

مقاله پژوهشی

تعیین حجم و وزن تخم بلدرچین با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی و مصنوعی و مقایسه با مدل‌های رگرسیونی

محمود محمودی اشکفتکی^{۱*} و احسان هوشیار^۲

چکیده

جهت مکانیزه کردن مراحل فرآوری تخم بلدرچین باید بتوان پارامترهای کیفی آن را با استفاده از روش‌های رایانه‌ای مدل‌سازی نمود. از این‌رو در این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، خواص فیزیکی تخم بلدرچین استخراج شده و سپس حجم تخم‌ها با لایه‌بندی و دوران حول محور اصلی تخم به دست آمد. در ضمن جهت تعیین وزن تخم‌ها یک مدل رگرسیونی چندمتغیره و یک مدل عصبی و مصنوعی ایجاد شد. همچنین نتایج حاصل از مدل‌ها و روش‌های پیشنهادی در این تحقیق با مقادیر واقعی و مدل‌های موجود (مدل‌های Hoyt) مقایسه شد. در پایان تأثیر سن، تغذیه و نور محیط مادرها بر روی پارامترهای کیفی تخم مورد بررسی قرار گرفت. با مقایسه حجم واقعی تخم‌ها و مدل Hoyt، دقت ۹۷٪ و با حجم محاسبه شده به روش تقسیم لایه‌ای تخم، دقت ۱۰۰٪ حاصل شد، که اهمیت روش تقسیم لایه‌ای تخم را به‌خوبی نشان می‌دهد. با مقایسه مقادیر واقعی وزن تخم‌ها با مدل Hoyt، دقت ۸۳٪، با مدل چندمتغیره، دقت ۹۰٪ و با مدل عصبی و مصنوعی، دقت ۹۵٪ حاصل شد. مدل عصبی نه تنها دقت بهتری نشان داد بلکه اثر زمان تخم‌گذاری را هم در تخمین در نظر می‌گرفت که بسیار حائز اهمیت است. از مقایسه نتایج پرورش بلدرچین‌ها مشخص شد، سن بلدرچین مادر در زمان تخم‌گذاری بر پارامترهای کیفی تخم مؤثر است و تخم بلدرچین‌های جوان‌تر شکل کروی‌تری دارند که ممکن است به‌دلیل گسترش نیافتن رحم مادرها باشد. همچنین مشخص شد نحوه قرارگرفتن قفس مادرها از لحاظ دریافت مناسب نور، غذا و آب بر کیفیت تخم‌ها مؤثر است. به‌طوری‌که تخم مادرهایی که در بالاترین قفس‌ها قرار داشته و دارای نور و غذای بهتری بودند دارای افزایش ابعاد و وزن معنی‌داری بودند. این نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که ادغام تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی و مصنوعی می‌تواند به مکانیزه کردن مراحل فرآوری و آماده‌سازی تخم بلدرچین کمک کند.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، تغذیه بلدرچین، حجم تخم، سن بلدرچین، شبکه عصبی و مصنوعی، وزن تخم.

ارجاع: محمودی اشکفتکی م. و هوشیار ا. ۱۳۹۹. تعیین حجم و وزن تخم بلدرچین با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی و مصنوعی و مقایسه با مدل‌های رگرسیونی. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۹(۲): ۲۳-۳۴.

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه چهرم.

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه چهرم.

* نویسنده مسئول: m.mahmoodi5@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۹

فهرست علائم		فهرست علائم	
SAL	طول محور فرعی بهترین بیضی برازش شده (mm)	A	سطح (mm ²)
V	حجم به روش تغییر سطح مایع (mm ³)	A _{max}	بزرگ‌ترین قطر تخم از نمای افقی (mm)
V _c	حجم محاسبه شده از معادله Hoyt (mm ³)	B _{max}	قطر بزرگ‌تر بین دو قطر، فرعی از نمای افقی و اصلی از نمای عمودی (mm)
V _d	حجم محاسبه شده با تقسیم لایه‌ای تخم (mm ³)	CHA	سطح چندضلعی محاطی (mm ²)
W	وزن اندازه‌گیری شده با ترازو (g)	Deq	قطر معادل (mm)
W _c	وزن محاسبه شده از معادله Hoyt (g)	K _v	ضریب تصحیح حجم معادله Hoyt
W _n	وزن تخمین زده شده به وسیله مدل عصبی و مصنوعی (g)	K _w	ضریب تصحیح وزن معادله Hoyt
W _p	وزن محاسبه شده با مدل رگرسیون چندمتغیره (g)	MAL	طول محور اصلی بهترین بیضی برازش شده (mm)
زیرنویس‌ها		MSE	میانگین مربعات خطا
xy	نمای افقی	P	محیط (mm)
xz	نمای عمودی	R ²	ضریب تعیین

مقدمه

تخم بلدرچین، ماده غذایی سرشار از انواع ویتامین‌ها و مواد مغذی مانند اسیدهای آمینه و میکروالمان‌ها است. از زمان‌های دوردست، گوشت و تخم بلدرچین در کشورهای ژاپن و چین استفاده طبی داشته است. مواد غذایی موجود در تخم بلدرچین حساسیت ایجاد نمی‌کند، به‌همین دلیل از آن حتی در تغذیه شیرخواران وی افرادی که مصرف تخم‌مرغ برایشان منع شده است، می‌توان استفاده نمود. این موارد اهمیت مطالعه بر روی این ماده غذایی را نشان می‌دهد. با افزایش جمعیت و افزایش مصرف، نیاز به مکانیزه‌شدن و آماده‌سازی سریع‌تر این محصول احساس می‌شود. از طرفی در همه دستگاه‌های مکانیزه، خواص فیزیکی محصولات اهمیت زیادی دارد (Nol et al., 1997). خواص فیزیکی مهم‌ترین فاکتورها در بین پارامترهای کیفی محصولات هستند. در زمینه اندازه‌گیری خواص فیزیکی تخم بلدرچین، تحقیقات معدودی وجود دارد؛ از آن قبیل می‌توان گزارش پرورش بلدرچین در بنگلادش را نام برد (Emami, 1990). در این گزارش قطر تخم‌ها با کولیس سنجیده، و مساحت و حجم آنها با فرض بیضی شکل بودن تخم‌ها محاسبه شده است. به‌علاوه حجم هر تخم به روش تغییر سطح مایع و وزن هر کدام به وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شده است. مشکلات گزارش شده در این تحقیق شامل زمان‌بر بودن اندازه‌گیری‌ها، آسیب دیدن تخم‌ها و ناکارآمد بودن این روش‌ها در دستگاه‌های مکانیزه هستند. در تحقیقی دیگر با اندازه‌گیری دستی قطرهای بزرگ و کوچک تخم

پرندگان، روابط رگرسیونی بین این ابعاد و حجم و وزن تخم ارائه شده است. البته تخمین حجم به وسیله این روابط نسبت به وزن بسیار دقیق‌تر است (Hoyt, 1979). Hoyt دقت کم رابطه‌ی تخمین وزن را به خاطر کاهش وزن تخم با گذشت زمان در اثر کاهش رطوبت تخم بیان کرد. این موارد اهمیت پیشنهاد یک روش دقیق‌تر و کارآمدتر برای سیستم‌های مکانیزه را به‌خوبی نشان می‌دهد.

یک مشکل در اندازه‌گیری خواص فیزیکی تخم بلدرچین (اکثر تخم پرندگان)، شکل و اندازه متنوع آن است. مقادیر خواص فیزیکی از محدوده خاصی پیروی نمی‌کند، به علاوه اندازه‌گیری دستی این خواص زمان‌بر، مخرب و پرهزینه است. تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر این مشکلات را به‌خوبی می‌تواند برطرف کند. در سال‌های اخیر تکنیک‌های پردازش تصویر جهت اندازه‌گیری خواص فیزیکی تخم پرندگان به طور کارآمد به کار رفته است (Monus & Barta, 2005; Narushin, 2005; Bridge et al., 2007; Rashidi et al., 2008; Ghazavi & Mahmoodi- (2008). Eshkaftaki, 2011; Chan et al., 2018). Rashidi et al. به سه روش جابجایی سطح آب، شاخص کرویت و پردازش تصویر، حجم تخم‌مرغ را سنجیده و این روش‌ها را با هم مقایسه کردند. در روش پردازش تصویر، تخم به‌صورت مجموعه‌ای از المان‌های استوانه‌ای در نظر گرفته شده و حجم هر لایه به‌صورت مجزا محاسبه می‌شود، در این حالت حجم کل برابر با مجموع حجم لایه‌ها خواهد بود. در سال ۲۰۱۸ محققین با تصویربرداری به‌وسیله Kinect حجم تخم‌مرغ را

بیشتر از شاخص شکل تخم $[100 \times (\text{قطر اصلی} / \text{قطر فرعی})]$ بود. آنها نتیجه گرفتند که می‌توان رابطه‌ای بین وزن و این سه پارامتر به دست آورد که به خوبی وزن تخم تازه را تشخیص دهد اما با گذشت زمان و تنفس تخم (کاهش رطوبت آن)، دقت آن کاهش می‌یابد (Abanikannda *et al.*, 2007). بنابراین ارائه یک روش انعطاف‌پذیر که قادر باشد کاهش وزن تخم را نیز در نظر بگیرد بسیار اهمیت دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به تکنیک‌های عصبی و مصنوعی اشاره کرد. شبکه‌های عصبی و مصنوعی به‌عنوان یک روش جدید، سریع و دقیق در کنار تکنیک‌های پردازش تصویر می‌توانند به‌طور مکانیزه وزن تخم و تغییرات آن را اندازه‌گیری کنند.

عوامل گوناگونی یبر خواص فیزیکی، وزن و سایر پارامترهای کیفی تخم می‌تواند اثرگذار باشد. از آن قبیل می‌توان رژیم غذایی مادر، نور، رطوبت، محیط و غیره را نام برد. این عوامل یبر روی قابلیت هج تخم‌ها، اندازه جوجه‌ها و بازارپسندی آنها تأثیرگذار هستند (Romao *et al.*, 2009). تکنیک‌های کامپیوتری یافزایش سرعت و دقت اندازه‌گیری‌ها را به دنبال دارد و ساخت دستگاه‌های کاملاً مکانیزه، عملیات سورتینگ و ارائه به بازار را به راحتی امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین اهداف این تحقیق عبارتند از: اندازه‌گیری و مقایسه خواص فیزیکی تخم بلدرچین با استفاده از روش‌های معمول و پردازش تصویر، اندازه‌گیری وزن و حجم تخم بر پایه ادغام تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی و مصنوعی به‌طوری‌که تغییرات آنها را در گذر زمان نیز در نظر بگیرد، بررسی تأثیر پارامترهای مختلف مانند سن مادر، مواد مغذی و نور بر روی حجم و وزن تخم‌ها.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه

تخم بلدرچین‌های استفاده‌شده در این تحقیق از مرکز تحقیقات یزد، واحد طیور در سال ۲۰۱۷ جمع‌آوری شد. بلدرچین‌های ماده در سه ردیف (قفس) روی هم قرار گرفته و هر سه قفس (شامل سه ماده) که در یک ستون عمودی قرار داشتند تنها با یک نر آمیزش داده شدند و تخم‌ها در پایان جمع‌آوری شید. در این تحقیق

اندازه‌گیری کردند (Chan *et al.*, 2018)؛ برای این منظور نقاط بر روی سطح بیرونی تخم‌مرغ به‌صورت ابر نقاط استخراج و با استفاده از آن، رویه تخم‌مرغ ایجاد شد. این روش پیچیده و زمانبر است و برای یک دستگاه مکانیزه مناسب نیست. با بررسی روش‌های مورد استفاده در تعیین حجم تخم‌مرغ، میزان محاسبات و زمان آنالیز، روش المان‌بندی جهت محاسبه حجم تخم بلدرچین برای این تحقیق انتخاب شد. قابل ذکر است روش پردازش تصویر مزایای دیگری نیز دارد؛ به‌عنوان نمونه در زمان اندازه‌گیری خواص فیزیکی، سیستم قادر است بد شکلی‌های تخم، ترک، آلودگی‌ها و ... را نیز تشخیص دهد (Mertens *et al.*, 2005; Ghazavi & Mahmoodi-Eshkaftaki, 2011).

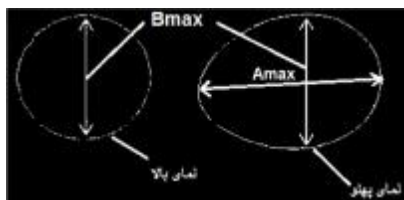
تخمین وزن تخم پرندگان معمولاً بر اساس مدل‌سازی وزن با ابعاد تخم تازه انجام می‌شود (Paganelli & Olszowka, 1974; Hoyt, 1979; Adams & Bell, 1998; Abanikannda *et al.*, 2007). بر طبق نظر محققین وزن تخم‌مرغ متأثر از پارامترهای فیزیکی تخم است و یبر روی قابلیت هج و کیفیت آن می‌تواند اثرگذار باشد (Alabi *et al.*, 2012; Duman *et al.*, 2016).

(Paganelli & Olszowka (1974) داده‌های گزارش شده در منابع شامل وزن تخم، ضخامت پوسته و وزن پوسته را بررسی کردند و رابطه‌ای بین چگالی تخم و دو متغیر دیگر به دست آوردند و در نهایت وزن تخم را توانستند تخمین بزنند. همچنین (Adams & Bell (1998) رابطه‌ای بین وزن تخم‌مرغ، سن مادر و فصل تخم‌گذاری به دست آوردند و تأثیر سن مادر بر اندازه و ابعاد تخم را بررسی کردند؛ در پایان وزن را بر اساس این دو متغیر مدل‌سازی نمودند. تعدادی از محققان خواص گوناگونی (مانند: وزن تخم، وزن پوسته و ضخامت پوسته) از تخم پرندگان را به‌طور مستقیم بر اساس قطر بزرگ و کوچک تخم با استفاده از روابط رگرسیونی مدل‌سازی کردند (Abanikannda *et al.*, 2007; Alkan *et al.*, 2008). سپس وزن جوجه‌های متولد شده را بر اساس خواص سنجیده شده تخمین زدند. در این تحقیق‌ها همبستگی وزن با سه پارامتر مختلف تخم شامل قطر اصلی، قطر فرعی و شاخص شکل تخم بررسی شد. از نتایج آنها مشخص شد که همبستگی وزن با قطر اصلی و فرعی

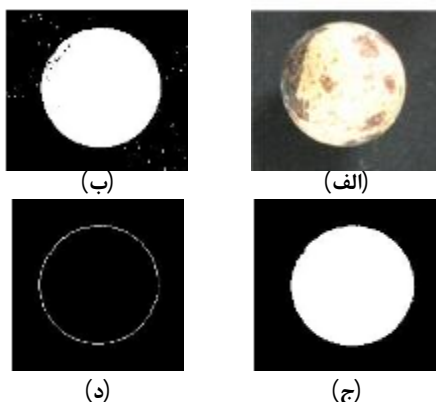
الف)، سپس یبه سیاه و سفید تبدیل شده (شکل ۳-ب) و کلیه منافذ داخل تصویر بجز تخم پر شد (شکل ۳-ج) تا تصویر نهایی موردنظر به دست آید (Ghazavi & Mahmoodi-Eshkaftaki, 2011). طبق مراحل نشان داده شده در شکل ۳، خواص فیزیکی مربوط به هر تخم استخراج شد.



شکل ۱- محفظه تصویربرداری با نور قابل تنظیم به وسیله لامپ فلورسنت مدور (W ۴۰) و فاصله قابل تنظیم



شکل ۲- تصویر از نمای بالا (عمودی) و نمای پهلو (افقی) تخم جهت محاسبه B_{max} (اندازه بزرگ‌تر بین قطر اصلی از نمای بالا و قطر فرعی از نمای پهلو)



شکل ۳- مراحل مختلف آنالیز تصاویر جهت محاسبه خواص فیزیکی، (الف) تصویر اولیه، (ب) تصویر باینری همراه نویز، (ج) تصویر باینری نهایی جهت محاسبه خواص فیزیکی، (د) تصویر پیکسل‌های روی لبه تخم بلدرچین جهت محاسبه محیط تخم

از ۱۲ بلدرچین نر و ۳۶ بلدرچین ماده استفاده شد و از طرفی این ۳۶ بلدرچین ماده به دو رده سنی با اختلاف سن دو هفته در هنگام انتخاب تخم تقسیم‌بندی شدند (۴۴ و ۴۶ هفته). با توجه به اینکه از هر ماده چهار تخم انتخاب شد در پایان ۱۴۴ تخم بلدرچین جمع‌آوری شد. تخم‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه منتقل و آلودگی‌های آنها برطرف شد تا نمونه‌ها برای آزمایش کاملاً مشابه باشند. سپس ۷۰ عدد از تخم‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال وزن شد و با غرقه کردن در آب مقطر حجم آنها به دست آمد و نتایج ذخیره شد.

جمع‌آوری و آنالیز تصاویر

کلیه تخم‌ها به محفظه نشان داده شده در شکل ۱ منتقل شده و از دو نمای عمود بر هم از آنها تصویربرداری شده (شکل ۲) و در پایان ۲۸۸ تصویر جمع‌آوری شد (۱۴۴ تصویر افقی و ۱۴۴ تصویر عمودی). در محفظه شکل، فاصله و نور برای کلیه تصاویر ثابت بود و شرایط برای همه تصاویر یکسان است. برای کاهش اثر سایه و نویز، زمینه تصاویری سیاه در نظر گرفته شد تا بهترین تصویر با کمترین نویز ایجاد شود (Mahmoodi-Eshkaftaki *et al.*, 2011). البته زمینه‌هایی با رنگ‌های دیگر نیز آزمایش شد اما با توجه به تنوع رنگ لکه‌های موجود بر روی تخم‌ها، همچنان شناسایی دشوار بود. از دوربین دیجیتال Sony (Cyber shot) با رزولوشن تصویر 640×480 پیکسل استفاده شد. تصاویر بر روی حافظه دوربین ذخیره شده و به کامپیوتر شخصی منتقل شدند. در کلیه تصاویر، دوربین در فاصله ۱۲ سانتی‌متری تخم‌ها و به‌طور عمودی بر روی محفظه قرار دارد (شکل ۱).

در این تحقیق کلیه الگوریتم‌های جداسازی و محاسبه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB (Ver. 7.13) پیاده‌سازی شد. اولین مرحله در بررسی تصاویر، جداسازی تخم از زمینه بود. با توجه به لکه‌های سیاه موجود بر روی تخم‌ها، پردازش تخم‌ها با روش‌های معمول دشوار بود. برای این منظور تصاویر سطح‌بندی شدند تا اشیاء داخل تصویر برای برنامه مشخص شوند. از دیگر مشکلات، یببه مشخص نبودن مرز بین اشیاء و زمینه و یا تار بودن بعضی تصاویر به‌علت نویز، می‌توان اشاره نمود. برای رفع این مشکل، در ابتدا تصاویر فیلترگذاری شدند (شکل ۳-

تصحیح، K_v محاسبه شود؛ برای این منظور، از سه قطر عمود بر هم تخم، A_{max} (بزرگ‌ترین قطر تخم از نمای پهلو یا افقی) و B_{max} (اندازه بزرگ‌تر بین قطر فرعی از نمای افقی و قطر اصلی از نمای بالا یا عمودی مطابق شکل ۲) به دست آمد. سپس با جایگذاری مستقیم V ، A_{max} و B_{max} در معادله (۱)، ضریب K_v با میانگین‌گیری محاسبه شد؛ این ضریب داخل معادله قرار داده شد و برای کلیه تخم‌ها V_c به دست آمد (Hoyt, 1979). قابل ذکر است K_v برای بعضی از پرندگان در گزارشات محققین آمده است (Hoyt, 1979)؛ اما برای بلدرچین وجود ندارد.

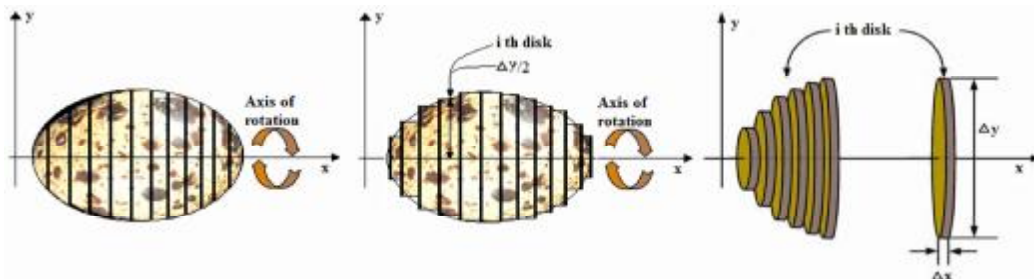
$$V_c = K_v A_{max} \times B_{max}^2 \quad (1)$$

در تخمین V_d از روش لایه‌سازی و دوران لایه‌ها استفاده شد که تکمیل‌یافته‌ی روش‌های استفاده شده توسط دیگر محققین است (Bridge et al., 2007; Rashidi et al., 2008). برای این منظور تصاویر گرفته شده از نمای افقی به صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان ($\Delta x = 1 \text{ pixel}$) تقسیم شدند، سپس هر لایه حول محور افقی تخم (قطر بزرگ تخم) دوران داده شد تا لایه‌ها به صورت دیسک‌های موازی استوانه‌ای شکلی تبدیل شوند (مطابق شکل ۴). حجم هر دیسک برابر با [سطح آن دیسک \times ضخامت آن] و حجم کل تخم بلدرچین برابر با مجموع حجم دیسک‌های تشکیل‌دهنده آن است (معادله (۲)).

$$A_i = p \left(\frac{\Delta y}{2} \right)^2$$

$$V_i = A_i \Delta x$$

$$V_{total} = \sum V_i \quad (2)$$



شکل ۴- تبدیل تخم بلدرچین به صورت لایه‌های مستطیلی، دوران آنها حول محور اصلی تخم و ایجاد لایه‌های دیسکی

خواص فیزیکی محاسبه شده از تخم بلدرچین

سطح (A): تعداد کل پیکسل‌های داخل تخم در تصویر آن تبدیل شده به واحد mm^2 با استفاده از شابلون؛ محیط (P): تعداد کل پیکسل‌های اطراف تخم در تصویر تبدیل شده به واحد mm ؛ قطر اصلی (MAL): طول محور اصلی بهترین بیضی برازش شده بر تصویر تخم بر حسب mm ؛ قطر فرعی (SAL): طول محور فرعی بهترین بیضی برازش شده بر تصویر تخم بر حسب mm ؛ قطر معادل (Deq): قطر بر حسب mm دایره‌ای که مساحت آن برابر با سطح تخم در تصویر آن است. سطح چندضلعی محاطی (CHA): سطح کوچک‌ترین چندضلعی بر حسب mm^2 ، که تصویر تخم را در خود محاط می‌کند. وسعت: نسبت بین پیکسل‌های واقع در چندضلعی محاطی تخم به پیکسل‌های کل تصویر؛ استحکام: نسبت بین پیکسل‌های واقع در سطح محاطی به پیکسل‌های واقع در تصویر تخم؛

محاسبه حجم

حجم تخم‌ها به سه روش تغییر سطح مایع (V)، استفاده از معادله Hoyt (V_c) و تقسیم لایه‌ای تخم (V_d) محاسبه و اندازه‌گیری شد. در روش تغییر سطح مایع، ابتدا تعداد ۷۰ عدد از تخم‌ها به طور جداگانه داخل یک بشر با $0.150L$ آب مقطر قرار داده شد و با اندازه‌گیری تغییر سطح آب داخل بشر برای هر تخم، V آنها به طور دقیق سنجیده شد. جهت محاسبه V_c ابتدا باید ضریب

چندمتغیره (W_p) و مدل عصبی و مصنوعی (W_n) اندازه‌گیری شد. برای این منظور ابتدا وزن تخم‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال (AB204-s/fact, Mettler)

محاسبه وزن

در این تحقیق وزن به چهار روش، استفاده از ترازوی دیجیتال (W)، معادله Hoyt (W_c)، مدل رگرسیون

تعداد کل نمونه‌ها ۱۴۴ عدد بود که برای هر نمونه خواص فیزیکی سنجیده شد. بنابراین داده‌های ورودی به شبکه برای آموزش شامل خواص فیزیکی تخم‌ها و زمان تخم‌گذاری بود که ۱۴۴ تکرار داشت و متغیر هدف هم وزن اندازه‌گیری شده تخم‌ها بود. این داده‌ها به سه بخش، ی مربوط به آموزش شبکه (۷۲ تکرار)، آزمون شبکه (۳۶ تکرار) و اصلاح‌سازی شبکه (۳۶ تکرار) تقسیم شدند. شبکه‌های عصبی مختلفی با تغییر تعداد نوروهای مخفی، لایه‌های مخفی، تعداد تکرار، سرعت آموزش، مدل آموزش، تابع انتقال و اندازه مونتیم ایجاد شد. هر شبکه طراحی شده سه بار تکرار و بهترین توپولوژی شبکه برای تخمین وزن انتخاب شد. برای یافتن شبکه با توپولوژی مناسب، سه معیار میانگین مربعات خطا (MSE)، زمان اجرای شبکه و ضریب تعیین (R^2) به کار رفت و هدف کمینه کردن MSE و زمان اجرا، و افزایش R^2 بود. برای تعمیم‌پذیری شبکه از روش اعتبارسنجی ضربدری نوع k-fold استفاده شد. برای این منظور داده‌های اصلی به ۱۰ زیرمجموعه تقسیم شدند، یکی از زیرمجموعه‌ها برای آزمون و ۹ تای دیگر برای آموزش شبکه بکار رفتند و این عملیات به صورت ضربدری با تغییر زیرمجموعه‌های آزمون و آموزش انجام شد.

پس از طراحی شبکه و تکمیل نسخه نمایشی، نحوه کار به این صورت بود که تصویر هر تخمی که وزن آن مورد نظر بود فراخوانی شده و با کلیک بر روی آیکون Run کلیه خواص فیزیکی تخم محاسبه و پس از وارد کردن زمان تخم‌گذاری، با کلیک بر روی آیکون W_n ، Ans آن تخم تخمین زده می‌شد.

پس از محاسبه پارامترهای کیفی مذکور برای هر تخم، تأثیر سن مادرها، نحوه تغذیه و نور محیط مادرها بر روی این پارامترها بررسی شد. برای این منظور مادرها در دو رده سنی با اختلاف دو هفته انتخاب شدند و قفس‌ها نیز در سه ردیف با تغذیه‌های مختلف روی هم قرار داده شدند که قفس‌های بالایی از نور و مواد غذایی بیشتری برخوردار بودند.

(Toledo, Switzerland) با دقت ۰/۰۰۱ محاسبه شید. سپس معادله Hoyt (معادله (۳)) برای محاسبه وزن استفاده شد. مطابق روش مذکور در محاسبه K_v ، ضریب K_w با استفاده از وزن‌های اندازه‌گیری شده و جایگذاری آنها در معادله (۳) به دست آمد.

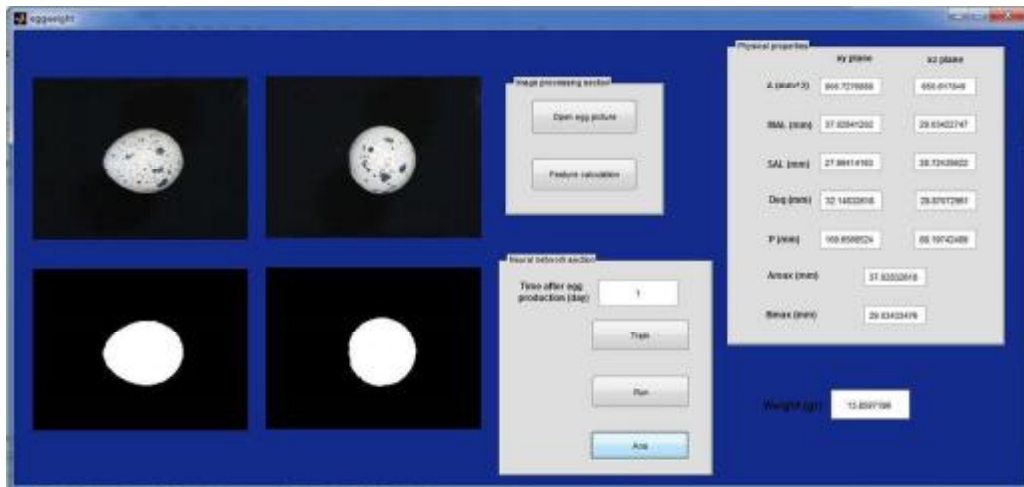
$$W_c = K_w A_{\max} \times B_{\max}^2 \quad (۳)$$

جهت افزایش دقت در محاسبه وزن با استفاده از روابط رگرسیونی، همبستگی آن با تمام خواص فیزیکی تخم‌ها بررسی شد و خواصی که بیشترین همبستگی را با وزن داشتند، مشخص شدند (جدول ۲). در پایان با استفاده از نرم‌افزار MATLAB روابط رگرسیونی چندمتغیره بین وزن و خواص فیزیکی با همبستگی بالاتر به دست آمد و از بین روابط مختلف، بهترین آن انتخاب شد. برای تخمین وزن تخم با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره (W_p) بر اساس Deq و A_{xy} ، که بیشترین همبستگی را با وزن تخم‌ها داشتند، معادله (۴) ایجاد شد.

$$W_p = \frac{159.63A_{xy} + 413.82Deq_{xy} - 1163.58}{10000} \quad (۴)$$

چنانچه قبلاً هم بیان شد همه این مدل‌های رگرسیونی بر اساس ابعاد تخم تازه بنا شده‌اند و قادر نیستند کاهش وزن تخم ناشی از کاهش رطوبت را پیش‌بینی کنند. بنابراین یک مدل عصبی و مصنوعی برای تخمین وزن ایجاد شد (Abanikannda et al., 2007).

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، برای اندازه‌گیری خواص فیزیکی و استفاده از شبکه عصبی و مصنوعی یک نسخه نمایشی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB (Ver. 7.13) طراحی شد. شبکه عصبی و مصنوعی ایجاد شده از نوع پس‌انتشار بود. جهت ایجاد شبکه عصبی، سه آیکون Run، Train، و Ans بر روی نسخه نمایشی ایجاد شد. جهت آموزش شبکه از داده‌های اولیه مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های ورودی در ساخت شبکه عصبی و مصنوعی شامل خواص فیزیکی سنجیده شده از هر دو نمای افقی و عمودی و زمان سپری شده از تخم‌گذاری در هنگام تصویربرداری بود (شامل ۱۲ خاصیت فیزیکی و ۱ ویژگی زمان تخم‌گذاری است که در شکل ۵ نشان داده شده است). چنانچه گفته شد



شکل ۵- نسخه نمایشی طراحی شده جهت محاسبه خواص فیزیکی و وزن تخم بلدرچین

فیزیکی تخم‌ها برای دو نمای افقی و عمودی به‌طور مجزا محاسبه شد. این پارامترها در ادامه جهت اندازه‌گیری V و W تخم‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

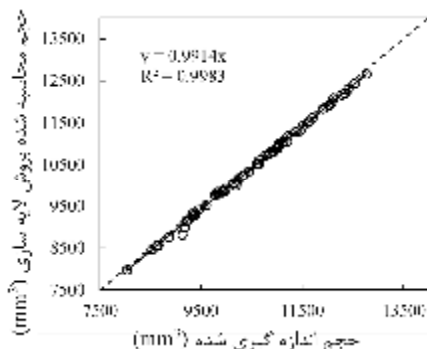
نتایج و بحث

خواص فیزیکی تخم بلدرچین

خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده از تصاویر در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که دیده می‌شود خواص

جدول ۱- پارامترهای آماری محاسبه شده از خواص فیزیکی تخم بلدرچین

Statistical parameter	Number of eggs	A_{xy} (mm ²)	MAL_{xy} (mm)	SAL_{xy} (mm)	A_{max} (mm)	B_{max} (mm)	Deq_{xy} (mm)	P_{xy} (mm)	A_{xz} (mm)	MAL_{xz} (mm)	SAL_{xz} (mm)	Deq_{xz} (mm)	P_{xz} (mm)
Average	۱۶/۷	۷۳۴/۸	۳۴/۵	۲۷/۳	۳۴/۵	۲۸/۳	۳۰/۷	۹۱/۰	۶۱۴/۸	۲۸/۲	۲۷/۸	۲۸/۰	۸۳/۸
Var	۶/۵	۱۰۰/۹	۲/۷	۱/۷	۲/۷	۲/۱	۱/۷	۳۶/۱	۸۳/۰	۱/۹	۱/۶	۱/۷	۱۷/۹
St. Err	۲/۶	۲۳/۳	۱/۶	۱/۳	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۶/۰	۱۷/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۳/۲
Max	۲۱/۰	۹۶۴/۸	۳۹/۶	۳۳/۶	۳۹/۶	۳۳/۶	۳۵/۲	۱۱۹/۵	۸۳۷/۲	۳۳/۵	۳۲/۶	۳۲/۷	۱۲۱/۷
Min	۸/۰	۵۸۹/۰	۳۰/۳	۲۴/۹	۳۰/۳	۲۵/۱	۲۷/۵	۸۰/۰	۴۸۹/۲	۲۵/۱	۲۵/۰	۲۵/۰	۷۴/۵



شکل ۶- حجم محاسبه شده به روش لایه‌سازی در مقابل حجم اندازه‌گیری شده به روش تغییر سطح مایع

محاسبه حجم

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری V نشان داد که میانگین V تخم‌ها $10519/2 \text{ mm}^3$ بود. کمترین و بیشترین V تخم‌ها با این روش به ترتیب $8090/7$ و $12770/8 \text{ mm}^3$ محاسبه شد. همچنین حجم تخم‌ها از دو روش V_c و V_d نیز به دست آمد. مقایسه نتایج در شکل ۶ و جدول ۲ نشان می‌دهد که هر چند V اندازه‌گیری شده همبستگی بالایی با V_c دارد ($R=0.97$) اما همبستگی آن با V_d بسیار بالاتر است ($R=100$).

Kinect دقت بسیار خوبی را ایجاد کردند؛ اما به دلیل نیاز به پردازش همزمان سه سنسور (دو سنسور رنگ و یک سنسور مادون قرمز)، زمان پردازش‌ها بسیار طولانی‌تر بود. روش‌های ارائه شده دیگر دقت کمتری نسبت به روش پیشنهاد شده در این تحقیق نشان می‌دهند.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری V_d نشان داد که میانگین V_d تخم‌ها $1.0419/2 \text{ mm}^3$ بود و V_d تخم‌های مورد آزمایش در بازه $0.8-1.2660/8$ mm^3 تغییر کرد. علاوه بر این به خاطر محاسبه V_d تنها با استفاده از یک نما، محاسبات کاهش یافته و زمان اندازه‌گیری کوتاه‌تر می‌شود. (Chan *et al.* (2018) با تصویربرداری به وسیله

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین خواص فیزیکی به دست آمده از تصاویر افقی، حجم و وزن اندازه‌گیری شده با روش‌های متداول و Hoyt

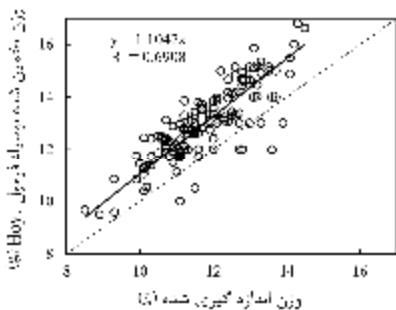
Physical properties	A_{xy}	MAL_{xy}	SAL_{xy}	A_{max}	B_{max}	Deq_{xy}	P_{xy}	W	V	V_c	W_c
A_{xy}	۱/۰۰	۰/۹۱**	۰/۸۸**	۰/۹۱**	۰/۸۷*	۱/۰۰**	۰/۷۸ ^{ns}	۰/۸۹**	۰/۹۵**	۰/۸۵*	۰/۸۸**
MAL_{xy}		۱/۰۰	۰/۶۴ ^{ns}	۱/۰۰**	۰/۶۷ ^{ns}	۰/۹۱**	۰/۸۱*	۰/۷۷ ^{ns}	۰/۸۴*	۰/۸۸**	۰/۷۷ ^{ns}
SAL			۱/۰۰	۰/۶۳ ^{ns}	۰/۹۵**	۰/۸۸**	۰/۶۲ ^{ns}	۰/۸۲*	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۰/۷۸ ^{ns}
A_{max}				۱/۰۰	۰/۶۶ ^{ns}	۰/۹۰**	۰/۸۱*	۰/۷۶ ^{ns}	۰/۹۴**	۰/۹۵**	۰/۷۷ ^{ns}
B_{max}					۱/۰۰	۰/۸۷*	۰/۶۵ ^{ns}	۰/۸۳*	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۸۳*
Deq_{xy}						۱/۰۰	۰/۷۸ ^{ns}	۰/۸۹**	۰/۹۵**	۰/۹۱**	۰/۸۸**
P_{xy}							۱/۰۰	۰/۶۶ ^{ns}	۰/۷۶ ^{ns}	۰/۸۳*	۰/۶۹ ^{ns}
W								۱/۰۰	۰/۸۷*	۰/۸۵*	۰/۸۳*
V									۱/۰۰	۰/۹۷**	۰/۸۷*
V_c										۱/۰۰	۰/۹۰**
W_c											۱/۰۰

^{ns} معنی‌دار نبودن

** معنی‌داری در سطح ۱٪

* معنی‌داری در سطح ۵٪

دیگر محققین که بیان کردند حجم تخم پرندگان بیشترین همبستگی را با قطرهای اصلی و فرعی تخم دارد و حجم محاسبه شده از معادله‌های حاصل از ترکیب این دو پارامتر بیشترین دقت را می‌تواند ایجاد کند، هم‌خوانی دارد (Narushin, 2005; Rashidi *et al.*, 2008).



شکل ۷- وزن محاسبه شده با معادله Hoyt در مقابل وزن اندازه‌گیری شده با ترازو

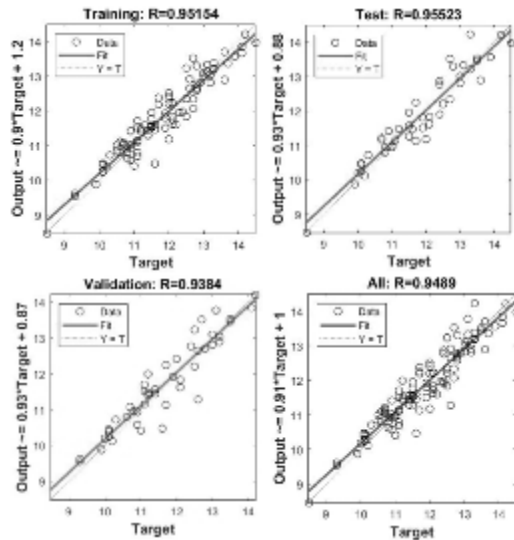
همبستگی بین W_p و W برابر 0.9 بود (در سطح ۱٪ معنی‌دار) که نشان می‌دهد دقت مدل رگرسیون چندمتغیره مذکور نسبت به مدل Hoyt بیشتر است.

محاسبه وزن

میانگین وزن تخم‌های اندازه‌گیری شده با ترازو برابر g $1.2/5$ و بیشترین و کمترین مقدار W آنها به ترتیب g $0.8/5$ و g $1.4/5$ بود. همان‌طور که در جدول ۲ ارائه شده است همبستگی بین W_c با W برابر 0.83 بوده (در سطح ۵٪ معنی‌دار) و در مقایسه با همبستگی بین V_c و V برابر با 0.97 (در سطح ۱٪ معنی‌دار)، کمتر است. این امر نشان می‌دهد دقت مدل Hoyt برای محاسبه وزن در مقایسه با حجم کمتر است. رگرسیون بدون عرض از مبدأ بین وزن اندازه‌گیری شده و تخمین شده با معادله Hoyt در شکل ۷ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج آنالیز همبستگی بین متغیرها، همبستگی بین W و خواص محاسبه شده از تصاویر افقی بیشتر بود و با Deq_{xy} و A_{xy} بیشترین همبستگی را داشت (0.89). در حالی که V با A_{max} و B_{max} همبستگی بالایی داشت (به ترتیب 0.94 و 0.96). این مقادیر نشان می‌دهد که معادله Hoyt که برگرفته از دو پارامتر A_{max} و B_{max} است در محاسبه حجم، دقت بالایی و در محاسبه وزن دقت پایین‌تری دارد ($R=0.83$). این نتایج با تحقیق‌های

تخمین داده‌های آموزش $R=0.95$ ، داده‌های آزمون $R=0.95$ و داده‌های اصلاح‌سازی $R=0.94$ بود. نتایج شبکه به‌طور کلی دقت بسیار بالایی برای تخمین وزن پیشنهاد داد ($R=0.95$). بر اساس نتایج محققین برای یک شبکه عصبی و مصنوعی دقت حدود ۹۵٪ بسیار خوب است (Amiri, 2006).



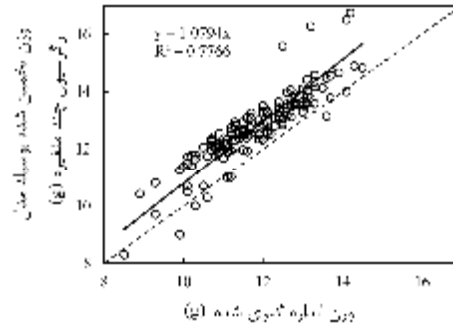
شکل ۹- وزن تخمین‌شده با شبکه عصبی و مصنوعی در مقابل وزن اندازه‌گیری‌شده با ترازو

نتایج حاصل از بررسی تعمیم‌پذیری شبکه برای $k=10$ در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشخص است، شبکه عصبی به‌طور متوسط برای آموزش داده‌ها، R^2 بسیار بالایی نشان داد (۰/۹۹۰۳) و با توجه به R^2 تعدیل‌شده مربوط به درجه آزادی نرمال‌شده (بزرگتر از ۰/۹۹) کاملاً قابل‌پذیرش بود، در ضمن آزمون شبکه‌ها نیز به‌طور متوسط R^2 بالایی داشت (۰/۹۰۹۳). این نتایج تعمیم‌پذیری مناسب شبکه را برای تخمین وزن تخم نشان می‌دهد.

جدول ۳- پارامترهای آماری مربوط به تعمیم‌پذیری شبکه به‌روش اعتبارسنجی ضربدری k-fold

Statistical parameter	Best epoch	Train R^2	Train AR^2	Test R^2
Average	۱۵/۷۰	۰/۹۹۰۳	۰/۹۹۷۵	۰/۹۰۹۳
Std.	۲۹/۵۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۱	۰/۱۴۴۷
Med.	۳/۰۰	۰/۹۹۰۳	۰/۹۹۷۵	۰/۹۵۹۷
Max	۹۲/۰۰	۰/۹۹۲۰	۰/۹۹۷۷	۰/۹۸۳۷
Min	۱/۰۰	۰/۹۹۰۰	۰/۹۹۷۴	۰/۵۷۷۴

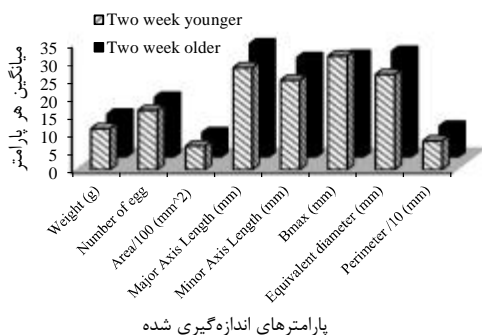
رگرسیون بدون عرض از مبدأ بین W_p و W در شکل ۸ نشان داده شده است. با مقایسه شکل‌های γ و λ به خوبی مشخص می‌شود که دقت برآورد W_p نسبت به W_c بیشتر است.



شکل ۸- وزن محاسبه‌شده با مدل رگرسیون چندمتغیره در مقابل وزن اندازه‌گیری‌شده با ترازو

همان‌طور که بیان شد مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده در برآورد وزن تخم بر اساس خواص فیزیکی تخم تازه ساخته می‌شوند و فاکتور زمان تخم‌گذاری در آنها وارد نشده است (Abanikannda et al., 2007). بنابراین مدل عصبی و مصنوعی انتخاب شد به نحوی که یکی از متغیرهای ورودی جهت آموزش مدل عصبی، فاکتور زمان تخم‌گذاری بود. شبکه‌هایی با توپولوژی‌های مختلف ایجاد شد و کمترین خطا در شبکه عصبی با چهار لایه به دست آمد؛ لایه ورودی شامل ۱۳ نورون که همان خواص فیزیکی مذکور بودند، لایه خروجی شامل یک نورون که W_n بود و دو لایه مخفی که ۱۰ نورون در هر لایه داشت. بهترین توابع استفاده‌شده جهت آموزش شبکه به ترتیب tansig برای دو لایه مخفی و purelin برای لایه خروجی بود. با این توپولوژی کمترین MSE برابر ۰/۱۹۱ و زمان اجرای آنها ۳ s به دست آمد و آموزش شبکه ۷۵ بار تکرار شد. با بیشتر شدن تکرار، هر چند MSE شبکه برای داده‌های آموزش کاهش می‌یافت اما MSE داده‌های آزمون و اصلاح‌سازی افزایش می‌یافت. شکل ۹ عملکرد شبکه عصبی در آموزش، آزمون، اصلاح‌سازی و تخمین وزن را به‌صورت چهار نمودار برای داده‌های آموزش (Train)، آزمون (Test)، اصلاح‌سازی (Validation) و کل (All) نشان می‌دهد. در هر کدام از نمودارهای شکل ۹، محور افقی W و محور عمودی W_n است. همان‌طور که دیده می‌شود دقت

تأثیر مواد غذایی و تهویه متفاوت در قفس‌ها بیببر خواص فیزیکی در شکل ۱۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد شرایط نوری، تهویه و غذایی محیط بر پارامترهای کیفی تخم مؤثر است؛ به طوری که خواص فیزیکی تخم‌هایی که در قفس‌های اول از بالا قرار داشته (قفس‌های "۱") و دارای تهویه و مواد غذایی بهتر بودند به طور قابل توجهی بیشتر از خواص فیزیکی تخم‌های قفس‌های سوم (قفس‌های "۳") بود. این نتایج با نتایج دیگر محققین هم‌خوانی خوبی داشت (Krapu, 1979; Monus & Barta, 2005). نتایج نشان داد بیشترین تفاوت در وزن تخم‌ها و تعداد تخم‌ها بود و سایر خواص تفاوت کمتری داشتند. همچنین تغییر وزن تخم‌های دو قفس دیگر اختلاف کمی داشتند (حدود ۰/۲ g).



شکل ۱۰- تأثیر سن مادرها (دو هفته اختلاف سن) بر روی خواص فیزیکی محاسبه شده از نمای افقی تخم‌ها

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که سن مادر در زمان تخم‌گذاری، آب، مواد غذایی، همچنین سیستم تهویه و نور سالن تخم‌گذاری بر راندمان تخم‌گذاری تأثیر زیادی دارند. این نتایج با نتایج دیگر محققین هم‌خوانی دارد (Krapu, 1979; Monus & Barta, 2005). البته در این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر، اندازه تخم به صورت دقیق اندازه‌گیری شده و تأثیر محیط و مواد غذایی بر اندازه تخم مورد بررسی قرار گرفت که مشخص کرد شرایط محیط تأثیر معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اندازه تخم داشت. به طوری که نتایج نشان داد ادغام تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی و مصنوعی روش‌های سنتی را به خوبی می‌تواند ارتقا دهد و دقت آنها را بهبود بخشد. این امر در پرورش پرندگان نه تنها موجب تصمیم‌گیری‌های بهتر به خصوص در

نتایج نشان می‌دهد، وزن برآورد شده W_n نه تنها دقیق‌تر از وزن محاسبه شده W_p است بلکه با ورود پارامتر زمان تخم‌گذاری در مدل عصبی در زمان‌های پس از تخم‌گذاری هم می‌تواند استفاده شود. این نکته قابل توجه است که تخمین کاهش W ناشی از تبخیر رطوبت در قابلیت هج تخم اهمیت زیادی دارد، به طوری که در تخم‌هایی که کاهش W پس از تخم‌گذاری بیشتر است، قابلیت هج کمتر می‌شود (Moraes *et al.*, 2008). بر این اساس ارائه یک روش با قابلیت تخمین تغییر وزن یبه محققین می‌تواند کمک کند تا در تحقیقات آینده قابلیت هج را با دقت بالا تخمین زنند.

تأثیر سن گله، غذا، نور و تهویه بر خواص فیزیکی اندازه‌گیری شده

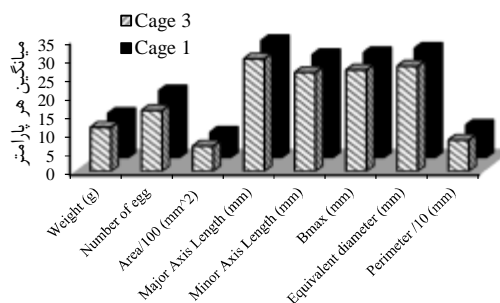
بر اساس آزمایش‌های مقایسه والدین‌ها مشخص شد که سن مادرها بر روی پارامترهای کیفی تخم مؤثر است. با توجه به شکل ۱۰، تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده به غیر از B_{max} در مادرهای جوان‌تر (حدود دو هفته) کمتر بودند که نشان می‌دهد مادرهای مسن‌تر نتایج و راندمان بالاتری چه از لحاظ وزن تخم، تعداد تخم و سایر پارامترها داشتند. در حالی که تخم مادرهای جوان‌تر B_{max} بزرگتر و کرویت بیشتری داشتند که علت آن کامل نشدن رشد رحم ماده‌های جوان‌تر می‌تواند باشد (Abanikannda *et al.*, 2007; Adams & Bell, 1998).

بر اساس نتایج این محققین سن گله بر روی حجم تخم تأثیر معنی‌داری در سطح ۵٪ دارد و با افزایش سن گله اندازه تخم‌ها بزرگتر می‌شود که مشابه نتایج دیگر محققین است (Adams & Bell, 1998). تحقیقات نشان داده‌است با افزایش سن گله تا ۶۵ هفته، قطرهای اصلی و فرعی تخم‌ها و وزن تخم‌ها افزایش می‌یابد، البته افزایش قطر اصلی بیشتر از قطر فرعی است (Abanikannda *et al.*, 2007). بررسی‌های انجام شده نشان داد، افزایش سن گله به طور کلی باعث افزایش وزن سفیده تخم و کاهش وزن زرده و پوسته تخم می‌شود، اما نسبت افزایش وزن سفیده بیشتر از زرده و پوسته است، بنابراین وزن کل تخم نیز افزایش می‌یابد (Abanikannda *et al.*, 2007; Yannakopoulos & Tservenigousi, 1986).

منابع

1. Abanikannda, O. T. F., Olutogun, O. A., Leigh, O., & Ajayi, L. (2007). Statistical modeling of egg weight and egg dimensions in commercial layers. *International Journal of Poultry Science*, 6(1): 59-63.
2. Adams, C. J., & Bell, D. D. (1998). A model relation egg weight and distribution age of hen and season. *Journal of Apply Poultry Research*, 7: 35-44.
3. Alabi, O. J., Ngambi, J. W., & Norris, D. (2012). Effect of egg weight on physical egg parameters and hatchability of indigenous Venda chickens. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7: 166-172.
4. Alkan, S., Karabag, K., Galic, S., & Balcioglu, S. (2008). Predicting yolk height, yolk width, albumen length, eggshell weight, egg shape index, eggshell thickness, egg surface area of Japanese quails using various eggs traits as regressors. *International Journal of Poultry Science*, 7(1): 85-88.
5. Amiri, M. (2006). Estimation of rise moisture in final stage of drying using neural network. *Iran Agricultural Sciences*, 8: 113-123.
6. Bridge, E. S., Boughton, R. K., Aldredge, R. A., Harrison, T. J. E., Bowman, R., & Schoech, S. J. (2007). Measuring egg size using digital photography: Testing Hoyt's method using Florida Scrub-Jay eggs. *Journal Field Ornithology*, 78(1): 109-116.
7. Chan, T. O., Lichti, D. D., Jahraus, A., Esfandiari, H., Lahamy, H., Steward, J., & Glanzer, M. (2018). An egg volume measurement system based on the Microsoft Kinect. *Sensors*, 18: 2454.
8. Duman, M., Sekeroglu, A., Yildirim, A., Eleroglu, H., & Camci, O. (2016). Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *European Poultry Science*, 80: 1-9.
9. Emami, M. (1990). Quail production in Bangladesh. *Pajouhesh Magazine*, 30.
10. Ghazavi, M. A., & Mahmoodi-Eshkaftaki, M. (2011). Identification of egg fracture and pollution using image processing techniques. *5th National Congress of New Ideas in Agriculture*, Khorasgan, Iran.
11. Hoyt, F. (1979). Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk*, 96: 73-77.
12. Krapu, G. L. (1979). *Nutrition of Female Dabbling Ducks During Reproduction*. T. A. (ed.): Waterfowl and wetlands—an integrated review. Proc. Symp. Madison,

شرایط بحرانی می‌شود، بلکه سیستم کاملاً مکانیزه‌ای می‌تواند راه‌اندازی کند و کنترل و پرورش پرندگان را به صورت ۲۴ ساعته انجام دهد.



پارامترهای اندازه‌گیری شده

شکل ۱۱- تأثیر قفس‌ها با مواد غذایی و تهویه متفاوت بر خواص فیزیکی محاسبه شده از نمای افقی تخم‌ها؛ قفس‌های "۱" مواد غذایی و تهویه بهتری داشتند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق خواص فیزیکی مختلف تخم بلدرچین محاسبه و از آنها جهت محاسبه حجم و وزن تخم استفاده شد. رابطه Hoyt در محاسبه حجم تخم دقت بالایی داشت ($R=0.97$) درحالی‌که در محاسبه وزن، دقت کمی نشان داد ($R=0.83$). با تقسیم لایه‌ای تخم به صورت دیسک‌های موازی، دقت ۱۰۰٪ برای محاسبه حجم تخم‌ها حاصل شد. بررسی ضرایب همبستگی بین خواص فیزیکی سنجیده‌شده و وزن تخم‌های بلدرچین مشخص کرد A و Deq در نمای افقی همبستگی بیشتری با وزن داشتند، بنابراین مدل رگرسیون چندمتغیره متشکل از A و Deq به دست آمد و وزن را با دقت بیشتری تخمین زد ($R=0.90$). البته این مدل قادر نبود تغییر وزن در اثر کاهش رطوبت را تخمین بزند. بنابراین با طراحی یک مدل عصبی و مصنوعی یکه همراه با متغیرهای ورودی، از پارامتر زمان هم برای آموزش استفاده می‌کند، پیکاهش وزن را با زمان آموزش می‌دهد و با دقت بیشتری وزن را برآورد می‌کند ($R=0.95$). با بررسی سن مادرها، مشخص شد مادرهای مسن‌تر نتایج و راندمان بالاتری چه از لحاظ وزن تخم، تعداد تخم و سایر پارامترها داشتند. در ضمن تخم مادرهایی که رژیم غذایی و تهویه بهتری داشتند دارای وزن بیشتر و اندازه بزرگ‌تری بودند و این تعداد تخم این مادرها بیشتر بود.

- WI, NC Sect, the Wildlife Society, La Crosse Printing Co., La Crosse, Wisconsin.
13. Mahmoodi-Eshkaftaki, M., Khazaei, J., & Mohamadi, N. (2011). Modeling of geometric size distribution of almond. *International Journal of Food Properties*, 14(5): 941-953.
 14. Mertens, K., Ketelaere, B. D., Kamers, B., Bamelis, F. R., & Kemps, B. J. (2005). Dirt detection on brown eggs by means of color computer vision. *Poultry Science Association*, 84: 1653-1659.
 15. Monus, F., & Barta, Z. (2005). Repeatability analysis of egg shape in a wild tree sparrow (*passer montanus*) population: a sensitive method for egg shape description. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 51(2): 151-162.
 16. Moraes, T. G. V., Romao, J. M., Teixeira, R. S. C., & Cardoso, W. M. (2008). Effects of egg position in artificial incubation of Japanese quail eggs. *Animal Reproduction*, 5: 50-54.
 17. Narushin, V. G. (2005). Production, modeling, and education egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. *Poultry Science*, 84: 482-484.
 18. Nol, E., Sullivan, B., & Flynn, L. (1997). Sources of variation in clutch size, egg size and clutch completion dates of semipalmated plovers in Churchill, Manitoba. *Condor*, 99: 389-396.
 19. Paganelli, C. V., Olszowka, A., & Ar, A. (1974). The avian egg: surface area, volume, and density. *Condor*, 76: 319-325.
 20. Rashidi, M., Seyfi, K., & Gholami, M. (2008). Determination of egg volume using image processing. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2(6): 111-118.
 21. Romao, J. M., Moraes, T. G. V., Teixeira, R. S. C., Buxade, C., & Cardoso, W. M. (2009). Effect of relative humidity on incubation of Japanese quail eggs. *Livestock Research for Rural Development*, 21(3): 15-24.
 22. Yannakopoulos, A. L., & Tservenigousi, A. S. (1986). Quality characteristics of quail eggs. *British Poultry Science*, 27: 171-176.