تشخیص آسیب محصول گوجه‌فرنگی و دسته‌بندی گوجه‌فرنگی از لحاظ سلامت یا خرابی با استفاده از ماشین بینایی و ANFIS

هادی ایزدی[۱]، سعادت کامگار[۳]، محمد حسین رئوفت[۲]، سحر صمصامی[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز،
۲- استاد بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز،
۳- استادیار بخش مهندسی بیوسیستم دانشگاه شیراز.

چکیده:

از مهمترین فرآیندها در بسته‌بندی و نگهداری محصولات کشاورزی عملیات دسته‌بندی می‌باشد. این عملیات توجه بسیاری از متخصصین و فعالین حوزه را به خود اختصاص داده است و تکنولوژی‌های بروز و کارآمدی در این زمینه طراحی شده‌اند. هدف در پژوهش حاضر بدست آوردن الگوریتمی برای تشخیص و دسته‌بندی محصول گوجه‌فرنگی و ارائه سامانه‌ای کارآمد در این زمینه می‌باشد. برای این فرآیند، از شبکه‌های فازی عصبی موسوم به ANFIS استفاده شده است که در عین سادگی کار و تنظیم کردن، دقتی همپای شبکه‌های عصبی را برای ما به ارمغان می‌آورد. پس از عکس‌برداری از نمونه‌های گوجه‌فرنگی تهیه شده، این نمونه‌ها توسط فرد خبره در ۲ دسته: ناسالم و سالم قرار داده شد. ویژگی‌های تصاویر گرفته شده از این نمونه‌ها با استفاده از ماشین بینایی و الگوریتم‌های طراحی شده بدست آمده و به سامانه ANFIS سپرده شد. دسته‌بندی با استفاده از این سامانه و اطلاعات بدست آمده از ماشین بینایی از لحاظ جداسازی محصول سالم از ناسالم انجام گردید؛ میزان دقت برای قبل و بعد از آموزش بدست آمد که برای این عملیات میزان دقت پس از آموزش ۹۵٪ بود.

کلمات کلیدی: آسیب، انفیس، سلامت، گوجه‌فرنگی، ماشین بینایی

مقدمه:

یکی از ابتدایی‌ترین و مهم‌ترین عملیات‌های پس از برداشت، درجه‌بندی کمی-کیفی محصولات کشاورزی است. این مرحله از آن جهت اهمیت می‌یابد که درجه‌بندی این محصولات به نسبت رسیدگی، شکل، اندازه و همچنین سالم یا خراب بودن باعث افزایش ارزش افزوده محصول گردیده و برای خریداران امکان انتخاب محصولی منطبق بر نیاز خود را فراهم می‌کند. علاوه بر این موضوع از آنجایی که محصولات کشاورزی دارای بازارهای هدف مختلفی می‌باشند، در برخی موارد ممکن است آسیب‌های وارده در مراحل مختلف

برداشت، حمل و نقل یا بسته‌بندی باعث بروز تغییراتی در طعم، مزه و ظاهر محصول گردیده و نهایتاً منجر به توسعه فساد در محصولات مجاور گردد.

در بیشتر موارد دسته‌بندی مقدمه‌ای برای بسته‌بندی محصول است ضمن اینکه در بازارهای میوه و تره‌بار جوامع مدرن، بطور تقریبی تمامی میوه‌ها و سبزیجات به صورت دسته‌بندی شده و برچسب‌گذاری شده عرضه می‌شوند و این امر سبب تشخیص آسان‌تر کیفیت محصول توسط مشتری شده و توزیع و عرضه منظم‌تری را به دنبال خواهد داشت.

گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین محصولات زراعی است که توسط میلیون‌ها انسان در سرتاسر جهان و همچنین در بین خانواده‌های ایرانی استفاده می‌گردد. با توجه به آمار اعلام شده توسط فائو در سال ۲۰۱۱، گوجه‌فرنگی به ترتیب دومین و سومین محصول کشاورزی مورد توجه مصرف‌کنندگان در ایران و جهان بوده و ایران با تولید ۶۸۲۵۰۰۰ میلیون تن رتبه ششم در جهان را به خود اختصاص داده است.

تقریبا ۷۵٪ از مصرف گوجه‌فرنگی به صورت تازه‌خوری است و اتخاذ روشی مناسب برای درجه‌بندی کمی-کیفی و در نهایت بسته‌بندی مناسب برای این محصول می‌تواند باعث افزایش بازارپسندی و ماندگاری آن شود.

ماشین بینایی یکی از سیستم‌های جدید در زمینه تشخیص کیفیت محصولات کشاورزی بوده و از آنجا که به صورت غیرمستقیم اقدام به درجه‌بندی محصول می‌کند بیشتر مورد اقبال کاربران قرار گرفته است. دسته‌بندی و بسته‌بندی و در نهایت کیفیت حاصل از این عملیات، عاملی تعیین‌کننده در بازارپسندی محصول می‌باشد(حاجی‌آقا علیزاده، ح. و حسنخانی، ر. ۱۳۹۱).

با اقداماتی همچون افزایش دقت ماشین‌بینایی و همچنین با استفاده از روش‌هایی مانند هوشمند کردن رفتار ماشین، به بهبود عملکرد عملیات‌هایی از جمله دسته‌بندی، کمک شایانی شده است. از این میان شبکه‌های عصبی- فازی(ANFIS) یکی از روشهای مدرن می‌باشند که دقت بالاتر را در کنار سهولت بیشتر در جهت تعریف قوانین به ارمغان آورده است (Khalifa, S. Komarizadeh, M. H. 2012).

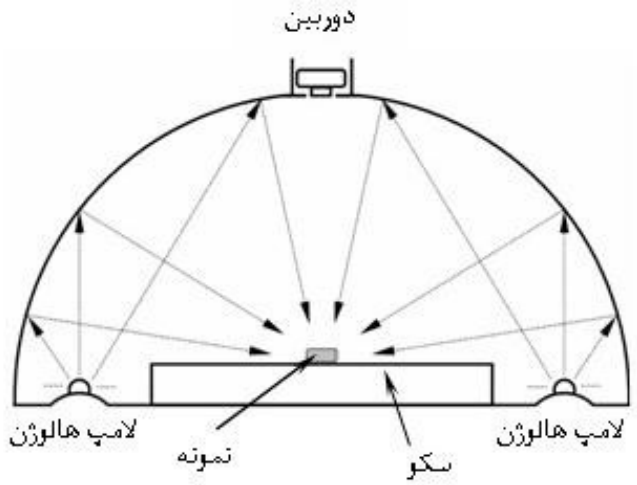
هدف این تحقیق که به کمک دو فناوری ماشین بینایی و شبکه‌های فازی عصبی انجام شده عبارتند از:

۱. ارائه الگوریتمی برای پردازش تصویر گوجه‌فرنگی و استخراج مولفه‌های مورد نظر
۲. ارائه سامانه‌ای بر مبنای منطق فازی و شبکه عصبی برای جداسازی محصول سالم از ناسالم

مواد و روش‌ها:

در این پژوهش، تعداد ۵۰ عدد گوجه‌فرنگی از گونه ریوگراند از مزارع دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به صورت تصادفی انتخاب و تهیه گردید. از آنجایی که سامانه ما با استفاده از اطلاعات خبره اقدام به دسته‌بندی گوجه‌فرنگی خواهد نمود در ابتدا دسته‌بندی گوجه‌فرنگی در دو دسته سالم و ناسالم توسط فرد خبره انجام گردید.

برای تهیه تصاویر نمونه‌ها از اتاقک نورپردازی با تابش غیرمستقیم که اصطلاحاً آسمان ابری نامیده می‌شود استفاده گردید(شکل ۲-۱). این اتاقک از یک گنبد به قطر ۹۰ سانتیمتر با سطح داخلی صیقلی و سفید رنگ تشکیل شده که نمونه‌های مورد عکس‌برداری در زیر آن قرار می‌گیرند. در این نور پردازی، لامپ‌ها در محیط اطراف سکوی عکس‌برداری قرار گرفته‌اند به شکلی که نور مستقیم از لامپ‌ها به نمونه نمی‌رسد. پرتو لامپ‌ها پس از برخورد به سطح داخلی گنبد، منعکس شده و بر روی نمونه تابیده می‌شوند. از آنجا که پرتوهای بازتاب شده از همه طرف بر روی نمونه تابیده می‌شود، هیچ سایه‌ای در اطراف نمونه تشکیل نمی‌گردد. جهت اخذ تصاویر از دوربین دیجیتال NIKON COOLPIX P4 ساخت ژاپن با وضوح 8.1 مگاپیکسل استفاده شد که در ارتفاع ۴۵ سانتی‌متری در بالای نمونه‌های مورد آزمایش قرار داده شد.

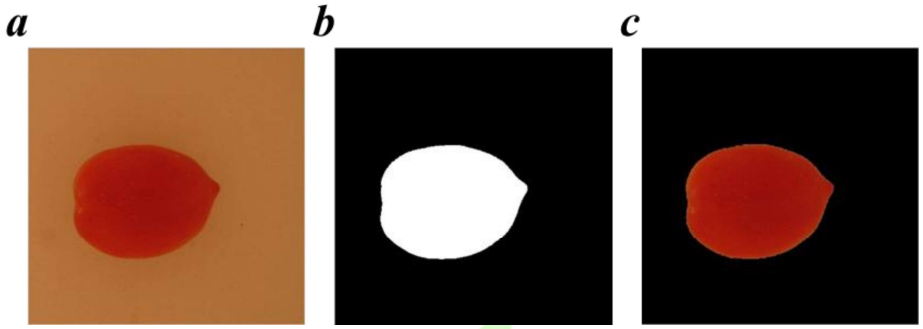


شکل ۲-۱ : اتاقک نورپردازی و عکس‌برداری از نمونه‌های میوه

از هر نمونه ۶ تصویر از ۶ جهت مختلف اخذ گردید و تصاویر دیجیتال اخذ شده جهت پردازش توسط نرم‌افزار متلب به کامپیوتر انتقال داده شد.

تصاویر گرفته شده که بصورت رنگی بودند، در ابتدا بصورت خاکستری درآمدند و با مشخص شدن آستانه‌ها زمینه از نمونه مورد نظر تفکیک گردید. در نهایت تصاویر بصورت سیاه و سفید درآمد که زمینه سیاه و برابر صفر و نمونه به رنگ سفید و برابر ۱ قرار داده شد.

از آن جهت که در این پژوهش نیازمند مقادیر مؤلفه‌های رنگی هر نمونه هستیم و تصویر باینری شده در مرحله قبل به صورت سیاه و سفید بود باید یک مرحله دیگر نیز پردازش انجام گردد که با ثابت نگه داشتن زمینه سیاه رنگ اقدام به بازگردانی مقادیر رنگی مربوط به نمونه به تصویر باشیم. این عملیات با اجرای یک مرحله AND منطقی انجام گردید. نتایج حاصل از این پردازش را در شکل زیر مشاهده می‌کنید.



شکل ۲-۲ : *a*) تصویر اخذ شده، *b*) تصویر باینری و *c*) تصویر حاصل از AND منطقی

در ادامه مقادیر آستانه متفاوتی برای تصاویر اتخاذ گردید تا در صورت وجود آسیب یا لکه بر روی گوجه‌فرنگی دوباره تصویر به صورت ۲ قسمت سیاه و سفید تقسیم گردد که این بار مؤلفه‌ی سفید نشان دهنده مقادیر این آسیب یا لکه باشد.

با اعمال این شرایط و آستانه‌ها در مرحله‌های مختلف سعی شد تا یک الگوریتم کلی بدست آید که قادر باشد قریب به اتفاق آسیب‌های سطحی گوجه‌فرنگی را شناسایی کند؛ همچنین این الگوریتم دور تا دور نمونه را نیز به عنوان آسیب تشخیص می‌داد که این چالش با اعمال دستوری که یک ردیف از پیکسل‌های محیط نمونه حذف گردد، این معزل را رفع کرد و در نهایت مطلوب پژوهش حاصل گردید.

پس از شناسایی سطح آسیب دیده توسط الگوریتم ماشین‌بینایی، مساحت سطح تصویر کل نمونه و قسمت آسیب دیده در به صورت نسبت در یک فایل صفحه‌گسترده (اکسل) ذخیره گردید.

برای طراحی سامانه انفیس و بیان قوانین بدین صورت عمل کردیم که در صورتی که میزان اسیب کم باشد نمونه را سالم و در صورتی که اسیب زیاد باشد نمونه را خراب یا آسیب دیده تشخیص دهد. بنابراین دو قانون خواهیم داشت که عبارتند از:

۱- در صورتی که درصد خرابی کم باشد آنگاه نمونه سالم،

۲- در صورتی که درصد خرابی زیاد باشد آنگاه نمونه ناسالم است.

قوانین همانطور که در بند فوق بیان شد با استفاده از مقادیر بدست آمده بر سامانه اعمال گردید. مشخصات سامانه ANFIS طراحی شده بدین گونه بود:

a) یک ورودی، نسبت سطح لکه به سطح کل نمونه

b) ۲ تابع عضویت

c) ۲ قانون و ۲ خروجی برای سامانه

نتایج و بحث:

با توجه به مقادیر بدست آمده از الگوریتم‌ها و سامانه ANFIS طراحی شده براساس توضیحات فوق و انجام آزمون مربع کای بر روی نتایج حاصل از آزمون سامانه طراحی شده، مقادیر دقت برای سامانه پیش از آموزش برابر با ۹۵٪ بود که این مقدار دقت به ۹۵/۵٪ پس از آموزش رسید و این مقدار با دقت حاصل از آزمون سامانه با استفاده از ۶۰ نمونه آزمون برابر بود. همچنین نتیجه حاصل از آزمون مربع کای نیز حاکی از این بود که مقادیر دقت و نظرات حاصل از آزمون سامانه با نظرات فرد خبره اختلاف معنی‌داری نداشت.

همانطور که می‌بینید مقادیر دقت در این پژوهش اختلافی پیش یا پس از آموزش ندارد که این مورد را می‌توان با توجه به سادگی قوانین و تعداد کم آنها نسبت داد.

با توجه به اینکه امروزه توجه محققین به انجام امور با ساده‌ترین روش معطوف گردیده است، می‌توان با کاربرد سامانه ANFIS یا سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی بجای انسان از این قضیه اطمینان حاصل کرد که سامانه وظیفه شبه انسانی خود را بخوبی انجام می‌دهد؛ اما صد البته که هر زمینه علمی تا زمانی که در صنعت قابل اجرا گردد بارها و بارها مورد اصلاح و افزایش دقت قرار می‌گیرد که در این زمینه نیز مستثنی از این قضیه نخواهد بود.

منابع

۱- حاجی‌آقا علیزاده، ح. و حسنخانی، ر. ۱۳۹۱. کاربرد سامانه ماشین بینایی در تعیین کیفیت محصولات کشاورزی و امنیت غذایی.

۲- حیدری، ع. ر. ۱۳۸۸. پردازش تصویر در MATLAB. انتشارات به‌آوران. ۲۸۸ صفحه.

۳- خلیلی، خ. ۱۳۸۰. ماشین بینایی و اصول پردازش دیجیتالی تصاویر. انتشارات طیف نگار. ۱۷۳ صفحه.

۴- شادرو، ش. ۱۳۸۶. دسته‌بندی گوجه‌فرنگی با استفاده از SVM، MLP و LVQ. اولین کنگره و همایش سامانه‌های فازی و هوشمند دانشگاه فردوسی مشهد.

۵- صابری، م. ۱۳۸۶. دسته‌بندی داده‌های مربوط به گوجه‌فرنگی و بررسی و ارزیابی این روش‌ها. سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش دانشگاه فردوسی مشهد.

۶- کارتالوپوس، اس. وی. ۱۳۸۲. منطق فازی و شبکه‌های عصبی، مفاهیم و کاربردها. مترجم: جورابیان، م. هوشمند، ر. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

۷- کیا، س. م. ۱۳۹۰. منطق فازی در MATLAB. انتشارات کیان رایانه سبز.

8- Aitkenhead, M. J., I. A. Dalgetty, C. E. Mullins, A. J. S. McDonald and N. J. C. Strachan. 2003. Weed and crop discrimination using image analysis and artificial intelligence methods. Computers and Electronics in Agriculture 39: 157- 171.

9- Brosnan, T., D. W. Sun,. 2002. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems-a review. Computers and Electronics in Agriculture. 36:193-213.

10- Casady, W. W., M. R. Paulsen, J. F. Reid and J. B. Sinclair. 1992. A trainable algorithm for inspection of soybean quality. Transactions of the ASAE 35(6): 2027- 2034.

11- Davenel, A., Ch. Guizard, T. Labarre, F. Sevila. 1988. Automatic detection of Surface Defects on Fruit by Using a Vision System. *Journal agricultural Engineering Res.*41:1-9.

12- Gonzales, R. C. and R. E. Woods. 2002. Digital image processing. Prentice- Hall, Inc., New Jersey, 2nd edition.

13- Guyer, D. E. and G. Millers. 1986. Machine vision and image processing for plant identification. Transactions of the ASAE, Vol 29, pp: 1500-1507.

14- Guyer, D. E., G. E. Miles, L. D. Gaultney and M. M. Schreiber. 1993. Application of machine vision to shape analysis in leaf and plant identification. Transactions of the ASAE 29(6): 1500- 1507.

15- In-Suck Beak. Byoung-kwan Cho. Young-sik Kim. 2012. Development of a compact quality sorting machine for cherry tomatoes based on real-time color image processing. International Conference of Agricultural Engineering.Valencia. Spain. July 8-12.

16- Jang J. S. R. 1993. ANFIS: Adaptive-network-based Fuzzy Inference Systems. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics. 23(03): pp 665-685.

17- Khalifa, S., M. H. Komarizadeh. 2012. An intelligent approach based on adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) for walnut sorting. Australian Journal of Crop Science. Vol 06(2): 183-187.

18- Mouloud A. Denai, F. Palis and A. Zeghbib. 2004. ANFIS based modeling and control of non-linear systems. IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics.

19- Omidi, O., P. Ahmadi, A. Moddares. On-line tomato sorting based on shape, maturity, size and surface defects using machine vision.

20- Poyton, C. A. 1996. Probability, Random Variables, and Random Signal Principles. 3rd ed., McGraw-Hill, New York.

21- Rokunuzzaman, Md., H. P. W. Jayasuriya. 2012. Development of a low cost machine vision system for sorting of tomatoes. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. 15: 173-180.

22- Shahin, M. A., E. W. Tollner, and R. W. McClendon. 2001. Artificial Intelligence Classifiers for sorting Apples based on Watercore. *J. agric. Engng Res*. 79(3): 265-274.

23- Uthaisombut, P. 1996. Detecting defects in cherries using machine vision. Master of Science Thesis. Department of Computer Science. Michigan State University.

Diagnosis and classification of tomato products in terms of health, damage or malfunction by using of machine vision and ANFIS

Hadi Izadi[1*], Saadat Kamgar[3], Mohammad Hosein Raoufat[2], Sahar Samsami[1]

1- MSc Student, Department of Biosystems Engineering, Shiraz University
h.izadi1367@gmail.com
2- Professor, Department of Biosystems Engineering, Shiraz University
3- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, Shiraz University

ABSTRACT

Sorting is the most important process in packaging and storage of agricultural products operations. Many specialists devote their attention to design update and effective technologies in this field. The aim of this study was to obtain an algorithm for the detection and grading of tomato products and offer an efficient system is in this area. For simplicity of these operations, we used the easy and accurate set up process of fuzzy neural networks that is called ANFIS. After imaging, the tomato samples were classified by expert in 2 categories of healthy and damaged. Features images of the samples were obtained by using machine vision and designed algorithms were entrusted to ANFIS system. Accuracy of this system after the training process was obtained 95% that showed these amounts represent 10% difference in the values of pre-training.

Keywords: ANFIS, Damage, Health, Machine Vision, Tomato