نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

مقایسه روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی حجم آلوچه قرمز

عمار صالحی[۱*]، سید مجتبی شفاعی[۲] و امین اله معصومی[۳]

۱ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. کد پستی: ۸۳۱۱۱- ۸۴۱۵۶

۲- دانشجوی دکتری بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. کد پستی: ۶۵۱۸۶-۷۱۴۴۱

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: amar.salehi@ag.iut.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، برخی خواص فیزیکی آلوچه قرمز اندازه‌گیری و حجم محصول توسط مدل رگرسیونی خطی و شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی گردید. مدل‌های رگرسیونی خطی به صورت مدل‌سازی یک متغیره بر اساس پارامترهای ابعادی، سطح تصویر و جرم ارائه گردیدند. همچنین از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP) با ۳ متغیر مستقل (قطر متوسط هندسی، سطح تصویر شده معیار و جرم) و یک متغیر وابسته (حجم) استفاده شد. برای معماری شبکه عصبی مصنوعی چند لایه از روش سعی و خطا استفاده گردید. نتایج مدل‌های رگرسیونی نشان داد که بهترین مدل برای برآورد حجم آلوچه قرمز، مدل خطی یک متغیره بر اساس پارامتر سطح تصویر شده معیار می‌باشد که دارای ضریب همبستگی ۰/۹۴ بود. توپولوژی ۱-۴-۳ بهترین ساختار شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد حجم آلوچه برگزیده گردید که دارای ضریب همبستگی ۰/۹۶ بود. نتایج تحلیل حساسیت مدل‌ها نشان داد که مدل‌سازی حجم آلوچه بر اساس پارامتر سطح تصویر معیار بهترین برآورد را دارد. نتایج حاصل از مقایسه قدرت مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی خطی نشان داد که هر دو مدل به خوبی توانایی برآورد مناسبی از حجم آلوچه داشته اما با توجه به ضرایب همبستگی دو مدل و خطای مدل‌سازی، استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خواص فیزیکی، جرم، سطح تصویر شده معیار، قطر متوسط هندسی.

۱- مقدمه

آلوچه قرمز (*Prunus americana*) یکی از میوه‌های اروپایی و آسیایی است که درخت آن از نژاد PRUNUS از خانواده Rosaceae است. میوه آلوچه قرمز معمولا در نقاط معتدل رشد می‌کند. گونه‌های بسیار زیاد و متفاوتی از آلوچه در سطح جهان وجود دارد (Ellbert, 1950). درخت این میوه در اکثر نواحی معتدل ایران به‌خصوص شمال غربی ایران کاشته می‌شود.

شکل این میوه تقریبا کروی بوده و گوشتی است. به دلیل داشتن درصد بالایی از ویتامین‌ها، یکی از پر طرفدارترین میوه‌ها محسوب می‌شود و از محبوبیت خاصی برخوردار است. بر اساس آمار سازمان خار و بار جهانی (FAO)، میزان سطح زیر کشت و تولید سالانه آلوچه در ایران در سال ۲۰۱۲ به ترتیب بیش از ۲۵۶ هزار هکتار و ۲۹۵ هزار تن بوده است (FAO, 2012).

خواص فیزیکی محصولات کشاورزی و باغی، مهمترین پارامترهای طراحی و ساخت سامانه‌های کلی برداشت و پس از برداشت می‌باشد و به طور کلی طراحی سامانه‌های ذکر شده بدون توجه به این پارامترها ناقص بوده و منجر به نتایجی ضعیف خواهد شد. در بین این خواص ابعاد، جرم، حجم و سطح تصویر از مهمترین پارامترها در طراحی سیستم‌های درجه‌بندی می‌باشد(Safwat, 1971; Wright *et al.*, 1986) .

پژوهش‌های فراوانی در زمینه درجه‌بندی و جداسازی میوه‌ها انجام شده است که بیش‌تر آن‌ها به راهکارهای مکانیزه کردن و افزایش دقت و بازده درجه‌بندی پرداخته‌اند (Poldr *et al.*, 2003; Kleynen *et al.*, 2003)

تحقیقات فراوانی برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و باغی و مدل‌سازی جرمی و حجمی آن‌ها انجام گرفته است، از جمله این تحقیقات، تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی محصولاتی مانند پرتقال (Topuz *et al.*, 2005)، زیتون(Kilickan and Guner, 2007)، انار (Ekrami *et al.*, 2011) و همچنین مدل‌سازی جرمی و حجمی مرکبات (Omid *et al.*, 2010)، طالبی (Seyedabadi *et al.*, 2011)، گیلاس (Shahbazi and Rahmati, 2013)، انار (Khoshnam *et al.*, 2007) و غیره می‌باشد.

کالیشر و همکاران[1] (۲۰۰۵) بر روی برخی خواص تغذیه‌ای و مهندسی آلوچه وحشی (*Prunus spp*) کار کردند و نشان دادند که ابعاد هندسی، جرم و خواص هندسی از قبیل قطر هندسی به شکل و هندسه میوه بستگی دارد. سایر محققین خواص فیزیکی وتغذیه‌ای دو نوع آلوچه (*Prunus domestica*) در ترکیه را بررسی کردند (Ertekin *et al.*, 2006).

خواص فیزیکی و هیدرودینامیکی آلوچه سبز توسط گروهی از پژوهشگران تعیین گردید (Ghari *et al*, 2014). آن‌ها برخی از مشخصه‌های فیزیکی میوه آلوچه رقم آلوچه سبز اصفهان را با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه-گیری کردند و با استفاده از ستون آب و دوربین فیلم برداری و نرم افزار تبدیل فیلم به عکس از پائین آمدن میوه در ستون آب در هر ۰/۰۰۳۳ ثانیه عکس برداری کردند تا خواص هیدرودینامیکی میوه از جمله سرعت حد و زمان پایین آمدن آن را تعیین کنند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی مدل‌هایی ریاضی می‌باشند که الهام گرفته از سیستم عصبی و مغز انسان است. شبکه عصبی شبیه‌سازی از دستگاه عصبی انسان است و در واقع تقلیدی از مغز و شبکه اعصاب انسان می‌باشد. در این شبکه سعی بر این است که ساختاری تهیه شود که همانند مغز، قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد. مهمترین موضوع در مدل‌های شبکه عصبی، انتخاب ورودی‌های مناسب به مدل برای رسیدن به خروجی‌های مد نظر می باشد (Leij *et al.*, 2002).

1- Calisir *et al*.

گروهی از پژوهشگران برای پیش‌بینی خواص هندسی پسته از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل شبکه عصبیِ تابعِ پایه شعاعی به عنوان بهترین مدل شبکه عصبی در پیش‌بینی ابعاد محوری پسته می‌باشد؛ به طوری که این شبکه توانسته است قطر بزرگ، قطر میانگین و قطر میانگین هندسی پسته را با ضرایب تبیین بسیار بالا تخمین بزند (Mokhtarian *et al.*, 2011).

هدف از این پژوهش، تعیین برخی خواص فیزیکی آلوچه قرمز از جمله ابعاد، سطوح تصویر، جرم و حجم برای ارزیابی و مدل‌سازی حجمی آلوچه با استفاده از مدل‌های رگرسیونی تک متغیره خطی و شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه نتایج به دست آمده در این روش‌ها می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

جهت تعیین برخی خواص فیزیکی آلوچه قرمز، تعداد ۱۰۰ عدد آلوچه به صورت تصادفی در استان کرمانشاه انتخاب گردید. درصد رطوبت آلوچه‌ها بر پایه تر با توجه به استانداردهای موجود (ASAE, 1998) و با استفاده از دستگاه آون آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه اندازه‌گیری شد. به این منظور ابتدا جرم آلوچه ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون با دمای ۱۰۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس جرم ثانویه آلوچه‌ها پس از خروج از دستگاه اندازه‌گیری شد و رطوبت اولیه آن‌ها اندازه گیری گردید:

ابعاد هندسی آلوچه یعنی سه قطر عمود بر هم در آزمایشگاه توسط کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. بر این اساس قطر متوسط هندسی آلوچه‌ها از رابطه (1) تعیین گردید (Aydin, 2003; Mohsenin, 1978):

$$D_g = \sqrt[3]{LWT} \qquad (۱)$$

که در آن D_g قطر متوسط هندسی نمونه (mm)، L قطر بزرگ یا ارتفاع نمونه (mm)، W قطر متوسط یا طول نمونه (mm) و T قطر کوچک یا عرض نمونه (mm) می‌باشد.

مساحت سه سطح عمود بر هم در آلوچه از روش اندازه‌گیری مساحت (AMS [۲]) و با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل DELTA-T ساخت شرکت DELTA (کشور انگلستان)، تعیین شد (شکل ۱) و سطح تصویر شده معیار نیز از طریق رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$A_c = \frac{P_A + P_B + P_C}{3} \qquad (۲)$$

2 - Area Measuring System

که در آن A_c سطح تصویر شده معیار نمونه (mm^2)، P_A سطح تصویر شده عمود بر ارتفاع نمونه (mm^2)، P_B سطح تصویر شده عمود بر طول نمونه (mm^2) و P_C سطح تصویر شده عمود بر عرض نمونه (mm^2) می‌باشد.

شکل ۱- دستگاه سطح برگ سنج برای اندازه‌گیری مساحت سطح

برای به دست آوردن حجم واقعی نمونه از روش جابه‌جایی مایع (روش ارشمیدس) استفاده گردید. به این منظور ابتدا وزن یک ظرف مدرج محتوی آب مقطر (که در دمای محیط دارای چگالی واحد بود)، توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ اندازه گیری شد. سپس نمونه به گونه‌ای در آب غوطه‌ور شد که با جداره های کناری و کف ظرف هیچ‌گونه تماسی نداشته باشد. وزن آلوچه غوطه‌ور و ظرف محتوی آب اندازه‌گیری شد. سپس از طریق رابطه (۳) حجم واقعی نمونه (V) اندازه‌گیری شد:

$$V = \frac{W_{bws} - W_{bw}}{\rho_w} \qquad (۳)$$

که در آن W_{bws} وزن نمونه و ظرف محتوی آب مقطر (gr)، W_{bw} وزن ظرف محتوی آب مقطر (gr)، ρ_w چگالی آب مقطر (gr/cm^3) و V حجم نمونه (cm^3) می‌باشد. به دلیل آن‌که با خارج کردن هر یک از نمونه‌ها از ظرف، مقداری از وزن ظرف و آب کاسته می‌شد لذا اندازه‌گیری وزن ظرف و آب برای هر یک از نمونه‌ها به صورت مجزا انجام شد؛ بنابراین پیش از غوطه‌ور کردن هر نمونه، وزن ظرف و آب به صورت مجزا اندازه گیری و یادداشت گردید.

برای ارزیابی و تخمین حجم آلوچه بر اساس برخی خواص فیزیکی (قطر متوسط هندسی، سطح تصویر شده معیار و جرم) سه مدل تک متغیره زیر ارائه گردید:

الف- مدل‌سازی حجمی تک متغیره بر اساس پارامتر قطر متوسط هندسی؛

ب- مدل‌سازی حجمی تک متغیره بر اساس پارامتر سطح تصویر شده معیار؛

ج- مدل‌سازی حجمی تک متغیره بر اساس جرم؛

هریک از این مدل‌ها با نرم‌افزار SPSS 17.0 در آزمایش مدل‌سازی خطی بررسی گشته و به صورت رابطه (۴) ارائه گردیدند:

$$V = b_0 + b_1 X \quad (۴)$$

که در آن b_0 و b_1 ثابت‌های معادله هستند و X می‌تواند هر یک از پارامترهای قطر متوسط هندسی، سطح تصویر معیار و جرم باشد. V حجم نمونه می‌باشد.

برای تعیین معماری بهینه شبکه با استفاده از نرم افزارهای MATLAB (R2011a) و Neuro Solutions V5.00 از روش سعی و خطا و با انجام آزمون‌های مختلف، شبکه‌ای که کمترین میزان خطا و بیشترین ضریب همبستگی را دارد انتخاب گردید. ۷۰ درصد از داده‌های آزمایشی برای آموزش[۳]، ۱۵ درصد برای اعتبار سنجی[۴] و ۱۵ درصد برای آزمون[۵] شبکه انتخاب گردید.

برای ارزیابی مدل‌های رگرسیونی و نتایج شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن‌ها از معیارهای آماری ضریب تبیین (R^2) و خطای استاندارد برآورد[۶] (SEE) استفاده گردید (Rawls *et al.*, 1991) (روابط ۵و ۶).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - Y_{expave})^2 - \sum_{i=1}^{N}(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - Y_{exp\,ave})^2} \quad (۵)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N}} \quad (۶)$$

که در آن Y_i مقادیر اندازه‌گیری شده متغیر، $\hat{Y}$ مقادیر پیش‌بینی شده متغیر به روش‌های انجام شده، N تعداد داده‌ها و $Y_{exp\ ave}$ مقدار متوسط متغیر است.

۳- نتایج و بحث

درصد رطوبت نمونه‌ها بر پایه تر، ۸۹/۶۶ درصد محاسبه گردید. جدول (۱)، خواص فیزیکی مهمی که در مدل-سازی‌ها از آن‌ها استفاده گردیده است را نمایش می‌دهد.

جدول ۱- خواص فیزیکی مورد مطالعه آلوچه

خواص فیزیکی	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
وزن	۳/۵۶	۶/۵۰	۴/۷۱	۰/۴۵
سطح تصویر شده معیار	۲۴۹/۴۰	۳۷۹/۹۰	۳۰۰/۱۷	۱۹/۶۲
قطر متوسط هندسی	۱۶/۰۱	۲۲/۳۸	۱۸/۷۶	۱/۳۴

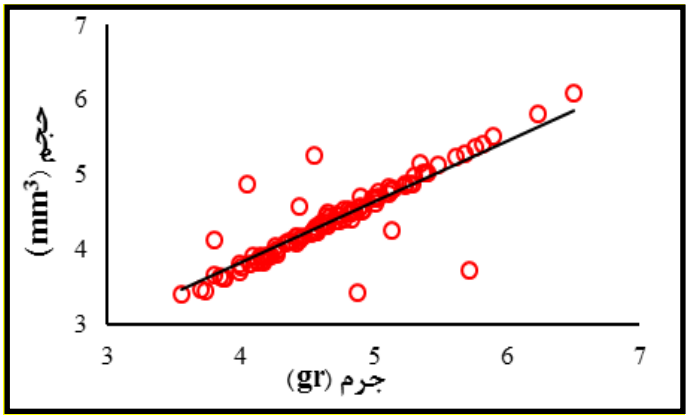
3 - Train
4 - Validation
5- Test
6 - Standard Error of the Estimate

در جدول (۲) مدل‌سازی رگرسیونی حجمی یک متغیره رگرسیونی آلوچه بر اساس خواص فیزیکی ارائه شده (متغیر مستقل) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در میان مدل‌های موجود، بهترین مدل که می‌تواند بر اساس متغیر مستقل مذکور حجم آلوچه را تخمین بزند ارائه گردیده است.

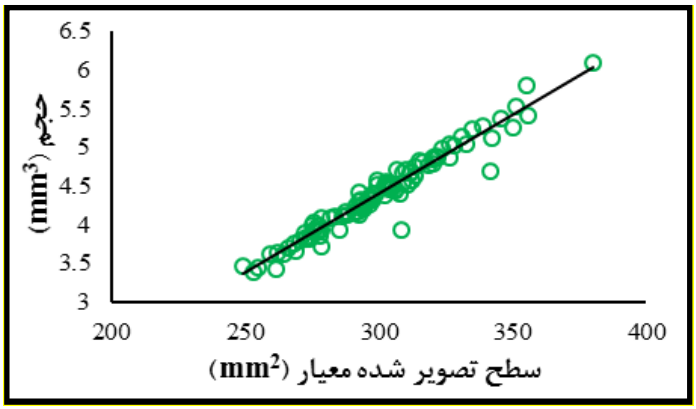
جدول ۲- مدل‌سازی حجمی تک متغیره آلوچه

متغیر مستقل	پارامترهای آماری		ثابت‌های معادله	
	SEE	R^2	b_1	b_0
D_g *(mm)*	۰/۴۸۳	۰/۲۵۴	۰/۱۷۴	۱۴/۱۳۱
A_C *(mm²)*	۰/۱۲۳	۰/۹۴۷	۰/۰۲۰	۱/۷۵۵
M (g)	۰/۲۶۰	۰/۷۶۲	۰/۸۱۱	۰/۵۷۴

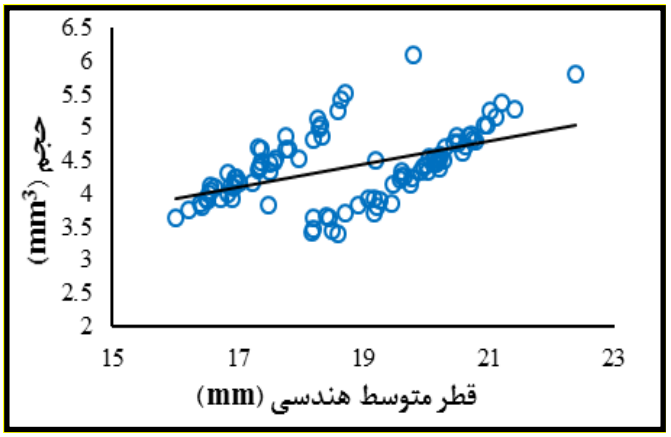
بهترین مدل پیشنهادی برای مدل‌سازی رگرسیونی حجم آلوچه، مدلی است که دارای بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای مدل‌سازی باشد. نتایج نشان داد که بهترین مدل تخمین حجم، مدل‌سازی خطی بر اساس پارامتر سطح تصویر معیار است که دارای ضریب تعیین ۰/۹۴۷ و خطای استاندارد برآورد ۰/۱۲۳ می‌باشد (شکل۲، ۳ و ۴).



شکل ۲- مدل‌سازی حجم آلوچه بر اساس پارامتر جرم



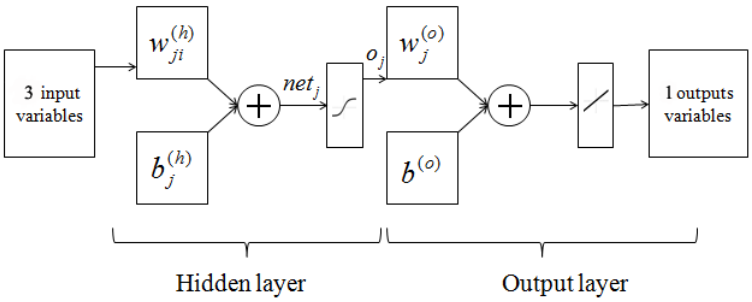
شکل ۳- مدل‌سازی حجم آلوچه بر اساس پارامتر سطح تصویر شده معیار



شکل ۴- مدل‌سازی حجم آلوچه بر اساس پارامتر قطر متوسط هندسی

این نتیجه که تصاویر سطح می‌تواند بهترین مدل را برای برآورد حجم محصولات کشاورزی و باغی داشته باشند با نتایجی که سایر پژوهشگران به دست آورده‌اند مطابقت می‌کند. در تحقیقات پیشین حجم میوه ازگیل ژاپنی مدل-سازی گردیده است که نتایج آن نشان داد مدل‌سازی رگرسیونی حجمی ازگیل بر اساس پارامترهای سطوح تصویر بهترین برآورد را از حجم آن داشته است (Shahi-Gharahlar *et al.*, 2009).

بررسی نتایج به دست آمده در شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP)[۷] با ۳ متغیر ورودی (قطر متوسط هندسی، تصویر سطح شده معیار و جرم)، یک لایه پنهان با تابع تبدیل تانژانت سیگموئید و یک متغیر خروجی (حجم) با تابع آستانه خطی نشان داد (جدول۳) که شبکه عصبی مصنوعی با ۴ نرون در لایه پنهان و توپولوژی ۱-۴-۳ (شکل ۵) بهترین ساختار شبکه را برای پیش‌بینی حجم آلوچه بر اساس پارامترهای مذکور ارائه می‌دهد.



شکل ۵- ساختار (توپولوژی) شبکه عصبی مصنوعی

بدیهی است که هر چه مقدار ضریب تعیین بیشتر (به یک نزدیک‌تر باشد) و مقدار خطا کمتر باشد (به صفر نزدیکتر باشد)، دقت پیش‌بینی مدل بیشتر خواهد بود. با توجه به ضریب تعیین و خطای این مدل به خوبی روشن است که این مدل توانسته است برآورد مناسبی برای حجم آلوچه بر اساس پارامترهای فیزیکی آن ارائه دهد.

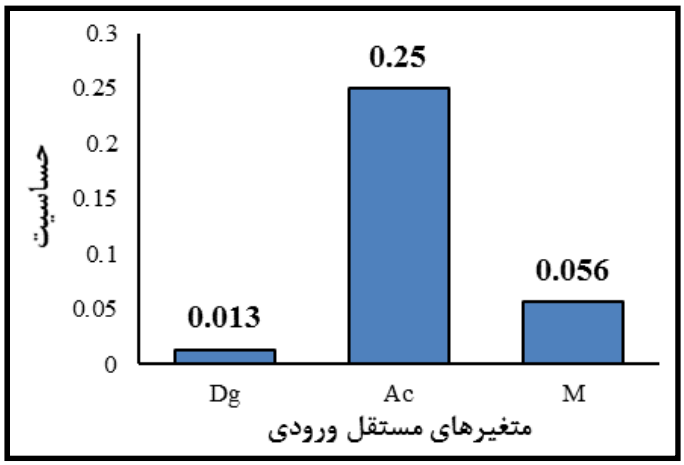
7- Multi layer Perceptron

شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به مدل‌های رگرسیونی نقاط قوت و برتری محسوسی دارند از جمله این نقاط قوت، می‌توان به هوشمند بودن نحوه تجزیه و تحلیل داده‌ها و اشاره کرد. از طرف دیگر، شبکه‌های عصبی مصنوعی بسیار پویا هستند؛ به این معنی که می‌توان با داشتن یک مدل مشخص، هر بار داده‌های بیش‌تری را اضافه کرد و آن-ها را مجدداً آموزش داد و به این ترتیب پاسخ به دست آمده دارای خطای بسیار کم‌تری خواهد شد. در مدل‌های رگرسیونی برای بهبود نتایج برآورد، تنها می‌توان تعداد متغیرها را تغییر داد در حالی که در شبکه‌های عصبی مصنوعی به راحتی می‌توان با تغییر شبکه و انتخاب تعداد مناسب نرون و لایه پنهان، نتایج بهتری را به دست آورد.

برای بررسی شدت تاثیر هر یک از پارامترهای ورودی بر روی برآورد حجم آلوچه توسط شبکه عصبی مصنوعی، از تحلیل حساسیت توسط نرم‌افزار Neuro Solution استفاده شد. با توجه به شکل (۶)، سطح تصویر معیار بیش‌ترین تأثیر را بر برآورد حجم آلوچه داشته است.

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون شبکه عصبی مصنوعی

نوع شبکه	معماری شبکه	مرحله آزمون	
		R^2	SEE
MLP	۳-۴-۱	۰/۹۶	۰/۰۳۵



شکل ۶_ تحلیل حساسیت برآورد حجم آلوچه بر اساس پارامترهای ورودی

۴- نتیجه‌گیری

با بررسی مدل‌های رگرسیونی و مدل ارائه شده توسط شبکه عصبی مصنوعی با داده‌های یکسان، مشخص گردید که نهایتا شبکه عصبی مصنوعی با تابع آستانه تانژانت سیگموئید و ۴ نرون در لایه پنهان و یک نرون در لایه خروجی با تابع آستانه خطی و سه نرون در لایه ورودی می‌تواند بهترین برآورد را برای حجم آلوچه بر اساس سه متغیر سطح تصویر شده معیار، قطر متوسط هندسی و جرم داشته باشد ($R^2=0.96$ و $SEE=0.035$). از طرف دیگر مدل‌های رگرسیونی نیز به خوبی توانستند برآورد مناسبی از حجم آلوچه را با استفاده از تصاویر سطح ارائه دهند ($R^2=0.947$

و *SEE=0.123*). بنابراین هر دو مدل دارای دقت کافی در مدل‌سازی بوده‌اند. مدل رگرسیونی به دلیل ساده‌تر بودن نسبت به شبکه عصبی مصنوعی ارجحیت داشته و شبکه عصبی مصنوعی به دلیل دقت بیشتر بر مدل رگرسیونی ارجحیت داشته است. با توجه به نتایج حاصل از تحلیل حساسیت، پارامتر سطح تصویر معیار، بیش‌ترین تأثیر را بر برآورد حجم آلوچه داشته است. نتایج مدل‌های رگرسیونی نیز این موضوع را تأیید می‌کرد. برای برآورد مناسب حجم آلوچه با بالاترین دقت، پیشنهاد می‌شود از پارامتر تصاویر سطح و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شود.

منابع و مآخذ

1. ASAE Standard. 1998. Compression Tests of Food Materials of Convex Shape. ASAE S368.3 MAR95.
2. Aydin, C. 2003. Physical properties of almond nut and kernel. Journal of Food Engineering. 60(3): 315-320.
3. Calisir, S. Haciseferogullari, H. Ozcan, M. and Arslan, D. 2005. Some nutritional and technological properties of wild plum (*Prunus* spp.) fruits in Turkey. Journal of Agricultural Engineering Research. 66(2): 233-237.
4. Ekrami-Rad, N. Khazaei, M. and khoshtaghaza, H. 2011. Selected Mechanical Properties of Pomegranate Peel and Fruit. International Journal of Food Properties. 14(3): 570-582.
5. Elbert, L. 1950. Southwestern trees: A guide to the native species of New Mexico and Arizona. Agric. Handb, Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. No, 9. P, 109.
6. Ertekin, C. Gozlekci, S. Kabas, O. Sonmez, S and Akinci, I. 2006. Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (*Prunus domestica* L.) Cultivars. Journal of Agricultural Engineering Research. 75(4): 508-514.
7. FAO. 2012. Statistical database. http://www.fao.org/.
8. Ghari, M. Noori, B. and Khair-Alipoor, K. 2014. Determination of some physical and hydrodynamic properties of plum. 21st National Congress of Food Science and Technology. Shiraz University, Shiraz, Iran.
9. Khoshnam, F. Tabatabaeefar, A. Ghasemi Varnamkhasti, M and Borghei, A. 2007. Mass modeling of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit with some physical characteristics. Scientia Horticulturae. 114(1): 21-26.
10. Kilickan, A and Guner, M. 2007.Physical properties and mechanical behavior of olive fruits (*Oleaeuropaea* L.) under compression loading. Journal of Food Engineering. 87(2): 222-228.
11. Kleynen, O. Leemans, V. and Destain, M. F. 2003. Selection of the most efficient wavelength bands for 'Jonagold' apple sorting. Postharvest Biology and Technology. 30(3): 221-232.
12. Leij, F. Schaap, M. F. and Arya, L. M. 2002. Water retention and storage: Indirect methods. Methods of soil analysis, Madison.
13. Mohsenin, N. N. 1978. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
14. Mokhtarian, M. Tavakolipour, H. and Koushki, F. 2011. Prediction of pistachio geometrical properties by using artificial neural networks. The 20nd National Congress of Iran Food Science and Technology. Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
15. Omid, M. Khojastehnazhand, M. and Tabatabaeefar, A. 2010. Estimating volume and mass of citrus fruits by image processing technique. Journal of Food Engineering. 100(2): 315-321.
16. Polder, G. Heijden, G.W.A.M. and Young, H. T. 2003. Tomato sorting using independent component analysis on spectral images. Real-Time Imaging. 9(4): 253-259.
17. Rawls, W. J. Gish, T. J. and Brakensiek, D. L. 1991. Estimating soil water retention from soil physical properties and characteristics. Advances in Soil Science. 16(1): 213–234.
18. Safwat, M. A. 1971. Theoretical prediction of volume, surface area, and center of gravity for agricultural products. Transactions of the ASABE. 14(3): 549-553.
19. Seyedabadi, E. Khojastehpourb, M. Sadrnia, H and M. Saiedirad, M.H. 2011. Mass modeling of cantaloupe based on geometric attributes: A case study for Tile Magasi and Tile Shahri. Scientia Horticulturae. 130(1): 54-59.

20. Shahbazi, F. and Rahmati, S. 2013. Mass Modeling of Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Fruit with Some Physical Characteristics. Food and Nutrition Sciences. 4(1): 1-5.
21. Shahi-Gharahlar, A. Yavari, A and Khanali, M. 2009. Mass and volume modeling of Loquat (*Eriobotrya japonica* LINDL.) fruit based on physical characteristics. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 17(2): 175-189.
22. Topuz, A. Topakci, M. Canakci, M. Akinci, I and Ozdemir, F. 2005. Physical and nutritional properties of four orange varieties. Journal of Food Engineering. 66(4): 519-523.
23. Wright, M. E. Tappan, J. H. and Sistler, F. E. 1986. The size and shape of typical sweetpotatoes. Transacions of the ASABE. 29(3): 678-682.

Comparison between regression and artificial neural network models for modeling of plums volume

Abstract

In this paper, some physical properties of red plum were measured and its volume was modeled by linear regression and artificial neural network (ANN) models. The linear regression models were presented as one variable model based on dimensions, criteria projected area and mass parameters of the product. Also, a Multi-Layer Perceptron (MLP) network with three independent variables (geometric mean diameter, criteria projected area and mass) and one dependent variable (volume) was used for ANN modeling. In order to select the best structure of the ANN model, the trial and error method was used. Results of regression models showed regard to estimate the volume of red plum, the linear one variable model based on criteria projected area parameter was better than other regression models (R^2=0.94). The best structure of the ANN model to estimate the volume was 3-4-1 (R^2=0.96). Besides that, results of the sensitivity analysis for models showed that the volume modeling based on criteria projected area parameter achieved the proper estimation. Comparison between the regression and ANN models indicated that, although both models could well estimate the volume of plums but, according to the coefficients of determination and standard errors parameters of estimation, it is recommended to apply the ANN model for the plums volume estimation.

Keywords: Physical properties, Mass, criteria projected area, geometric mean diameter.