



ارائه مدلی برای ارتقاء سیستم درجه‌بندی سیب گلدن دلشیز بر اساس جرم با به کارگیری روش ANFIS

لیلا ندرلو^{۱*}، نسرين محمدی آبله^۲

۱. استادیار مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه; lnaderloo@gmail.com

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه; mnasrin90@gmail.com

چکیده

با افزایش ارتباط و صدور محصولات کشاورزی از یک طرف دنیا به طرف دیگر، شرط لازم برای پذیرش محصول صادراتی، شکل و استاندارد بودن بسته‌بندی می‌باشد. روش ANFIS در مسائل تخمین کاربرد سودمندی دارد. به همین منظور سیب گلدن دلشیز را مورد ارزیابی قرار گرفته شد تا بتوان با استفاده از خواص فیزیکی سیب مدلی برای تشخیص جرم و در نهایت ارتقا سیستم درجه‌بندی آن ارائه شود. ۷ مدل با ورودی‌های مختلف و با استفاده از دو روش ANFIS و رگرسیون خطی با کمک نرم‌افزار SPSS ارزیابی شد که بهترین آن‌ها مدلی با ورودی‌های طول (a)، عرض (b) و ارتفاع (C) سیب بود. برای مدل ANFIS ۷۰ نمونه جهت مدل‌سازی و ۳۰ نمونه جهت ارزیابی سیستم مورد استفاده قرار گرفت. ضریب تعیین برای مدل ANFIS و SPSS به ترتیب $R^2=0/9999$ و $R^2=0/958$ حاصل شد. مدل ANFIS عملکرد بهتری نسبت به مدل آماری از خود نشان داد.

کلمات کلیدی: بسته‌بندی، خواص فیزیکی، جرم، سیب، انفیس.

*نویسنده مسئول: lnaderloo@gmail.com



ارائه مدلی برای ارتقاء سیستم درجه‌بندی سیب گلدن دلشیز بر اساس جرم با به کارگیری روش ANFIS

مقدمه

میوه‌ها محصولاتی هستند که بسته به نوع آن‌ها در فصل‌های خاصی رشد کرده و اگر پس از برداشت، شرایط نگهداری آن‌ها مناسب نباشد، پس از چند روز از بین می‌روند و بنابراین تولیدکننده از لحاظ مالی دچار مشکل می‌گردد. برای حل این مشکل باید سیستم بسته‌بندی کارآمدی طراحی گردد که لازمی انجام این امر داشتن سیستم درجه‌بندی با کمترین درصد خطا می‌باشد. از لحاظ بازارپسندی معمولاً مشتریان میوه‌هایی را انتخاب می‌کنند که دارای ابعاد تقریباً یکسانی باشند. برای این منظور لازم است یک سیستم درجه‌بندی طراحی گردد که میوه‌های با اندازه تقریباً یکسان را به واحد بسته‌بندی تحویل دهد. ابعاد فیزیکی میوه‌ها بهترین گزینه برای طراحی چنین سیستمی می‌باشد. خواص فیزیکی محصولات کشاورزی پارامترهای مهمی برای تعیین استانداردهای درست طراحی سیستم‌های درجه‌بندی، انتقال دادن، فرآوری و بسته‌بندی می‌باشد [۱۴].

مطالعه کنونی ما در مورد سیب گلدن دلشیز می‌باشد. سیب میوه‌ای است که به‌طور گسترده در ایران کشت می‌شود و میزان تولید آن بالای ۲/۶۶ میلیون تن در سال می‌باشد که رده‌ی سوم از لحاظ میزان تولید بعد از چین و آمریکا را در جهان دارا می‌باشد [۶]. در خصوص مدل‌سازی جرم با در نظر گرفتن ابعاد فیزیکی محصولات، محققان بسیاری مطالعاتی را انجام داده‌اند: اسپریر و مولر ۱۰۰۰ نمونه از میوه انبه را تهیه کردند و یک معادله به‌منظور محاسبه جرم انبه بر اساس سه بعد هندسی آن پیشنهاد کردند، ضریب تعیین مدل به‌دست آمده $R^2=0/97$ بود. ریشه خطای استاندارد میانگین ۱۲/۲۲ تعیین شد و انحراف نسبی میانگین ۰/۰۵ به دست آمد [۱۸]. خوشنام و همکاران یک معادله برای محاسبه جرم انار بر اساس قطرهای کوچک آن ارائه دادند که دارای ضریب همبستگی بالایی بود [۱۰]. استرادا و همکاران تحقیقاتی راجع به انبه انجام دادند و توانستند یک مدل برای تخمین جرم انبه‌ها با استفاده از مجموعه خصوصیات هندسی ارائه دهند. ضریب تعیین مدل به‌دست آمده $R^2=0/93$ می‌باشد [۷]. برخی از خواص فیزیکی شامل شکل، اندازه، چگالی، جرم و اصطکاک در برابر سطوح مختلف می‌باشد [۲]. خواص فیزیکی برای مطالعه محصولات کشاورزی مختلف مانند، میوه‌های درخت بنه، پیاز، بادام، کاپر، گل تفلون، انار مطالعه شده است [۱۴ و ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ و ۱۸].

سلطانی و همکاران تحقیقاتی روی موز (*Cavendish variety*) انجام دادند و بعضی از خواص فیزیکی شامل وزن کل پوست میوه، وزن گوشت، ابعاد، مساحت سطح و سطح تصویر را اندازه‌گیری کردند. همبستگی بالایی بین سطح تصویر اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده یعنی $R^2=0/978$ بدست آمد [۱۷]. کرامتی و همکاران جرم و مساحت سطح ترنج را به‌وسیله خواص فیزیکی مثل خصوصیات ابعادی و سطوح تصویر شده مدل کردند. آن‌ها گزارش دادند که همه ضرایب تعیین برای مدلینگ مساحت سطح، بالاتر از $R^2=0/92$ و بالاترین ضریب تعیین در همه مدل‌ها برای تعدادی ترکیبات سطح تصویر مقدار یک به دست آمد [۹].

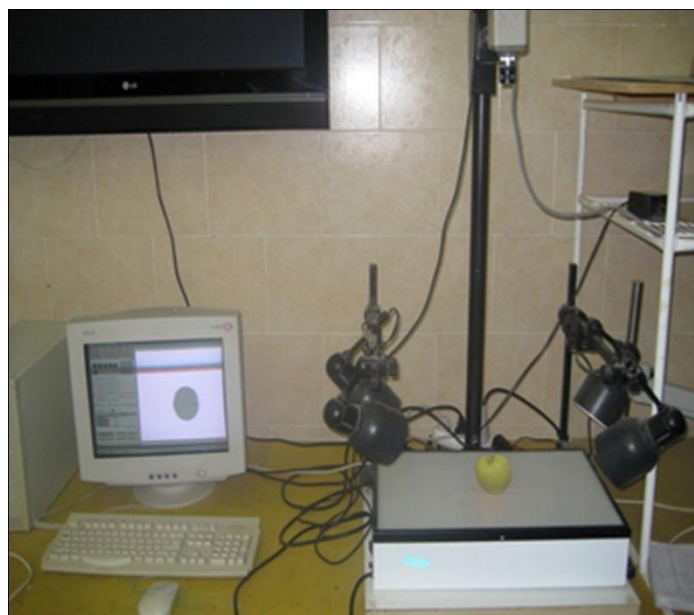
هدف از این مطالعه ارائه یک مدل بهتر جهت ارتقاء سیستم درجه‌بندی سیب گلدن دلشیز بر پایه جرم محصول با به کارگیری روش فازی-عصبی می‌باشد که نتیجه حاصل از روش‌های آماری بهتر باشد. در مقاله حاضر از جعبه‌ابزار ANFIS نرم‌افزار MATLAB و نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

مواد و روش

تعداد ۱۰۰ نمونه سیب گلدن دلشیز بعد از تهیه به آزمایشگاه گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انتقال داده شد. آزمایش‌ها در دمای ۲۲ درجه‌سانتی‌گراد و در مدت دو روز انجام گرفت. با استفاده از کولیس دیجیتالی طول، عرض و ارتفاع



اندازه‌گیری شدند و مقادیر آن‌ها ثبت گردید. سطوح تصویر سیب مطابق شکل ۱ در سه سطح عمود بر هم P_a ، P_b و P_c به دست آمد (شکل ۱).



شکل (۱) اندازه‌گیری سطح تصویر سیب گلدن دلشز

نمونه‌ها تک تک بر روی ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم قرار داده شد و جرم آن‌ها اندازه‌گیری گردید. با استفاده از روابط ۱ تا ۴ قطر متوسط هندسی، کرویت، مساحت سطح بیضی و سطح بیضی گون نمونه‌های سیب گلدن دلشز به دست آمدند [۱۳]

$$D_g = (abc)^{1/3} \quad (1)$$

$$S = \frac{(abc)^{1/3}}{b} \quad (2)$$

$$A = \pi ab \quad (3)$$

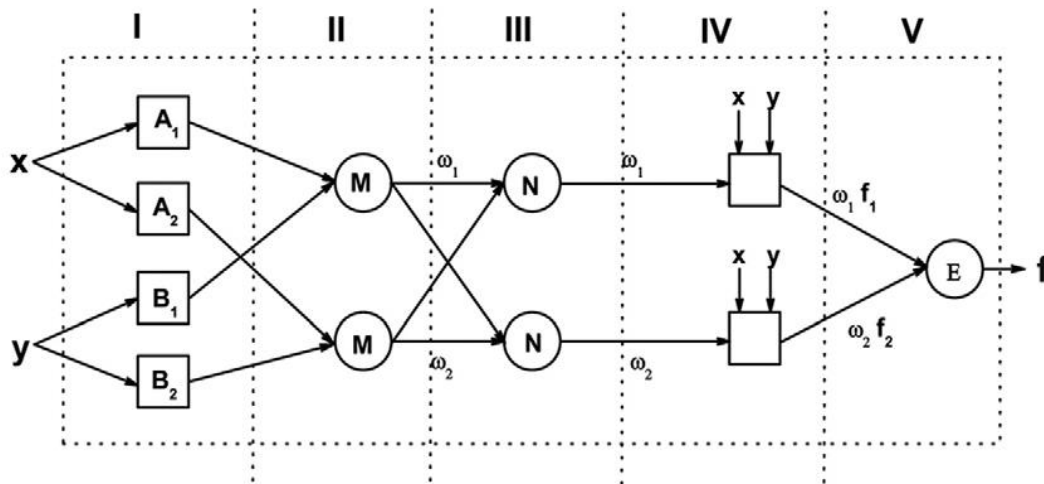
$$S_{\text{ellip}} = \pi D_g^2 \quad (4)$$

در این روابط:

a: طول، b: عرض، c: ارتفاع، D_g : قطر متوسط هندسی، S: کرویت، A: مساحت سطح بیضی و S_{ellip} : سطح بیضی گون می‌باشد. با استفاده از رابطه $P = \frac{P_a + P_b + P_c}{3}$ نیز سطح تصویر متوسط به دست آمد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، مرحله مدل‌سازی جرم بر اساس همین داده‌ها آغاز شد تا بتوان بهترین مدل را بر اساس ورودی‌های مناسب با استفاده از دو روش ANFIS و آماری به دست آورد.

مدل سازی جرم با استفاده از ANFIS

عموماً، استفاده‌ی ترکیبی از روش‌های محاسباتی نسبت به استفاده از یکی از آن‌ها دارای عملکرد بهتری می‌باشد. این واقعیت منجر به ایجاد روش عصبی-فازی گردید. در این سیستم‌ها از شبکه‌های عصبی برای تشخیص الگوها و انطباق بر تغییرات محیط اطراف استفاده می‌شود [۱۱]. در کنار سیستم عصبی از سیستم استنتاج فازی جهت اتخاذ یک تصمیم مناسب استفاده می‌گردد. به‌طور کلی ساختار سیستم استنتاج درجه اول تاکاگی-سوگنو (Takagi-Sugeno) انفیس در شکل (۲) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود انفیس دارای ۵ لایه می‌باشد یعنی ۱- لایه فازی ساز ۲- لایه قوانین ۳- لایه نرمال سازی ۴- لایه غیرفازی سازی ۵- لایه خروجی [۸]. در مقابل روش ANFIS که از مجموعه فازی استفاده می‌کند، روش‌های آماری از مجموعه‌های کلاسیک استفاده می‌کنند. مجموعه‌های کلاسیک مجموعه‌هایی با مرز مشخص می‌باشند که ضعف آن‌ها در انتقال ناگهانی از شمول به عدم شمول پدیدار می‌گردد. بر خلاف مجموعه‌های کلاسیک، یک مجموعه‌ی فازی مجموعه‌ای با مرزهای نامشخص می‌باشد. در این مجموعه‌ها انتقال از شمول به عدم شمول بصورت تدریجی و نرم توسط تابع عضویت ساماندهی می‌شود [۱۱]. همین تفاوت بین مجموعه‌های فازی و کلاسیک باعث عملکرد متفاوت این دو مجموعه می‌گردد.



شکل (۲) ساختار سیستم استنتاج درجه اول Takagi-Sugeno

ورودی‌ها شامل طول (a)، عرض (b)، ارتفاع (c)، محیط (p)، کرویت (S)، قطر متوسط هندسی (D_g)، سطح بیضی گون (S_{ellip}) و مساحت سطح بیضی (A) می‌باشند که در ۷ مدل ارزیابی شده توسط انفیس و رگرسیون خطی بصورت متفاوت در ورودی مدل‌ها قرار گرفت. در مدل انفیس توابع عضویت از انواع مثلثی شکل (Trimf)، سیگنوییدی (dsigmf)، گوسین ترکیبی (Guass2mf) و زنگوله ای (gbellmf) استفاده شد. تعداد مجموعه‌های فازی برای متغیرهای ورودی نیز ۲، ۳ و ۵ در نظر گرفته شد. تابع عضویت خروجی انفیس نیز از دو نوع ثابت یا خطی در نظر گرفته شد. در نهایت برای ارزیابی و مقایسه مدل‌ها از دو معیار میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب تعیین (R^2) استفاده گردید.



نتیجه گیری

نتایج مدل سازی با استفاده از ANFIS و نیز رگرسیون خطی با نرم افزار SPSS انجام شد. در جداول ۱ و ۲ به ترتیب نتایج به دست آمده با استفاده از ورودی های مختلف در دو روش ANFIS و رگرسیون خطی به نمایش گذاشته شده است.

جدول (۱) جدول مشخصات مدل های مختلف جرم سیب گلدن دلشز به کمک ANFIS

ردیف	تابع عضویت ورودی	تعداد قواعد	تابع عضویت خروجی	ورودی				R ²	MSE
				۱	۲	۳	۴		
۱	trimf	۲۲۲	ثابت	a	b	C	-	۰/۹۹	۵۶۱۹۹
۲	dsigmf	۲۲۲	خطی	b	c	P	-	۰/۹۸	۲۲/۳۶
۳	Gausa2mf	۵۵۵	ثابت	a	c	P	-	۰/۹۷	۲۸/۷۶
۴	gbellmf	۲۲۲۲	ثابت	a	b	c	s	۰/۹۷	۳۰/۰۳
۵	gbellmf	۳۳۳	ثابت	S	D _g	S _{ellip}	-	۰/۹۷	۳۲/۱۵
۶	dsigmf	۲۲۲	خطی	A	b	P	-	۰/۹۵	۷۹/۹۱
۷	trimf	۳۳۳	ثابت	a	b	D _g	-	۰/۶۵	۱۴/۱۴

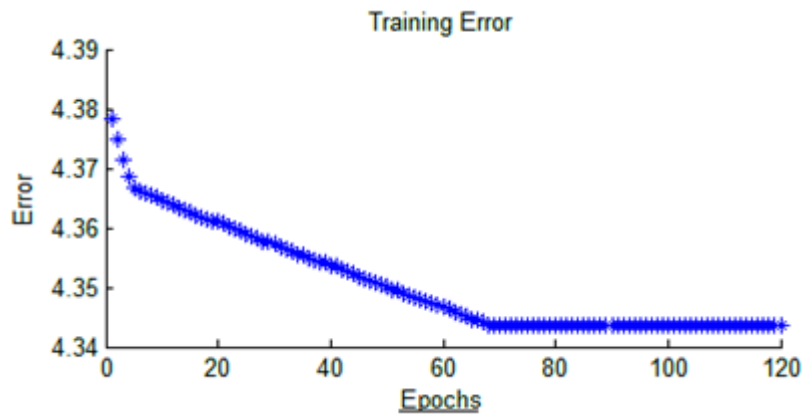
A: طول، b: عرض، c: ارتفاع، D_g: قطر متوسط هندسی، S: کرویت، A: مساحت سطح بیضی و S_{ellip}: سطح بیضی گون
شکل تابع عضویت: Trimf مثلثی، dsigmf سیگنوییدی، Guass2mf گوسین ترکیبی و gbellmf زنگوله ای

جدول (۲) جدول مشخصات مدل های رگرسیون خطی مختلف جرم سیب گلدن دلشز

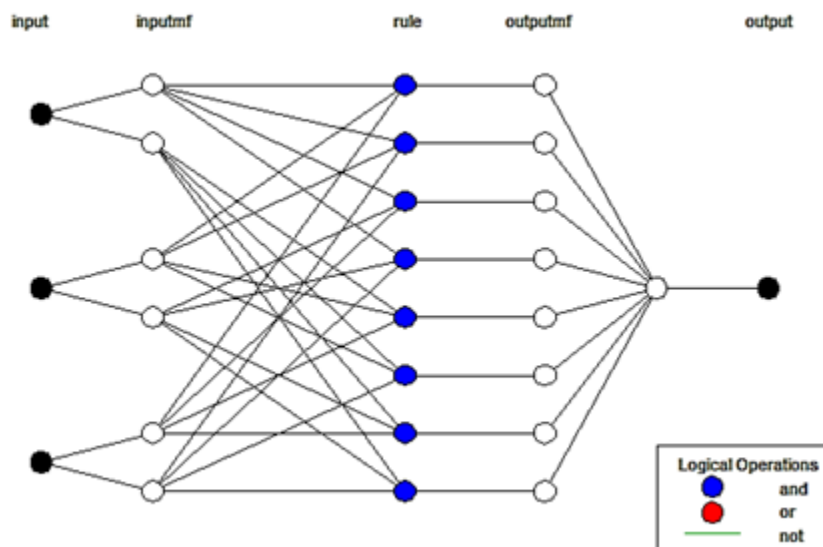
ردیف	ورودی				معادلات رگرسیونی	R ²	MSE
	۱	۲	۳	۴			
۱	a	b	c	-	$M = ۰/۷۴۹a + ۲/۸۴۹b - ۱/۵۱۲c + ۰/۰۰۱S + ۸۲/۴۱۱$	۰/۹۵۸	۴۹/۷۲۲
۲	b	c	P	-	$M = - ۰/۲۱۷b + ۰/۱۴۸c + ۰/۰۴۴P - ۴۵/۴۷۰$	۰/۹۸۳	۱۵/۸۳۷
۳	a	c	P	-	$M = ۰/۱۰۵a + ۰/۱۲۵c + ۰/۰۴۲P - ۵۵/۶۳۴$	۰/۹۸۶	۱۵/۸۶۷
۴	a	b	c	S	$M = ۰/۷۴۹a + ۲/۸۴۹b - ۱/۵۱۲c + ۰/۰۰۱S - ۸۲/۴۱۱$	۰/۹۵۸	۴۹/۷۲۲
۵	S	D _g	S _{ellip}	-	$M = - ۰/۱۹۱S + ۰/۰۰۱D_g + ۲/۳۱۴e^{-5}$	۰/۹۴۸	۶۰/۴۹۸
۶	A	b	P	-	$M = ۰/۱۶۲a + ۰/۱۷۹b + ۰/۰۴۱P - ۵۸/۹۷۳$	۰/۹۸۶	۱۶/۶۹۵
۷	a	b	D _g	-	$M = ۲/۰۰۸a + ۳/۹۹۱b - ۲/۰۰۷D_g - ۲۴۶/۰۲۴$	۰/۹۵۳	۵۴/۸۲۹

a: طول، b: عرض، c: ارتفاع، D_g: قطر متوسط هندسی، S: کرویت، A: مساحت سطح بیضی و S_{ellip}: سطح بیضی گون

همان‌طور که از جداول ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، در مدل با ورودی‌های طول، عرض و ارتفاع (a, b و c) انفیس بهترین جواب حاصل شد که به‌عنوان بهترین مدل انفیس انتخاب شد. با این ورودی‌ها ANFIS و SPSS به ترتیب دارای ضرایب تعیین $R^2=0/9999$ و $R^2=0/958$ می‌باشند. در شکل (۳) نمودار مربوط به خطای آموزش و تعداد اپوک‌ها مشاهده می‌گردد. همان‌گونه که از شکل پیداست، با افزایش اپوک‌ها خطا کاهش می‌یابد تا به یک مقدار ثابت می‌رسد و از آن به بعد خطا ثابت می‌ماند. شکل (۴) ساختار کلی بهترین مدل ANFIS آورده شده است، همان‌طور که مشاهده می‌شود این مدل دارای سه ورودی، هشت قانون و یک خروجی می‌باشد.

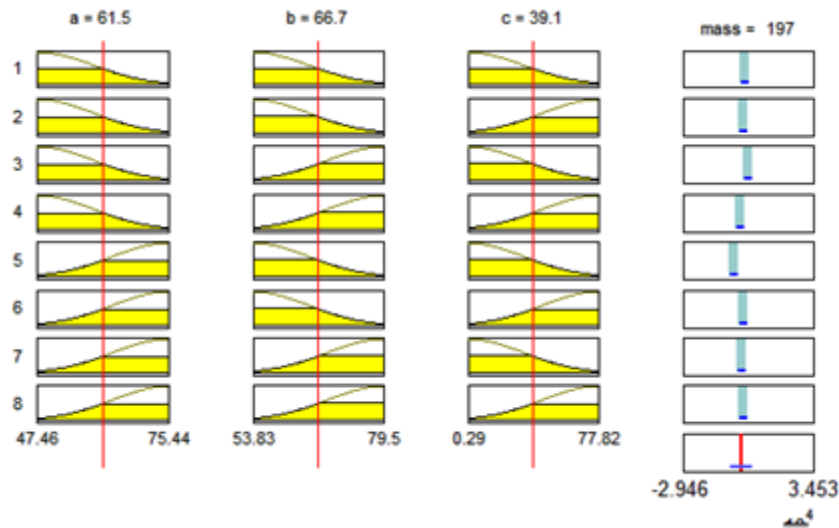


شکل ۳ ارتباط بین خطای آموزش و تعداد اپوک‌ها

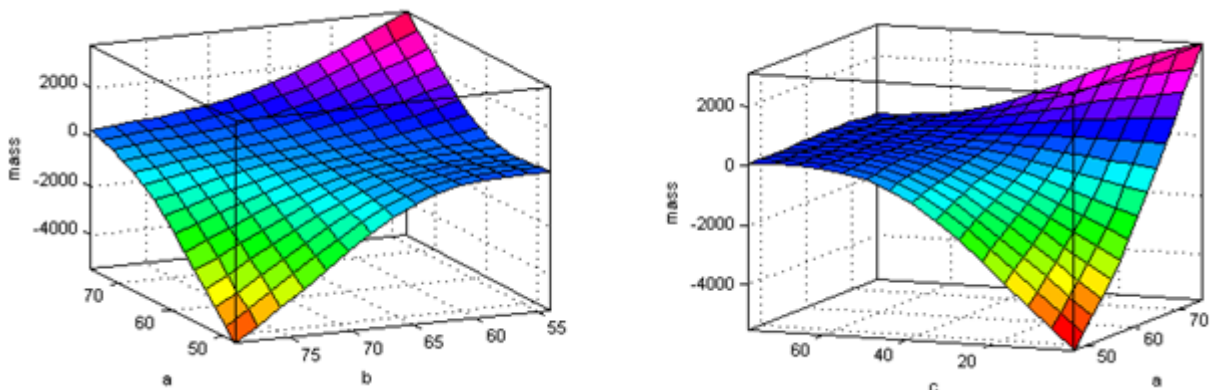


شکل (۴) ساختار کلی بهترین مدل انفیس با سه ورودی

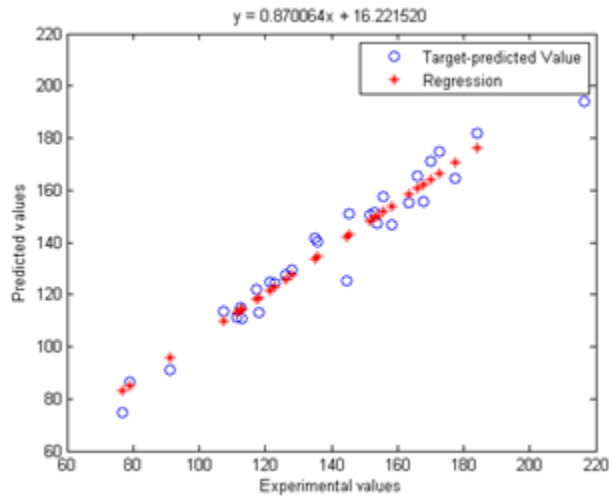
در شکل (۵) می‌توان نمایشگر قواعد بهترین مدل انفیس را مشاهده کرد. همان‌گونه که از شکل (۵) قابل مشاهده می‌باشد هشت ردیف وجود دارد که هر ردیف نشان‌دهنده یک قانون فازی می‌باشد بنابراین هشت قانون فازی در این مدل وجود دارد. چهارستون در این شکل نیز مشاهده می‌شود که سه ستون اولی نشان‌دهنده ورودی‌های مدل و ستون آخر نشان‌دهنده خروجی مدل می‌باشد به‌عنوان مثال اگر طول و عرض و ارتفاع به ترتیب $61/5$ ، $66/7$ و $39/1$ باشد آنگاه جرم 197 گرم را نشان می‌دهد. در شکل (۶) نمودار سه‌بعدی ورودی خروجی نشان داده شده است، در این شکل به ازای هر دو ورودی و یک خروجی، نموداری رسم شده است. همان‌طور که از شکل مشاهده می‌شود با افزایش هر دو بعد سبب مقدار جرم افزایش می‌یابد. در شکل‌های (۷) و (۸) به ترتیب نمودارهای مربوط به مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده دو روش ANFIS و رگرسیون خطی نشان داده شده است.



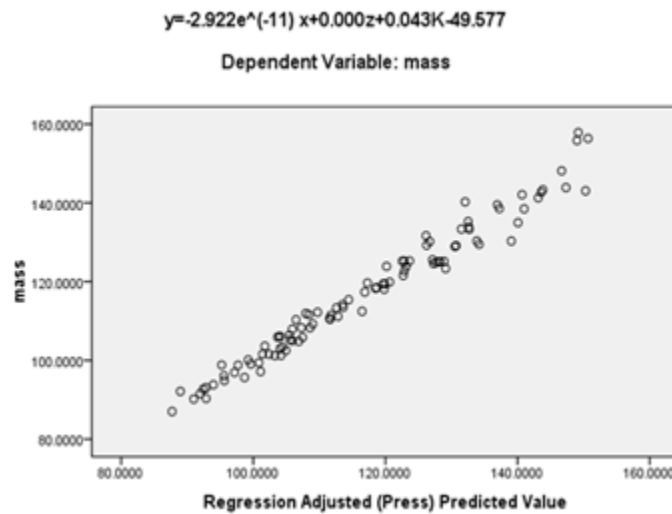
شکل (۵) نمایشگر قواعد ANFIS



شکل (۶) نمودار سه‌بعدی برای ورودی‌های مدل در برابر جرم



شکل (۷) نمودار مربوط به مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده در ANFIS



شکل (۸) نمودار مربوط به مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده در SPSS

با توجه به نمودارها و نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مدل به دست آمده از روش ANFIS بهترین جواب را می‌دهد و می‌توان این مدل را جهت ساخت دستگاه درجه‌بندی سیب گلدن دلشز بر اساس سه ورودی طول، عرض و ارتفاع بکار برد.



نتیجه‌گیری

در این مطالعه مدل‌سازی برای جرم سیب جهت به دست آوردن الگوریتم درجه‌بندی آن انجام شد. پس از ارزیابی‌های فراوانی که روی ورودی‌های مختلف مدل‌های حاصل توسط ANFIS در مرحله آموزش مدل با ۷۰ درصد داده‌ها و نیز مدل رگرسیون با SPSS صورت گرفت، بهترین ضریب تعیین به دست آمده با یکدیگر مقایسه شدند و معلوم شد که ابزارهای هوش مصنوعی روشی بسیار کارآمدتر و قوی‌تر هستند. ورودی‌های بهترین مدل، طول، عرض و ارتفاع بودند. جهت اعتبار سنجی مدل حاصل ۳۰ درصد داده‌ها برای تست و ارزیابی مدل ANFIS مورد استفاده قرار گرفته که مدل توانست ۳۰ نمونه تست را با ضریب تعیین ۰/۹۹۹۹ درجه‌بندی کند. درحالی‌که برای روش رگرسیون ضریب تعیین ۰/۹۵۸ بدست آمد. بنابراین نتایج نشان دادند که ANFIS می‌تواند دقت و کارایی بالاتری نسبت به روش آماری رگرسیون خطی در سیستم درجه‌بندی داشته باشد.

منابع

1. Abhayawick, L., Laguerre, J.C., Tauzin, V., Duquenoy, A., 2002. Physical properties of three onion varieties as affected by the moisture content. J. Food Eng. 55, 253–262.
2. Akar, R., Aydin, C., 2005. Some physical properties of gumbo fruit varieties. J. Food Eng. 66, 387–393.
3. Aydin, C., 2003. Physical properties of almond nut and kernel. J. Food Eng. 60, 315–320.
4. Aydin, C., Ozcan, M., 2002. Some physico-mechanic properties of terebinth (*Pictaciaterebinthus L.*) fruits. J. Food Eng. 53, 97–101
5. Aydine, C., Ozcan, M., 2007. Determination of nutritional and physical properties of myrtle (*Myrtuscommunis L.*) fruit growing wild in Turkey. J. Food Eng. 79, 453–458.
6. Gorji Chakespari, A. Rajabipour and H. Mobli. 2010. Mass modeling of two apple varieties by geometrical attributes. AJAE. 1(3), 112-118.
7. Guzman-Estrada, C., MosquedaVazques, R., Alcalde-Blanco, S., Marinez-Garza, A., 1997. Equation to estimate volume and growth dynamics of mango 'Manila' fruit. Acta Hortic. 455, 449–454.
8. Zheng, H. Jiang, B., Hongfei L., 2011. An adaptive neural-fuzzy inference system (ANFIS) for detection of bruises on Chinese bayberry (*Myricarubra*) based on fractal dimension and RGB intensity color. Journal of Food Engineering. 104, 663–667.
9. KeramatJahromi, M., Rafiee, S., Mirasheh, R., Jafari, A., Mohtasebi, S. S and GhasemiVarnamkhasti, M. 2007. Mass and Surface Area Modeling of Bergamot (*Citrus medica*) Fruit with Some Physical Attributes. Agricultural Engineering International: the CIGRE journal. 4, 1-11.
10. Khoshnam, F., Tabatabaeefar, A., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Borghei, A.M., 2007. Mass modeling of pomegranate (*Punicagranatum L*) fruit with some physical characteristics. Sci. Hortic. 114, 21–26.
11. Kia, M. (2011) *Fuzzy logic in MATLAB* (2thed). Kian rayane sabz publisher. Tehran. (in Farsi)
12. Lorestani, A. N and Tabatabaeefar, A. (2006). Modeling the mass of kiwi fruit by geometrical attributes. Int. Agrophysics, 20: 135-139.
13. Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Sci. publ, New York.



14. Omid, M, Khojastehnazhand, M, Tabatabaeefar, A. 2010. Estimating volume and mass of citrus fruits by image processing technique. *Journal of Food Engineering*. 100(2), 315–321.
15. Omobuwajo, T.O., Akande, E.A., Sanni, L.A., 1999. Selected physical, mechanical and aerodynamic properties of African breadfruit (*Treuliaafricana*) seeds. *J. Food Eng.* 40, 241–244.
16. Sessiz, A., Esgici, R., Kizil, S., 2007. Moisture-dependent physical properties of caper (*Capparis ssp.*) fruit. *J. Food Eng.* 79, 1426–1431.
17. Soltani, M., Alimardani, R., Omid, M. 2011. Some physical properties of full-ripe banana fruit (Cavendish variety). *Int J Ag Sci Res Tech.* 1(1), 1-5.
18. Spreer, W. and Müller, J. 2010. Estimating the mass of mango fruit (*Mangifera indica*, cv. Chok Anan) from its geometric dimensions by optical measurement. *Computers and Electronics in Agriculture* 75 (2011): 125–131.



Providing a Model for Improving the Golden Apple Apparatus System by Mass Using the ANFIS Method

Leila Naderloo^{1*}, Nasrin Mohammadi²

1. Assistant professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran., lnaderloo@gmail.com
2. M.Sc. Graduate of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran. mnasrin90@gmail.com

Abstract

By increasing communication and exporting agricultural products from one side to the other side of the world, a prerequisite for acceptance of the export product is pretty and standard packaging. ANFIS method is useful in estimating issues. Therefore, Golden Delicious apple was evaluated in order to give a model for detection of mass using physical properties of apple and eventually upgrade its grading system. Seven models with different inputs were performed using ANFIS method and linear regression with SPSS software that the best model had inputs of length (a), width (b) and height (C) of apple. In ANFIS model, 70 samples were used to training the model and 30 samples were used to evaluate the model. Coefficients of determination for ANFIS model and regression were obtained 0.9999 and 0.958, respectively. ANFIS model showed better operation than the statistical model.

Keyword: Packaging, Physical properties, Mass, Apple, ANFIS.

*Corresponding author

E-mail: lnaderloo@gmail.com