مدلسازی رگرسیونی جرم و حجم پرتقال برای استفاده در سامانه های نوین درجه بندی

حسن مسعودی[1*]، عباس روحانی[2]

۱- عضو هئیت علمی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: hmasoudi@scu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش با هدف توسعه سامانه ای برای درجه بندی پرتقال بر اساس جرم و حجم آن با استفاده از فناوری های نوین همچون بینایی ماشین، ابتدا مشخصه های فیزیکی ۱۰۰ عدد پرتقال رقم محلی دزفول شامل سه بعد هندسی، جرم، حجم و سطح تصویر عمودی با استفاده از روش های کلاسیک اندازه گیری شد و از دو نوع مدل رگرسیونی برای تعیین روابط بین جرم و حجم پرتقال با پارامترهای هندسی آن استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایشگاهی نشان داد که در مدل اول بین جرم و حجم پرتقال و سه بعد ارتفاع (h)، پهنا (w) و ضخامت (t) آن رابطه معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. مقادیر ضرایب تبیین R^2 معادلات رگرسیونی تخمین جرم و حجم پرتقال برحسب ابعاد سه گانه آن نشان داد که معادلات ارائه شده می توانند ۹۵/۹۷ و ۹۸/۰۱ درصد تغییرات جرم و حجم پرتقال را به ترتیب توجیه نمایند. در مدل رگرسیونی دوم ، ضریب همبستگی پیرسون بین سطح تصویر با جرم و حجم به ترتیب برابر با ۰/۹۷۹ و ۰/۹۶۶ بدست آمد. این همبستگی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. ضرایب تبیین معادلات رگرسیونی تخمین جرم و حجم پرتقال برحسب سطح تصویر آن بالا بود، لذا می توان از معادلات رگرسیونی حاصل با اطمینان قابل قبولی استفاده نمود. در مقایسه عملکرد دو مدل رگرسیونی ارائه شده در این پژوهش با یکدیگر، بر اساس کوچکی شاخص های RMSE و MAPE و بزرگی EF ، عملکرد مدل رگرسیونی برآورد جرم و حجم پرتقال بر حسب سه بعد آن F(h,w,t) بهتر از مدل رگرسیونی برآورد جرم و حجم پرتقال بر حسب دو بعد و سطح تصویر آن F(w,t,A) بود. لیکن مدل F(w,t,A) با توجه به ضرایب تبیین قابل قبول و پیچیدگی و هزینه کمتر، می تواند بسیار کاربردی تر باشد.

واژه‌های کلیدی: پرتقال رقم محلی دزفول، مشخصه های فیزیکی، مدلسازی رگرسیونی، درجه بندی.

.

مقدمه

یکی از شاخصه های مهم درجه بندی میوه جات، اندازه آنهاست، که ماشین هایی نیز برای درجه بندی میوه بر اساس اندازه آن ها ساخته شده است. تعیین رابطه بین جرم و حجم، طول، عرض، ضخامت، و سطوح تصویر میوه ها برای طراحی ماشین های اندازه بندی مفید می باشد. به همین دلیل شناخت روابط بین جرم و حجم و این خواص فیزیکی ضروری است (Mohsenin,

(1986 . از مهمترین فرآیندها در بسته‌بندی و نگهداری محصولات کشاورزی عملیات درجه بندی می باشد. پردازش تصویر یکی از ابزارهای کاربردی و مدرن امروزی است که برای درجه بندی محصولات کشاورزی قابل استفاده است.

تحقیقات زیادی در دنیا در زمینه تعیین خواص فیزیکی محصولات مختلف کشاورزی صورت گرفته است. در تحقیقی جرم پرتقال را بر پایه ابعاد آن مدلسازی شد. در بین مدل هایی که درجه بندی پرتقال ها را بر اساس ابعاد انجام می دهند، مدلی که از قطر میانی استفاده می کند مناسب ترین مدل است که دارای رابطه غیرخطی بصورت $M=0/07b^2-2.95b+39.15$ با ضریب تعیین $R^2=0.97$ می باشد (Tabatabaeefar *et al.*, 2000). در مطالعه ای چندین خاصیت فیزیکی و تغذیه ای چهار رقم پرتقال (آلانیا، فنیقه، ناول و شاموتی) را تعیین و مقایسه شد. نتایج حاصله به طور کلی به لحاظ آماری متفاوت بودند. این تفاوت ها را می توان به خصوصیات انفرادی این ارقام و همچنین به شرایط رشد و محیطی آنها نسبت داد (Topuz *et al.*, 2005). در مطالعه ای دیگر خواص هندسی و ثقلی دو واریته پرتقال در ایران (به نام های تامسون ناول و سانگونلا) مورد بررسی قرار گرفت. طول، قطر، میانگین هندسی قطر، ضریب کرویت، وزن سی میوه، حجم، دانسیته واقعی، دانسیته توده ای، تخلخل به ترتیب برای واریته سانگونلا برابر با ۶۲/۷۶ ، ۶۶/۵۵ و ۶۲/۵۴ سانتی متر، ۹۹ درصد، ۱۴۴/۳۳ گرم، ۱۳۳ سانتی متر مکعب، ۱۰۲۹/۵۵ و ۵۳۱ گرم بر سانتی متر مکعب و ۴۸ درصد و برای واریته تامسون ناول برابر با ۸۰/۷۳ ، ۷۹/۸۰ و ۷۶/۶۴ سانتی متر، ۹۳ درصد، ۲۶۰/۲۹ گرم، ۲۳۵/۶ سانتی متر مکعب، ۱۰۳۰/۱۱ و ۴۲۹ گرم بر سانتی متر مکعب و ۵۲ درصد بدست آمد (شریفی، ۱۳۸۸). در تحقیقی دیگر دو رقم پرتقال منطقه شمال کشور به نام های تامپسون ناول و مورو انتخاب شده و خواص فیزیکی آنها تعیین شد. مشخصات فیزیکی هر دو رقم پرتقال شامل ابعاد، جرم، حجم، چگالی حقیقی، قطر میانه هندسی و کرویت در ۵۰ تکرار تعیین شد. میانگین مقادیر مشخصه های فیزیکی پرتقال های تامسون ناول و مورو به ترتیب برابر بود با: قطر a : ۷۱/۶۳ و ۶۴/۸۴ میلی متر، قطر b : ۷۳/۸۵ و ۶۲/۰۴ میلی متر، جرم: ۱۹۴/۷۳ و ۱۲۷/۵۸ گرم، حجم: ۲۰۹/۴۵ و ۱۳۱/۰۸ سانتی متر مکعب، چگالی حقیقی: ۰/۹۳ و ۰/۹۸ گرم بر سانتی متر مکعب، قطر میانه هندسی ۷۳/۰۹ و ۶۲/۸۴ میلی متر و کرویت ۹۸ و ۹۶/۷ درصد بودند و دو رقم در تمام مشخصه های فیزیکی با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند (دادور و همکاران، ۱۳۸۹). مسعودی و روحانی (۱۳۹۳) در تحقیقی از شبکه های عصبی مصنوعی برای استخراج روابط بین جرم و حجم پرتقال و پارامترهای هندسی شامل دو بعد هندسی و یک سطح تصویر عمودی استفاده کردند. توپولوژی شبکه عصبی بهینه برای مدل سازی جرم و حجم پرتقال برحسب دو بعد هندسی و سطح تصویر عمودی آن بصورت ۲-۱۶-۳ تعیین شد. مقدار MSE در فاز معتبرسازی برابر ۱۹/۸۸۹ و در اپوک چهارم از این فاز بدست آمد که مقداری قابل قبول بود. بهترین عملکرد شبکه عصبی بهینه در مورد مجموعه آزمون با MSE برابر با ۱۶/۶۷۸ اتفاق افتاد. مقادیر R برای معادله رگرسیونی جرم پرتقال برابر ۰/۹۷۴ و برای حجم آن ۰/۹۷۰ بدست آمد. حداکثر، حداقل و میانگین خطا برای جرم پرتقال معادل ۱۰/۵۶ ، ۸/۸۷- و ۱/۰۱ گرم و برای حجم پرتقال معادل ۱۱/۳۴ ، ۱۰/۷۸- و ۱/۰۰ سانتی مترمکعب بدست آمد. در نهایت نتیجه گرفتند که می توان از شبکه عصبی برای درجه بندی میوه پرتقال برحسب جرم و حجم از روی مقادیر پارامترهای هندسی منتخب استفاده نمود. در تحقیقات دیگری مدل سازی جرم براساس مشخصه های فیزیکی برای سایر محصولات کشاورزی از جمله سیب (گرجی و همکاران، ۱۳۸۹ و Tabatabaeefar and Rajabipour, 2005)، نارنگی

(Khanali *et al.*, 2007 ; Rashidi and Keshavarzpour, 2011) ، انار (Khoshnam *et al.*, 2007) ، لیمو ترش (موحد نژاد و خوش تقاضا، ۱۳۹۰ ؛ MiraeiAshtiani *et al.*, 2014)، ماندارین (Khadivi-Khub, 2013) و ترنج (Keramat Jahromi *et al.*, 2007) گزارش شده است.

هدف از این پژوهش تعیین مشخصه های فیزیکی اصلی پرتقال رقم محلی دزفول و مدل سازی جرم و حجم آن بر حسب پارامترهای هندسی شامل ابعاد دو بعد اصلی و سطح تصویر میوه ها با استفاده از روابط رگرسیونی چند متغیره به منظور استفاده در طراحی و ساخت یک سامانه درجه بندی بر اساس جرم و حجم میوه با استفاده از پردازش تصویر می باشد.

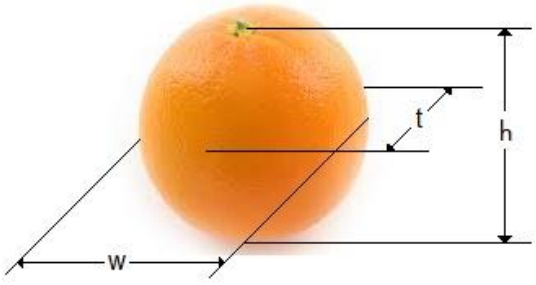
مواد و روش ها

در این پژوهش ۱۰۰ نمونه تصادفی از میوه پرتقال (رقم محلی دزفول) پس از برداشت از باغ به آزمایشگاه منتقل شده در دمای ۱۷ تا ۲۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۳ تا ۷۳ درصد قرار داده شدند. ابعاد هندسی میوه ها در سه جهت عمود بر هم t , w , h (شکل ۱)، بوسیله یک عدد کولیس با دقت ۰/۰۵ mm تعیین شد.

مطابق شکل (۲) جرم میوه ها با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل FX-300i ساخت شرکت A&D، با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین شد. برای تعیین حجم میوه ها از روش جابجائی سیال استفاده شد. بدین صورت که ابتدا تک تک میوه ها در هوا وزن شده و پس از غوطه ورکردن آنها در درون آب مقطر، عدد نشان داده شده بوسیله ترازو قرائت شده و حجم هر کدام از میوه ها از رابطه (۱) محاسبه گردید (Mohsenin, 1986) :

$$V = \frac{M2 - M1}{P} \qquad (۱)$$

که در این معادله: V حجم میوه برحسب cm^3، M1 مجموع جرم ظرف و آب برحسب گرم، M2 مجموع جرم ظرف، آب و میوه برحسب گرم، و p جرم مخصوص آب (مساوی یک گرم بر سانتیمتر مکعب) می باشند. سطح تصویر عمود بر ارتفاع میوه ها نیز با استفاده از دستگاه سطح سنج WinDias 2.0 ساخت شرکت DeltaT Devices با دقت ۰/۱ میلیمتر مربع اندازه گیری شد.



شکل۱- ابعاد اندازه گیری شده پرتقال

شکل ۲- اندازه گیری وزن میوه ها با استفاده از ترازوی دیجیتال

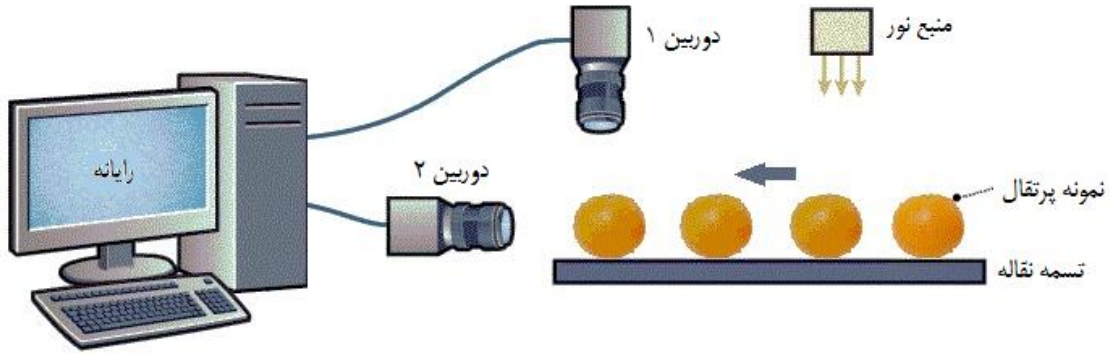
بعد از اتمام اندازه گیری ها و جمع آوری داده ها، از روش رگرسیون خطی چند متغیره برای تعیین رابطه بین مشخصه های هندسی میوه پرتقال (شامل دو بعد هندسی و سطح تصویر شده اصلی) با جرم و حجم آن استفاده شد. برای انجام محاسبات و تعیین مقادیر پارامترهای مختلف، ترسیم نمودارها، تجزیه و تحلیل آماری نتایج و استخراج معادلات رگرسیونی از نرم افزار اکسل۲۰۱۳ استفاده شد. از آنجائیکه نتایج این پژوهش در طراحی و ساخت سامانه درجه بندی پرتقال با استفاده از پردازش تصویر استفاده خواهد شد و با تکنیک پردازش تصویر از میان مشخصه های فیزیکی محصول، تنها پارامترهای هندسی قابل استخراج هستند، لذا در تعیین معادلات رگرسیونی چند متغیره برای پیش بینی جرم و حجم پرتقال از روی پارامترهای هندسی آن، دو دسته از معادلات در نظر گرفته شدند. دسته اول معادلاتی که پارامترهای مستقل آنها شامل ابعاد سه گانه هندسی (ارتفاع، پهنا و ضخامت) بودند و دسته دوم معادلاتی که پارامترهای مستقل آنها شامل دو بعد هندسی (شامل پهنا و ضخامت) و سطح تصویر عمودی بودند. در استفاده از دسته اول معادلات در سامانه درجه بندی پرتقال با استفاده از پردازش تصویر به دو دوربین نیاز می باشد (شکل ۳)، ولی دسته دوم معادلات در سامانه بینایی با یک دوربین کارائی دارد.

نتایج و بحث

مقادیر مشخصه های فیزیکی پرتقال رقم محلی دزفول

مقادیر بدست آمده برای مشخصه های فیزیکی پرتقال رقم محلی دزفول در جدول (۱) آمده است. با توجه به میانگین مقادیر ابعاد پرتقال رقم محلی دزفول و ضریب کرویت ۹۷/۱۸ درصد برای آن، می توان شکل آن را نسبتاً کروی در نظر گرفت. بین مقادیر بدست آمده برای مشخصه های فیزیکی پرتقال رقم محلی دزفول در این پژوهش با مقادیر گزارش شده توسط دادور و همکاران (۱۳۸۹) برای پرتقال رقم مورو تفاوت چندانی وجود ندارد. ابعاد، حجم، جرم و چگالی رقم محلی دزفول بسیار نزدیک به رقم مورو است. ولی مقادیر مشخصه های فیزیکی گزارش شده برای رقم تامپسون ناول بسیار بیشتر از مقادیر رقم محلی دزفول

است و این دو رقم تفاوت زیادی با هم دارند. لذا می توان در سامانه درجه بندی پرتقال رقم محلی دزفول از ارقام دیگر همچون رقم مورو نیز استفاده نمود، ولی برای درجه بندی ارقامی همچون تامسون ناول اصلاحات و تنظیمات جداگانه ای باید صورت گیرد.



شکل ۳- سامانه ماشین بینایی درجه بندی پرتقال با دو دوربین

جدول۱- مقادیر مشخصه های فیزیکی پرتقال رقم محلی دزفول

مشخصه فیزیکی	میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	ضریب تغییرات
ارتفاع (mm)	۵۸/۸۹	۶۸/۳۰	۵۲/۰۰	۳/۰۹	۵/۲۴
پهنا (mm)	۶۳/۰۸	۷۰/۲۰	۵۵/۴۰	۳/۰۸	۴/۸۸
ضخامت (mm)	۶۲/۲۹	۶۹/۰۵	۵۴/۹۰	۳/۰۲	۴/۸۴
میانگین هندسی قطرها (mm)	۶۱/۳۸	۶۷/۶۷	۵۴/۴۱	۲/۷۹	۴/۵۵
ضریب کرویت (%)	۹۷/۱۸	۹۹/۶۵	۹۲/۹۹	۱/۳۴	۱/۳۸
جرم (g)	۱۲۷/۷۴	۱۶۵/۹۴	۹۱/۵۷	۱۵/۵۱	۱۲/۱۴
حجم (cm^3)	۱۳۴/۱۴	۱۷۳/۷۰	۹۱/۰۰	۱۸/۴۶	۱۳/۷۷
چگالی(g/cm^3)	۰/۹۶	۱/۰۶	۰/۷۴	۰/۰۴	۴/۳۳
سطح تصویر عمودی (mm^2)	۳۷۸۸/۳۸	۴۶۹۳/۹۰	۲۸۵۷/۲۰	۳۷۳/۵۰	۹/۸۶

روابط بین جرم و حجم پرتقال با ابعاد آن

روابط رگرسیونی بدست آمده برای پیش بینی جرم و حجم پرتقال بر اساس ابعاد هندسی سه گانه آن شامل ارتفاع، پهنا و ضخامت ((F(h,w,t)) و مقادیر معیارهای ارزیابی این روابط در جدول (۲) آمده است (که در روابط این جدول، M جرم پرتقال برحسب گرم، V حجم پرتقال برحسب سانتی متر مکعب و h ، w و t به ترتیب ارتفاع، پهنا و ضخامت پرتقال برحسب میلی متر می باشند). ضرایب هر یک از متغیرها، مقدار افزایش پیش بینی شده در مقدار جرم یا حجم پرتقال به ازای هر واحد افزایش در هر یک از ابعاد آن را نشان می دهند. برای جرم مقدار R برابر ۰/۹۶۱ و مقدار R^2 تنظیم شده برابر ۰/۹۲۱ می باشد، در نتیجه مدل

بدست آمده، ۹۲/۱ درصد از واریانس را توجیه می کند. برای حجم نیز مقدار R برابر ۰/۹۶۱ و مقدار R^2 تنظیم شده برابر ۰/۹۲۰ می باشد، در نتیجه مدل بدست آمده، ۹۲/۰ درصد از واریانس را توجیه می کند.

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای مدل های رگرسیونی ارائه شده نیز در جدول (۳) آمده است. با توجه به مقادیر ستون آخر این جدول، دیده می شود که هر دو مدل رگرسیونی معنی دار بوده و می توان از روابط ارائه شده در جدول (۲) برای پیش بینی جرم و حجم پرتقال از روی ابعاد سه گانه اش استفاده نمود.

جدول (۴) نیز خطای استاندارد و معنی داری هر یک از متغیرهای مستقل در مدل های رگرسیونی را نشان می دهد. دو ستون آخر این جدول (مقادیر t و P) بیانگر تاثیر یا عدم تاثیر هر یک از ابعاد در مقادیر پیش بینی شده جرم و حجم می باشند. مشاهده می شود که ارتفاع میوه اثر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد و پهنا و ضخامت میوه اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار پیش بینی شده جرم پرتقال دارند. همچنین ارتفاع و پهنای میوه اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد و ضخامت میوه اثر معنی داری در سطح احتمال ینج درصد بر مقدار پیش بینی شده حجم پرتقال دارند. در نتیجه هر سه بعد هندسی باید در مدل نهایی ارائه شده برای جرم پرتقال باقی بمانند.

جدول ۲- معادلات رگرسیونی برآورد جرم و حجم پرتقال بر حسب ابعاد هندسی آن

معادله رگرسیونی	ضریب همبستگی (R)	ضریب تبیین (R^2)	ضریب تبیین تنظیم شده (R_a^2)
M = - 187.906 + 0.451h + 2.580w + 2.028t	۰/۹۶۱	۰/۹۲۳	۰/۹۲۱
V = - 251.296 + 1.460h + 2.965w + 1.805t	۰/۹۶۱	۰/۹۲۳	۰/۹۲۰

جدول۳- تجزیه واریانس (ANOVA) مدل های رگرسیونی ارائه شده برای جرم و حجم پرتقال

پارامتر	*SV*	*df*	*SS*	*MS*	*F*	معناداری *F*
جرم	رگرسیون	۳	۲۱۹۹۴/۷	۷۳۳۱/۵۶۸	۳۸۵/۴۶۹۷	۲/۱۷ e −۵۳
	خطا	۹۶	۱۸۲۵/۹۰۴	۱۹/۰۱۹۸۳		
	کل	۹۹	۲۳۸۲۰/۶۱			
حجم	رگرسیون	۳	۳۱۱۴۴/۷۷	۱۰۳۸۱/۵۹	۳۸۱/۹۷۴۱	۳/۲۵ e −۵۳
	خطا	۹۶	۲۶۰۹/۱۶۳	۲۷/۱۷۸۷۹		
	کل	۹۹	۳۳۷۵۳/۹۴			

جدول ٤- خطای استاندارد و معنی داری هر یک از متغیرهای مستقل در مدل های رگرسیونی

پارامتر	SV	SE	t Stat	P-value
جرم	h (mm)	۰/۱۸۷۸۵۵	۲/۴۰۲۵۲۴	۰/۰۱۸۲۰۵
	w (mm)	۰/۶۱۸۴۸	۴/۱۷۰۹۴۸	۶/۶۶ e −۰۵
	t (mm)	۰/۶۴۰۵۳۵	۳/۱۶۶۳۷۴	۰/۰۰۲۰۶۹
حجم	h (mm)	۰/۲۲۴۵۶۱	۶/۴۹۹۳۸۹	۳/۶ e −۰۹
	w (mm)	۰/۷۳۹۳۲۸	۴/۰۱۰۶۰۶	۰/۰۰۰۱۲
	t (mm)	۰/۷۶۵۶۹۲	۲/۳۵۷۳۱۳	۰/۰۲۰۴۳۸

روابط بین جرم و حجم پرتقال با دو بعد و سطح تصویر عمودی آن

روابط رگرسیونی بدست آمده برای پیش بینی جرم و حجم پرتقال از روی مقادیر دو بعد هندسی (شامل پهنا و ضخامت) و سطح تصویر شده عمودی آن (F(w,t,A)) مطابق جدول (۵) می باشند. در این روابط M جرم پرتقال برحسب گرم؛ V حجم پرتقال برحسب سانتی متر مکعب؛ w و t به ترتیب پهنا و ضخامت پرتقال برحسب میلی متر و A سطح تصویرشده عمودی پرتقال بر حسب میلی متر مربع می باشند. ضرایب هر یک از متغیرها، مقدار افزایش پیش بینی شده در مقدار جرم یا حجم پرتقال به ازای هر واحد افزایش در هر یک از متغیرهای مستقل را نشان می دهند. همچنین مقادیر معیارهای ارزیابی روابط رگرسیونی در این جدول آمده است. برای جرم مقدار R برابر ۰/۹۶۶ و مقدار R^2 تنظیم شده برابر ۰/۹۳۰ می باشد، در نتیجه مدل بدست آمده، ۹۳/۰ درصد از واریانس را توجیه می کند. برای حجم نیز مقدار R برابر ۰/۹۴۶ و مقدار R^2 تنظیم شده برابر ۰/۸۹۱ می باشد، در نتیجه مدل بدست آمده، ۸۹/۱ درصد از واریانس را توجیه می کند.

جدول (۶) تجزیه و تحلیل واریانس را برای مدل رگرسیونی بدست آمده نشان می دهد. با توجه به اینکه برای جرم مقدار p=4.97e-56 است، لذا رابطه رگرسیونی جرم معنی دار بوده و می توان از آن برای پیش بینی جرم پرتقال از روی پهنا، ضخامت و سطح تصویر شده عمودی آن استفاده نمود. همچنین با توجه به اینکه مقدار p=8.65e-47 است، لذا رابطه رگرسیونی حجم نیز معنی دار بوده و می توان از آن برای پیش بینی حجم پرتقال از روی پهنا، ضخامت و سطح تصویر شده عمودی آن استفاده نمود.

جدول ۵- معادلات رگرسیونی برآورد جرم و حجم پرتقال از روی دو بعد هندسی و سطح تصویر عمودی آن

معادله رگرسیونی	ضریب همبستگی (R)	ضریب تبیین (R^2)	ضریب تبیین تنظیم شده (R_a^2)
M = - 58.281 + 0.639w + 0.417t + 0.032A	۰/۹۶۶	۰/۹۳۲	۰/۹۳۰
V = - 129.858 + 1.502w + 1.195t + 0.025A	۰/۹۴۶	۰/۸۹۵	۰/۸۹۱

جدول ٦- تجزیه واریانس (ANOVA) مدل های رگرسیونی ارائه شده برای جرم و حجم پرتقال

پارامتر	SV	df	SS	MS	F	معناداری F
جرم	رگرسیون	۳	۲۲۲۱۲/۰۹	۷۴۰۴/۰۳۱	۴۴۱/۸۹۰۲	۴/۹۷ e −۵۶
	خطا	۹۶	۱۶۰۸/۵۱۵	۱۶/۷۵۵۳۶		
	کل	۹۹	۲۳۸۲۰/۶۱			
حجم	رگرسیون	۳	۳۰۲۰۱/۷۷	۱۰۰۶۷/۲۶	۲۷۲/۰۷۴۸	۸/۶۵ e −۴۷
	خطا	۹۶	۳۵۵۲/۱۷۲	۳۷/۰۰۱۷۹		
	کل	۹۹	۳۳۷۵۳/۹۴			

جدول (۷) نیز خطای استاندارد و معنی داری هر یک از متغیرهای مستقل در مدل های رگرسیونی را نشان می دهد. دو ستون آخر این جدول مقادیر t و P را که بیانگر تاثیر یا عدم تاثیر پهنا، ضخامت و سطح تصویر عمودی در مقادیر پیش بینی شده جرم و حجم می باشند، نشان می دهد. مشاهده می شود که پهنا و ضخامت میوه اثر معنی داری بر پیش بینی جرم پرتقال ندارند، ولی سطح تصویر عمودی میوه اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار پیش بینی شده جرم پرتقال دارد. همچنین پهنا و ضخامت میوه اثر معنی داری بر پیش بینی حجم پرتقال ندارند، ولی سطح تصویر عمودی میوه اثر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار پیش بینی شده حجم پرتقال دارد. در نتیجه می توان از جملات مربوط به ضخامت و پهنای میوه در مدل نهایی ارائه شده برای پیش بینی جرم و حجم پرتقال (جدول ۵) صرف نظر نمود و تنها تعیین پارامترهای ارتفاع (h) و سطح تصویر شده عمودی (A) برای محاسبه جرم و حجم پرتقال در سامانه بینایی دو دوربینه کافی است.

جدول ۷- خطای استاندارد و معنی داری هر یک از متغیرهای مستقل در مدل های رگرسیونی

پارامتر	SV	SE	t Stat	P-value
جرم	w (mm)	۰/۷۳۲۰۲۱	۰/۸۷۲۲۵۲	۰/۳۸۵۲۴۷
	t (mm)	۰/۷۲۹۲۴۳	۰/۵۷۱۹۱۸	۰/۵۶۸۷۱۴
	A (mm2)	۰/۰۰۷۱۵۴	۴/۴۱۸۸۸	۰/۰۰۰۰۲۶۱
حجم	w (mm)	۱/۰۸۷۸۲۲	۱/۳۸۰۷۶۸	۰/۱۷۰۵۵۶
	t (mm)	۱/۰۸۳۶۹۵	۱/۱۰۲۴۶۲	۰/۲۷۳۰۱۷
	A (mm2)	۰/۰۱۰۶۳۲	۲/۳۵۴۲۳۳	۰/۰۲۰۵۹۸

نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل داده های آزمایشگاهی برای هر دو نوع مدل رگرسیونی نشان داد که بین جرم و حجم پرتقال و سه بعد هندسی و سطح تصویر آن رابطه معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. مقادیر ضریب تبیین (R^2) معادلات رگرسیونی ارائه شده بیانگر

دقت بالای این معادلات در برآورد جرم و حجم پرتقال است. لذا می توان به کمک معادلات رگرسیونی حاصل و با داشتن ابعاد و سطح تصویر، جرم و حجم پرتقال را به خوبی تخمین زد. عملکرد پیش بینی جرم و حجم توسط مدل رگرسیونی بر حسب سه بعد (F(h,w,t)) بهتر از مدل رگرسیونی بر حسب دو بعد و سطح تصویر (F(w,t,A)) بود. لیکن مدل F(w,t,A) با توجه به ضرایب تبیین قابل قبول و پیچیدگی و هزینه کمتر (نیاز به یک دوربین)، می تواند بسیار کاربردی تر باشد

منابع

دادور، ع. ا. ، خجسته پور، م. و صدرنیا، ح. ۱۳۸۹. تعیین و مقایسه خواص فیزیکی دو رقم پرتقال منطقه شمال. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. ۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹. کرج.

شریفی، ا. ۱۳۸۸. بررسی برخی خصوصیات فیزیکی دو واریته پرتقال ایران. پنجمین سمینار امنیت غذایی. ۲۵ و ۲۶ آذر ۱۳۸۸. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.

گرجی، ع.، رجبی پور، ع. و مبلی، ح. ۱۳۸۹. بررسی مدلهای خطی برای پیش بینی جرم بر اساس خواص فیزیکی دو رقم سیب ایرانی. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. ۲۴ تا ۲۵ شهریور ۱۳۸۹. کرج.

مسعودی، ح. و روحانی، ع. ۱۳۹۳. تخمین جرم و حجم پرتقال از روی پارامترهای هندسی آن با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. اولین همایش ملی فناوری های نوین برداشت و پس از برداشت محصولات کشاورزی. ۲۹ تا ۳۰ بهمن ۱۳۹۳. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی. مشهد.

موحد نژاد، م. ه. و خوش تقاضا، م. ه. ۱۳۹۰. بررسی برخی خواص فیزیکی لیموترش جهرمی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. شماره (۲) ۳۲، دوره ۸.

Keramat Jahromi, M., Rafiee, S., Mirasheh, R., Jafari, A., Mohtasebi, S. S. and Ghasemi Varnamkhasti, M. 2007. Mass and Surface Area Modeling of Bergamot (Citrus medica) Fruit with Some Physical Attributes. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 07 029. Vol. IX. October, 2007.

Khadivi-Khub, A. 2013. Analysis of Some Technological and Physical Characters of Mandarin (Citrus reticulata) Fruit in Iran. ISRN Agronomy, vol. 2013, Article ID 891792, 4 pages.

Khanali M., Ghasemi Varnamkhasti, M., Tabatabaeefar, A. and Mobli, H. 2007. Mass and volume modelling of tangerine (Citrus reticulate) fruit with some physical attributes. International Agrophysics, 21, 329-334.

Khoshnam, F., Tabatabaeefar, A., Ghasemi Varnamkhasti, M. *and* Borghei. A.M. 2007. Mass modeling of pomegranate (*Punicagranatum* L.) fruit with some physical characteristics. Sci. Hortic. 114:21–26.

Miraei Ashtiani, S. H., Baradaran Motie, J., Emadi, B. and Aghkhani, M. H. 2014. Models for predicting the mass of lime fruits by some engineering properties. Journal of Food Science and Technology, 51(11): 3411-3417.

Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. 2nd revised. Gordon and Branch Sci. Pub., New York, USA.

Rashidi, M. and Keshavarzpour, F. 2011. Prediction of Tangerine Mass Based on Geometrical Properties. Academic Journal of Plant Sciences 4 (4): 98-104.

Tabatabaeefar, A., Vefagh-Nematolahee, A. and Rajabipour, A. 2000. Modeling of orange mass based on dimensions. J. Agric. Sci. Technol. 2:299–305.

Tabatabaeefar, A., and Rajabipour, A. 2005. Modeling the mass of apples by geometrical attributes. Sci. Hortic. 105:373–382.

Topuz, A., Topakci, M., Canakci, M., Akinci, I. and Ozdemir, F. 2005. Physical and nutritional properties of four orange varieties. Journal of Food Engineering, Volume 66, Issue 4, February 2005, Pages 519–523