

تخمین وزن، تعیین شاخص شکل و تشخیص آلودگی پوسته تخم مرغ با استفاده از ماشین بینایی

مهدی خجسته کی^۱، هوشنگ لطف اللهیان^۲ و مجید کلانتر نیستانی^۱

۱- عضو هیئت علمی بخش علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قم، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، قم، ایران.

۲- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

نویسنده مسؤول: mahdikhojaste@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۵

چکیده

در این مطالعه روشی برای تخمین وزن، تعیین شاخص شکل و تشخیص آلودگی پوسته تخم مرغ با استفاده از فن آوری ماشین بینایی ارائه شده است. ابتدا برخی خصوصیات مرتبط با کیفیت تخم مرغ شامل وزن، طول، عرض، شاخص شکل و وضعیت آلودگی پوسته تعداد ۷۶ قطعه تخم مرغ توسط تکنسین مجرب در آزمایشگاه تعیین گردید. همزمان از هر یک از تخم مرغها تصاویری با استفاده از دوربین دیجیتال با رعایت فاصله ثابت و شرایط نور پردازی یکسان تهیه گردید. سپس با استفاده از محیط پردازش تصویر نرم افزار متلب ویژگیهای مرتبط با وزن تخم مرغ، اندازه تخم مرغ و وضعیت آلودگی پوسته از تصاویر استخراج شد. ۴ نوع شبکه عصبی مختلف به ترتیب برای تشخیص و دسته بندی آلودگی پوسته تخم مرغ، تخمین وزن تخم مرغ و تخمین طول و عرض تخم مرغ با استفاده از نرم افزار متلب طراحی شد. شبکه عصبی طراحی شده برای تشخیص آلودگیهای سطحی تخم مرغ بدون خطا آموزش دید و در مرحله آزمون آلودگی پوسته تخم مرغها با دقت ۹۵ درصد توسط شبکه تشخیص داده شد. دقت شبکههای عصبی مصنوعی برای تخمین وزن، طول و عرض تخم مرغها در مرحله آموزش به ترتیب برابر با ۹۸/۵۵، ۹۹/۴ و ۹۸/۴۹ درصد بود. در مرحله آزمون نهایی همبستگی بین مقادیر واقعی وزن، طول و عرض تخم مرغها با مقادیر تخمین زده شده توسط شبکه عصبی به ترتیب برابر با ۹۶/۶، ۹۷/۳۱ و ۹۸ درصد بود ($P < 0.01$). نتایج این مطالعه نشان داد که امکان استفاده از فن آوری ماشین بینایی در تعیین کیفیت تخم مرغ و جایگزینی آن با انسان با دقت بالا وجود دارد.

کلمات کلیدی: پردازش تصویر، شبکه عصبی مصنوعی، کیفیت تخم مرغ، ماشین بینایی.

مقدمه

کیفیت تخم مرغ با ارزش اقتصادی آن در بازار و درصد هج رابطه مستقیم دارد. کیفیت ظاهری و فیزیکی مهمترین موضوع در تعیین ارزش تخم مرغ چه بصورت تجاری و چه به منظور جوجه کشی است. وزن، شاخص شکل، میزان آلودگی خارجی و کیفیت پوسته و نظایر آن از عوامل مؤثر بر کیفیت تخم مرغ هستند. در حال حاضر فرآیند تعیین کیفیت تخم مرغها در بسیاری از فارمها از طریق ارزیابی انسانی انجام می‌شود. تفاوت در سلیقه و چیرگی افراد، فرصت محدود برای ارزیابی تخم مرغ، افزایش هزینه‌های کارگری و عدم استفاده از ابزار دقیق موجب افزایش سهم خطای انسانی در درجه بندی تخم‌ها شده و این موضوع بخصوص در تخم مرغ‌هایی که برای جوجه کشی استفاده می‌شوند باعث کاهش بازده اقتصادی جوجه کشی می‌شود (لونادی و همکاران، ۲۰۱۱؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). به نظر می‌رسد برای کاهش خطا در مواردی که رکوردبرداری از صفات اقتصادی توسط انسان و بدون ابزار اندازه‌گیری دقیق انجام می‌شود، استفاده از روش‌های جایگزین که به طور خودکار عمل می‌کنند، کارایی مناسب‌تری داشته باشد. یک راه حل مناسب برای افزایش دقت رکوردبرداری استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی است (گویال، ۲۰۱۳؛ اوندرو و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده از روش‌های هوش مصنوعی بخصوص در دو دهه اخیر در تشخیص بسیاری از موارد در صنایع نظامی، پزشکی، هوا فضا، تشخیص هویت، رباتیک، سیستم‌های امنیتی و نظایر آن جایگزین انسان شده و تحولات و پیشرفت‌های شگرفی را در این زمینه‌ها باعث شده است (بوگارت، ۲۰۰۸).

الحیاری و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از پردازش تصویر و بهره‌گیری از شبکه عصبی مصنوعی با استخراج خصوصیات بافت و رنگ، موفق به شناسایی و دسته بندی بیماری‌های مرتبط با برگ گیاهان با دقتی بین ۸۳ تا ۹۴ درصد شدند. پازوکی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از شبکه عصبی موفق به دسته بندی و تشخیص ۵ نوع برنج تجاری با دقت نزدیک به ۹۹٪ شدند. همچنین کوئیان و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از پردازش تصویر و روش دسته بندی ماشین بردار پشتیبان، با خطای کمتر از ۵٪ درصد سهم الیاف کشمیر در پشم گوسفندان را مشخص نمودند. در تعیین کیفیت تخم مرغ با روش های مختلف هوش مصنوعی نیز گزارشات محدودی وجود دارد. بوانشواری و پالانیلو (۲۰۱۵) با استفاده از پردازش تصویر تخم مرغ‌های نطفه‌دار از تخم مرغ‌های بدون نطفه را با

دقتی بین ۸۳ تا ۹۱ درصد تشخیص دادند. آلاساهان و گونلو (۲۰۱۲) با استفاده از هوش مصنوعی طول، عرض و شاخص شکل تخم مرغ را با دقتی بین ۹۸/۴۴ تا ۹۸/۵۵ درصد تخمین زدند. ابراهیم و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از پردازش تصویر آلودگی پوسته تخم مرغ را با دقتی بین ۸۰ تا ۹۰ درصد تشخیص دادند. با توجه به اهمیت درجه بندی و سورتینگ تخم مرغ‌های تجاری و جوجه کشی مطالعه حاضر با هدف معرفی روشی دقیق و جامع بر مبنای استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین وزن، شاخص شکل تخم مرغ و تعیین آلودگی پوسته تخم مرغ‌ها انجام شد.

مواد و روش

مراحل مختلف مطالعه حاضر شامل ارزیابی تخم مرغ‌ها توسط تکنسین مجرب در آزمایشگاه، تهیه تصاویر دیجیتال، پردازش تصویر و استخراج ویژگی‌های مرتبط و در نهایت استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای دسته‌بندی و تشخیص حالات مختلف ویژگی‌های مرتبط با کیفیت تخم مرغ بود. در ادامه این مراحل به تفصیل توضیح داده می‌شوند.

رکوردبرداری فوتویی و عکس برداری

در این بررسی ابتدا وزن، طول و عرض و وضعیت آلودگی تعداد ۷۶ قطعه تخم مرغ توسط تکنسین مجرب در آزمایشگاه تعیین گردید. با اندازه‌گیری طول و عرض تخم مرغ‌ها و تقسیم عدد مربوط به عرض تخم مرغ بر طول تخم مرغ شاخص شکل تخم مرغ تعیین شد. برای تعیین وزن تخم مرغ‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت یک صدم گرم و برای تعیین طول و عرض تخم‌ها از کولیس استفاده شد. میزان آلودگی پوسته تخم مرغ‌ها نیز با توجه به تشخیص و تجربه ارزیاب و براساس وجود هر نوع آلودگی نظیر مدفوع، ترشحات مجاری تناسلی و جرم خارجی تعیین گردید. در مرحله بعد از هر یک از تخم مرغ‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال کانن (و در اندازه ۳۲۴۰×۴۳۲۰ پیکسل از فاصله ۱۵ سانتی‌متری و در شرایط نور پردازی یکسان تصویر تهیه شد.

پردازش، آماده سازی و ویرایش اولیه تصاویر

تصاویر دیجیتال تهیه شده با استفاده از محیط پردازش تصویر نرم افزار متلب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مراحل پردازش تصویر شامل مراحل عکس برداری، آماده سازی اولیه و پیش پردازش تصاویر، پردازش تصاویر و استخراج خصوصیات مؤثر و در نهایت داده کاوی اطلاعات با استفاده از خصوصیات انتخاب شده از تصاویر و اطلاعات فنوتیپی ثبت شده از تخم مرغها بود. برای بهبود کیفیت تصاویر و همچنین آماده سازی آنها یکسری عملیات پیش پردازش بر روی عکسها انجام شد. این عملیات شامل تبدیل تصاویر رنگی به فرم خاکستری، تنظیم شدت روشنایی، باینری کردن تصاویر و قطعه بندی، انتخاب ناحیه مورد نظر و اعمال یکسری عملگرهای مورفولوژی^۱ برای حذف اعوجاجات و نواحی اضافی از تصویر بود. نمونه ای از عملیات آماده سازی تصاویر در شکل ۱ نمایش داده شده است.

استخراج خصوصیات و انتخاب خصوصیات مؤثر

به منظور تخمین وزن و همچنین تخمین طول و عرض تخم مرغها با استفاده از رابط گرافیکی محیط نرم افزار متلب ابتدا ۲۴ ویژگی مختلف شکل شناسی از هر تصویر استخراج شد. سپس با توجه به وجود ضریب همبستگی معنی دار بین ویژگیهای استخراج شده و مقادیر صفات مورد مطالعه به ترتیب تعداد ۱۶، ۱۵ و ۱۶ ویژگی مرتبط با طول، عرض و وزن تخم مرغها از بین تمام ویژگیهای استخراج شده انتخاب شد. برای تشخیص آلودگی خارجی تخم مرغها نیز تعداد ۳۲ ویژگی شکل شناسی و بافت شناسی از یک تصویر استخراج گردید و با توجه به ضریب همبستگی بالاتر از ۰/۵ تعداد ۱۹ ویژگی مختلف شکل شناسی و بافت شناسی از بین تمام ویژگیهای موجود برای طراحی شبکه عصبی مصنوعی انتخاب گردید. برخی از مهمترین خصوصیات شکل شناسی شامل مساحت^۲، محیط^۳، طول محور اصلی^۴، طول محور فرعی^۵، قطر معادل^۶، فواصل^۷، میزان گریز از مرکز^۸، میزان سختی^۹ بود. همچنین مهمترین خصوصیات مربوط به تجزیه بافت شامل

انرژی^{۱۰}، یکنواختی^{۱۱}، همگنی^{۱۲} و همبستگی^{۱۳} بود.

طراحی شبکه عصبی مصنوعی

شبکه طراحی شده برای تشخیص آلودگی های روی پوست تخم مرغ

دسته بندی و تشخیص آلودگی های روی پوست تخم مرغ با استفاده از ابزار تشخیص الگو^{۱۴} در نرم افزار متلب انجام شد. شبکه عصبی طراحی شده از نوع پیش خور^{۱۵} بود که با الگوریتم پس انتشار خطا^{۱۶} آموزش داده شد. این شبکه عصبی از نوع چند لایه بوده و دارای یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک لایه پنهان بود. تعداد نرون های موجود در لایه ورودی شامل خصوصیات انتخاب شده برای هر تصویر و برابر با ۱۹ نرون بود. در لایه خروجی نیز به ازای دو حالت تخم مرغ آلوده و سالم ۲ نرون پیش بینی شد. در لایه میانی یا پنهان با توجه به روش آزمون و خطا تعداد ۱۸ نرون قرار داده شد. تابع انتقال در لایه مخفی شبکه عصبی مصنوعی و لایه خروجی آن از نوع تانژانت سیگموئید^{۱۷} انتخاب شد. شکل ۲ نحوه طراحی شبکه عصبی برای تشخیص آلودگی های موجود در پوست تخم مرغ را نشان می دهد.

¹ Morphology operator

² Area

³ Perimeter

⁴ Major axis length

⁵ Minor axis length

⁶ Equivalent diameter

⁷ Distances

⁸ Eccentricity

⁹ Solidity

¹⁰ Energy

¹¹ Homogeneity

¹² Entropy

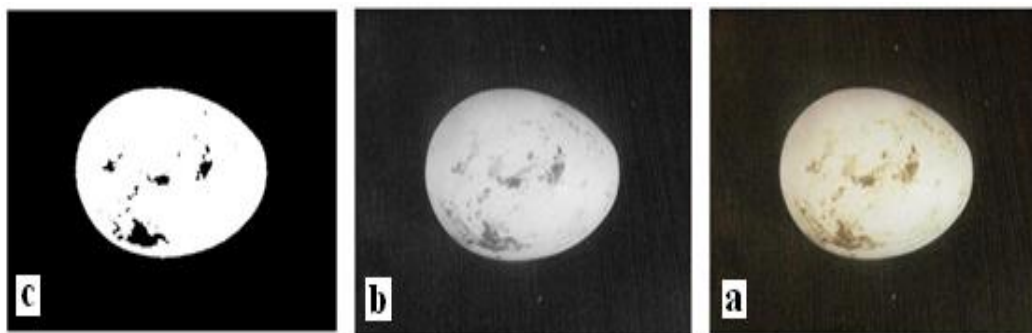
¹³ Correlation

¹⁴ Neural Pattern Recognition Tool

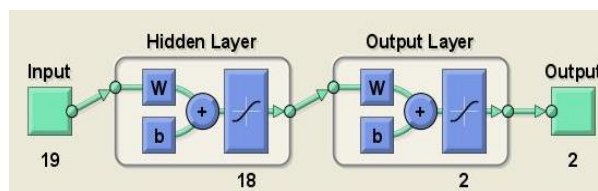
¹⁵ Feed-forward neural network

¹⁶ Back propagation

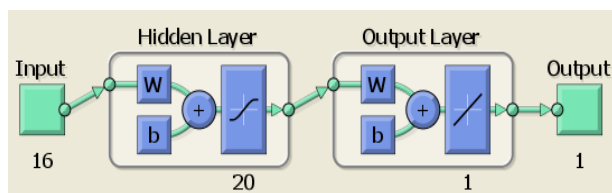
¹⁷ Tan-sigmoid



شکل ۱- نمونه‌ای از مراحل آماده سازی تصاویر برای تشخیص آلودگی پوسته (a: تصویر گرفته شده از نمای جانبی تخم مرغ، b: همان تصویر در فرم خاکستری، c: حالت باینری همان تصویر پس از عملیات پیش پردازش).

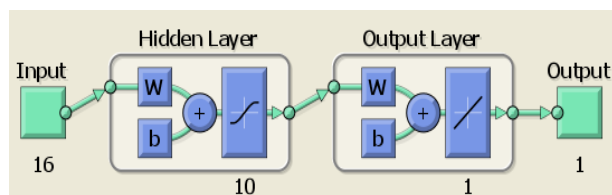


شکل ۲- شبکه عصبی طراحی شده برای تشخیص آلودگی‌های پوسته تخم مرغ



شکل ۳- شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین وزن تخم مرغ.

برای تخمین طول تخم مرغ‌ها تعداد ۱۶ نرون در لایه ورودی، ۱۰ نرون در لایه میانی و یک نرون در لایه خروجی طراحی شد (شکل ۴).



شکل ۴- شبکه عصبی طراحی شده برای تخمین طول تخم مرغ.

از مجموع ۷۶ قطعه عکس تهیه شده از تخم مرغ‌ها، تعداد ۵۶ قطعه عکس برای طراحی اولیه شبکه (شامل مراحل آموزش، اعتبارسنجی و آزمون) و تعداد ۲۰ قطعه عکس برای آزمایش نهایی شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت.

شبکه‌های عصبی طراحی شده برای تخمین وزن، طول و

عرض تخم مرغ‌ها

با استفاده از ابزار تخمین مقدار در نرم افزار متلب سه شبکه عصبی مجزا برای تخمین هر یک از آماره‌های وزن، طول و عرض تخم مرغ طراحی گردید. هر سه نوع شبکه عصبی طراحی شده در این بخش از نوع پیش خور بود که با الگوریتم پس انتشار خطا آموزش داده شد. این شبکه‌ها از نوع چند لایه بوده و دارای یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک لایه پنهان بود. برای تخمین وزن تخم مرغ‌ها تعداد ۱۶ نرون در لایه ورودی، ۲۰ نرون در لایه میانی و یک نرون در لایه خروجی طراحی شد (شکل ۳).

¹ Neural Fitting Tool

² Back propagation

جدول ۱- ماتریس خطا در شناسایی آلودگی پوسته تخم مرغ توسط شبکه عصبی مصنوعی.

وضعیت ظاهری پوسته	آلوده	سالم	دقت تشخیص (%)
آلوده	۲۱	۰	۱۰۰
سالم	۰	۳۵	۱۰۰
میانگین			۱۰۰

اعداد خارج از قطر نشانه تشخیص اشتباه شبکه عصبی مصنوعی است.

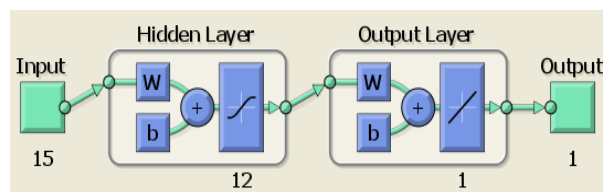
ابراهیم و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از فن آوری ماشین بینایی اقدام به تشخیص آلودگی ظاهری تخم مرغ با دقت ۸۰ تا ۹۰ درصد نمودند. همچنین لونادی و همکاران (۲۰۱۱) الگوریتمی را برای تشخیص آلودگی‌های ظاهری پوسته تخم مرغ ارائه کردند که با دقت ۹۸ درصد تخم مرغ‌ها را درجه بندی می‌نمود.

جدول ۲- تشخیص آلودگی پوسته تخم مرغ توسط شبکه عصبی مصنوعی در آزمون عملی.

وضعیت پوسته	تعداد عکس آزمون	نوع تشخیص		دقت تشخیص (%)
		درست	اشتباه	
آلوده	۱۰	۱۰	۰	۱۰۰
سالم	۱۰	۹	۱	۹۰
میانگین				۹۵

دهروه و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از پردازش تصویر روشی را برای تشخیص تخم مرغ‌های آلوده از تخم مرغ‌های سالم پیشنهاد کردند که راندمان تشخیص صحیح آن ۸۵/۶۶ درصد بود. براساس نتایج بررسی ایشان دقت تشخیص و درجه بندی تخم مرغ‌های سالم از تخم‌های آلوده و کثیف در سناریوهای مختلف از ۸۰ تا ۹۸ درصد متغیر بود که این نتایج با نتایج مطالعه حاضر برای تشخیص و درجه بندی تخم مرغ‌های سالم و آلوده مطابقت دارد. یکی از علل مهم در تغییر دقت درجه بندی موضوعات توسط هوش مصنوعی به تفاوت در کیفیت تصویر، تعداد تصویر، روش پردازش تصویر، مدل آماری مورد استفاده و همچنین خصوصیات استخراج شده از تصاویر مربوط می‌شود (آریواژانگ و همکاران، ۲۰۰۹). برای مثال بوانشواری و پالانیلو (۲۰۱۵) تخم مرغ‌های نطفه‌دار را با استفاده از دو روش مختلف دسته بندی شامل ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی با دقت‌های متفاوت ۹۱ و ۸۳ درصد تشخیص دادند. همچنین در تایید این موضوع وانگ و همکاران (۲۰۱۱) در تشخیص تخم مرغ‌های تازه از تخم مرغ‌های کهنه اعلام کردند که ویژگی مورد استفاده شامل بررسی وضعیت اتاقک

همچنین برای تخمین عرض تخم مرغ‌ها تعداد ۱۵ نرون در لایه ورودی (برابر با تعداد ویژگی‌های انتخاب شده)، ۱۲ نرون در لایه میانی و ۱ نرون در لایه خروجی طراحی شد (شکل ۵).



شکل ۵- شبکه عصبی طراحی شده برای تخمین عرض تخم مرغ.

تعداد نرون‌های موجود در لایه ورودی هر یک از شبکه‌های فوق شامل خصوصیات انتخاب شده برای هر تصویر بود. در لایه خروجی نیز یک نرون پیش بینی شد. در لایه میانی یا پنهان شبکه‌های فوق نیز با توجه به روش آزمون و خطا و با هدف به حداقل رساندن خطای مدل تعداد نرون‌ها تعیین گردید. تابع انتقال در لایه مخفی شبکه عصبی مصنوعی از نوع تانژانت سیگموئید^۱ و در لایه خروجی از نوع خطی انتخاب شد. از مجموع ۷۶ قطعه عکس تهیه شده از تخم مرغ‌ها، تعداد ۵۶ قطعه عکس برای طراحی اولیه شبکه‌های عصبی (شامل مراحل آموزش، اعتبارسنجی و آزمون) و تعداد ۲۰ قطعه عکس برای آزمایش نهایی شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج پیاده سازی و تحلیل

تشخیص آلودگی پوسته تخم مرغ

به منظور شناسایی تخم مرغ‌های آلوده و سالم مراحل آموزش، اعتبارسنجی و آزمون شبکه عصبی مصنوعی با دقت ۱۰۰ درصد انجام شد (جدول ۱). براساس جدول ۲ در مرحله آزمون از تعداد ۱۰ عکس ارائه شده برای هر یک از تخم مرغ‌های آلوده و سالم (در مجموع ۲۰ عکس) به شبکه عصبی مصنوعی، تخم مرغ‌های آلوده کاملاً صحیح تشخیص داده شد، در حالی که در مورد تصاویر متعلق به تخم مرغ‌های سالم شبکه عصبی مصنوعی یک مورد از ۱۰ مورد را اشتباه دسته بندی نمود که در مجموع مراحل آزمون داده‌های آزمایشی، شبکه مورد نظر با دقت ۹۵٪ تخم مرغ‌های سالم از آلوده را درست دسته بندی نمود.

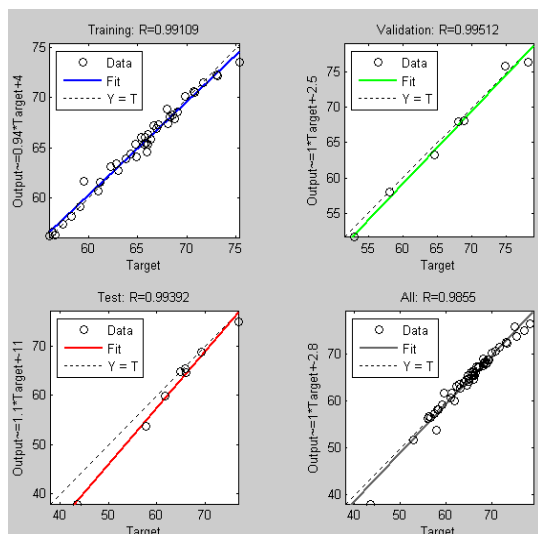
^۱ Tan-sigmoid

هوایی و وضعیت زرده باعث تغییر در دقت مدل از ۹۲ تا ۹۴ درصد گردید.

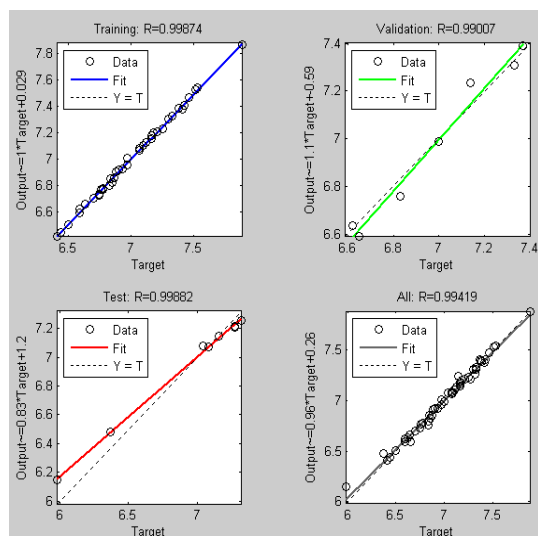
تخمین وزن، طول و عرض تخم مرغ

به منظور تخمین وزن، تخمین طول و عرض تخم مرغها مراحل آموزش، اعتبار سنجی و آزمون ۳ نوع شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب با دقت ۹۸/۵۵، ۹۹/۴ و ۹۸/۴۹ درصد انجام شد. این نتایج در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ ارائه شده است. در مرحله آزمون با ارائه ۲۰ تصویر به هر یک از شبکه‌های عصبی همبستگی بین مقادیر واقعی وزن، طول و عرض تخم مرغها و مقادیر پیش بینی شده توسط شبکه عصبی به ترتیب برابر با ۹۶/۶، ۹۷/۳۱ و ۹۸ درصد برآورد شد. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه استفاده از هوش مصنوعی برای تخمین وزن تخم مرغ انجام شده است. اسدی و رئوفت (۲۰۱۰) با استفاده از ماشین بینایی و شبکه عصبی مصنوعی و با دقت ۹۶ درصد موفق به تخمین وزن تخم مرغ شدند که این گزارش با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

الاساهان و گونلو (۲۰۱۲) طول، عرض و شاخص شکل تخم مرغ را با دقتی بین ۹۸/۴۴ تا ۹۸/۵۴ با استفاده از فن آوری پردازش تصویر و هوش مصنوعی تخمین زدند که نتایج بررسی حاضر در رابطه با تخمین طول و عرض تخم مرغ با نتایج ارائه شده توسط ایشان مطابقت دارد. برخی از دلایل وجود تفاوت‌های جزئی در دقت تخمین وزن و یا تخمین طول و عرض تخم مرغ در مطالعات مختلف به نوع مدل مورد استفاده، کیفیت تصاویر، روش بکار گرفته در پیش پردازش تصاویر، نوع ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر و حتی تعداد تصاویر مورد استفاده مربوط می‌شود (سیاه منصور و همکاران ۲۰۱۱، گوپال ۲۰۱۳، اوندرو و همکاران ۲۰۱۰).



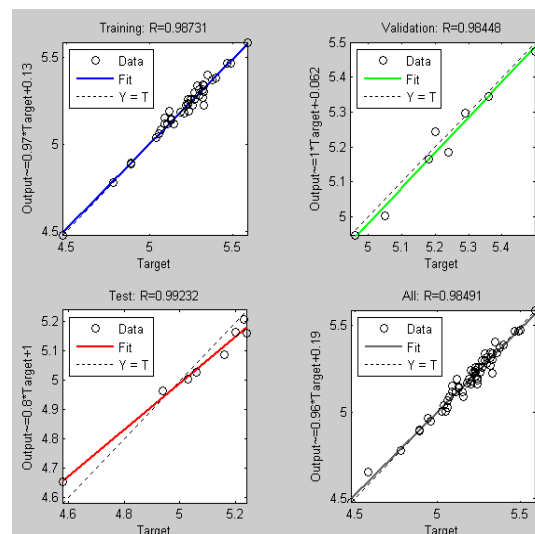
شکل ۶- دقت شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین وزن تخم مرغها در مراحل آموزش، اعتبارسنجی و آزمون.



شکل ۷- دقت شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین طول تخم مرغها در مراحل مختلف آموزش، اعتبارسنجی و آزمون.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که روش پیشنهادی بر مبنای استفاده از پردازش تصاویر دیجیتال و شبکه عصبی مصنوعی به منظور تخمین وزن و تعیین شاخص شکل و تشخیص آلودگی تخم مرغ‌های جوجه کشی پاسخ قابل قبولی را به همراه داشته است و این امکان وجود دارد که در آینده با فراهم آوردن مقدمات سخت افزاری و نرم افزاری مناسب، فناوری ماشین بینایی بتواند بطور کامل جایگزین انسان در درجه بندی کیفیت تخم مرغ‌های جوجه کشی شود.



شکل ۸- دقت شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین عرض تخم مرغ‌ها در مراحل مختلف آموزش، اعتبارسنجی و آزمون.

منابع

- Alasahan, S. and Gunlu, A., 2012. Determination of Egg Quality Characteristics of Different Poultry Species with Digital Image Analysis. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 18 (6): 979-986. DOI:10.9775/kvfd.2012.6885.
- Al-Hiary, H., Bani-Ahmad, S., Reyalat, M., Braik, M., and ALRahamneh, Z., 2011. Fast and Accurate Detection and Classification of Plant Diseases. *International Journal of Computer Applications.*, 17:31-38.
- Arivazhagan, S., Shebiah, R.N., Sudharsan, H., 2013. External and Internal Defect Detection of Egg using Machine Vision. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences.* Vol. 4, No. 3:257-262.
- Asadi, V. and Raoufat, M.H., 2010. Egg Weight Estimation by Machine Vision and Neural Network Techniques (A case study Fresh Egg). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 4 (2) : 1-4.
- Bhuvaneshwari, M. and Palanivelu, L.M., 2015. Improvement in detection of chicken egg fertility using image processing techniques. *International Journal on Engineering Technology and Sciences.* Volume 2 Issue 4:64-67.
- Burghardt, T., 2008. Visual animal biometrics-automatic detection and individual identification by coat pattern. PhD thesis in Computer Science, University of Bristol, 177 pages.
- Dehrouyeh, M.H., Omid, M., Ahmadi, H., Mohtasebi, S.S. and Jamzad, M., 2005. Grading and quality inspection of defected eggs using machine vision. *International Journal of Advance Science and Technology*, 16: 43-50.
- Goyal, S., 2013. Predicting properties of cereals using artificial neural networks: A review. *Scientific Journal of Crop Science.*, 2: 95-115.
- Ibrahim, R., Mohd Zin, Z., Nadzri, N., Shamsudin, M.Z. and Zainudin, M.Z., 2012. Egg's Grade Classification and Dirt Inspection Using Image Processing Techniques. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2012 Vol II.* WCE 2012, July 4 - 6, 2012, London, U.K.
- Lunadei, L., Ruiz-Garcia, L., Bodria, L. and Guidetti, R., 2011. Automatic Identification of Defects on Egg shell Through a Multispectral Vision System. *Food Bioprocess Technology.* DOI 10.1007/s11947-011-0672-x.
- Onder, H., Ari, A., Ocak, S., Eker, S. and Tufekci, H., 2010. Use of Image Analysis in Animal Science. *Journal of Information Technology in Agriculture.*, 1:1-4.
- Pazoki, A.R., Farokhi, F. and Pazoki, Z., 2014. Classification of rice grain varieties using two Artificial Neural Networks (MLP and Neuro-Fuzzy). *The Journal of Animal & Plant Sciences.*, 24:336-343.
- Qian, K., Hongshun, L., Haijian, C., Kejing, Y. and Wei, S., 2010. Measuring the Blend Ratio of Wool/Cashmere Yarns Based on Image Processing Technology. *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, 4 (81): 35-38.
- Siyah Mansoor, M., Ashtiyani, M. and Sarabadani, H., 2011. Automatic Crack Detection in Eggshell Based on SUSAN Edge Detector Using Fuzzy Thresholding. *Modern Applied Science.* Vol. 5, No. 6:117-125.
- Vilarrasa, E.R., Bünger, L., Brotherstone, S., Macfarlane, J. M., Lambea, N. R., Matthews, K. R., Haresign, W. and Roeha, R., 2010. Genetic parameters for carcass dimensional measurements from Video Image Analysis and their association with conformation and fat class scores. *Livestock Science.*, 128:92-100.
- Wang, Q., Deng, X., Ren, Y., Ding, Y., Xiong, L., Ping, Z., Wen, Y. and Wang, S., 2009. Egg freshness detection based on digital image technology. *Scientific Research and Essay Vol.4* (10), pp. 1073-1079.

Weight estimation, shape index determination and shell contamination detection of hen egg using machine vision methods

M. Khojastehkey^{1*}, H. Lotfollahian² and M. Kalantar Neyestanaki¹

1. Member of Scientific Board, Animal Science Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Qom, Iran.

2. Member of Scientific Board, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

*Corresponding Author Email: mahdikhojaste@yahoo.com

Submitted: 4 May 2024

Accepted: 14 June 2025

Abstract

This study introduces a method based on machine vision technology for weight estimation, shape index determination, and egg contamination detection. Primarily, different characteristics relevant to egg quality such as weight, length, wide, shape index and contamination statue of 76 eggs were recorded by experienced appraisers. At the same time, using a digital camera several photos were taken from each egg regarding fixed imaging distance and unique illumination. Then, the features relevant to egg weight, egg size and egg shell contamination were extracted from digital images using image processing tools (IPT) of MATLAB software. Four artificial neural networks were designed for egg contamination classification, egg weight, and egg length and egg wide estimation respectively using MATLAB software. The first neural network was trained to detect egg contamination without error, and in the test phase, the eggs contamination was recognized with accuracy of 95% by neural network. Next neural networks were trained to estimate the egg weight, egg length and egg wide with accuracy of 98.55, 99.4 and 98.49 % respectively. In the test phase, the correlations between egg weight, egg length and egg wide with those which estimated by artificial neural networks were equal to 96.6, 97.31 and 98% respectively ($P < 0.01$). The results indicated that there is a possibility of use the machine vision technology as a powerful replacement for human sense, to determine the egg quality with high accuracy.

Keywords: Artificial Neural Network, Egg quality, Image processing, Machine vision.