طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه توزین تخم‌مرغ به کمک سنسور خازنی و شبکه عصبی

بهزاد محمدی الستی[1*]، سامان خلیلی[2] و مهدی عباسقلی پور[1]

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب، behzad.alasti@gmail.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب

چکیده

درجه‌بندی محصولات کشاورزی برای عرضه به بازارهای داخلی و خارجی همواره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. درجه‌بندی بر اساس پارامترهای مختلفی از جمله رنگ، رسیدگی، ابعاد و وزن انجام می‌گردد. وزن محصول در اکثر موارد از پارامترهای موثر در درجه‌بندی می‌باشد. در درجه‌بندی محصول تخم‌مرغ نیز، میزان درشتی در بازاریابی بسیار مهم می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه توزین تخم‌مرغ بر اساس خواص دی‌الکتریک آن بوده است. یک نمونه از این دستگاه طراحی و ساخته شد. دستگاه طراحی شده از بدنه، منبع تغذیه، واحد تولید سیگنال سینوسی، واحد اندازه‌گیری ولتاژ، میکروکنترلر AVR، واحد ارتباط با کامپیوتر (PORT COM)، حسگر خازنی، نمایشگر و صفحه کلید تشکیل شده است و از شبکه عصبی برای پیش‌بینی وزن تخم‌مرغ استفاده شده است. شبکه عصبی ساخته شده ۱۶ مقدار ولتاژ در بسامدهای مختلف را به عنوان ورودی دریافت نموده و مقدار وزن را به عنوان خروجی ارائه می‌دهد. برای واسنجی و ارزیابی دستگاه توزین، ۱۵۰ عدد تخم‌مرغ مورد نیاز از یک واحد مرغداری به صورت تازه و در روز تخم‌گذاری تهیه گردید. آزمایش به سه دسته تقسیم شد. دسته اول در روز تخم‌گذاری، دسته دوم در روز دوم انبارداری و دسته سوم در روز چهارم انبارداری مورد آزمایش قرار گرفتند. بهترین نتایج با شبکه عصبی سه‌لایه دارای ۱۰ نرون در لایه مخفی اول و ۷ نرون در لایه مخفی دوم به دست آمد و بنابراین از شبکه با مشخصات مذکور برای پیش‌بینی وزن تخم‌مرغ استفاده شد.

واژه‌های کلیدی: تخم مرغ، دستگاه توزین، سنسور خازنی، شبکه عصبی.

مقدمه

تخم‌مرغ یکی از مواد غذایی بسیار مهم در سبد مصرف خانوار می‌باشد که حاوی چهار ماده غذایی بسیار مهم شامل پروتئین، چربی، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Narushin et al., 2002). یک تخم مرغ متوسط، دارای انرژی زایی حدود ۷۸ کیلوکالری (۳۲۴ کیلوژول) می‌باشد و مصرف یک عدد تخم‌مرغ به صورت روزانه، می‌تواند حدود ۳٪ انرژی مورد نیاز یک زن بالغ و ۴٪ انرژی یک مرد بالغ را تامین نماید. در مقیاس ارزیابی پروتئین مواد غذایی، تخم مرغ در بالاترین ردیف قرار دارد و به عنوان استاندارد مرجع برای تشخیص کیفیت پروتئین سایر مواد غذایی به کار می رود. تخم مرغ منبع تمام انواع ویتامین های گروه B، منبع بسیار

عالی ید و از منابع عمده سلنیوم می باشد. با توجه به توانایی این محصول در رفع احتیاجات بدن، افراد بالغ مجاز به مصرف ۴-۳ عدد تخم مرغ در هفته هستند. بنابراین تولید تخم‌مرغ در کشور یک مسئله مهم تلقی می‌شود که هم در سلامتی جامعه موثر است و هم به عنوان یک کالای پرسود می‌تواند بازار داخلی را تامین کند. اما برای کسب سود بالاتر و بازارپسندی بیشتر، محصول تولید شده باید درجه‌بندی شود. امروزه درجه بندی محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. چه در امر صادرات و چه در ارائه به بازار داخلی و تامین نیاز کشور، محصول درجه‌بندی شده سودآوری بیشتر و جذب و رضایت مشتری را به دنبال دارد. در مورد تخم‌مرغ نیز این موضوع صادق است. تخم‌مرغ‌های درشت را می‌توان با ارائه به بازار مصرف خانگی که به شکل عددی فروخته می‌شود با قیمت بالاتری به فروش رساند. تخم‌مرغ‌های ریزتر را نیز می‌توان در بازارهای صنعتی مثل شیرینی‌پزی‌ها که تخم‌مرغ مورد نیاز را به شکل کیلویی تهیه می‌کنند، با همان قیمت قبلی به فروش رساند. عملیات درجه‌بندی به شکل دستی معمولا سخت و طاقت‌فرسا می‌باشد که اپراتور را در طی روز دچار خستگی نموده، خطای انسانی و همچنین هزینه عملیات را بالا می‌برد و از طرف دیگر سرعت انجام عملیات درجه‌بندی به کمک یک دستگاه خودکار بالطبع از اپراتور بالاتر خواهد بود. بنابراین ساخت یک دستگاه که بتواند تخم‌مرغ را درجه‌بندی کند، مفید و به صرفه به نظر می‌رسد. وزن تخم‌مرغ رابطه مستقیمی با ریزی و درشتی تخم‌مرغ دارد، به طوری که تخم‌مرغ سنگین‌تر درشت‌تر است و برعکس. بنابراین اگر تخم‌مرغ بر اساس وزن درجه‌بندی شود، مانند این است که بر اساس ریزی و درشتی درجه‌بندی شده است.

در سال‌های اخیر تحقیقات فراوانی انجام شده که در آن‌ها از فنآوری‌های جدید و هوش مصنوعی برای درجه‌بندی و یا سورتینگ محصولات کشاورزی استفاده شده است. همچنین حسگر خازنی نیز کاربرد فراوانی در کیفیت‌سنجی محصولات پیدا کرده است. پاتل و همکاران تحقیقی بر روی تشخیص عیوب تخم‌مرغ انجام دادند. اهداف آنها عبارت بود از توسعهٔ دستگاهی که به وسیلهٔ ماشین‌بینایی و شبکهٔ عصبی بتواند عیوب تخم‌مرغ را تشخیص دهد (Patel et al., 1998).

گارسیا الگر و همکاران سامانه‌ای را به منظور تشخیص عیوب تخم‌مرغ طراحی کردند. هدف اصلی آنها ساخت دستگاهی بود که تمام عیوبی (شامل عیوب شکلی، رنگی و برآمدگی) را که روی پوسته تخم‌مرغ وجود دارد، تشخیص دهد. در این تحقیق از یک دوربین CCD برای تصویربرداری برخط[1] از تخم‌مرغ‌ها استفاده شد. اختلاف اندک در شدت و رنگ بین عیوب مهمترین مسئله‌ای بود که باید برطرف می‌شد (Garcia-Alegre et al., 1998).

کوچیدا و همکاران روشی را برای پیش‌بینی نسبت زرده به سفیده تخم‌مرغ ارائه دادند. پس از وزن کردن نمونه‌ها، تخم‌مرغ-ها درون اتاقک تاریک قرار گرفته و پرتو نوری به آن تابانده می‌شد. به منظور واسنجی سامانه، عکس‌هایی از چهار طرف نمونه‌ها تهیه شده و سپس آزمایش مخرب برای تعیین دقیق نسبت زرده به سفیده هر نمونه انجام گرفت (Kuchida et al., 1999).

[1].Online

مرتنس و همکاران تحقیقی روی تشخیص لکه‌های کثیفی تخم‌مرغ قهوه‌ای به کمک ماشین‌بینایی انجام دادند. در این تحقیق از ۱۰۰ نمونه پاکیزه و صد نمونه کثیف برای اعتبارسنجی الگوریتم دسته‌بندی استفاده شد. دستگاه طراحی شده با دقت ۹۹٪ می‌توانست لکه‌های کثیفی را تشخیص دهد (Mertens et al., 2005).

لورنس و همکاران یک سامانه عکس‌برداری را ارائه دادند تا به افراد خبره در تشخیص ریز ترک‌های پوسته تخم‌مرغ کمک کند. آنها از یک الگوریتم برای تحلیل عکسها و مقایسه این دو نوع عکس استفاده نمودند. دستگاه با دقت ۹۹/۶٪ می‌توانست تخم‌مرغ‌های سالم را از ناسالم تشخیص دهد (Lawrence et al., 2009).

ابونجمی و همکاران امکان‌سنجی پیش‌بینی خواص کیفی تخم‌مرغ را با محاسبه سرعت فراصوت در تخم‌مرغ بررسی کردند. آنها گزارش دادند که سرعت فراصوت در دو گروه نمونهٔ مورد استفاده در تحقیق، به طور معنی‌داری متفاوت بود. همچنین سرعت فراصوت در تخم‌مرغ در طی انبارداری کاهش می‌یافت (Aboonajmi et al., 2010).

رگنی و همکاران از تکنیک هادی موج[1] برای کیفیت‌سنجی تخم‌مرغ استفاده نمودند. آنها گزارش دادند که در بسامد نزدیک به ۱۰/۹۵ گیگاهرتز نتایج بهتری به دست آمده است (Ragni et al., 2010).

اسدی و همکاران از یک سامانه ماشین‌بینایی در پیش‌بینی وزن تخم‌مرغ استفاده نمودند. آنها گزارش دادند پیش‌بینی وزن تخم‌مرغ به کمک سطح و شعاع موثر آن بهترین نتایج را داشت و همبستگی بسیار خوبی بین میزان اندازه‌گیری شده و مقدار پیش‌بینی شده مشاهده شد که با دقت ۹۵٪ توانسته بود وزن تخم‌مرغ را پیش‌بینی نماید (Asadi et al., 2012).

هدف از این تحقیق، طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاهی است که بتواند وزن تخم‌مرغ را به وسیله یک سنسور خازنی که از دو صفحه موازی تشکیل شده است پیش‌بینی نموده و درجه ریز و درشتی آن را بیان کند. تخم‌مرغ‌های سنگین‌تر به عنوان ماده-دی‌الکتریک بزرگتر باعث افزایش بیشتر ظرفیت خازن شده و بدین ترتیب با استخراج رابطه ظرفیت خازن–وزن تخم‌مرغ می‌توان وزن نمونه را پیش‌بینی نمود.

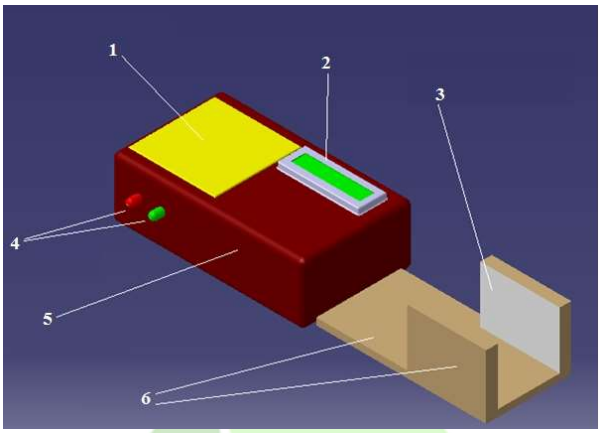
مواد و روش‌ها

روش کار دستگاه

برای اجرای این تحقیق، مراحل کار به بخش‌های طراحی و ساخت بخش سخت‌افزاری دستگاه، نوشتن کدهای بخش نرم-افزاری دستگاه به منظور جمع‌آوری داده، انجام آزمایشات غیرمخرب و جمع‌آوری داده، تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده به کمک هوش مصنوعی، وارد کردن نتایج تحلیل به دستگاه و واسنجی آن در قالب کدهای نرم‌افزاری تقسیم شد.

[1]. Waveguide technique

دستگاه طراحی شده از بدنه، منبع تغذیه، واحد تولید سیگنال سینوسی، واحد اندازه‌گیری ولتاژ، میکروکنترلر AVR، واحد ارتباط با کامپیوتر (PORT COM)، حسگر خازنی، نمایشگر و صفحه کلید تشکیل شده است. شکل (۱) بدنه مدل شده در محیط کتیا را نشان می‌دهد.



شکل ۱. بدنه مدل شده در محیط نرم‌افزار Catia
۱. صفحه کلید (Keyboard)، ۲. نمایشگر (Monitor)، ۳. صفحات حسگر (Sensor planes)، ۴. چراغ هشدار (Alarm lamps)، ۵. قاب پلاستیکی (Plastic shield) و ۶. بدنهٔ چوبی (Wooden body)

هرچه تعداد داده‌برداری بیشتر باشد و بتوان در تعداد فرکانس‌های بیشتری آزمایش را انجام داد، مشخصات بیشتری از یک نمونه تخم‌مرغ به دست می‌آید و دستگاه بهتر می‌تواند وزن آن را پیش‌بینی نماید. اگر یک مدار بتواند به شکل الکترونیکی تغییرات مقاومت را اعمال کند، آنگاه سرعت داده‌برداری و همچنین تعداد داده‌برداری به نحو چشم‌گیری افزایش می‌یابد. روش کار به این شکل است که با تغییر مقدار مقاومت ارسالی به تراشهٔ XR2206 (واحد مولد موج با سیگنال سینوسی)، بسامد تولیدی نیز تغییر می‌کند. بنابراین با ایجاد ۱۶ حالت، ۱۶ بسامد مختلف تولید می‌شود. در نهایت برای یک نمونه تخم‌مرغ ۱۶ بسامد تولید شده و داده‌های مربوط به هر بسامد نیز ذخیره می‌شود.

با گذاشتن ماده دی الکتریک در بین صفحات یک خازن، ظرفیت آن افزایش می‌یابد. حال اگر نمونه تخم‌مرغ بین صفحات خازن قرار گیرد، با توجه به اندازه آن، اثرات مختلفی روی ظرفیت خازن ایجاد خواهد شد. مثلاً اگر نمونه درشت‌تر باشد ظرفیت خازن بیشتر شده و برعکس.

در این تحقیق هدف اندازه‌گیری پارامترهای دی‌الکتریک تخم‌مرغ نیست، بلکه از حسگر خازنی برای پیش‌بینی وزن تخم-مرغ استفاده شده است. بنابراین تنها اندازه‌گیری ولتاژ خروجی از حسگر که متناسب با ابعاد و اندازه تخم‌مرغ است، کافی به نظر می‌رسد. برای اندازه‌گیری ولتاژ خروجی از سنسور از تراشه AD736 استفاده شده است. ولتاژ ورودی همانطور که قبلا ذکر شد، از نوع سینوسی می‌باشد. بنابراین ولتاژ خروجی نیز سینوسی می‌باشد و میکروکنترلر نمی‌تواند مقدار دقیقی از آن قرائت کند. علاوه بر این در اندازه‌گیری ولتاژ سینوسی معمولا مقدار جذر متوسط مربع (rms) بیان می شود و با V_{rms} نشان داده می شود. ولتاژ خروجی

از حسگر وارد پایه ۲ تراشه AD736 شده و مقدار rms آن از پایه ۶ قابل اندازه‌گیری می‌باشد. خروجی پایه ۶ به میکروکنترلر ارسال و قرائت شده و در کامپیوتر ذخیره می‌گردد.

با توجه به حجم اطلاعات استخراجی حین داده‌برداری نیاز بود که دستگاه پارامترهای اندازه‌گیری شده را به یک رایانه ارسال نماید. همچنین برای اینکه دستگاه ساخته شده بتواند به طور هوشمند و مبتنی بر علم هوش مصنوعی تخم‌مرغ را درجه‌بندی نماید، ناگزیر باید با رایانه ارتباط داشته باشد. برای رفع این نیاز از تراشه Max0232 برای ارتباط با کامپیوتر استفاده شد.

از نرم‌افزار MATLAB 2012b نیز برای ارتباط دستگاه با کامپیوتر، داده‌برداری، جمع‌آوری داده، تجزیه وتحلیل داده ها، تشکیل شبکه‌های عصبی، آموزش و ارزیابی شبکه‌های توسعه داده شده و به طور کل کار با دستگاه استفاده شده است.

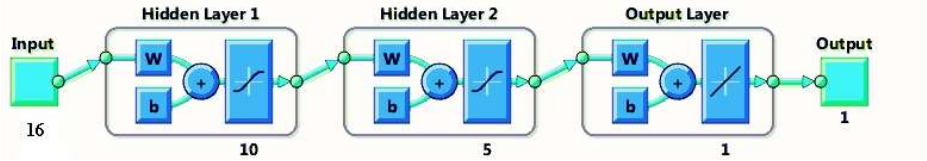
تهیه نمونه تخم‌مرغ

نمونه‌های تخم‌مرغ مورد نیاز از یک واحد مرغداری به صورت تازه و در روز تخم‌گذاری تهیه گردید. آزمایشات دی-الکتریک(که در صفحات بعدی توضیح داده می شود) و اندازه‌گیری وزن تخم‌مرغ پس از تهیه نمونه آغاز گردید. نمونه‌ها در محیط آزمایشگاهی و در دمای $^{\circ}C$ ۲۵ و رطوبت نسبی ۳۵٪ نگهداری شد. وزن نمونه‌ها به وسیله یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

شبکه عصبی

یک شبکه عصبی مصنوعی (ANN)[1] ایده‌ای است برای پردازش اطلاعات که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته شده و مانند مغز به پردازش اطلاعات می‌پردازد. عموماً یک سلول عصبی بیش از یک ورودی دارد و هر کدام از ورودی‌های مجزا در وزن متناظر خود ضرب می‌شوند. بنابراین می‌توان ورودی ها را به صورت بردار p و وزن‌ها را به صورت ماتریس W و b را به عنوان بایاس تعریف نمود. افزودن بایاس موجب میشود تا استفاده از شبکه پرسپترون با سهولت بیشتری انجام شود. بایاس بصورت یک ورودی با مقدار ثابت ۱ در نظر گرفته می‌شود.

شبکه عصبی ساخته شده در این تحقیق از دو نوع دولایه و سه لایه انتخاب شده است که لایه‌های مخفی دارای تعداد متغیر نرون و لایه آخر که خروجی می‌باشد، یک نرون دارد. داده‌های ورودی همان ولتاژ دی‌الکتریک است که به وسیله سنسور خازنی برای هر نمونه تخم‌مرغ استخراج شده است. تعداد این پارامترها ۱۶ عدد است، یعنی تعداد ورودی شبکه ۱۶ عنصر می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲. شبکه عصبی ایجاد شده در نرم‌افزار MATLAB

1- Artificial Neural Network (ANN)

برای ایجاد شبکه‌های عصبی از نرم‌افزار MATLAB 2012b (8.0.0) و از بخش Neural Network Toolbox (nntool) استفاده شد. در تنظیمات شبکه، داده‌های ورودی‌ها (Input data) و داده‌های هدف (Target data) شبکه مشخص شدند. ورودی‌های شبکه ولتاژهای قرائت شده و داده‌های هدف، وزن نمونه‌ها می‌باشد. نوع شبکه عصبی Feed- forward backprop انتخاب شد. معمولا از این نوع شبکه در پیش‌بینی خواص مختلف محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. از الگوریتم Levenbery-Marquardt نیز برای کمینه کردن خطا استفاده شده است. از تابع فعال‌ساز tansig برای لایه مخفی و از تابع purelin هم برای لایه خروجی استفاده شده است. پس از ایجاد شبکه، مرحله آموزش آن توسط نرم‌افزار انجام شده و نتایج آموزش به صورت نمودار و داده استخراج گردید. نرم‌افزار به طور تصادفی ۷۰٪ داده‌ها را برای آموزش[1] شبکه، ۱۵٪ داده‌ها را برای اعتبارسنجی[2] و ۱۵٪ داده‌ها را برای آزمایش انتخاب می‌کند. در پایان شبکه‌های ایجاد شده ذخیره گردید تا پس از تحلیل داده‌ها بهترین شبکه انتخاب شود.

میزان کارایی یک شبکه با دو پارامتر آماری ضریب همبستگی (R) و مقدار جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE$) مشخص می‌شود. R بیشتر و $RMSE$ کمتر کارایی بیشتر شبکه را مشخص می‌کنند. فرمول محاسبه این دو پارامتر در زیر ارائه شده است.

$$RMSE = \sum_{i=1}^{n} \sqrt[2]{\frac{(P_i - t_i)^2}{n}} \qquad (۱)$$

$$R = \frac{n\sum_{i=1}^{n} P_i t_i - \left(\sum_{i=1}^{n} t_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} P_i\right)}{\sqrt[2]{n\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} t_i\right)^2}\sqrt[2]{n\left(\sum_{i=1}^{n} P_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} P_i\right)^2}} \qquad (۲)$$

که در آن P_i مقدار پیش‌بینی شده، t_i مقدار واقعی و n تعداد نمونه می‌باشد.

نتایج و بحث

دستگاه توزین ساخته شده

شکل (۳) دستگاه ساخته شده در این تحقیق را نشان می دهد.

شکل ۳. دستگاه توزین تخم‌مرغ ساخته شده

1- Train
2- Cross validation

کمترین بسامد تولید شده در دستگاه ۳۵/۷ kHz و بیشترین بسامد ۳۱۲/۵ kHz می‌باشد.

آزمایش دی‌الکتریک

مشخصات وزنی ۱۲۵ عدد نمونه تهیه شده برای آموزش و ارزیابی شبکه‌های عصبی استفاده شد (جدول ۱). همانطور که مشاهده می‌شود، نمونه‌ها تقریباً در بازه ریز (۵۳ گرم) تا درشت (بزرگتر از ۷۳ گرم) پراکنده شده‌اند.

جدول ۱. پراکندگی وزن نمونه‌های تهیه‌شده

میانگین (گرم) Average (gr)	انحراف معیار Standard deviation	بیشترین (گرم) Max (gr)	کمترین(گرم) Min (gr)
60.05	3.19	74.57	50.04

جدول ۲ ضریب همبستگی (R) بین ولتاژ قرائت شده و وزن نمونه قرار داده شده درون حسگر را نشان می‌دهد.

جدول ۲. ضریب همبستگی بین ولتاژ خروجی از حسگر و وزن نمونه تخم‌مرغ

ضریب همبستگی Coefficient of correlation	بسامد (kHz) Frequency (kHz)	ضریب همبستگی Coefficient of correlation	بسامد (kHz) Frequency (kHz)
0.817	73.53	0.641	35.7
0.812	86.21	0.814	37.88
0.813	89.29	0.827	39.06
0.804	100.00	0.831	46.30
0.860	119.05	0.820	50.00
0.809	156.25	0.817	54.35
-0.053	208.00	0.823	59.52
-0.34	312.50	0.813	69.44

اگر همه این بسامدها در یک شبکه عصبی دخالت داده شوند، آنگاه دستگاه توزین هوشمند شده به راحتی می‌تواند وزن تخم‌مرغ را پیش‌بینی نماید.

معماری شبکه عصبی

برای اینکه بتوان یک شبکه عصبی قدرتمند را برای پیش‌بینی وزن تخم‌مرغ انتخاب نمود، باید مدل‌های مختلفی را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق دو سری شبکه ساخته و ارزیابی شد. سری اول شبکه‌های دولایه و سری دوم شبکه‌های سه‌لایه طراحی گردید.

در شبکهٔ عصبی دو لایه تعداد نرون لایه مخفی از ۲ تا ۱۰ تغییر داده شد. همانطور که قبلاً توضیح داده شد، بردار ورودی شامل ۱۶ ولتاژ در بسامدهای مختلف و بردار خروجی شامل یک مقدار (وزن نمونه) می‌باشد.

نتایج حاصل برای شبکه‌های دولایه در جدول ۳ ارائه شده است. تقریباً در همه موارد نتایج قابل قبولی حاصل شده است. با توجه به جدول، شبکه دولایه با ۱۰ نرون بهترین نتایج (بیشترین مقدار R و کمترین مقدار RMSE) را ارائه داده است و به عنوان کاراترین شبکه دو لایه می‌تواند انتخاب شود.

جدول ۳. شاخص‌های آماری به منظورمقایسه شبکه‌های عصبی دولایه برای پیش‌بینی وزن تخم‌مرغ

تعداد نرون لایه مخفی Neurons in hidden layer	R_{Train}	$R_{Validation}$	R_{Test}	R_{Total}	RMSE
2	0.920	0.864	0.906	0.911	2.831
3	0.924	0.916	0.867	0.919	2.634
4	0.923	0.910	0.8379	0.914	1.81
5	0.913	0.897	0.932	0.915	2.49
6	0.925	0.923	0.965	0.93	4.29
7	0.868	0.874	0.931	0.874	6.702
8	0.927	0.862	0.919	0.916	2.27
9	0.934	0.914	0.884	0.925	1.917
10	0.943	0.941	0.896	0.935	1.227

شبکه‌های عصبی سه لایه از دو لایه مخفی تشکیل شده‌اند. تعداد نرون لایه مخفی اول بنا به پیش‌فرض نرم‌افزار MATLAB برابر ۱۰ قرار داده شد و تعداد نرون لایه دوم از یک تا ۲۰ تغییر داده شد. نتایج حاصل برای شبکه‌های سه لایه در جدول ۴ آورده شده است.

جدول۴. مقایسه شبکه‌های عصبی سه‌لایه در پیش‌بینی وزن تخم‌مرغ

تعداد نرون لایه مخفی دوم Neurons in second hidden layer	R_{Train}	$R_{Validation}$	R_{Test}	R_{Total}	RMSE
1	0.913	0.937	0.929	0.920	2.4
2	0.931	0.834	0.866	0.913	4.944
3	0.963	0.912	0.785	0.934	3.215
4	0.960	0.923	0.964	0.956	1.528
5	0.957	0.958	0.927	0.951	1.127
6	0.946	0.900	0.903	0.853	4.782
7	0.98	0.991	0.978	0.983	0.502
8	0.966	0.898	0.975	0.957	2.05
9	0.938	0.896	0.942	0.934	2.056
10	0.961	0.96	0.97	0.963	0.625
20	0.964	0.969	0.962	0.963	0.819

با مقایسه جداول ۳ و ۴ می‌توان دریافت که در مجموع شبکه‌های سه‌لایه کارایی بیشتری را از خود نشان دادند. از بین شبکه سه‌لایه، شبکه با ۷ نرون با بیشترین مقادیر ضریب همبستگی و کمترین مقدار خطا مناسب‌ترین شبکه می‌باشد. این شبکه

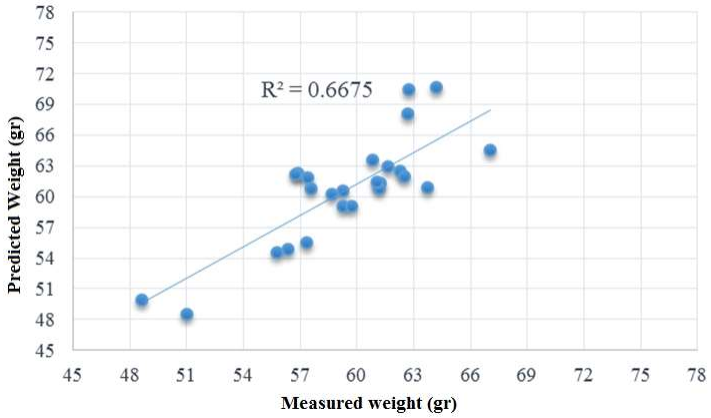
حتی از شبکه دولایه ۱۰ نرون نیز کاراتر می‌باشد. بنابراین ساختار ۱–۷–۱۰–۱۶ مناسب‌ترین مورد بوده و برای کالیبراسیون دستگاه توزین انتخاب می‌گردد.

ارزیابی دستگاه

به منظور ارزیابی دستگاه و سنجش میزان دقت آن، وزن ۲۴ نمونه تخم‌مرغ تازه به کمک دستگاه توزین پیش‌بینی شده و با مقادیر واقعی که به وسیله یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمده بود، مقایسه گردید.

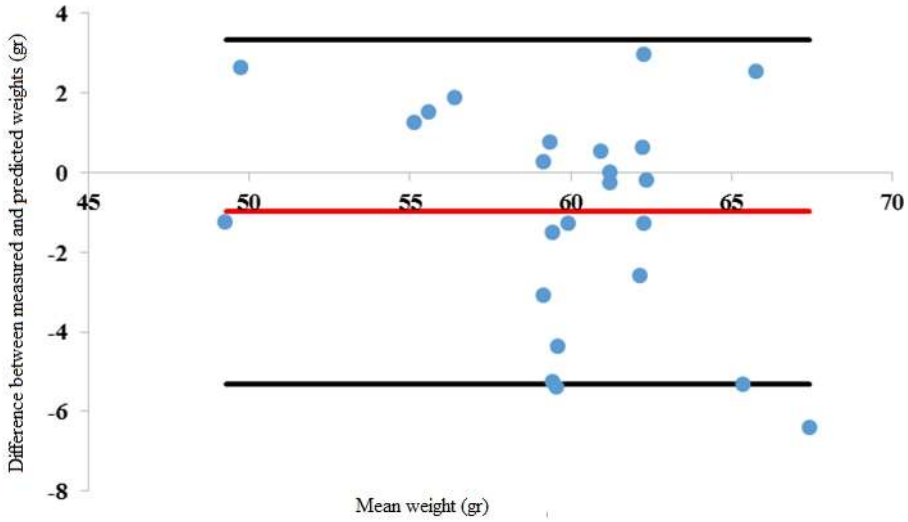
از آزمون t جفتی برای مقایسه وزن پیش‌بینی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده و از روش بلاند– آلتمن (Bland and Altman, 1999) برای رسم نمودار تطابق بین مقادیر تخمینی و واقعی وزن استفاده شد.

بر اساس یافته‌ها حداکثر اختلاف بین مقدار واقعی و پیش‌بینی شده ۵/۴ گرم مشاهده شد که مربوط به نمونه خیلی درشت است. شکل ۴ نمودار رگرسیونی وزن واقعی و وزن پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد. همچنین میانگین خطای مطلق ۲/۲۱ گرم و میانگین درصد خطای مطلق برابر ۳/۷۵٪ به دست آمد. وانگ و همکاران از تکنیک ماشین بینایی برای پیش بینی حجم تخم مرغ استفاده نمودند و گزارش دادند که محدوده تطابق برای حجم تخم مرغ بین ۰/۶۸۴ میلی لیتر و ۳/۰۰۶۶ میلی لیتر بوده است. همچنین میانگین درصد خطا را ۳/۲۳ ٪ به دست آوردند (wang et al., 2007).



شکل ۴. خط برازش وزن واقعی و وزن پیش‌بینی شده بر اساس خواص دی‌الکتریک.

بر اساس نتایج تحقیق، ۹۵٪ محدوده تطابق برای مقایسه دو روش توزین واقعی و تخمینی بین ۵/۳– و ۳/۳۶گرم بود، یعنی روش دی‌الکتریک ممکن است وزن تخم‌مرغ را تا ۵/۳ گرم کمتر از مقدار واقعی یا ۳/۳۶ گرم بیشتر از مقدار واقعی پیش‌بینی کند (شکل ۵).



شکل۵. نمودار بلاند –آلتمن (Bland and Altman, 1999) برای مقایسه وزن پیش‌بینی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده.

در شکل فوق خطوط بیرونی ۹۵٪ محدوده تطابق و خط میانی میانگین اختلاف را نشان می‌دهد و همانطور که مشاهده می شود نتایج حاصل از دستگاه طراحی شده قابل قبول می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش یک نمونه دستگاه توزین تخم‌مرغ به کمک حسگر خازنی ساخته شده و ارزیابی گردید. در طراحی و ساخت دستگاه از یک سیستم تولید فرکانس متغیر برای ایجاد سیگنال‌های سینوسی استفاده شد. برای واسنجی دستگاه، شبکه‌های عصبی با معماری‌های مختلف دو لایه و سه‌لایه توسعه داده شدند.

در شبکه عصبی دو لایه تعداد نرون لایه مخفی از ۲ تا ۱۰ تغییر داده شد. بهترین نتایج مربوط به شبکه دو لایه با ۱۰ نرون بود. از بین شبکه سه‌لایه، شبکه با ۷ نرون با بیشترین مقادیر ضریب همبستگی و کمترین مقدار خطا مناسب‌ترین شبکه بود. . این شبکه از شبکه دولایه با ۱۰ نرون کاراتر بود، بنابراین مناسب‌ترین شبکه بوده و برای کالیبراسیون دستگاه توزین انتخاب شد. برای ارزیابی دستگاه، وزن ۲۴ نمونه تخم‌مرغ تازه به کمک دستگاه تخمین زده شد و با مقادیر واقعی که به وسیله یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمده بود، مقایسه شد که حداکثر خطا۵/۴ گرم به دست آمد.

منابع

1. Aboonajmi, M., A. Akram, T. Nishizu, N. Kondo, S. K. Setarehdan, and A. Rajabipour. 2010. An ultrasound based technique for the determination of poultry egg quality. Research in Agricultural Engineering 56(1): 26-32.
2. Asadi, V., M. H. Raoufat, and S. M. Nassiri. 2012. Fresh egg mass estimation using machine vision technique. International Agrophysics 26: 229-234.
3. Bland, J. M., and D. G. Altman. 1999. Measuring agreement in method comparison studies. Statistical Methods in Medical Research 8: 135-160.
4. Garcia-Alegre, M. C., A. Ribeiro, D. Guinea, and G. Cristobal. 1998. Eggshell defects detection based on color processing. International Workshop on Robotics and Automated Machinery for Bio-Productions: 51-66.
5. Kuchida, K., M. Fukaya, S. Miyoshi, M. Suzuki, and S. Tsuruta. 1999. Nondestructive prediction method for yolk: albumin ratio in chicken eggs by computer image analysis. Poultry Science 78: 909-913.
6. Lawrence, K. C., S. C. Yoon, D. R. Jones, G. W. Heitschmidt, B. Park, and W. R. Windham. 2009. Modified pressure system for imaging egg cracks. Transactions of the ASABE 52(3): 983-990.
7. Mertens, K., B. De Ketelaere, B. Kamers, F. R. Bamelis, B. J. Kemps, E. M. Verhoelst, J. G. De Baerdemaeker, and E. M. Decuypere. 2005. Dirt detection on brown eggs by means of color computer vision. Poultry Science 84: 1653-1659.
8. Narushin, V. G., M. N. Romanov, and V. P. Bogatry. 2002. Relationship between preincubation egg parameters and chick weight after hatching in layer breeds. Biosystems Engineering 83(3): 73-381.
9. Patel, V. C., R. W. McClendon, and J. W. Goodrum. 1998. Development and evaluation of an expert system for egg sorting. Computer and Electronics in Agriculture 20: 97-116.
10. Ragni, L., C. Cevoli, and A. Berardinelli. 2010. A waveguide technique for non-destructive determination of egg quality parameters. Journal of Food Engineering 100: 343–348.
11. Wang, T. Y., and S.K. Nguang. 2007. Low cost sensor for volume and surface area computation of axi-symmetric agricultural products. Journal of Food Engineering 79: 870–877.

Design, Fabrication and Evaluation of Egg Weighin Device Using Capacitive Sen and Neural Networ

Behzad Mohammadi Alasti[1*], Saman Khalili[2] and Mehdi Abbasgholipour[1]

1- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Bonab Branch, Islamic Azad University, behzad.alasti@gmail.com
2- MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Bonab Branch, Islamic Azad University

Abstract

Agricultural products grading always has a particular important position for submission to domesic and abroad markets. Grading treatment is carried out based on various parameters such as color, ripeness level, dimensions and weight. Product weight is one of the most effective parameters in grading operation. In egg grading, the largeness value is very important in marketing. This research aimed to design, fabrication and evaluation of the egg weighing system based on its dielectric properties. A prototype unit of weighing system was designed and fabricated. The designed unit was composed of chassis, voltage source, sinusoidal signal generator, voltage measurement unit, AVR microcontroller, port com, capacitive sensor, LCD and keyboard. Neural network technique was used for egg weight prediction. The designed net receives 16 voltage values in different frequencies as inputs and its output is the egg weight. In order to calibrate and evaluate the weighing unit, 150 fresh egg samples were provided on laying day from a local poultry farm. Experiments were divided in 3 groups. Experiments were carried out on laying day, second and fourth day after laying. The best results were obtained with a 3 layers net having 10 and 7 neurons in first and second hidden layer, respectively. therefore, this net was applied for egg weight prediction.

Keywords: Capacitive Sensor, Eggs, Neural Network, Weighin Device.