



بررسی کیفیت تخم مرغ محلی از نظر نطفه داری در دوره انبار مانی به کمک طیف سنجی مرئی-فروسرخ نزدیک

سیده عارفه حسینی^۱، احمد بناکار^{۲*}، سعید مینائی^۳، سامان آبدانان مهدی زاده^۴

- ۱- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- استاد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.

چکیده	اطلاعات مقاله
<p>تعیین وضعیت نطفه داری تخم مرغ سهم عمده‌ای در تعیین کیفیت تخم مرغ و محصولات آن دارد. در همین راستا به منظور دستیابی به بهره‌وری و تولید بیشتر ارزیابی تخم مرغ از لحاظ نطفه‌دار بودن ضروری و مهم تلقی می‌گردد. در این راستا، طیف‌گیری در محدوده‌ی طیفی ۱۱۰۰-۱۹۰ nm از ۸۲ نمونه تخم مرغ محلی در راستای قطر اصلی به مدت ۳ روز در دوره انبارمانی انجام پذیرفت. داده‌های طیفی حاصل از اسپکترومتر، افزون بر اطلاعات نمونه، شامل اطلاعات ناخواسته و نویز هستند. به همین دلیل، برای دستیابی به مدل‌های طبقه‌بندی دقیق، نیاز به پیش‌پردازش داده‌های طیفی پیش از تدوین مدل مناسب است. در این راستا، طبقه‌بند هوشمند شبکه عصبی بر پایه‌ی اندازه‌گیری‌های مرجع و اطلاعات طیف‌های پیش‌پردازش شده با ترکیب روش‌های مختلف هموارسازی، نرمالسازی و افزایش قدرت تفکیک طیفی برای تعیین وجود نطفه در تخم مرغ تدوین شدند. نتایج طبقه‌بندی در روز صفرم، اول، دوم، انبارمانی با دقت ۷۲/۳٪، ۷۳/۱٪، ۷۵/۵٪، و تشخیص به ترتیب، ۸۶/۳۱، ۸۷/۱٪، ۷۶٪ و حساسیت به ترتیب: ۶۱/۸۳٪، ۷۹/۶۳٪ و ۷۳/۳٪ بدست آمد.</p>	<p>تاریخ‌های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۵</p> <p>کلمات کلیدی: نطفه، کیفیت سنجی تخم مرغ، کندلینگ، اسپکترومتر، طیف سنج مرئی و NIR، شبکه عصبی.</p> <p>DOI: 10.52547/fsct.18.117.1</p> <p>* مسئول مکاتبات: ah_banakar@modares.ac.ir</p>

۱- مقدمه

تخم مرغ به عنوان یک ماده غذایی سالم و مقوی و منبع غنی از پروتئین، ویتامین‌ها و املاح ضروری همواره مورد توجه بوده است و امروزه نیز چه به تنهایی و چه در کنار و مواد غذایی دیگر کاربرد گسترده‌ای در تهیه موارد خوراکی، انواع صنایع غذایی، قنادی، نانوبی و غیره دارد. طبق آمار به دست آمده از وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید سالانه‌ی تخم مرغ در ایران ۱ میلیون و ۳۰۰ هزار تن می‌باشد که با توجه به این مقدار، میزان سرانه‌ی مصرف تخم مرغ حدود ۱۲ کیلوگرم در سال می‌باشد [۱].

گرایش روزافزون مصرف کنندگان به این ماده‌ی غذایی، باعث سریع‌تر شدن روند عرضه و تقاضا در بازار این محصول شده است، به‌طوری‌که امروزه صنعت تولید تخم مرغ، یکی از صنایع مهم مواد غذایی محسوب می‌شود. ارزش بیولوژیکی پروتئین تخم مرغ بسیار بالاست و نسبت به سایر منابع پروتئینی مثل لبنیات، گوشت‌ها و حبوبات غنی‌تر است. پروتئین تخم مرغ بیشتر اسیدهای آمینه ضروری برای سلامتی انسان را داراست. به‌علاوه پیشرفت‌های نوینی که در زمینه تکنولوژی در جهان اتفاق می‌افتد نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر این صنعت بوده و با توجه به افزایش تقاضا برای این ماده‌ی غذایی، چرخه‌ی اقتصادی این بازار با تغییراتی جدی مواجه شده، به‌طوری‌که رشد قابل توجهی در این صنعت طی دهه‌ی اخیر صورت گرفته است.

بنابراین تولید تخم مرغ در کشور یک مسأله مهم تلقی می‌شود که هم در سلامتی جامعه مؤثر است و هم به عنوان یک کالای سودآور می‌تواند در بازار داخلی و خارجی نقش داشته باشد. از طرف دیگر تولید تخم‌مرغ‌های محلی که اغلب به صورت ارگانیک تولید می‌شوند نیز از نظر مصرف‌کنندگان از توجه خاصی برخوردار است. اما مشکل عمده در تولید این محصول وجود نطفه در تخم‌های تولیدی می‌باشد. بنابراین برای کسب سود بالاتر و بازارپسندی بیشتر، محصول تولید شده باید از نظر نطفه‌داری مورد بررسی قرار گیرد. اگر تخم مرغ تولید شده دارای نطفه باشد بازار پسندی خود را از دست داده و همچنین تمایل به مصرف آن را نیز کاهش می‌دهد؛ از این رو کنترل کیفیت تخم مرغ، قبل از عرضه به بازار نیازمند رسیدگی و توجه فراوانی خواهد بود.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی به‌منظور تشخیص غیرمخرب تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار انجام شده است؛ از جمله بهره‌گیری از فرکانس رزونانس [۲]، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی [۳]، تصویربرداری اولتراسونیک با فرکانس بالا [۴]، استفاده از خاصیت دی الکتریک [۵] و تصویربرداری فراطیفی [۶]. در پژوهشی از طیف‌سنجی مرئی برای ارزیابی رشد جنین درون تخم مرغ در روزهای ۵ تا ۱۰ دوره انکوباسیون استفاده شد. پژوهشگران با بررسی‌های صورت گرفته متوجه شدند که داده‌های طیفی و وزن جنین به یکدیگر وابسته هستند. از این رو موفق شدند با این روش رشد جنین را ارزیابی کنند [۷]. در پژوهشی دیگر با بهره‌گیری از سامانه تصویربرداری ابر طیف فرسرخ و الگوریتم خوشه‌بندی K-means برای تشخیص تخم‌مرغ‌های با نطفه، بی‌نطفه و دارای جنین مرده استفاده شد. تخم مرغ‌ها به دو دسته با نطفه و بی‌نطفه (دارای جنین مرده و بی‌نطفه) تقسیم بندی شدند. این الگوریتم توانست در روز اول انکوباسیون با دقت ۷۸/۸٪، در روز دوم با دقت ۷۴/۱٪ در روز سوم با دقت ۸۱/۸٪ و در روز چهارم با دقت ۸۴/۱٪ از یکدیگر جدا کند [۸]. ژیهیو و همکاران در تحقیقی برای تشخیص سریع تخم مرغ‌های بارور از نابارور، تکنولوژی تصویربرداری فراطیفی (شامل اطلاعات طیفی و تصویری) را به کار بردند. یک سامانه‌ی تصویربرداری فراطیفی (با طول موج ۱۰۰۰-۴۰۰ نانومتر) برای اخذ تصاویر یکی پس از دیگری به‌صورت دستی مورد استفاده قرار گرفت و پس از آن تصاویر وارد مرحله‌ی استخراج ویژگی شدند. با توجه به تحقیقات انجام شده، بین تخم‌مرغ‌های بارور و نابارور از لحاظ شکل ظاهری تفاوت وجود دارد. تخم مرغ‌های نابارور کوتاه، حجیم و گرد می‌باشند در حالیکه تخم مرغ‌های بارور کشیده و باریک هستند [۹]. در این تحقیق یک سری ویژگی‌ها شامل نسبت طول به عرض، میزان کشیدگی، گردی و نسبت محل قرارگیری زرده به کل تخم مرغ بر اساس تصاویر اخذ شده، استخراج شد. تعیین طبقه‌بندی تخم مرغ‌های بارور از نابارور بر اساس تصاویر، طیف‌ها و اطلاعات مربوط به ترکیب این دو، از روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده گردید. میزان دقت مدل‌های به کار رفته در SVM¹ به ترتیب ۸۴٪، ۹۰٪ و ۹۳٪ گزارش گردید [۱۰]. در پژوهش دیگر دنگ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از طیف‌سنجی مرئی فرسرخ نزدیک در

در روز دوم انبارمانی با استفاده از روش کندلینگ نطفه داری تخم مرغ‌ها مشخص می‌گردد، و پس از آن به طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود

۲-۱- آماده‌سازی نمونه

تخم مرغ یک جزء مهم در رژیم غذایی انسان محسوب می‌شود. از آنجایی که در طول انبارمانی، تغییرات مهمی در کیفیت تخم مرغ رخ می‌دهد، اندازه‌گیری و پیش‌بینی این تغییرات به منظور تخمین کیفیت و تازگی آن اهمیت ویژه‌ای دارد. در این پژوهش در مجموع از ۸۲ تخم مرغ محلی استفاده گردید. پس از جمع‌آوری، تخم مرغ‌ها به آزمایشگاه الکترونیک گروه مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انتقال یافتند و در دمای ۳۰-۲۵ درجه‌ی سلسیوس و رطوبت ۳۵-۴۰٪ به مدت ۲ روز در شرایط یکسان نگهداری شدند. پوسته آلوده نمونه‌ها به منظور جلوگیری از کپک و افزایش نفوذپذیری آن‌ها در هنگام انبارمانی، با کمک یک بروس تمیز و سپس با استفاده از الکل با غلظت ۷۵ درصد پاک شده و به طور طبیعی خشک شدند. نهایتاً نمونه‌ها برای انجام سایر مراحل آزمایش شماره گذاری گردیدند.

۲-۲- تجهیزات آزمایش

در این پژوهش از دستگاه طیف‌سنج UV-IR (۱۱۰۰-۱۹۰ نانومتر با دقت در حد نانومتر) مدل HR2000CG ساخت شرکت Ocean Optics آمریکا، برای دست آوردن طیف‌های UV-IR استفاده شد. شکل (a) ۲ سامانه استفاده شده برای اندازه‌گیری طیف عبوری را نشان می‌دهد. تخم مرغ بر روی حلقه‌ای مقوایی در راستای قطر اصلی [۱۲] در مقابل منبع نور (منبع نور یکنواخت هالوژنی برای اندازه‌گیری‌های فروسرخ نزدیک) قرار می‌گیرد. فیبر نوری در زیر تخم مرغ قرار داشت بطوریکه که فقط نور عبوری از آن به آشکارساز در طیف‌سنج می‌رسید (شکل (b) ۲). به منظور جلوگیری از به اشباع رسیدن طیف‌سنج از یک دیمر برای تنظیم شدت نور منبع نور استفاده شد. طول موج به دست آمده میانگینی از ۳ تکرار بود. همچنین از نرم‌افزار Ocean view برای اخذ طیف استفاده گردید.

محدوده طیفی ۳۳۰-۱۰۳۰ نانومتر به بررسی نطفه‌دار بودن تخم اردک پرداختند. نتایج نشان داد که میزان جذب تخم‌های اردک غیر بارور در محدوده طیفی ۵۰۰-۹۴۰ نانومتر از تخم‌های اردک بارور بیشتر است [۱۱].

گزارش‌های پیشین حاکی از آن است که بیشتر تلاش‌ها برای تشخیص بارور بودن تخم مرغ در دوره جوجه‌کشی بوده است؛ اما نتایج تشخیص نطفه‌دار بودن تخم مرغ قبل از دوره‌ی انکوباسیون در این تحقیقات قابل قبول نمی‌باشند. در این تحقیق به منظور تعیین وجود نطفه در تخم مرغ از روش طیف‌سنجی مرئی و فروسرخ نزدیک استفاده شده است. با توجه به اینکه تخم مرغ‌های نطفه دار در دوره انبارمانی طی شرایط دمایی و رطوبتی موجود امکان رشد جنین را دارا هستند و همچنین سبب ایجاد لکه خونی درون تخم مرغ می‌شوند، به همین دلیل کیفیت تخم مرغ را تحت تاثیر گذاشته و بازار پسندی آن را کاهش می‌دهد. همچنین طیف‌گیری از تخم مرغ‌ها در دوره انبارمانی در راستای قطر اصلی انجام گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

شکل ۱- روند انجام پژوهش حاضر را شرح می‌دهد. در ابتدا پس از آماده‌سازی تخم مرغ‌ها، طیف مورد نظر گرفته شده، سپس به محل انبارمانی منتقل می‌شوند، این روند تا روز دوم انبارمانی ادامه دارد.

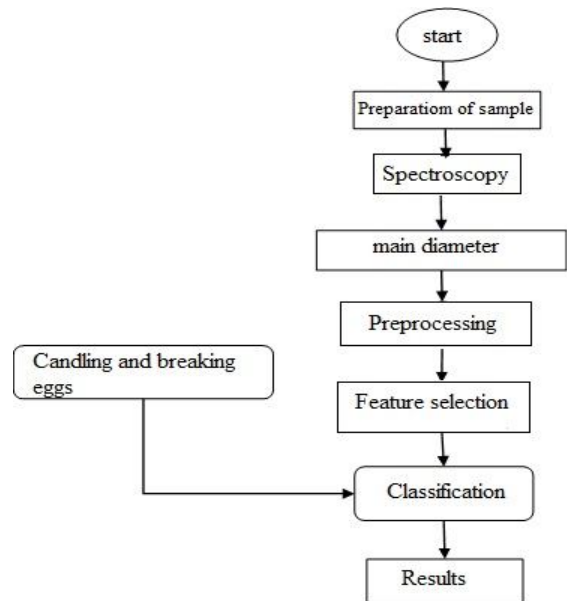


Fig 1 Workflow flowchart

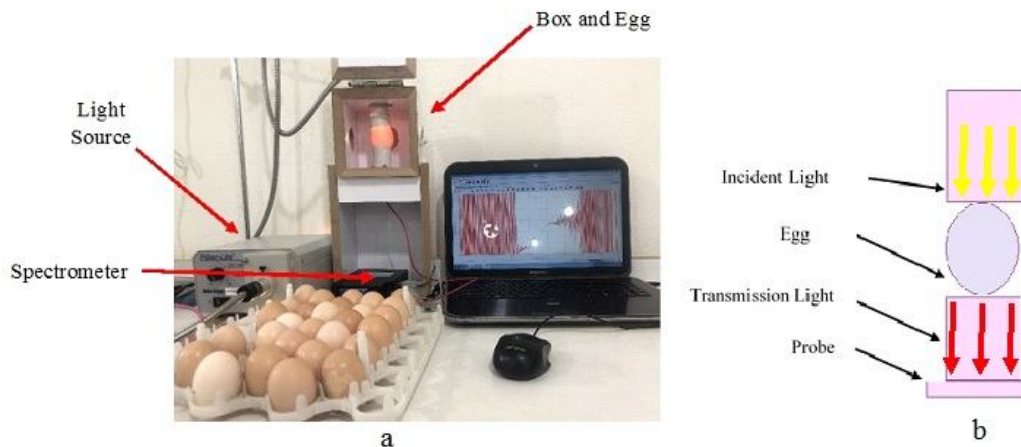


Fig 2 a- An overview of the system used in this study and b- Egg Spectrum in Original Diameter

بدون نطفه، از روش کندلینگ و روش مخرب (شکستن) (تخم مرغ‌هایی که با روش کندلینگ قابل تشخیص نبودند) بررسی شدند. در همان زمان، مقادیر مشاهدات کیفی تخم مرغ‌ها بارور و غیر بارور به ترتیب ۱ و ۰ تعیین گردید. از ۸۲ تخم مرغ مورد استفاده ۴۱ مورد نطفه‌دار و ۴۱ باقیمانده بدون نطفه بودند (شکل-۳).

۲-۳- جمع‌آوری طیف‌ها و پردازش آن‌ها

پس از شماره‌گذاری تخم مرغ‌ها، از روز قبل از انبارمانی (روز صفرم) تا روز دوم انبارمانی طیف‌گیری از تخم مرغ‌ها انجام شد. شایان ذکر است که در هر روز پس از پایان طیف‌گیری، تخم مرغ‌ها به محل مورد نظر منتقل می‌شدند. پس از پایان روز دوم طیف‌سنجی برای مشخص کردن تخم مرغ‌های نطفه‌دار از



(a)



(b)

Fig. 3: Detection of egg embryos; a- Kandling method, b- Destructive method

هموارسازی و حذف نویزهای تصادفی موجود در طیف‌ها از هموارساز ساویتزکی-گولای بر پایه الگوریتم SG^2 با تعداد نقطه‌های همسایگی و درجه چند جمله‌ای به ترتیب برابر با ۱۱ و ۳ استفاده شد. انتخاب صحیح عرض پنجره فیلتر، تعداد نقطه‌های همسایگی و درجه چند جمله‌ای به منظور افزایش نسبت سیگنال به نویز بدون از دست دادن اطلاعات پیک‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۳ و ۱۴]. نرمال‌سازی طیف‌ها

داده‌های طیفی به دست آمده از طیف‌سنج، افزون بر اطلاعات نمونه شامل اطلاعات ناخواسته پس‌زمینه و نویزها نیز هستند. این اطلاعات غیرمفید موجب ایجاد مدل نامناسبی بین طیف‌ها و پارامتر مورد اندازه‌گیری می‌شود. این اطلاعات می‌تواند در اثر عواملی مانند تغییر فاصله آشکارساز با نمونه، اثر پراکنش نور، تغییر در اندازه نمونه و یا نویزهای ناشی از خود دستگاه حاصل گردند [۱۳]. از این‌رو، برای دستیابی به مدل‌های واسنجی پایدار، دقیق و قابل اعتماد، نیاز به پیش‌پردازش داده‌های طیفی پیش از تدوین مدل‌های هوشمند است. به‌منظور

2. Savitzky-Golay

اعتبارسنجی شبکه عصبی به ترتیب ۷۰٪، ۱۵٪ و ۱۵٪. نمونه‌ها به‌طور تصادفی برای ساخت این مدل انتخاب شد. لایه پنهان با استفاده از روش سعی و خطا، از ۱ تا ۲۰ نرون محاسبه و بهترین آن‌ها انتخاب گردید [۱۷]. همچنین لایه مخفی دارای توابع پایه شعاعی (RBF) و لایه خروجی، تابع خطی استفاده شد. علاوه بر این به منظور بررسی عملکرد طبقه‌بند از سه پارامتر مهم دقت کلی طبقه‌بندی، تشخیص (Specificity) و حساسیت (Sensitivity) استفاده شده است [۱۸].

۳- تحلیل نتایج

میزان طیف خام عبوری تخم مرغ در شکل ۴a نشان داده شده است. شکل ۴b طیف بدست آمده پس از حذف نقاط ابتدایی و انتهایی طیف خام می‌باشد. با توجه به اینکه تخم مرغ دارای پوسته آهکی بوده، مانعی برای عبور نور می‌باشد. بر همین اساس نور تابیده شده در یک محدوده طیفی می‌تواند از پوسته تخم مرغ عبور کند و در سایر محدوده‌های طیفی به خاطر جذب بالا عبوری نداشته و فاقد اطلاعات و همراه با نویز می‌باشند. همچنین قابل ذکر است که نسبت سیگنال به نویز کمی در دو محدوده ۱۹۰-۴۰۰ و ۹۵۰-۱۱۰۰ نانومتر وجود داشت؛ لذا این محدوده‌های طیفی حذف و محدوده طیفی انتخاب شده با توجه به مطالب گفته شده ۹۰۰-۴۵۰ نانومتر در نظر گرفته شد. طیف‌های پردازش شده با الگوریتم‌های پیش‌پردازش MSC، SNV، SG، SNV+MSC، SG+MSC، SG+SNV و SG+SNV+MSC به ترتیب در شکل‌های ۴c-۱ تا ۴c-۵ نشان داده شده‌اند. مطابق شکل ۴c و به‌صورت بزرگتر در شکل ۵a جابه‌جا شدگی طیف‌ها اصلاح شده است و پیک‌ها به محل اصلی خود انتقال یافته‌اند. همانطور که از شکل ۵b مشخص است روش SNV نویزهای حاصل از نوسانات احتمالی منبع نور و اندازه نمونه‌ها را به خوبی فیلتر می‌کند. در صورتی که اندازه نمونه‌ها متفاوت باشد علاوه بر اینکه نمونه مورد نظر با منبع دارای فاصله متفاوتی می‌گردد در ضمن به‌خوبی در جایگاه خود قرار نمی‌گیرد و با وجود تاریکی محیط، نور اطراف بر

نیز برای تصحیح اثرهای جمعی^۳ (جابه‌جایی خط پایه^۴) و افزایش^۵ (انحراف) ناشی از عوامل فیزیکی مانند پراکنش غیریکنواخت در کل طیف (که میزان پخش بستگی به طول موج تابش دارد)، اندازه‌ی نمونه و ضریب شکست نور با به‌کارگیری روش‌های تصحیح پراکنش افزایش^۶ (MSC) و توزیع نرمال استاندارد^۷ (SNV) انجام شد [۱۵]. در این پژوهش از ترکیب روش‌های مختلف پیش‌پردازش برای تعیین نطفه‌داری تخم مرغ به صورت غیرمخرب بهره‌گیری شده است. روش‌های پیش‌پردازش استفاده شده در این پژوهش عبارتند از: SG, MSC, SNV, SG+SNV, SG+MSC, SNV+MSC و SG+SNV+MSC برای اجرای این روش‌ها از نرم‌افزار MATLAB 2016 و excel 2013 استفاده گردید.

۲-۳-۱- انتخاب ویژگی

برای انتخاب طول موج‌هایی که بیشترین ارتباط را با خروجی دارند از روش PCA استفاده شد. در تکنیک PCA داده‌ها با یک تبدیل خطی از داده‌های چند بعدی به مختصات دیگر بر اساس حداکثر واریانس و حداقل ارتباط منتقل شدند. بدین منظور ابتدا ماتریس کواریانس^۸ داده‌ها تشکیل، سپس مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ماتریس استخراج و مرتب گردیدند. نهایتاً چند بردار ویژه که دارای بیشترین میزان مقادیر ویژه هستند، نگه داشته شده و بقیه حذف شدند. کاهش داده سبب سادگی مدل پیشگو و همچنین کاهش زمان پردازش داده‌ها می‌گردد [۱۶].

۲-۳-۲- طبقه‌بندی داده‌های طیفی

بعد از تصحیح طیف‌های اخذ شده با روش‌های فوق الذکر، به منظور افزایش سرعت سامانه هوشمند و همچنین حذف اطلاعات زائد که سبب گمراهی طبقه‌بند می‌شوند؛ به طبقه بندی داده‌ها با استفاده از طبقه‌بند شبکه عصبی چند لایه با یک لایه مخفی پرداخته می‌شود. در بخش آموزش، آزمون و

3. Additive Effects
4. Baseline Shift
5. Tilt
6. Multiplicative Scatter Correction
7. Standard Normal Variate
8. covariance

حاصل از نوسانات احتمالی منبع نور و اندازه نمونه‌ها نیز به‌خوبی فیلتر گردیده است. در شکل **of** علاوه بر حذف نویز بزرگی پیک نیز کاهش داده است. در آخر نمودار **og** طیف بدست آمده حاصل از ترکیب سه پیش‌پردازش مورد استفاده در این پژوهش است. همان‌گونه که قابل مشاهده است، طیف حاصل نسبت به طیف اصلی هموار شده و روند آن مشابه شکل **of** است.

طیف تأثیر می‌گذارد که مطلوب نیست و باید در صورت امکان این تغییرات حذف گردند. از این‌رو بعد از اعمال فرایند SNV، پردازش‌های بیشتر طیف که همان طبقه‌بندی طیف‌ها است، کم‌خطاتر می‌گردد. با توجه به شکل **oc** قابل مشاهده است که نویزهای طیف حذف گردیده و طیف حاصل نسبت به طیف اولیه سطحی هموارتر دارد. در **od** و **oe** مشخص است پیش‌پردازش SNV+MSC و SG+MSC سبب انتقال پیک‌ها به محل اصلی خود شده و همچنین کاهش نویزهای

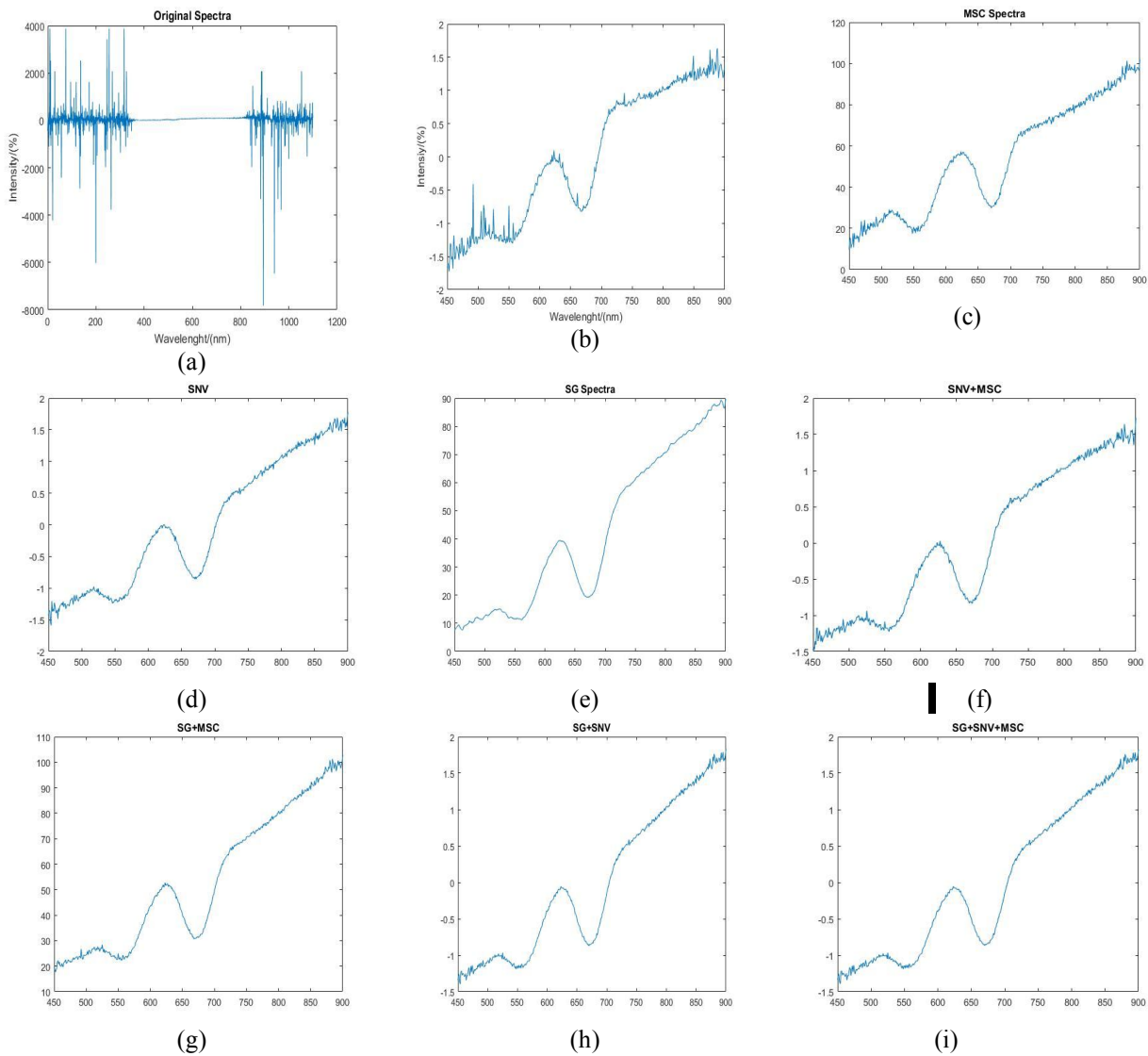


Fig 4 Transmission spectrum of egg; Original Spectrum (a), Remove the starting and ending points of the spectrum (b), Processed with MSC (c), Processed with SNV (d), Processed with SG (e), Processed with SNV+MSC (f), Processed with SG+MSC (g), Processed with SG+SNV (h), and Processed with SG+SNV+MSC (i).

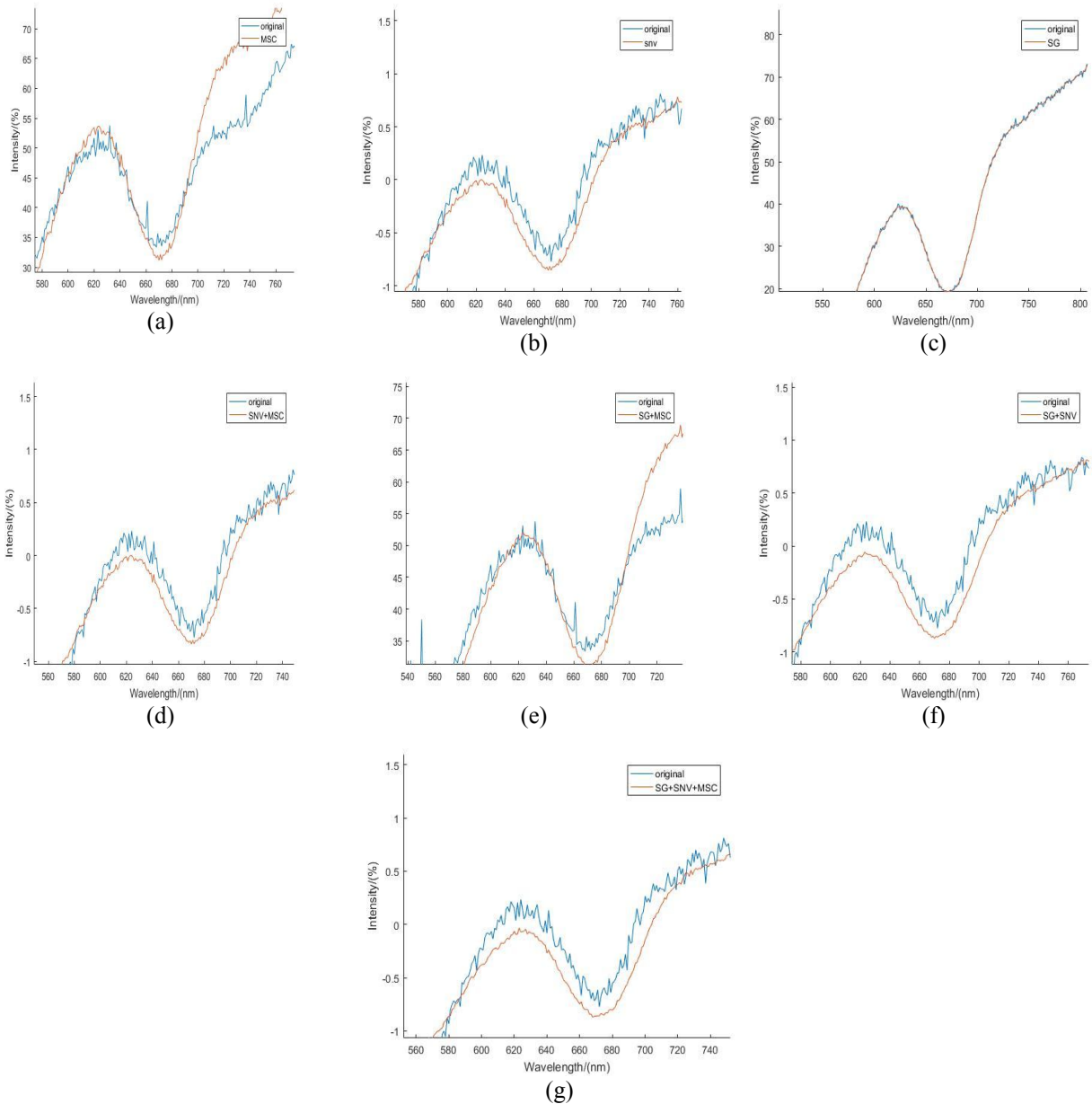


Fig 5 The spectra of the various preprocessors along with the original spectra; Preprocessing MSC (a), Preprocessing SNV (b), Preprocessing SG (c), Preprocessing SNV+MSC (d), Preprocessing SG+MSC (e), Preprocessing SG+SNV (f), and Preprocessing SG+SNV+MSC (g).

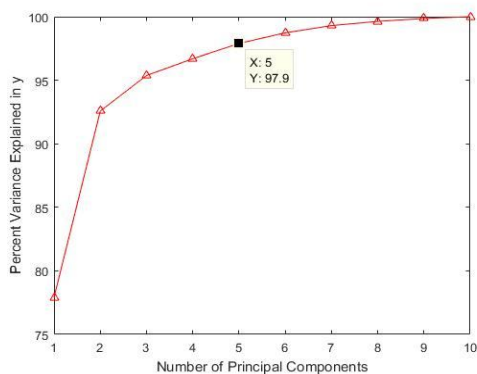


Fig 6 10 Principal Components in terms of percentage of variance data

پس از اینکه طیف‌های حاصل با استفاده از پیش‌پردازش‌های گفته شده اصلاح گردیدند نوبت به انتخاب ویژگی می‌رسد. با توجه به شکل ۶ تعداد PCهای انتخاب شده ۵ می‌باشد چون بیش از ۹۷٪ واریانس داده‌ها را پوشش داده است. همچنین قابل ذکر است که برای همه روزها ۵ PC انتخاب گردید چون درصد واریانس پوشش داده ۹۷٪ به بالا بوده است. جدول ۱ ماتریس اغتشاش مربوط به روز صفر (قبل از جوجه کشی) برای پیش‌پردازش SG را نشان می‌دهد.

Table 1 All Confusion Matrix, day zero, Preprocessing SG

	Fertile	Infertile	Sensitivity (%)
Fertile	28	13	77.3
Infertile	9	32	%78.86
Sensitivity (%)	%83.32	%60.26	Accuracy (%) %77.76

حساسیت و تشخیص بالاتر سبب می‌شود که نتایج بدست آمده برای SG قابل اطمینان گردد.

جدول ۴ عملکرد شبکه عصبی را برای روز دوم انبارمانی نشان می‌دهد. بهترین دقت طبقه‌بند در این روز ۷۵/۹٪ برای پیش‌پردازش ساویتزیگولای با ۷ نرون در لایه پنهان می‌باشد. علاوه بر این، ترکیب پیش‌پردازش‌های استفاده شده (SG+SNV+MSC) نیز دارای دقت ۷۵/۵٪ با تعداد ۳ نرون در لایه پنهان می‌باشد. علارغم اینکه پیش‌پردازش ساویتزیگولای دقت بالاتری نسبت به SG+SNV+MSC دارد اما ترکیب استفاده شده تعداد نرون کمتری در لایه پنهان دارد و احتمال بیش‌برازش در آن کاهش پیدا می‌کند. همچنین سرعت عملکرد بالاتری در تشخیص داشته است. در روز دوم بیشترین خطا مربوط به پیش‌پردازش SG+SNV با دقت ۶۸/۸٪ و ۱۲ نرون در لایه پنهان می‌باشد.

با توجه به جدول ۲، بهترین نتیجه بدست آمده برای روز قبل از انبارمانی (روز صفرم)، از بین پیش‌پردازش‌های استفاده شده، پیش‌پردازش ساویتزیکی-گولای با ۳ نرون در لایه پنهان با دقت ۷۲/۳٪ است. همچنین دومین پیش‌پردازش از نظر دقت MSC با ۵ نرون در لایه پنهان و در آخر بیشترین خطا مربوط به پیش‌پردازش SNV، با دقت ۶۹٪ می‌باشد.

جدول ۳ نتایج روز اول انبارمانی را نشان می‌دهد. بهترین نتیجه بدست آمده برای ترکیب پیش‌پردازش‌های SG+SNV+MSC، با دقت طبقه‌بندی ۷۳/۵٪ و ۹ نرون در لایه پنهان می‌باشد که حساسیت و تشخیص آن پایین است. همچنین پیش‌پردازش SG با دقت ۷۳/۱٪ و ۴ نرون در لایه پنهان با درصد تشخیص ۸۷/۱٪ در مرتبه دوم از نظر دقت طبقه‌بند قرار می‌گیرد. اگر چه پیش‌پردازش SG+SNV+MSC دارای دقت بالاتر است؛ اما تعداد نرون‌های پایین پیش‌پردازش SG از طرف دیگر درصد

Table 2 Neural network performance on day zero

Preprocessing	Egg model	The number of neurons	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Accuracy (%)
SG	Fertile	3	%86.31	%61.83	%72.3
	Infertile		%64.63	%55.55	
MSC	Fertile	5	%87.5	%52.96	%71.8
	Infertile		%63.7	%52.8	
SNV	Fertile	4	%69.87	%48.9	%69
	Infertile		%70	%59.8	
SG+SNV	Fertile	10	%70.9	%50.32	%70
	Infertile		%69.5	%49.3	
SG+MSC	Fertile	6	%72.7	%51.35	%70.9
	Infertile		%69.1	%48.9	
SNV+MSC	Fertile	11	%70.3	%42.5	%69.4
	Infertile		%68.9	%55.6	
SG+SNV+MSC	Fertile	7	%71.1	%51.48	%70
	Infertile		%69.9	%60	

Table 3 Neural network performance on first day

Preprocessing	Egg model	The number of neurons	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Accuracy (%)
SG	Fertile	4	%87.1	%52.8	%73.1
	Infertile		%70	%43.5	
MSC	Fertile	5	%86.9	%51.6	%71.2
	Infertile		%69.7	%33.33	
SNV	Fertile	10	%70	%58.7	%68.2
	Infertile		%68.9	%48.2	
SG+SNV	Fertile	6	%81.2	%51.9	%70.5
	Infertile		%69	%50	
SG+MSC	Fertile	13	%68.5	%48.9	%70.8
	Infertile		%86.9	%53.68	
SNV+MSC	Fertile	4	%76.34	%79.63	%71.3
	Infertile		%60.5	%70	
SG+SNV+MSC	Fertile	9	%69.10	%62.96	%73.5
	Infertile		%70	%70	

Table 4 Neural network performance on second day

Preprocessing	Egg model	The number of neurons	Specificity (%)	Sensitivity (%)	Accuracy (%)
SG	Fertile	7	%58.68	%33.5	%75.9
	Infertile		%80.28	%70.5	
MSC	Fertile	5	%60.83	%48.5	%68.5
	Infertile		%69.1	%50.3	
SNV	Fertile	7	%50.97	%37.03	%69
	Infertile		%70.08	%50	
SG+SNV	Fertile	12	%79.02	%35.33	%68.8
	Infertile		%60.1	%28.92	
SG+MSC	Fertile	9	%62.34	%50.61	%69
	Infertile		%80.01	%70	
SNV+MSC	Fertile	6	%78.33	%51.55	%70.5
	Infertile		%59	%33.5	
SG+SNV+MSC	Fertile	3	%76	%73.3	%75.5
	Infertile		%75	%68.5	

و همکاران (۲۰۰۶) برای شناسایی تخم‌مرغ‌های نطفه‌دار در روزهای ۲ تا ۶ دوره انکوباسیون از ماشین بینایی و پردازش تصویر و شبکه عصبی با الگوریتم SAPSO⁹ استفاده نمودند. بر اساس گزارش آن‌ها، دقت ۸۶٪ در روز سوم، ۹۰٪ در روز چهارم، ۹۱٪ در روز پنجم و ۹۵٪ در روز ششم تخم‌مرغ‌های هیچ شده شناسایی شدند [۲۰]. لویی و نگادی (۲۰۱۳) از سیستم تصویربرداری ابر طیف مادون‌قرمز و الگوریتم خوشه‌بندی K-means برای تشخیص تخم‌مرغ با

اسمیس و همکاران (۲۰۰۸) نیز از روش تصویربرداری فرایندی برای تشخیص تخم‌مرغ نطفه‌دار و بی‌نطفه در روزهای ابتدایی انکوباسیون استفاده کردند. آن‌ها در روز صفر دقت این روش را ۷۱٪، روز یک ۶۳٪، روز دوم ۶۵٪ و در نهایت دقت روز سوم را ۸۳٪ گزارش کردند [۶]. داس و ایوانز (۱۹۹۲) با استفاده از ترکیب خصوصیات هیستوگرام تصویر و شبکه عصبی سعی به تشخیص تخم‌مرغ نطفه‌دار از بی‌نطفه در دوره انکوباسیون پرداختند. آن‌ها توانستند در روز ۴ با دقت ۹۳٪، در روز ۳ با دقت ۹۳٪ و در روز ۲ با دقت ۶۷٪ تخم‌مرغ نطفه‌دار را از بی‌نطفه تشخیص دهند [۱۹]. زی هانگ

9. simulated Annealing Particle Swarm Optimization Algorithm

- [3] Klein, S., D. Flock, and F. Ellendorff. 2003. Management of newly hatched male layer chicks: current knowledge on sex determination and sex diagnosis in chicken: potential solutions. *Worlds Poultry Science Journal* 59:62-64
- [4] Schellpfeffer, M. A., Kuhlmann, R. S., Bolender, D. L., Ruffolo, C. G. and Kolesari, G. L. 2005. Preliminary investigation of the use of high frequency ultrasound imaging in the chick embryo. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology*. 73(1): 39-49
- [5] Ghaderi, M., Banakar, A., Masoudi, A. 2018. Using dielectric properties and intelligent methods in Separating of hatching eggs during incubation. *Measurement – Elsevier*. 118: 191-194
- [6] Smith, D. P., K. C. Lawrence, and G. W. Heitschmidt. 2008. Fertility and Embryo Development of Broiler Hatching Eggs Evaluated with a Hyperspectral Imaging and Predictive Modeling System. *Int. J. Poultry Science*. 7:1001-1004
- [7] Kemps, B. J., F. R. Bamelis, K. Mertens, E. M. Decuyper, J. G. de Baerdemaeker, and B. de Ketelaere. 2010. Assessment of embryonic growth in chicken eggs by means of visible transmission spectroscopy. *Biotechnol. Prog.* 26:512-516
- [8] Liu, L., and Ngadi, M. O. 2013. Detecting fertility and early embryo development of chicken eggs using near-infrared hyperspectral imaging. *Food and Bioprocess Technology*. 6(9): 2503-2513
- [9] Ma, X. L. and Yi, S. J. 2011. Unfertilized eggs verification system before hatching based on embedded system and machine vision. *Transactions of the Communications for Statistical Applications and Methods*. 42(5): 187-192. (In Chinese with English abstract)
- [10] Zhihui, Z., Ting, L., Dejun, X., Qiaohua, W. and Meihu, M. 2015. Nondestructive detection of infertile hatching eggs based on spectral and imaging information. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 8(4): 69
- [11] Dong, J., Dong, X., Lia, Y., Peng, Y., Chaob, K., Gaoc, C. and Tang, X. 2019. Identification of unfertilized duck eggs before hatching using visible/near infrared transmittance spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture* 157. 471-478

نطفه، بی‌نطفه و دارای جنین مرده در روزهای آغازین انکوباسیون استفاده کنند. آن‌ها تخم‌مرغ‌ها را به دودسته با نطفه و بی‌نطفه (دارای جنین مرده و بی‌نطفه) تقسیم کردند. آن‌ها توانستند همگی تخم‌مرغ‌ها را در روز اول با دقت ۷۸٫۸٪ در روز ۲ با دقت ۷۴٫۱٪ در روز ۳ با دقت ۸۱٫۸٪ و در روز ۴ با دقت ۸۴٫۱٪ از یکدیگر جدا کنند [۸]. قادری و همکاران نیز در تحقیقی با استفاده از خواص دی‌الکتریک تخم مرغ‌ها اقدام به جداسازی تخم مرغ‌های نطفه دار و بی‌نطفه با دقت ۱۰۰٪ در روز پنجم جوجه‌کشی کردند ولی نتوانستند به دقت قابل قبولی برای روز اول جوجه‌کشی برسند [۲۱].

۴- نتیجه‌گیری و بحث

نتایج بدست آمده نزدیک به نتایج پژوهش‌هایی است که در این زمینه انجام گرفته است. تفسیر و بررسی طیف‌های UV-IR نمونه‌های تخم مرغ نشان داد که از روش اسپکتروسکوپی UV-IR (عبوری در محدوده‌ی طیفی ۹۴۰-۵۰۰ نانومتر) در ترکیب با انواع روش‌های پیش‌پردازش می‌توان برای تشخیص نطفه‌دار بودن تخم مرغ بهره برد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که می‌توان با دقت ۷۲٫۳٪ برای روز صفرم، ۷۳٫۱٪ روز اول، ۷۵٫۵٪ در روز دوم انبارمانی نطفه‌دار بودن تخم مرغ را مشخص کرد. علارغم اینکه در روزهای اولیه انبارمانی دقت طبقه‌بند نسبت به روزهای دیگر کمتر بوده اما دارای تفاوت چندانی نیست و دارای درصد تشخیص و حساسیت بالایی می‌باشد. از طرف دیگر هرچه زودتر بتوان نطفه‌دار بودن تخم مرغ را مشخص کرد به همان نسبت می‌توان از حدر رفت انرژی جلوگیری کرده و صرفه جویی نمود. علاوه بر این با تشخیص به موقع تخم مرغ‌های نطفه دار می‌توان از ورود آن‌ها به بازار جلوگیری نمود که سبب بازار پسندي بیشتر آن می‌گردد.

۵- منابع

- [1] Anonymous, Yearbook of Ministry of Agriculture Jihad. 2019
- [2] Coucke, P. M., Room, G. M., Decuyper, E. M. and De Baerdemaeker, J. G. 1997. Monitoring embryo development in chicken eggs using acoustic resonance analysis. *Biotechnology progress*. 13(4): 474-478

- near infrared, *Biosystems Engineering*, 115 (2), 154–161
- [17] Abdanan Mehdizadeh, S. 2015. Eggshell crack detection using PCA and SVM. *Journal of food science and technology*, 13(56), 143-153. (In Farsi)
- [18] Banakar A., Sadeghi, M., and Shoushtari, A. 2016. An intelligent device for diagnosing avian diseases: Newcastle, infectious bronchitis, avian influenza. *Computers and Electronics in Agriculture - Elsevier*, 127: 744–753
- [19] Das, K., and M. D. Evans. 1992. Detecting fertility of hatching eggs using machine vision. II. Neural network classifiers. *Trans. ASAE*
- [20] Zhi-hong, Y., W. Chun-guang, and F. Jun-qing. 2006. SAPSO neural network for inspection of non-development hatching eggs. Pages 85–88 in *Advances in Natural Computation*. Springer
- [21] Ghaderi, M., Banakar, A., Masoudi, A. 2017. Detecting fertile eggs during incubation using dielectric properties. *Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery*. 6(1): 23-29. (In Farsi)
- [12] Jamshidi, B., Minaei, S., Mohajerani, E. and Ghassemian, H. 2014 . Effect of Spectral PreProcessing Methods on Non-Destructive Quality Assessment of Oranges Using NIRS. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 15(2), 27- 44. (in Farsi)
- [13] Giunchi, A., Berardinelli, A., Ragni, L., Fabbri, A and Silaghi, F.A. 2008. Non-destructiv freshness assessment of shell eggs using FT-NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, (89) 142-148.
- [14] Heise, H. M. and Winzen, R. 2006. Chemometrics in Near-Infrared Spectroscopy. In: Siesler, H. W., Ozaki, Y., Kawata, S. and Heise, H. M. (Eds.) *Near-Infrared Spectroscopy: Principles, Instruments, Applications*. 3rd Reprint. WileyVCH. Germany
- [15] Fu, X., Ying, Y., Lu, H., Xu, H. and Yu, H. 2007. FT-NIR diffuse reflectance spectroscopy for kiwifruit firmness detection. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 1(1), 29-35
- [16] Mat Nawi, N., Chen, G., Jensen, T., and Abdanan Mehdizadeh S. 2013. Prediction and classification of sugarcane Brix based on skin scanning using visible and shortwave



Investigation of domestic hen Egg quality in terms of Fertilization during storage using Near Infrared Spectroscopy

Hosseini, S. A. ¹, Banakar, A. ^{1*}, Minaei, S. ¹, Abdanan Mehdizadeh, S. ²

1. Department of Biosystems Engineering, Tarbiat Modares University of Tehran.

2. Department of Biosystems Engineering, Ramin University of Khuzestan.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 2020/ 04/ 12

Accepted 2021/ 02/ 13

Keywords:

Sperm,
Egg quality assessment,
Candling,
Spectrometer,
Visual and NIR Spectroscopy,
Neural Network.

DOI: 10.52547/fsct.18.117. 1

*Corresponding Author E-Mail:
ah_banakar@modares.ac.ir

Determining the status of egg fertilization plays a major role in determining the quality of eggs and their products. In this regard, in order to achieve greater productivity and production, egg evaluation is considered necessary and important in terms of spermatogenesis. In this regard, spectroscopy was performed in the range of 0.01900 nm from 82 local egg samples in the direction of the main diameter for 3 days during the storage period. Spectrum data from spectrometers, in addition to sample information, include unwanted information and noise. For this reason, in order to achieve accurate classification models, it is necessary to process spectral data before developing the appropriate model. In this regard, intelligent neural network classification was developed based on reference measurements and information of pre-processed spectra by combining different methods of smoothing, normalizing and increasing spectral separation power to determine the presence of sperm in the egg. Classification results on day zero, first, second, warehousing with 72.3% accuracy, 73.1%, 75.5%, and detection, 86.31, 87.1%, 76% and sensitivity, respectively: 83 61%, 79.63% and 73.3% were obtained.