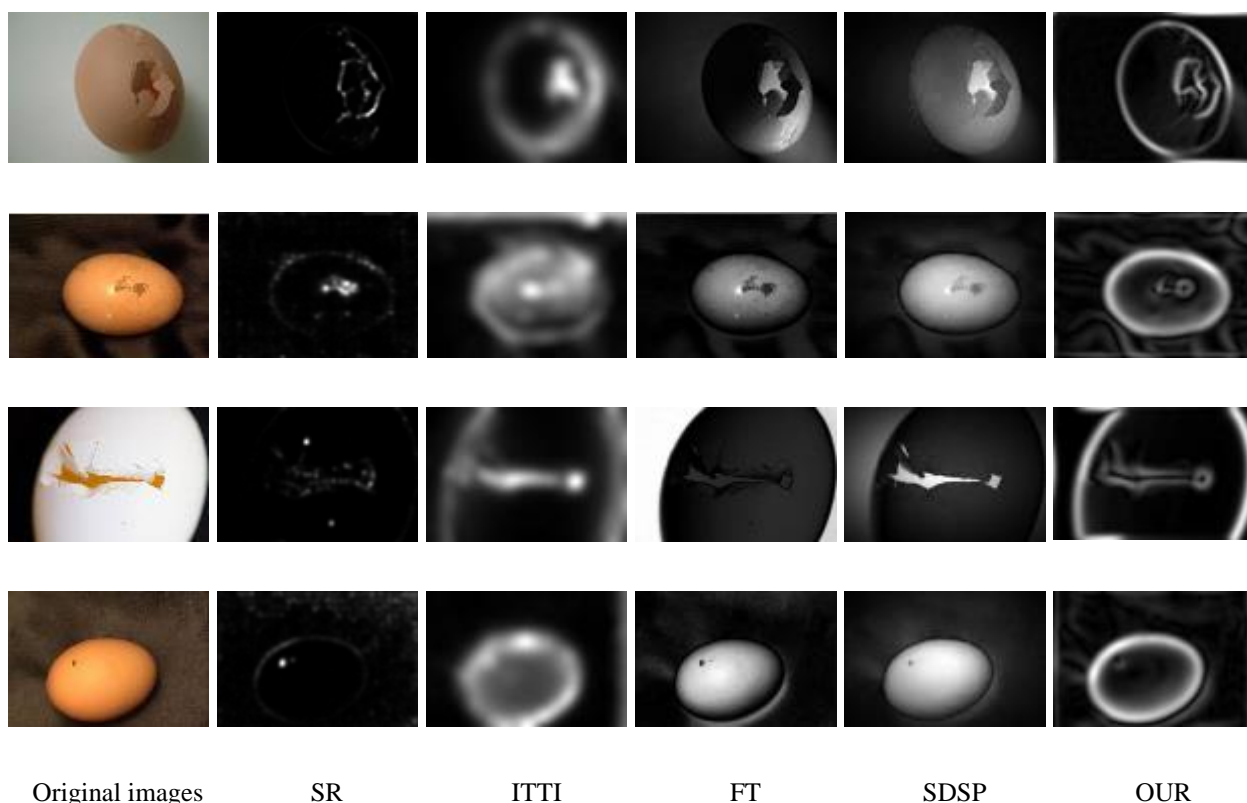


شکل ۱: الگوریتم پیشنهادی

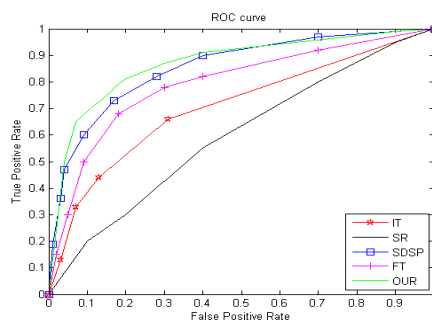
۳- نتایج پیاده سازی و بحث :

روش پیشنهادی بر روی تعدادی از تصاویر منتخب آزمایش و با چهار مدل از روشهای موجود در تشخیص برجستگیها شامل: مدل Itti's (IT) (۱۷)، مدل frequency tuned spectral residual method (FT) (۱۸)، مدل sdsp: a novel saliency approach (SR) (۱۹)، مدل detection method by combining simple prior (۲۰) مقایسه شده است. نتایج دیداری عملکرد این مدلها آشکارسازی در شکل ۲- نشان داده شده است. با مشاهده نتایج دیداری در می یابیم که روش پیشنهادی در آشکارسازی نواقص موجود بر روی پوسته تخم مرغ نسبت

به سایر روشها از کارایی بالاتری برخوردار است زیرا ضمن مشخص نمودن موقعیت تخم مرغ، نواحی دارای نقص را نیز دقیقاً مشخص می نماید. برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی با سایر روشها از منحنی ROC (شکل ۳) و محاسبه AUC استفاده شده است. با توجه به مقادیر AUC محاسبه شده در جدول ۱، این پارامتر در روش پیشنهادی بالاترین مقدار را دارا می باشد. نتایج حاصل از مقایسه دیداری، منحنی ROC و مقادیر AUC محاسبه شده، بیانگر عملکرد مطلوب روش پیشنهادی نسبت به سایر روشها می باشد.



شکل ۲: مقایسه دیداری نتایج روش پیشنهادی با چهار روش SR, SDSP, FT, ITTI



شکل ۳: مقایسه منحنی ROC مدلها بر روی تصاویر با روش پیشنهادی

Engineering Technology and Sciences. 2015;2(4):64-7.

8. Ibrahim R, Zin ZM, Nadzri N, Shamsudin M, Zainudin M, editors. Egg's grade classification and dirt inspection using image processing techniques. Proceedings of the World Congress on Engineering; 2012.

9. dosty irani M, golzarian M. Design and evaluation of an image processing algorithm for estimation of steaks' fat content. 2015.

10. Kapare Avinash A, Mahangare Tushar T, Pawar Nitesh D, Patane Yogesh B. Egg Freshness Detection Based On Digital Image Processing. 2017;4(2).

11. Mohana S, Prabhakar C, Praveen Kumar P, editors. Surface Defect Detection and Grading of Apples. Proc of Int Conf on Multimedia Processing, Communication & Info Tech, MPCIT; 2013.

12. Al-Marakeby A, Aly AA, Salem FA. Fast quality inspection of food products using computer vision. Int J Adv Res Comput Commun Eng. 2013;2(11):4168-71.

13. Jin J, Li J, Liao G, Yu X, Viray LCC, editors. 3. Methodology for potatoes defects detection with computer vision. International symposium on information processing; 2009.

14. Chaji N, Ghassemian H. Texture-gradient-based contour detection. EURASIP Journal on Applied Signal Processing. 2006;2006:5.-

15. Grigorescu C, Petkov N, Westenberg MA. Contour detection based on nonclassical receptive field inhibition. IEEE Transactions on Image Processing. 2003;12(7):729-39.

16. Grigorescu SE, Petkov N, Kruizinga P. Comparison of texture features based on Gabor filters. IEEE Transactions on Image processing. 2002;11(10):1160-7.

17. Itti L, Koch C, Niebur E. A model of saliency- based visual attention for rapid scene analysis. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. 1998;20(11):1254-9.

18. Achanta R, Hemami S, Estrada F, Susstrunk S, editors. Frequency-tuned salient region detection. Computer vision and pattern recognition, 2009 cvpr 2009 IEEE conference on 2009 IEEE. 19. Hou X, Zhang L, editors. Saliency detection: A spectral residual approach. Computer Vision and Pattern Recognition, 2007 CVPR'07 IEEE Conference on; 2007: IEEE.

20. Zhang L, Gu Z, Li H, editors. SDSP: A novel saliency detection method by combining simple priors. Image Processing (ICIP), 2013: 20th IEEE International Conference on: 2013: IEEE

جدول ۱: مقایسه AUC مدلها با روش پیشنهادی

model	SR	IT	FT	SDSP	OUR
AUC	۰/۵۹۵۰	۰/۷۰۶۰	۰/۷۹۴۰	۰/۸۵۵۰	۰/۸۷۰۰

۴- نتیجه گیری :

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که روش پیشنهادی بر مبنای مدل محاسباتی سیستم بینایی انسان در تشخیص نواقص تخم مرغ در مقایسه با سایر روشهای موجود نتایج قابل قبولی را به همراه داشته است و این امکان وجود دارد که در آینده با استفاده از امکانات سخت افزاری و نرم افزاری مناسب ، پردازش تصویر و بینایی ماشین بتواند به طور کامل جایگزین انسان در درجه بندی کیفیت تخم مرغ شود.

۵- منابع :

1. Khojastehkey M, Lotfollahian H, Kalantar Neyestanaki M. Weight estimation, shape index determination and shell contamination detection of hen egg using machine vision methods. Livestock Research. 2016;5(2):17-24.
2. Wang Q, Deng X, Ren Y, Ding Y, Xiong L, Wen Y, et al. Egg freshness detection based on digital image technology. Scientific Research and Essays. 2009;4(10):1073-9.
3. Lunadei L, Ruiz-Garcia L, Bodria L, Guidetti R. Automatic identification of defects on eggshell through a multispectral vision system. Food and Bioprocess Technology. 2012;5(8):3042-50.
4. García-Alegre MC, Ribeiro A, Guinea D, Cristóbal G, editors. Color index analysis for automatic detection of eggshell defects. Proc SPIE; 2000.
5. Sadrnia H, Rajabipour A, Jafary A, Javadi A, Mostofi Y. Classification and analysis of fruit shapes in long type watermelon using image processing. Int J Agric Biol. 2007;1:68-70.
6. Al-Hiary H, Bani-Ahmad S, Reyalat M, Braik M, ALRahamneh Z. Fast and accurate detection and classification of plant diseases. Machine learning. 2011;14(5).
7. Bhuvaneshwari M, Scholar P. Improvement in detection of chicken egg fertility using image processing techniques. International Journal on

