



## تعیین نطفه‌داری تخم‌مرغ محلی با طیف‌سنجی فرسرخ نزدیک

سیده عارفه حسینی<sup>۱</sup>، احمد بناکار<sup>۲\*</sup>، سعید مینائی<sup>۳</sup>، سامان آبدانان مهدی‌زاده<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس (hosseiniarefeh@yahoo.com)

۲. دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس (ah\_banakar@modares.ac.ir)

۳. استاد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس

۴. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

### چکیده

تشخیص وجود نطفه در تخم‌مرغ در روزهای اولیه قبل و بعد از جوجه‌کشی علاوه بر کاهش تلفات سبب تولید بیشتر در صنعت مرغداری می‌گردد. در این راستا، طیف‌گیری در محدوده‌ی طیفی ۱۱۰۰-۱۹۰ nm از ۱۳۰ نمونه تخم‌مرغ محلی در راستای قطر اصلی به مدت ۸ روز (یک روز قبل از جوجه‌کشی تا روز هفتم جوجه‌کشی) 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، طبقه‌بندی 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 نطفه‌داری تخم‌مرغ تدوین شدند. بهترین نتایج طبقه‌بندی در روز سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم جوجه‌کشی با دقت، و تشخیص به ترتیب ۸۴/۸٪، ۸۵/۸٪، ۸۷/۲٪ و ۸۹/۲٪ حساسیت ۸۷/۶۴٪، ۷۹/۱٪، ۸۷/۰۸٪، ۷۸/۰۶٪ و ۸۷/۲۳٪، تشخیص ۹۷/۱٪، ۸۴/۸٪، ۹۱/۶۴٪، ۹۱/۵۷٪ و ۹۱/۵٪ بدست آمد.

**کلمات کلیدی:** نطفه، تخم‌مرغ محلی، کنادلینگ، طیف‌سنجی، فرسرخ نزدیک، شبکه عصبی

\* نویسنده مسئول: ah\_banakar@modares.ac.ir



## تعیین نطفه‌داری تخم‌مرغ محلی با طیف‌سنجی فروسرخ نزدیک

## مقدمه

تولید مثل یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش‌ها در تولید و پرورش طیور است؛ بدون تولید تخم‌های نطفه‌دار و جوجه‌کشی از آن‌ها، صنعت مرغداری مفهومی نخواهد داشت. صرف نظر از میزان سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و حجم مبادلات صورت گرفته در این صنعت، به واسطه نیاز مبرم به تولیدات آن، روز به روز بر اهمیت و نقش اقتصادی و اجتماعی این صنعت افزوده شده است. در تولید جهانی غذا، استفاده بهینه از منابع انرژی، تولید محصولی با کیفیت بهتر و ارزان، کاهش دورریخت‌ها و افزایش ضریب تبدیل همواره به عنوان اهداف اصلی دنبال می‌شوند. بدیهی است این افزایش بهره‌وری بدون توجه به ارتقای فن‌آوری و اتوماسیون امکان‌پذیر نیست.

یکی از عوامل مؤثر در افزایش بهره‌وری صنعت جوجه‌کشی، اطمینان از نطفه‌دار بودن تخم‌مرغ‌هایی است که در فرآیند جوجه‌کشی قرار می‌گیرند، باقی ماندن تخم‌مرغ‌های نابارور در داخل ماشین جوجه‌کشی سبب فساد آن‌ها شده و با گازهای نامطبوعی که ایجاد می‌کنند، باعث آلودگی محیط و ناراحتی جنین‌های سالم می‌شوند. با تشخیص به موقع تخم‌مرغ‌های نابارور و یا آن‌هایی که خاصیت جوجه‌آوری خود را از دست داده‌اند، می‌توان قبل از فاسد شدن، آن‌ها را از چرخه جوجه‌کشی خارج و در جایگاه تغذیه‌ای دیگری مورد استفاده قرار داد. همچنین با خروج آن‌ها ظرفیت مفید دستگاه جوجه‌کشی نیز افزایش می‌یابد [۱، ۲]. در بیشتر مراکز تولید جوجه، قبل از قراردادن تخم‌مرغ‌ها در داخل دستگاه جوجه‌کشی، نطفه‌دار بودن آن‌ها توسط کارگران ماهر، به صورت چشمی و به طور کاملاً سنتی بررسی می‌گردد. پس از بارگذاری تخم‌مرغ‌ها در فواصل زمانی خاصی فرآیند بازرسی توسط افراد ماهر مجدد صورت می‌پذیرد. در برخی مراکز، برای تعیین نطفه‌داری از دستگاه کندلینگ<sup>۱</sup> نیز استفاده می‌شود [۱]. به گفته مسؤولان جهاد کشاورزی در کشور ما مراکز تولید جوجه تمایل زیادی به استفاده از این کارگران و دستگاه‌های کندلینگ از خود نشان نمی‌دهند؛ زیرا از نظر اقتصادی برای آن‌ها مقرون به صرفه نیست؛ اما هزینه زیادی را صرف کارگرانی می‌کنند که مجبورند روزانه هزاران تخم‌مرغ را کنترل نمایند و به دلیل خستگی زیاد، تکراری بودن کار و خطای دید کارایی کارشان به طور معمول با ۲۵ الی ۳۰ درصد تلفات مواجه است [۴]. بنابراین، استفاده از روشی غیر مخرب و دقیق برای تشخیص تخم‌مرغ‌های بدون نطفه قبل و اوایل جوجه‌کشی برای مزارع مرغداری بسیار حائز اهمیت است.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی به منظور تشخیص غیرمخرب تخم‌مرغ‌های بارور انجام شده است. روش‌های جدید بسیاری به منظور تشخیص باروری تخم‌مرغ و یا کنترل روند رشد جنین وجود دارد از جمله: بهره‌گیری از فرکانس رزونانس [۶]، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی [۱۲]، تصویربرداری اولتراسونیک با فرکانس بالا [۲۰] و تصویربرداری فراطیفی [۱۹]. در پژوهشی از طیف‌سنجی مرئی برای ارزیابی رشد جنین درون تخم‌مرغ 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 این‌رو موفق شدند با این روش رشد جنین را ارزیابی کنند [۱۳]. در پژوهشی دیگر با بهره‌گیری از سامانه تصویربرداری ابر طیف فروسرخ و الگوریتم خوشه‌بندی K-means برای تشخیص تخم‌مرغ‌های با نطفه، بی‌نطفه و دارای جنین مرده استفاده شد. تخم‌مرغ‌ها به دو دسته با نطفه و بی‌نطفه (دارای جنین مرده و بی‌نطفه) تقسیم بندی شدند. این الگوریتم 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 [۱۴]. ژیهیو و همکاران در تحقیقی برای تشخیص سریع تخم‌مرغ‌های 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 به صورت 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 [۱۶]. در این تحقیق یک‌سری ویژگی‌ها شامل نسبت طول به عرض، میزان کشیدگی، گردی و نسبت محل قرارگیری زرده به کل تخم‌مرغ بر اساس تصاویر اخذ شده، استخراج شد. در مرحله بعدی با استفاده از روش نرمال‌سازی به عنوان روشی برای پیش پردازش داده‌های طیفی مورد استفاده قرار گرفت. از طرفی برای 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 SVM<sup>۳</sup> به ترتیب ۸۴٪، ۹۰٪ و ۹۳٪ گزارش گردید [۱۷]. در پژوهش دیگر دنگ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از طیف‌سنجی مرئی-فروسرخ نزدیک در 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 [۷].

گزارش‌های پیشین حاکی از آن است که برای تشخیص بارور بودن تخم‌مرغ در دوره جوجه‌کشی تلاش‌های فراوانی شده است؛ اما به‌منظور تشخیص بارور بودن تخم‌مرغ قبل از دوره‌ی انکوباسیون نتایج قابل قبولی ارائه نشده است.

## مواد و روش‌ها

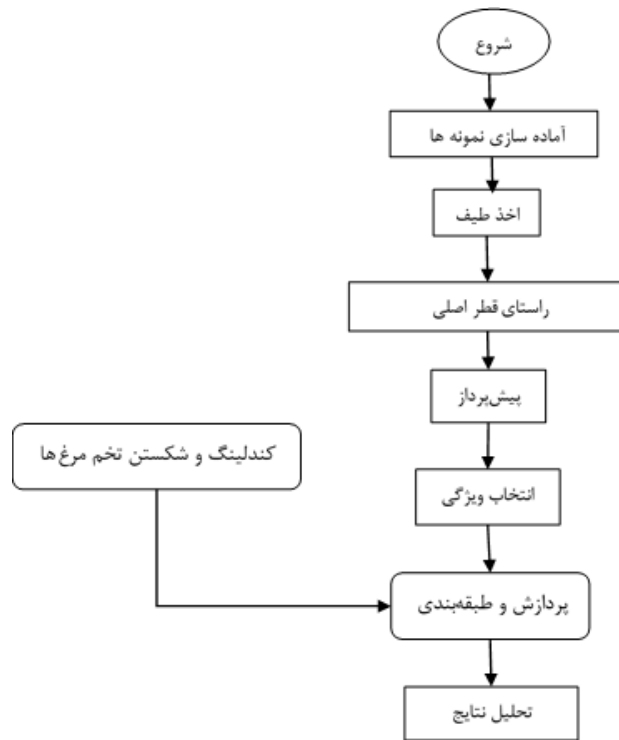
شکل ۱- روند انجام پژوهش حاضر را شرح می‌دهد. در ابتدا پس از آماده‌سازی تخم مرغ‌ها، طیف مورد نظر گرفته شده، سپس درون دستگاه جوجه‌کشی قرار داده می‌شوند، این روند تا روز هفتم جوجه‌کشی ادامه دارد. در روز هفت جوجه‌کشی با استفاده از روش کندلینگ نطفه‌داری تخم مرغ‌ها مشخص می‌گردد، و پس از آن به طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود.

## آماده‌سازی نمونه

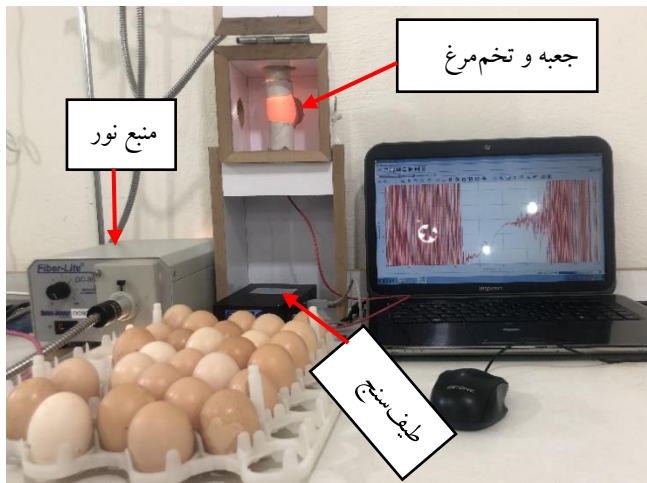
در این پژوهش در مجموع از ۱۳۰ تخم‌مرغ محلی استفاده گردید. پس از جمع‌آوری، تخم مرغ‌ها به آزمایشگاه الکترونیک گروه مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انتقال یافتند. پوسته آلوده نمونه‌ها به منظور جلوگیری از کپک و افزایش نفوذپذیری آن‌ها در هنگام جوجه‌کشی، با کمک یک بروس تمیز و سپس با استفاده از الکل با غلظت ۷۵ درصد پاک شده و به طور طبیعی خشک شدند. نهایتاً نمونه‌ها برای انجام سایر مراحل آزمایش شماره‌گذاری گردیدند.

## تجهیزات آزمایش

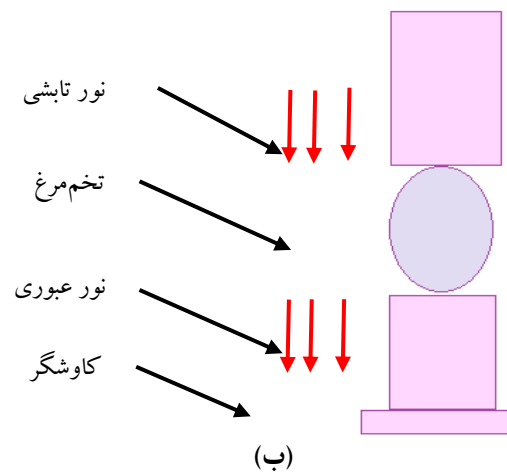
در این پژوهش از دستگاه طیف‌سنج UV-IR (۱۱۰۰-۱۹۰ نانومتر با دقت در حد نانومتر) مدل HR2000CG ساخت شرکت Optics Ocean آمریکا، برای به دست آوردن طیف‌های UV-IR استفاده شد. شکل (الف) ۲ سامانه استفاده شده برای اندازه‌گیری طیف عبوری را نشان می‌دهد. تخم‌مرغ بر روی حلقه‌ای مقوایی در مقابل منبع نور (منبع نور یکنواخت هالوژنی برای اندازه‌گیری‌های فروسرخ نزدیک استفاده گردید). قرار می‌گیرد. فیبر نوری در زیر تخم‌مرغ قرار داشت (شکل (ب) ۲) بدین ترتیب که فقط نور عبوری از آن به آشکارساز در طیف‌سنج می‌رسید. به‌منظور 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.



شکل (۱): فلوجارت روند انجام کار



(الف)



شکل (۲): الف- نمایی از سامانه مورد استفاده در این پژوهش و ب- طیف گیری از تخم مرغ در راستای قطر اصلی

### جمع آوری طیف‌ها و پردازش آن‌ها

پس از شماره گذاری تخم مرغ‌ها، از روز قبل جوجه کشی (روز صفرم) تا روز هفت جوجه کشی طیف گیری از تخم مرغ‌ها انجام شد، شایان ذکر است که در هر روز پس از پایان طیف گیری، تخم مرغ‌ها به دستگاه جوجه کشی (ماشین جویبار طیور) با دمای ۳۷/۸ درجه سلسیوس و ۶۵ درصد رطوبت نسبی منتقل می‌شدند. پس از پایان طیف سنجی برای مشخص کردن تخم مرغ‌های نطفه دار از بدون نطفه، از



روش کندلینگ و روش مخرب (شکستن) تخم‌مرغ‌هایی که با روش کندلینگ قابل تشخیص نبودند) بررسی شدند در همان زمان، مقادیر مشاهدات کیفی تخم‌مرغ‌ها بارور و غیر بارور به ترتیب ۱ و ۰ تعیین گردید (شکل-۳).



(الف)



(ب)

شکل (۳): تشخیص نطفه‌داری تخم‌مرغ؛ روش کندلینگ (الف)، روش مخرب (ب)

داده‌های طیفی به دست آمده از طیف‌سنج، افزون بر اطلاعات نمونه شامل اطلاعات ناخواسته پس زمینه و نویزها نیز هستند. این اطلاعات غیر مفید 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 [۱۱]. از این رو، برای دستیابی به مدل‌های واسنجی پایدار، دقیق و قابل اعتماد، نیاز به پیش‌پردازش داده‌های طیفی پیش از تدوین مدل‌های هوشمند است. به منظور هموارسازی و حذف نویزهای تصادفی موجود در طیف‌ها از هموارسازی سائیتزکی-گولای بر پایه الگوریتم  $SG^f$  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 [۱۱] و [۱۰] نرمال‌سازی طیف‌ها نیز برای تصحیح اثرهای جمعی<sup>۵</sup> (جابه‌جایی خط پایه<sup>۶</sup>) و افزایش<sup>۷</sup> (انحراف<sup>۸</sup>) 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 به کارگیری روش‌های تصحیح پراکنش افزایش<sup>۹</sup> (MSC) و توزیع نرمال استاندارد<sup>۹</sup> (SNV) انجام شد [۹]. در این پژوهش از ترکیب روش‌های مختلف پیش‌پردازش برای تعیین نطفه‌داری تخم‌مرغ به صورت غیرمخرب بهره‌گیری شده است. روش‌های 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.

### 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<sup>۱۰</sup> داده‌ها تشکیل، سپس مقادیر ویژه و بردارهای ویژه ماتریس استخراج و مرتب گردیدند. نهایتاً چند بردار ویژه که دارای

4 Savitzky-Golay  
5 Additive Effects  
6 Baseline Shift  
7 Tilt  
8 Multiplicative Scatter Correction  
9 Standard Normal Variate  
10 covariance



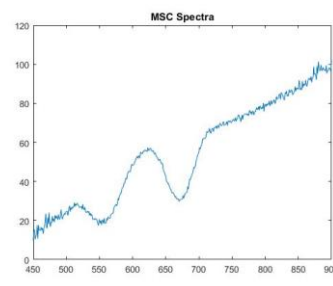
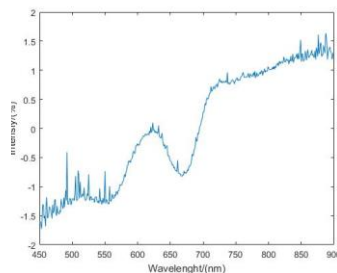
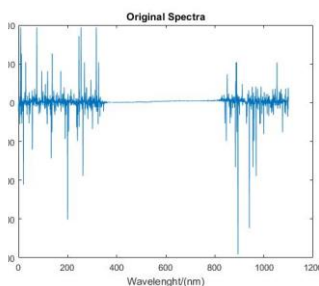
بیشترین میزان مقادیر ویژه هستند، نگه داشته شده و بقیه حذف شدند. کاهش داده سبب سادگی مدل پیشگو و همچنین زمان پردازش داده‌ها می‌گردد [۱۵].

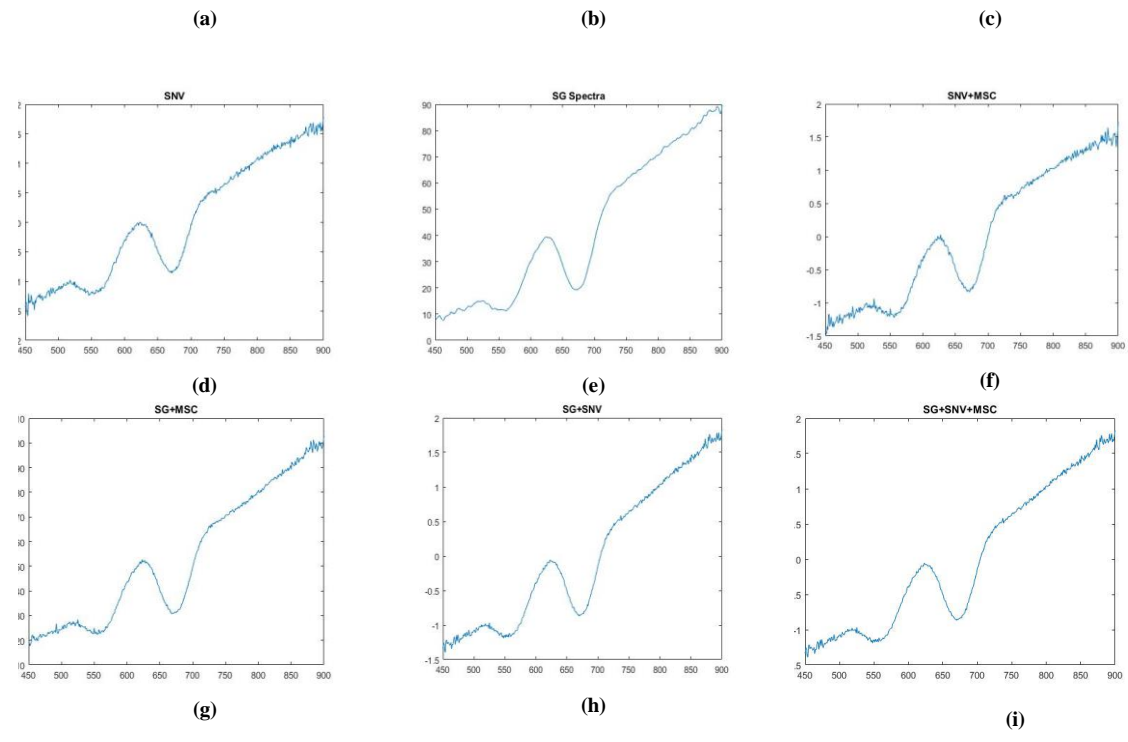
### طبقه‌بندی داده‌های طیفی

بعد از تصحیح طیف‌های اخذ شده با روش‌های فوق‌الذکر، به منظور افزایش سرعت سامانه هوشمند و همچنین حذف اطلاعات زائد که سبب گمراهی طبقه‌بندی می‌شوند. در بخش آموزش، آزمون و اعتبارسنجی شبکه عصبی به ترتیب ۷۰٪، ۱۵٪ و ۱۵٪ نمونه‌ها به‌طور تصادفی برای ساخت این مدل انتخاب شد. تعداد نرون‌های انتخابی لایه پنهان با استفاده از روش سعی و خطا، از ۱ تا ۲۰ نرون محاسبه گردید سپس بهترین آن‌ها انتخاب گردید [۵]. همچنین به منظور بررسی عملکرد طبقه‌بندی از سه پارامتر مهم دقت کلی طبقه‌بندی، تشخیص (Specificity) و حساسیت (Sensitivity) استفاده شده است [۳].

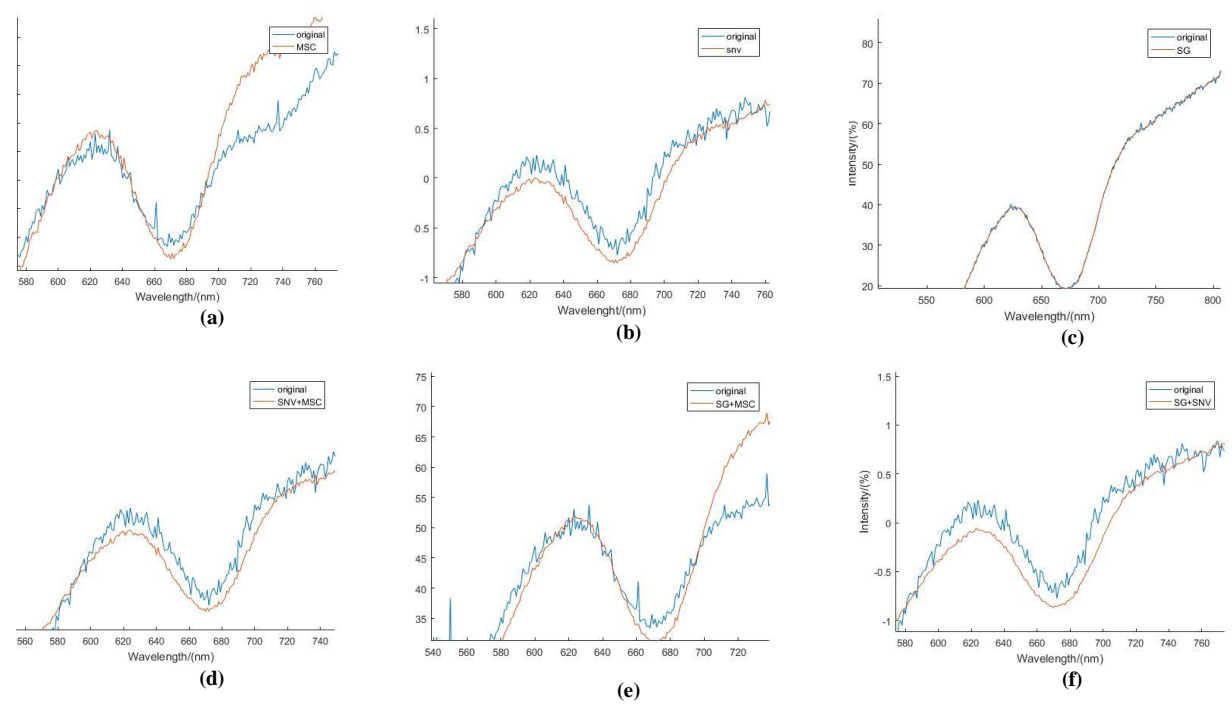
### تحلیل نتایج

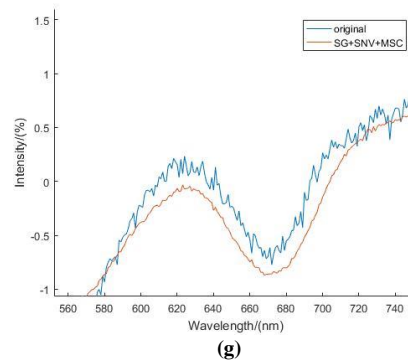
میزان طیف خام عبوری تخم‌مرغ در شکل ۴a نشان داده شده است. شکل ۴b طیف بدست آمده پس از حذف نقاط ابتدایی و انتهایی طیف خام می‌باشد. با توجه به اینکه تخم‌مرغ دارای پوسته آهکی بوده، مانعی برای عبور نور می‌باشد. بر همین اساس نور تابیده شده در یک محدوده طیفی می‌تواند از پوسته تخم‌مرغ عبور کند و در سایر محدوده‌ی 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 MSC، SNV، SG، SNV+MSC، SG+MSC، SG+SNV و SG+SNV+MSC به ترتیب در شکل‌های ۴c-i شان داده شده است. مطابق شکل ۴c و به‌صورت بزرگتر در شکل ۵a جابه‌جاشدگی طیف‌ها اصلاح شده است و پیک‌ها به محل اصلی خود انتقال یافته‌اند. همان‌طور که از شکل ۵b مشخص است که روش SNV نویزهای حاصل از نوسانات احتمالی منبع نور و اندازه نمونه‌ها را به‌خوبی 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 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 ۵c قابل مشاهده است که نویزهای طیف حذف گردیده و طیف حاصل نسبت به طیف اولیه سطحی هموارتر دارد. در ۵d و ۵e مشخص است پیش‌پردازش SNV+MSC و SG+MSC سبب انتقال پیک‌ها به محل اصلی خود شده و همچنین کاهش نویزهای حاصل از نوسانات احتمالی منبع نور و اندازه نمونه‌ها نیز به‌خوبی فیلتر گردیده است. در شکل ۵f علاوه بر حذف نویز بزرگی پیک نیز کاهش داده است در آخر نمودار ۵g 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 ۵f است.





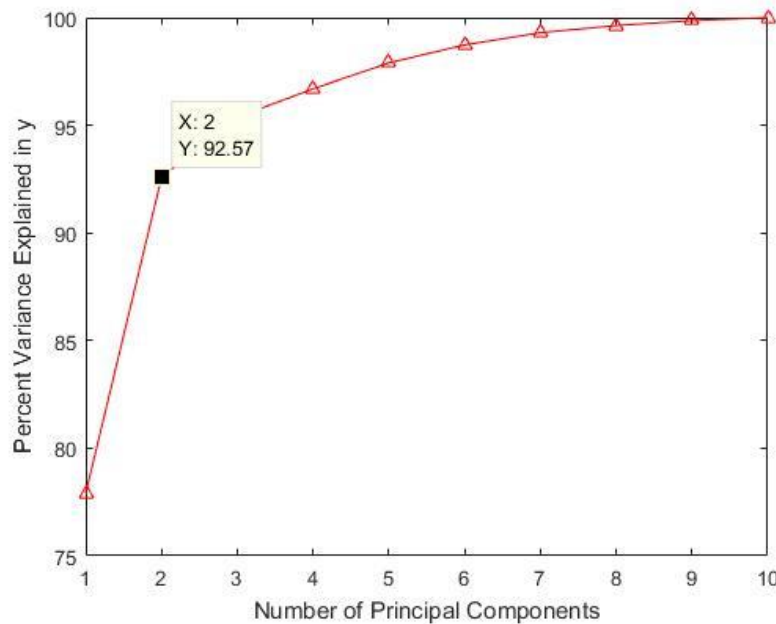
شکل (۴): طیف عبوری تخم مرغ؛ طیف خام (a)، حذف نقاط ابتدایی و انتهایی طیف (b)، پردازش شده با MSC (c)، پردازش شده با SNV (d)، پردازش شده با SG (e)، پردازش شده با SNV+MSC (f)، پردازش شده با SG+MSC (g)، پردازش شده با SG+SNV (h) و پردازش شده با SG+SNV+MSC (i).





شکل (۵): طیف حاصل از پیش پردازش‌های مختلف همراه با طیف خام؛ پیش پردازش MSC (a)، پیش پردازش SNV (b)، پیش پردازش SG (c)، پیش پردازش SNV+MSC (d)، پیش پردازش SG+MSC (e)، پیش پردازش SG+SNV (f) و پیش پردازش SG+SNV+MSC (g)

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 ۹۸٪ واریانس داده‌ها را پوشش داده است. همچنین قابل ذکر است که برای همه روزها ۵ PC انتخاب گردید چون درصد واریانس پوشش داده ۹۸٪ به بالا بوده است.



شکل (۶): ۱۰ مؤلفه اصلی بر حسب درصد واریانس داده‌ها به روش PCR

جدول (۱): عملکرد شبکه عصبی در روز صفرم

پیش پردازش	تعداد نرون	تشخیص (%)	حساسیت (%)	دقت طبقه‌بندی (%)
SG	۳	۸۶/۳۱	۵۱/۸۳	۷۲/۳
MSC	۵	۸۷/۵	۵۲/۹۶	۷۱/۸
SNV	۴	۶۹/۸۷	۴۸/۹	۶۹
SG+SNV	۱۰	۷۰/۹	۵۰/۳۲	۷۰
SG+MSC	۶	۷۲/۷	۵۱/۳۵	۷۰/۹



٪۶۹/۴	٪۴۲/۵	٪۷۰/۳	۱۱	SNV+MSC
٪۷۰	٪۵۱/۴۸	٪۷۱/۱	۷	SG+SNV+MSC

با توجه به جدول ۱، بهترین نتیجه بدست آمده برای روز قبل از جوجه کشی (روز صفرم)، از بین پیش پردازش‌های استفاده شده، پیش پردازش ساویتزکی-گولای با ۳ نرون در لایه پنهان با دقت ٪۷۲/۳ است. همچنین دومین پیش پردازش از نظر دقت MSC با ۵ نرون در لایه پنهان و در آخر بیشترین خطا مربوط به پیش پردازش SNV، با دقت ٪۶۹ می‌باشد.

جدول (۲): عملکرد شبکه عصبی در روز اول

پیش پردازش	تعداد نرون	تشخیص (%)	حساسیت (%)	دقت طبقه‌بند (%)
SG	۴	٪۸۷/۱	٪۵۲/۸	٪۷۲/۱
MSC	۵	٪۸۶/۹	٪۵۱/۶	٪۷۱/۲
SNV	۱۰	٪۷۰	٪۵۸/۷	٪۶۸/۲
SG+SNV	۶	٪۸۱/۲	٪۵۱/۹	٪۷۰/۵
SG+MSC	۱۳	٪۸۶/۹	٪۵۳/۶۸	٪۷۰/۸
SNV+MSC	۴	٪۷۶/۳۴	٪۴۹/۶۳	٪۷۱/۳
SG+SNV+MSC	۹	۶۹/۱۰	٪۶۲/۹۶	٪۷۳/۵

جدول ۲- نتایج روز اول جوجه کشی را نشان می‌دهد. بهترین نتیجه بدست آمده برای ترکیب پیش‌پردازش‌های SG+SNV+MSC، با دقت طبقه‌بندی ٪۷۲/۵ و ۹ نرون در لایه پنهان می‌باشد که حساسیت و تشخیص آن پایین است. همچنین پیش پردازش SG با دقت ٪۷۲/۱ و ۴ نرون در لایه پنهان با درصد تشخیص ٪۸۷/۱ در مرتبه دوم از نظر دقت طبقه‌بند قرار می‌گیرد. اگر چه پیش پردازش SG+SNV+MSC دارای دقت بالاتر است. اما تعداد نرون‌های پایین پیش پردازش SG از طرف دیگر درصد حساسیت و تشخیص بالاتر سبب می‌شود که نتایج بدست آمده برای SG قابل اطمینان گردد.

جدول (۳): عملکرد شبکه عصبی در روز دوم

پیش پردازش	تعداد نرون	تشخیص (%)	حساسیت (%)	دقت طبقه‌بند (%)
SG	۷	٪۸۵/۶۸	٪۷۰/۳۷	٪۷۳/۶
MSC	۵	٪۶۰/۸۳	٪۴۸/۵	٪۶۸/۵
SNV	۷	٪۵۰/۹۷	٪۳۷/۰۳	٪۶۹
SG+SNV	۱۲	٪۷۹/۰۲	٪۳۵/۳۳	٪۶۸/۸
SG+MSC	۹	٪۸۰/۰۱	٪۵۰/۶۱	٪۶۹
SNV+MSC	۶	٪۷۸/۳۳	٪۵۱/۵۵	٪۷۰/۵
SG+SNV+MSC	۳	٪۷۶	٪۶۳/۳	٪۷۱/۵

جدول ۳- عملکرد شبکه عصبی را برای روز دوم جوجه کشی نشان می‌دهد. بهترین دقت طبقه‌بند در این روز ٪۷۳/۶ برای پیش‌پردازش ساویتزکی-گولای با ۷ نرون در لایه پنهان می‌باشد. علاوه بر این، ترکیب پیش‌پردازش‌های استفاده شده (SG+SNV+MSC) نیز دارای دقت ٪۷۱/۵ با تعداد ۳ نرون در لایه پنهان می‌باشد. علیرغم اینکه پیش‌پردازش ساویتزکی گولای دقت بالاتری نسبت به SG+SNV+MSC

دارد اما ترکیب استفاده شده تعداد نرون کمتری در لایه پنهان دارد و احتمال بیش برآزش در آن کاهش پیدا می کند. همچنین سرعت عملکرد بالاتری در تشخیص داشته است. در روز دوم بیشترین خطا مربوط به پیش پردازش SG+SNV با دقت ۶۸/۸٪ و ۱۲ نرون در لایه پنهان می باشد.

جدول (۴): عملکرد شبکه عصبی در روز سوم

پیش پردازش	تعداد نرون	تشخیص (%)	حساسیت (%)	دقت طبقه بند (%)
SG	۱۰	۹۷/۱	۸۷/۶۴	۸۵/۲
MSC	۱۲	۸۶/۹	۹۰/۲۲	۸۰
SNV	۶	۸۶/۵	۷۸/۹	۷۹/۵
SG+SNV	۳	۹۴/۶۷	۵۸/۶۶	۷۹
SG+MSC	۸	۹۰/۵	۶۷/۳۹	۷۹
SNV+MSC	۶	۷۸/۱۱	۸۹/۲	۷۹
SG+SNV+MSC	۵	۸۰/۲۳	۷۸/۱	۸۰

نتایج حاصل از عملکرد شبکه عصبی در روز سوم جوجه کشی در جدول-۴ آورده شده است. بهترین دقت طبقه بندی در روز سوم جوجه کشی با استفاده از پیش پردازش SG، ۸۵/۲٪ بدست آمد که دارای ۱۰ نرون در لایه پنهان، مقادیر تشخیص و حساسیت بالای ۸۰٪ نیز می باشد همچنین پیش پردازش SG+SNV+MSC و MSC با دقت برابر ۸۰٪، و به ترتیب ۵ و ۱۲ نرون در لایه پنهان در مرتبه دوم قرار می گیرند ولی با توجه با اینکه SG+SNV+MSC تعداد نرون بالاتری و حساسیت کمتری نسبت به MSC دارد پیش پردازش MSC دارای عملکرد بهتری نسبت به آن است.

جدول (۵): عملکرد شبکه عصبی در روز چهارم

پیش پردازش	تعداد نرون	تشخیص (%)	حساسیت (%)	دقت طبقه بند (%)
SG	۸	۷۹/۱۱	۸۰/۵	۸۱
MSC	۸	۸۹/۱	۷۸/۸	۷۶/۸
SNV	۹	۷۴/۶	۹۰/۴۵	۷۰/۵
SG+SNV	۶	۷۸/۲۳	۶۵/۲	۸۰
SG+MSC	۵	۸۹/۲	۸۷/۳۳	۷۹/۸
SNV+MSC	۳	۹۰/۵۴	۸۶/۴۳	۷۹/۸
SG+SNV+MSC	۴	۸۴/۸	۷۹/۱	۸۴/۸

جدول-۵ نتایج حاصل از طبقه بند شبکه عصبی را در روز چهارم جوجه کشی نشان می دهد. مدل پیش پردازش SG+SNV+MSC بالاترین دقت طبقه بندی به مقدار ۸۴/۸٪ را در این روز به دست آورد. پس از آن پیش پردازش SG با دقت ۸۱٪ دارای بالاترین دقت می باشد. تعداد نرون های لایه پنهان به ترتیب برای SG و SG+SNV+MSC، ۴ و ۸ به دست آمده است. کمترین دقت تشخیص مربوط به پیش پردازش SNV با دقت ۷۰/۵٪ و ۹ نرون در لایه پنهان می باشد.

جدول (۶): عملکرد شبکه عصبی در روز پنجم

پیش پردازش	تعداد نرون	تشخیص (%)	حساسیت (%)	دقت طبقه بند (%)
------------	------------	-----------	------------	------------------

٪۸۵/۸	٪۸۷/۰۸	٪۹۱/۶۴	۵	SG
٪۷۹/۸	٪۹۱/۶۴	٪۸۵/۹۴	۱۰	MSC
٪۷۹	٪۸۱/۶۱	٪۹۱/۵۷	۶	SNV
٪۷۴/۴	٪۶۷/۳۹	٪۹۸/۵۴	۵	SG+SNV
٪۸۰	٪۷۸/۳۵	٪۸۹/۳۲	۸	SG+MSC
٪۷۹/۵	٪۸۰/۵	٪۷۹/۱	۴	SNV+MSC
٪۸۰/۸	٪۸۸/۳۲	٪۸۰/۳۴	۵	SG+SNV+MSC

نتایج حاصل از عملکرد شبکه عصبی در روز پنجم جوجه کشی در جدول ۶ ارائه گردیده است. با توجه به جدول موجود بهترین دقت طبقه‌بند مربوط به پیش‌پردازش ساویتزکی-گولای به مقدار ٪۸۵/۸ است. پیش‌پردازش SG+SNV+MSC از نظر دقت بدست آمده در جایگاه دوم قرار دارد که دارای مقدار ٪۸۰/۸ است. از نظر تعداد نرون در لایه پنهان برابر (۳ نرون در لایه پنهان) هستند. علاوه بر این SG، درصد تشخیص بالاتری دارد ولی SG+SNV+MSC دارای درصد حساسیت بالاتری نسبت به SG می‌باشد اما مقادیر بدست آمده برای درصد حساسیت‌های این دو پیش‌پردازش تفاوت چندانی باهم ندارند.

جدول (۷): عملکرد شبکه عصبی در روز ششم

دقت طبقه‌بند (%)	حساسیت (%)	تشخیص (%)	تعداد نرون	پیش‌پردازش
٪۸۷/۲	٪۷۸/۰۶	٪۹۱/۵۷	۱۱	SG
٪۸۰/۸	٪۹۰/۴۶	٪۷۴/۶	۶	MSC
٪۶۹/۸	٪۶۶/۳	٪۷۷/۱	۱۰	SNV
٪۷۹/۸	٪۶۷/۳۹	٪۸۷/۲۳	۵	SG+SNV
٪۷۲	٪۸۱/۵	٪۹۱/۵۷	۴	SG+MSC
٪۷۲/۱	٪۷۹/۲۳	٪۷۹/۳۴	۹	SNV+MSC
٪۷۹/۸	٪۸۷/۲۳	٪۸۷/۲۳	۱۳	SG+SNV+MSC

جدول ۷- نتایج مربوط به تشخیص نطفه در روز ششم جوجه کشی را نشان می‌دهد. دقت ٪۸۷/۲ با تعداد ۱۱ نرون در لایه پنهان با استفاده از پیش‌پردازش SG بدست آمد. پیش‌پردازش MSC نیز با دقت ٪۸۰/۸ با ۶ نرون در لایه پنهان و حساسیت ٪۹۰/۴۶ به عنوان دومین گزینه انتخاب می‌گردد. با توجه به اینکه SG تعداد نرون‌های بیشتر و درصد حساسیت کمتری نسبت به MSC اما دارای دقت بالاتری بوده است. در روز ششم جوجه کشی بیشترین خطا مربوط به پیش‌پردازش SNV با ۱۰ نرون در لایه پنهان و دقت ٪۶۹/۸ می‌باشد.

جدول (۸) عملکرد شبکه عصبی در روز هفتم

دقت طبقه‌بند (%)	حساسیت (%)	تشخیص (%)	تعداد نرون	پیش‌پردازش
٪۸۱	٪۸۷/۶۴	٪۸۷/۱۲	۳	SG
٪۸۰	٪۷۸/۹	٪۸۶/۵	۵	MSC
٪۷۹/۸	٪۹۰/۲۵	٪۸۷/۹	۶	SNV
٪۸۰/۵	٪۷۹/۳۹	٪۹۴/۶۷	۶	SG+SNV
٪۸۰	٪۷۷/۳۹	٪۸۷/۲۳	۹	SG+MSC

۸۰/۲٪	۸۰/۵٪	۸۷/۲۳٪	۶	SNV+MSC
۸۹٪	۸۹/۲۳٪	۹۷/۵٪	۵	SG+SNV+MSC
				SC

جدول ۸- مربوط به طبقه‌بندی شبکه عصبی برای تشخیص تخم مرغ‌های نطفه‌دار از بدون نطفه می‌باشد. پیش پردازش SG+SNV+MSC با دقت ۸۹٪ و تعداد ۵ نورون در لایه پنهان به عنوان بهترین مدل در روز هفتم جوجه‌کشی مشخص گردید. دومین پیش پردازش از نظر دقت SG با ۳ نورون در لایه پنهان است. با توجه به اینکه SG تعداد نورون کمتری در لایه پنهان دارد. در نتیجه احتمال بیش برآزش کاهش پیدا می‌کند و سرعت تشخیص نیز به تناسب بالا می‌رود اما SG+SNV+MSC دارای خطای کمتر، درصد تشخیص و حساسیت بالاتری نسبت به آن است. اسمیس و همکاران (۲۰۰۸) نیز از روش تصویربرداری فراطیفی برای تشخیص تخم مرغ نطفه‌دار و بی-نطفه در روزهای ابتدایی انکوباسیون استفاده کردند. آن‌ها در روز صفر دقت این روش را ۷۱٪، روز یکم ۶۳٪، روز دوم ۶۵٪ و در نهایت دقت روز سوم را ۸۳٪ گزارش کردند [۱۹]. داس و ایوانز (۱۹۹۲) با استفاده از ترکیب خصوصیات هیستوگرام تصویر و شبکه عصبی سعی به تشخیص تخم مرغ نطفه‌دار از بی‌نطفه در دوره انکوباسیون پرداختند. آن‌ها توانستند در روز ۴ با دقت ۹۳/۹٪، در روز ۳ با دقت ۹۳/۵٪ و در روز ۲ با دقت ۶۷/۶٪ تخم مرغ نطفه‌دار را از بی‌نطفه تشخیص دهند [۸]. زی هانگ و همکاران (۲۰۰۶) برای شناسایی تخم مرغ‌های نطفه‌دار در روزهای ۲ تا ۶ دوره انکوباسیون از ماشین‌بینایی و پردازش تصویر و شبکه عصبی با الگوریتم  $SAPSO^{11}$  استفاده نمودند. بر اساس گزارش آن‌ها، دقت ۸۶/۷٪ در روز سوم، ۹۰٪ در روز چهارم، ۹۱/۴٪ در روز پنجم و ۹۵٪ در روز ششم تخم مرغ‌های هیچ شده شناسایی شدند [۱۸]. لویی و نگادی (۲۰۱۲) از سیستم تصویربرداری ابر طیف مادون قرمز و الگوریتم خوشه‌بندی K-means برای تشخیص تخم مرغ با نطفه، بی‌نطفه و دارای جنین مرده در روزهای آغازین انکوباسیون استفاده کردند. آن‌ها تخم مرغ‌ها را به دودسته با نطفه و بی‌نطفه (دارای جنین مرده و بی‌نطفه) تقسیم کردند. آن‌ها توانستند همگی تخم مرغ‌ها 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 ۸۴/۱۲٪ از یکدیگر جدا کنند [۱۴].

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

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. از طیفسنجی فرسرخ نزدیک می‌توان برای تعیین نطفه‌دار بودن تخم مرغ در روزهای اولیه جوجه‌کشی بهره گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که می‌توان با دقت ۸۵/۲٪ در روز سوم جوجه‌کشی نطفه‌دار بودن تخم مرغ را مشخص کرد.

#### منابع

۱. پوررضا، جواد. ۱۳۹۷. اصول علمی و عملی پرورش طیور. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. خجسته کی، مهدی. ۱۳۹۱. اصول جوجه‌کشی طیور. تهران، انتشارات مرز دانش.
۳. صادقی، محمد. بناکار، احمد، شوشتری، عبدالحمید. ۱۳۹۵. تشخیص بیلبری نیوکاسل، برونشیت و آنفلوآنزای پرند با استفاده از سیگنال صدای قلب و ماشین بردار پشتیبان



۴. فروزان مهر، سیداحتشام الدین، حبیب‌الهی، مجتبی، علوی، سید ناصر و فروزان مهر، سید انتظام الدین. ۱۳۸۷. بررسی و انتخاب تخم مرغ‌های نابارور در مراحل جوجه کشی با استفاده از دید ماشین به منظور افزایش بازده در تولید جوجه‌های یک روزه. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌آلات کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.

5. Abdanan Mehdizadeh, S. 2015. Egghell crack detection using PCA and SVM. Journal of food science and technology, 13(56), 143-153. (In Farsi).
6. 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.
7. 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.
8. Das, K., and M. D. Evans. 1992. Detecting fertility of hatching eggs using machine vision. II. Neural network classifiers. Trans. ASAE.
9. 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.
10. 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.
11. 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)
12. 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 Poultr Sci J 59:62-64.
13. 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
14. 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.
15. 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 near infrared, Biosystems Engineering, 115 (2), 154- 161.
16. 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)
17. 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.
18. 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.
19. 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. Poultr. Sci. 7:1001-1004.





دانشگاه شهید چمران اهواز



انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



دوازدهمین کنگره ملی  
مهندسی مکانیک بیوسیستم  
و مکانیزاسیون ایران

۱۶ - ۱۸ بهمن ماه ۱۳۹۸

دانشگاه شهید چمران اهواز

- 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.



## Determination of Local Egg Germination by Near Infrared Spectroscopy (NIR)

Sayedh Arefeh Hosseini.1, Ahmad Banakar\*.1, Saeid Minaei.1, Saman Abdanan Mehdizadeh.2

1. Department of Biosystems Engineering, Tarbiat Modares University of Tehran.
2. Department of Biosystems Engineering, Ramin University of Khuzestan.

### Abstract

Determining the presence of sperm in the egg in the early days before and after hatching, in addition to reducing losses, results in more production in the poultry industry. In this regard, spectroscopy was performed in the spectral range of 100-190 nm from 130 local egg samples along the original diameter for 8 days (one day before hatching until day 7 of hatching). Spectral data from the spectrometer, in addition to the sample data, include unwanted and noise information. For this reason, spectral data preprocessing is required before appropriate model formulation for obtaining accurate classification models. In this regard, neural network intelligent classification was formulated based on reference measurements and pre-processed spectrum information by mixing different methods of smoothing, normalization and spectral resolution enhancement to determine egg germination. The best classification results at days 3, 4, 5, 6 and 7 hatching with accuracy, and detection were obtained 85.2%, 84.8%, 85.8%, 87.2%, and 89.2%, sensitivity with 87.64%, 79.1%, 87.08%, 78.06% and 87.23%, and detection with 97.1%, 84.8%, 91.64%, 91.57% and 91.5%, respectively.

**Keywords:** Sperm, Local Egg, Candling, Spectroscopy, Near Infrared, Network

\* Corresponding

E-mail: ah\_banakar@modares.ac.ir