دسته‌بندی اندازه‌ای گوجه‌فرنگی 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 فعالین این حوزه بالاخص متخصصین 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 درجه‌بندی محصول گوجه‌فرنگی و ارائه سامانه‌ای کارآمد در این زمینه می‌باشد و بدین منظور از شبکه‌های فازی عصبی موسوم به ANFISدر کنار ماشین‌بینایی استفاده شده است.پس از عکس‌برداری از نمونه‌های گوجه‌فرنگی تهیه شده، این نمونه‌ها توسط فرد خبره در ۳ دسته: بزرگ، متوسط و کوچک دسته‌بندی شدند. میزان دقت برای قبل و بعد از آموزش بدست آمد که نشان می‌داد با بکارگیری مرحله آموزش ارتقاء کیفیت تشخیص و دسته‌بندی موجب گردید و آنرا حدود ۱۰٪ افزایش داد. دقتحاصل از این سامانه پس از فرآیند آموزش برای این عملیات برابر با ۸۱٪بدست آمد.

کلمات کلیدی: دسته‌بندی، سامانه قانون محور، سامانه ماشین بینایی، گوجه‌فرنگی؛

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 محصولاست 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 وایران 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.

ماشینبینایییکیازسیستم هایجدیددرزمینهتشخیصکیفیتمحصولاتکشاورزی بوده و از آنجا که به صورت غیرمستقیم اقدام به درجه‌بندی محصول می کند بیشتر مورد اقبال کاربران قرار گرفته است. دسته‌بندی و بسته‌بندی و در نهایت کیفیتحاصل از این عملیات، عاملیتعیین کنندهدربازارپسندیمحصولمی‌باشد(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).

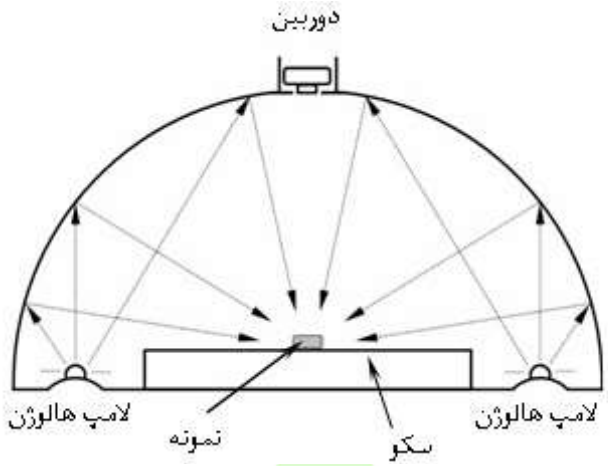
هدف این تحقیق که به کمک دو فناوری ماشین بینایی و شبکه‌های فازی عصبی انجام شده عبارتند از:

۱. ارائه الگوریتمی برای پردازش تصویر گوجه‌فرنگی و استخراج ابعاد و مقادیر مورد نظر
۲. ارائه سامانه‌ای بر مبنای منطق فازی و شبکه عصبی برای دسته‌بندی این محصول

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. ابعاد گوجه‌فرنگی‌های انتخاب شده با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ ± میلی‌متر اندازه‌گیری و توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ ± توزین شدند.

برای تهیه عکس‌ها 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.



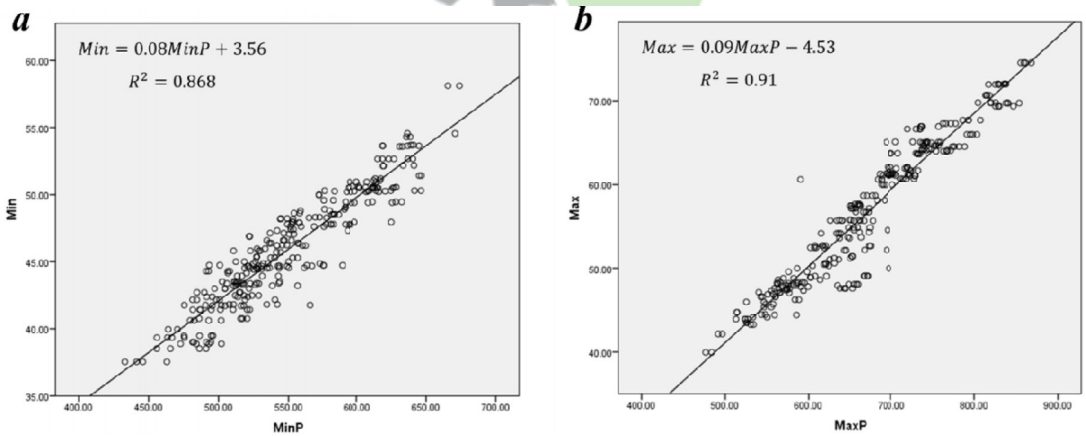
شکل ۲-۱. اتاقک نورپردازی و عکس‌برداری از نمونه‌های میوه

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.

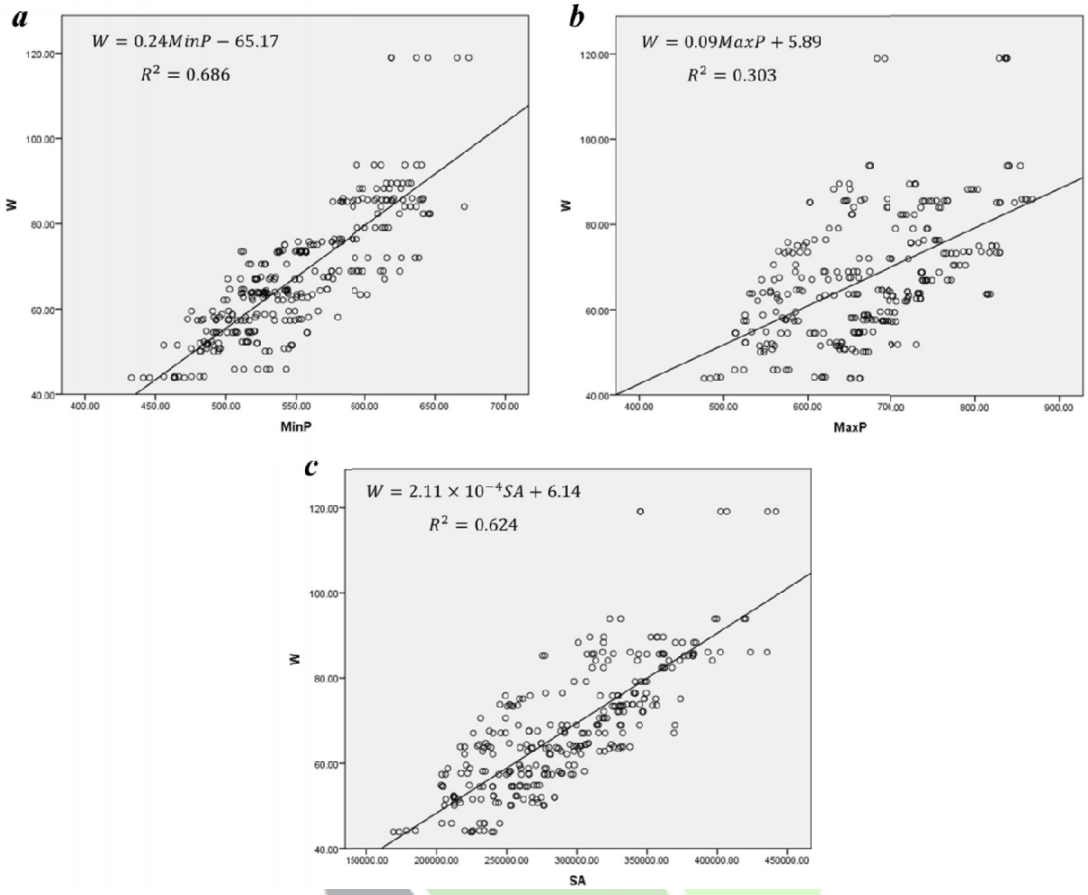
تصاویر گرفته شده که بصورت رنگی بودند، در ابتدا بصورت خاکستری درآمدند و با مشخص شدن آستانه‌ها زمینه از نمونه مورد نظر تفکیک گردید. در نهایت تصاویر بصورت سیاه و سفید درآمد که زمینه سیاه و برابر صفر و نمونه به رنگ سفید و برابر ۱ قرار داده شد.

پس از باینری شدن تصویر ابعاد و مساحت سطح تصویر با استفاده از شمارش تعداد پیکسل‌های سفیدبه ترتیب در بیشترین و کمترین طول و مجموع پیکسل‌های سفید انجام گردید.

مقادیر اندازه‌گیری شده ابعاد به روش دستی با مقادیر حاصل از الگوریتم مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج را در شکل ۲-۲ می‌بینید.



شکل ۲-۲. نسبت مابین مقادیر اندازه‌گیری شده *a*: قطرهای کوچک و *b*:قطرهای بزرگ



شکل ۲-۳. نمودارهای رگرسیونی وزن در مقابل مقادیر بدست آمده از الگوریتم‌ها برای *a*: قطر کوچک، *b*: قطر بزرگ و *c*: مساحت سطح تصویر

به منظور بررسی توانایی تخمین جرم توسط مقادیر حاصل از الگوریتم‌ها نیز نمودارهای شکل ۲-۳ ترسیم گردید. در این نمودارها در محور عمودی جرم و در محورهای افقی مقادیر قطر کمینه و بیشینه و مساحت سطح تصویر نمونه را داریم.

پس از بدست آوردن این نسبت‌ها برای تشکیل سامانه استنتاج فازی- عصبی تطبیقی (ANFIS) اقدام به انتخاب دو مؤلفه نمودیم که در حین داشتن قوانین و روابط ساده و بهترین و بالاترین دقت را در انجام عملیات داشته باشیم.

با توجه به نمودارهای ارائه شده در شکل۲-۳ اولین مورد انتخاب شده قطر کمینه بود. برای انتخاب مورد دوم باید به این مورد توجه گردد که کمترین همپوشانی را در توصیف مقادیر مورد نظر داشته باشند؛ به همین منظور باید بررسی شود تا مورد دوم کمترین برهم‌خطی را با مقادیر قطر بزرگ ارائه نماید. در این مورد ما از مقادیر بدست آمده برای مساحت سطح تصویر استفاده نمودیم. با توجه به مقادیر این دو مؤلفه قوانینی به شرح زیر بر سامانه حاکم کردیم:

۱- اگر قطر کمینه کوچک و مساحت سطح کوچک آنگاه نمونه کوچک است،

۲- اگر قطر کمینه کوچک و مساحت سطح متوسط آنگاه نمونه کوچک است،

۳- اگر قطر کمینه کوچک و مساحت سطح بزرگ آنگاه نمونه متوسط است،

۴- اگر قطر کمینه متوسط و مساحت سطح کوچک آنگاه نمونه کوچک است،

۵- اگر قطر کمینه متوسط و مساحت سطح متوسط آنگاه نمونه متوسط است،

۶- اگر قطر کمینه متوسط و مساحت سطح بزرگ آنگاه نمونه متوسط است،

۷- اگر قطر کمینه بزرگ و مساحت سطح کوچک آنگاه نمونه متوسط است،

۸- اگر قطر کمینه بزرگ و مساحت سطح متوسط آنگاه نمونه بزرگ است،

۹- اگر قطر کمینه بزرگ و مساحت سطح بزرگ آنگاه نمونه بزرگ است.

با اعمال قوانین فوق اقدام به آموزش شبکه کردیم؛ پس از این مرحله سامانه به منظور اعتبارسنجی مورد ارزیابی قرار گرفت و درنهایت برای بررسی پویایی سامانه طراحی شده توسط ۶۰ داده ورودی مورد آزمون قرار گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به مقادیر بدست آمده از الگوریتم‌ها و سامانه ANFIS طراحی شده براساس قوانین فوق و انجام آزمون مربع کای بـر روی نتایج حاصل از آزمون برای سامانه طراحی شده داشتیم که مقادیر دقت بدست آمده برای سامانه پیش از آموزش برابر با ۷۵/۵٪ بود که این مقدار دقت به ۸۱٪ پس از آموزش رسید. همچنین مقادیر آزمون سامانه نیز با مقادیر پـس از آمـوزش اخـتلاف معنـی‌داری نداشت.

این افزایش دقت اگرچه ناچیز است اما این سامانه به ما این امکان را داد کـه عـلاوه بـر دخیـل کـردن دو مـورد بـرای ارزیـابی و تصمیم‌گیری، یک بررسی مابین مقادیر خروجی و ورودی را نیز در تصمیم‌گیری‌ها دخالت دهیم، که به ما این فرصت را می‌دهد تـا از این اطمینان داشته باشیم که سامانه ما از چیزی علاوه بر قوانین مطرح شده توسط کاربر که آن هم از سادگی بیان بهره‌مند است استفاده می‌کند.

با توجه به اینکه امروزه توجه محققین به انجام امور با ساده‌ترین روش معطوف گردیده است، می‌توان با کاربرد سامانه ANFIS یـا سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی بجای انسان از این قضیه اطمینان حاصل کرد که سامانه وظیفه شبه انسانی خود را بخـوبی انجام می‌دهد.

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.
۳- خادمی، م. و جعفری، د. ۱۳۸۲. پردازش تصویر رقمی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۴- خلیلی، خ. ۱۳۸۰. ماشین بینایی و اصول پردازش دیجیتالی تصاویر. انتشارات طیف نگار.

۵- شادرو، ش. ۱۳۸۶. دسته‌بندی گوجه‌فرنگی با استفاده از SVM، MLP و LVQ. اولین کنگره و همایش سامانه‌های فازی و هوشمند دانشگاه فردوسی مشهد.
۶- صابری، م. ۱۳۸۶. دسته‌بندی داده‌های مربوط به گوجه‌فرنگی و بررسی و ارزیابی این روش‌ها. سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش دانشگاه فردوسی مشهد.
۷- کارتالوپوس، اس. وی. ۱۳۸۲. منطق فازی و شبکه‌های عصبی، مفاهیم و کاربردها. مترجم: جورابیان، م. هوشمند، ر. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
۸- کیا، س. م. ۱۳۸۸. پردازش تصاویر دیجیتال در MATLAB. انتشارات خدمات نشر کیان رایانه سبز.
۹- کیا، س. م. ۱۳۹۰. منطق فازی در MATLAB. انتشارات کیان رایانه سبز.
10- Aitkenhead, M. J., I. A. Dalgetty, C. E. Mullins, A. J. S. McDonaldand N. J. C. Strachan. 2003. Weed and crop discrimination usingimage analysis and artificial intelligence methods. Computers andElectronics in Agriculture 39: 157- 171.
11- Gonzales, R. C. and R. E. Woods. 2002.Digital image processing. Prentice- Hall, Inc., New Jersey, 2nd edition.
12- Guyer, D.E. and G. Millers. 1986. Machine vision and image processing for plant identification. Transactions of the ASAE, Vol 29, pp: 1500-1507.
13- 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.
14- Guler, I., E. D. Ubeyli. 2005. Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of EEG signals using wavelet coefficients. Journal of Neuroscience Methods. No. of pages 9.
15- Jang J.S.R. 1993. ANFIS: Adaptive-network-based Fuzzy Inference Systems. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics. 23(03): pp 665-685.
16- Khalifa, S., M. H. Komarizadeh. 2012. An intelligent approach based on adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) for walnutsorting. Australian Journal of Crop Science. Vol 06(2): 183-187.
17- Lino, A.C.L. Sanches, J. Fabbro, I. M. D. 2008. Image processing techniques for lemons and tomatoes classification. *Journal of Bragantia*. 67, 785- 789.(Portugal, Campinas, 2008).
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- Poyton, C. A. 1996. Probability, Random Variables, and Random Signal Principles. 3rd ed., McGraw-Hill, New York.
20- Rokunuzzaman, Md., H. P. W. Jayasuriya. 2012. Development of a low cost machine vision system for sorting of tomatoes. *AgricEngInt: CIGR Journal*. 15: 173-180.
21- 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.
22- Sharma M. and S. Singh, 2001. Evaluation of texture methods forimage analysis. In R. Linggard, editor, Proceedings of the 7thAustralian and New Zealand Intelligent Information SystemsConference, pages 117-121, Perth, Western Australia. ARCME.
23- Sonka, M., V. Hlavac, and R. Boyle. 1999. Image processing,analysis and machine vision. PWS publishing, San Francisco, USA.
24- Uthaisombut, P. 1996. Detecting defects in cherries using machine vision. Master of Science Thesis. Department of Computer Science. Michigan State University.

Classification ofTomato BasedonSizeby Usingof Mach Visionan 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 aimof this study wasto obtainan algorithmfor thedetectionandgradingof tomato productsand offeran efficientsystemisinthis 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 3 categories of large, medium and small. Features images of the samples were obtained by using machine vision and designed algorithms were entrusted to ANFIS system. Accuracyofthissystem after the trainingprocess was obtained 81% that showed these amounts represent 10% difference in the values of pre-training.

Keywords : Machine Vision, Rule-base system, Sorting, Tomato;