



مطالعه عکس‌العمل طیفی گندم‌های سالم و آسیب‌دیده به وسیله قارچ‌ها با استفاده از روش طیف‌سنجی

سامان زهرابی^۱، سید صادق سیدلو^۲

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز

Corresponding author: zohrabi.saman@tabrizu.ac.ir

چکیده:

گندم یکی از محصولات کشاورزی مهم و استراتژیک در جهان و ایران می‌باشد و از ارزش اقتصادی و غذایی بالایی برخوردار است. با توجه به واردات گندم به ویژه در مواقع خشک‌سالی و نیز نقل و انتقال گندم در داخل کشور تعیین سالم بودن از نظر آلودگی به عوامل قارچی اهمیت زیادی دارد. هدف از این پژوهش تشخیص گندم‌های سالم از ناسالم است که توسط قارچ‌هایی مثل فوزاریوم، پنی‌سیلیوم و یا فراورده‌های قارچی مثل آفلاتوکسین و غیره مورد هجوم قرار گرفته‌اند. در این پژوهش از ابزار طیف‌سنجی در محدوده ۱۹۰-۱۱۰۰ نانومتر استفاده شد که با استفاده از روش آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، طول‌موج‌های ۳۱۰، ۳۳۰، ۴۰۰ و ۴۱۰ به عنوان بهترین طول‌موج، برای شناسایی و تشخیص گندم‌های سالم و ناسالم تشخیص داده شدند. با در نظر گرفتن شدت طول‌موج‌های مذکور به عنوان ورودی شبکه عصبی، نمونه‌ها با دقت ۹۷٫۶ درصد به دسته‌های سالم و ناسالم دسته‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: گندم، قارچ، ماوراءبنفش، شبکه عصبی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تشخیص



مقدمه

گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایران است و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی از اهمیت بسیاری برخوردار است. طبق آخرین آمار سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۱۰ در ایران بیش از ۱۵۰۲۸۸۰۰ تن گندم برداشت شده است (FAO, 2010). با این حال علیرغم بهره‌مندی از استعدادها و ظرفیت‌های بالقوه کشور، در بعضی سال‌ها حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از گندم مورد نیاز از طریق واردات تأمین می‌شود؛ بنابراین با توجه به میزان واردات گندم و تأثیر آن بر کیفیت محصولات تولیدی اهمیت تعیین کیفیت گندم وارد شده و سالم بودن آن از نظر آلودگی به انواع قارچ‌ها و سموم شیمیایی اهمیت دارد. پنی‌سیلیوم^۱، آسپرژیلوس^۲ و فوزاریوم قارچ‌های معروفی هستند که در دوره انبارداری رشد می‌کنند. بیش از ۳۰۰ نوع سموم قارچی وجود دارد که از طریق این گونه‌ها تولید می‌شوند (Saito et al., 2009). این سموم می‌توانند در انسان و یا حیوان باعث تخریب حاد کبد، سیروز کبد، القای تومور و تأثیرات تراژدیک شوند (Hedayati and Mohammadpour, 2005).

روش‌های مختلفی از قبیل مکانیکی، امواج اولتراسونیک و ماشین‌بینایی برای شناسایی قارچ‌ها مورد استفاده قرار گرفته است؛ اما این روش‌ها قادر نیستند دانه‌هایی را که در سطح کمتری مورد هجوم قرار گرفته‌اند شناسایی کنند. از طرف دیگر روش‌های کشت میکروبی، شمارش کل کپک‌ها، تهیه اسلاید کالچر که به صورت مرسوم برای شناسایی قارچ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند نیاز به دوران نگهداری^۳ زیادی دارند و شناسایی و تعیین خصوصیات قارچ‌ها به صورت میکروسکوپی نیز یک کار زمان‌بر بوده و مناسب نیست (گیتی شرفی و همکاران، ۱۳۸۸) و روش‌های مدرن مهندسی که در تعیین کیفیت گندم مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌توان به تصویربرداری در محدوده مرئی که با استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی (شکل و اندازه)، مشخصه‌های رنگی و خصوصیات بازتابش دانه‌ها انجام شده (Majumdar and Jayas, 2000a, b, c, d)، تصویربرداری هایپراسپکترال، تصویربرداری اشعه X، تصویربرداری حرارتی و طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIRS) یا ماورای بنفش اشاره کرد (Chelladurai et al., 2010, Qin, 2010). طیف‌سنجی‌ها در محدوده‌های طول موجی ماورا بنفش، ناحیه مرئی و مادون قرمز قرار دارند که محدوده طول موجی محدوده ماورا بنفش ۱۹۰-۴۰۰ نانومتر و مرئی ۴۰۰-۷۵۰ نانومتر و طیف‌سنجی مادون قرمز (IR) ۷۵۰-۲۵۰۰ نانومتر می‌باشد (Lin et al., 2009). از طیف‌سنجی برای اندازه‌گیری جذب، عبور و انعکاس مواد غذایی و مواد جامد، مایع و یا گاز در فرکانس‌های مختلف استفاده می‌شود. پیرسون و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) مقدار طیف انعکاسی دانه‌های ذرت آلوده

۱. *Penicillium* spp (blue-green)
۲. *Aspergillus* spp (black-white-brown-blue-green-and yellow)
۳. Incubation



به آفاتوکسین را مورد بررسی قرار دادند و توانستند بیش از ۹۵ درصد دانه‌های ذرت که بیشتر از ۱۰۰ ppb و کمتر از ۱۰ ppb به آفاتوکسین آلوده بشوند را شناسایی کنند. همچنین پیریس و همکارانش (۲۰۰۹) با استفاده از خصوصیات جذب مادون قرمز در غلظت‌های مختلف DON^۱ به خوبی توانستند گندم‌های سالم و آلوده به فوزاریوم را تشخیص دهند. این آزمایش نشان داد که طیف‌سنجی مادون قرمز با طول موج در محدوده‌ی ۱۰۰۰-۲۱۰۰ نانومتر یک روش مناسب در تشخیص گندم‌های مبتلا شده به فوزاریوم با سطح ۶۰ ppm و یا بالاتر می‌باشد. ژانگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز با عکس‌برداری هایپراسپکترال در ۲۰ طول موج با فاصله مساوی در محدوده طول موج ۱۰۰۰-۱۶۰۰ نانومتر و با به‌کارگیری چهار روش آماری (میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی^۲) بر روی داده‌های تصویر هایپراسپکترال در هر طول موج توانستند به ترتیب ۹۲/۹ و ۸۷/۲ و ۹۹/۳ درصد گندم‌های آسیب‌دیده با اسپرژیلوس نیگر، اسپرژیلوس گلوکوس، پنی سیلیوم و ۱۰۰ درصد گندم‌های سالم را تشخیص دهند. در واقع یک روش خوب در شناسایی و دسته‌بندی گندم‌های سالم و ناسالم بود. شاهین و سیمونز (۲۰۱۰) نیز ۸۰۰ دانه گندم قرمز بهاری جنوب کانادا را در سه دسته سالم، نیمه آسیب‌دیده و آسیب‌دیده تقسیم‌بندی کرده و سپس گندم‌ها را با استفاده از سیستم تصویربرداری هایپراسپکترال در محدوده طول موج مرئی و مادون قرمز (۴۰۰-۱۰۰۰ نانومتر) عکس‌برداری کرده و سپس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی را بر روی اطلاعات تصاویر انجام داده تا مدل تحلیل آماری خطی برای پیش‌بینی دانه‌های آسیب‌دیده به فوزاریوم را گسترش دهند. آن‌ها توانستند با استفاده از آن مدل آماری بیش از ۹۲ درصد گندم‌های آسیب‌دیده به فوزاریوم را در دو دسته سالم و ناسالم دسته‌بندی کنند.

بنابراین هدف اصلی طرح تحقیقاتی حاضر ارائه روش و سیستمی است که قادر باشد در زمان کمتر و به صورت هوشمند گندم‌های سالم و ناسالم مبتلا به انواع قارچ‌ها را در موقع ورود به کشور و نیز گندم‌های موجود در داخل کشور، از همدیگر تشخیص دهد تا از نقل و انتقال گندم ناسالم در کشور جلوگیری به عمل آید.

مواد و روش‌ها

آماده سازی نمونه‌ها

از بین ارقام گندم کشت شده در منطقه آذربایجان، رقم الوند به عنوان رقم آبی و رقم سرداری به عنوان رقم دیم که بیش‌ترین سطح زیر کشت را دارا هستند، انتخاب شدند. چون تهیه گندم‌های مورد حمله قرارگرفته با قارچ‌ها از مزرعه مشکل بود برای این

۱. Deoxynivalenol

۲. Kurtosis



منظور ابتدا دو گونه قارچی پنی‌سیلیوم اکسپانسونوم^۱ و فوزاریوم گرامینروم^۲ در آزمایشگاه قارچ‌شناسی تحت شرایط استریل زیر هود لامینار روی محیط کشت عمومی کشت شدند و بعد از رشد قارچ‌ها به مدت یک هفته در محیط کشت مورد نظر در داخل انکوباتور در دمای ۲۵ درجه، اقدام به مایه‌زنی آن‌ها روی بذور گندم‌های مورد نظر شد. روش کار به این صورت بود که ابتدا به منظور از بین بردن آلودگی سطحی مقدار ۲۰۰ گرم از دو رقم گندم مورد نظر با استفاده از محلول ۱ درصد سدیم هیپوکلریت به مدت ۲ دقیقه مجاورت گردیده و سپس با استفاده از آب مقطر استریل شده ۲ بار شستشو شده است. سپس از قارچ فوزاریوم و پنی‌سیلیوم کشت شده سوسپانسیون اسپور تهیه شده و به صورت جداگانه بر روی نمونه‌های گندم مایه زنی شده است. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ روز در داخل یک انکوباتور در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و بعد از مدت مورد نظر به منظور انجام آزمایش با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی از نمونه‌ها آرد تهیه شده است؛ که در مجموع تعداد ۴۲ عدد نمونه آرد شده با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی مورد بررسی قرار گرفته شد که شامل ۷ نمونه گندم سالم از دو رقم سرداری و الوند و ۷ نمونه گندم آلوده شده با قارچ فوزاریوم و ۷ نمونه آلوده شده با قارچ پنی‌سیلیوم در هر رقم بودند.

اندازه‌گیری طیف جذبی

در این آزمایش از یک طیف‌سنج (PG instruments Ltd) T70 UV/VIS spectrometer در محدوده طول موج ۱۹۰-۱۱۰۰ نانومتر استفاده شده است. برای انجام آزمایش حدود ۵ تا ۱۵ میلی‌گرم آرد از هر نمونه با حدود ۴۰۰ میلی‌گرم برمور پتاسیم (KBr) خالص و خشک مخلوط شده و به صورت پودر نرم و یکنواخت در آورده شده است و سپس با فشار زیاد قرص‌های نازک و شفاف تهیه شده است. چون برمور پتاسیم جذب طیفی کمی داشته و امکان می‌دهد که از نمونه طیف کاملی به دست آید. برای کالیبره کردن دستگاه نیز در شروع هر مرحله، ابتدا قرص‌های برمور پتاسیم خالص تهیه شده و در دستگاه طیف‌سنجی قرار داده که در محدوده طول موج مورد مطالعه دستگاه درصد جذب صفر را نشان می‌دهد.

الگوریتم تعریف شده

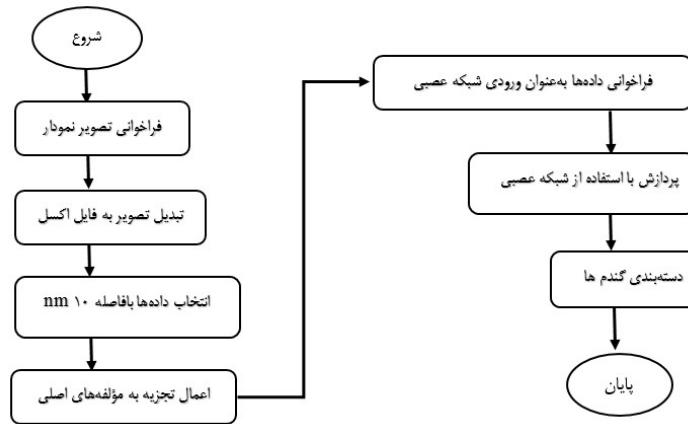
الگوریتمی که در شکل ۱ نشان داده شده است برای پردازش داده‌های مربوط به طیف‌سنجی می‌باشد. با توجه به این که دستگاه طیف‌سنجی، نمودارها را به صورت تصویر ارائه می‌کند ابتدا با استفاده از نرم افزار GetData Graph Digitizer نسخه ۲/۳ تصویر نمودار حاصل از آزمایش طیف‌سنجی فراخوانی شده و با تعیین محورهای مختصات و از طریق انتخاب نقاط مورد نظر روی نمودار،

۱. *Penicillium expansum*

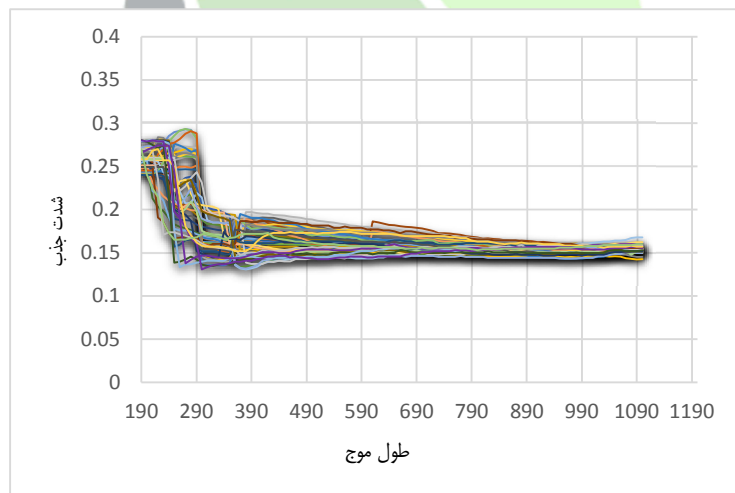
۲. *Fusarium graminearum*



داده‌های نمودار به صورت اکسل به دست آورده شده است که محور افقی طول موج‌ها و محور عمودی مقدار جذب را نشان می‌دهد. در مرحله بعد مقادیر جذبی بافاصله ۱۰ نانومتر انتخاب شده و نمودارهای مربوطه حاصل شده است. در شکل ۲ نمودار جذبی مربوط به نمونه‌های گندم دیده می‌شود.



شکل ۱: فلوچارت کلی الگوریتم طراحی شده برای دسته‌بندی گندم



شکل ۲: نمودار جذبی



تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یکی از انواع روش‌های تحلیل داده‌های چند متغیره است که هدف اصلی آن تقلیل بعد مسئله مورد مطالعه است. هدف اصلی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در این تحقیق تعیین طول موج‌های که بیش‌ترین تأثیر را در دسته‌بندی نمونه‌ها دارند می‌باشد. برای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از جعبه‌ابزار Data Redaction نرم افزار SPSS 16.00 استفاده شده است. با توجه به این که تفاوت نمودارها بیشتر در محدوده طول موجی ۱۹۰ تا ۵۰۰ نانومتر مشاهده می‌شود بنابراین شناسایی طول موج‌ها در این محدوده طول موجی انجام گرفت شده است؛ که به این منظور آزمون KMO and Bartlett در ابتدا بر روی داده‌ها اعمال شده که توانایی انجام تحلیل عاملی بر روی داده‌ها بررسی شود (جدول ۱).

جدول ۱: آزمون KMO

KMO و Bartlett's آزمون		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	۰٫۶۷۶	
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	۳٫۰۱۴۵۳
	Df	۳۵۱
	Sig.	۰/۰۰۰

شبکه عصبی

در این تحقیق برای طبقه‌بندی ورودی‌ها با توجه به کلاس‌های هدف^۱ از شبکه‌های تشخیص الگو که شبکه‌های پیش‌خور هستند در جعبه‌ابزارهای Neural Network نرم افزار Matlab نسخه 7.12.0(2011a) استفاده شده است. شبکه‌های پیش‌خور می‌تواند مشکلات را به صورت غیرخطی حل کنند و از یک سری لایه‌هایی تشکیل شده‌اند که اولین لایه دارای یک اتصال از شبکه‌های ورودی می‌باشد. هر یک از لایه‌های بعدی دارای یک اتصال از لایه قبلی است. لایه نهایی نیز خروجی شبکه را تولید می‌کند. الگوی ورودی نیز ۴ مؤلفه دارد که از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به دست آمده است. برای لایه‌های پنهان نیز شماره‌های مختلف از نرون‌ها مورد آزمون قرار گرفته و تعداد مناسب انتخاب شده است و متوسط طبقه‌بندی در سه تکرار به دست آمده به عنوان درصد طبقه‌بندی گزارش شده است. ماتریس هدف یک ماتریس ۲ * ۴۲ تشکیل شده است و توابع آموزشی مختلف تست شده و

۱. Target Classes



مورد بررسی قرار گرفته‌شده و در نهایت الگوریتم لونیبرگ-مارکوارت^۱ برای آموزش انتخاب شده است و تابع سیگموئید^۲ نیز برای توابع انتقال لایه پنهان و خروجی استفاده شده است. عملکرد شبکه بر اساس متوسط مربع خطاها (MSE) اندازه‌گیری شده و در طول آموزش، داده‌های ورودی و داده‌های هدف به طور تصادفی به ۳ دسته آموزش، آزمون و اعتبارسنجی مجموعه داده تقسیم شد که ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش ۱۵ درصد داده‌ها برای آزمون و ۱۵ درصد داده‌ها برای اعتبارسنجی در نظر گرفته شده است. فرایند آموزش سه بار تکرار شد تا دقت طبقه‌بندی به اندازه کافی بالا برود. البته تکرار بیش از حد باعث آموزش بیش از حد شبکه می‌شود.

نتایج و بحث

با توجه به جدول ۱ عدد KMO برای این داده‌ها برابر ۰,۶۷۶ بوده که نشان می‌دهد داده‌ها در حد متوسط برای انجام تحلیل عاملی مناسب می‌باشد. همچنین نتایج آزمون کرویت بارلت هم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد و این یعنی بین متغیرها همبستگی معنی‌داری وجود دارد. جدول ۲ هم میزان اشتراک متغیرها یا واریانس کل یا میزان مشارکت عاملی متغیرها را نشان می‌دهد. اشتراک اولیه که نشان دهنده تمامی اشتراک‌های قبل از استخراج است؛ بنابراین تمامی آن‌ها برابر با ۱ هستند. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تمامی اشتراک‌ها بالای ۵۵,۹ درصد است و بیانگر توانایی عامل‌های تعیین شده در تبیین واریانس متغیرهای مورد مطالعه است. با وجود این در بین مقادیر اشتراک، تفاوت‌هایی نیز مشاهده می‌شود. برای مثال مقدار اشتراک مربوط به طول موج ۰,۵۵۹,۳۶۰ و برای طول موج ۰,۹۸۹,۴۰۰ است.

جدول ۳ هم مقدار ویژه و واریانس متناظر با عامل‌ها را نشان می‌دهد که مقدار ویژه اولیه برای هر یک از عامل‌ها در قالب مجموع واریانس تبیین شده برآورد شده است. واریانس تبیین شده بر حسب درصدی از کل واریانس و درصد تجمعی است و مقدار ویژه هر عامل نیز نسبتی از واریانس کل متغیرهاست که توسط آن عامل تبیین می‌شود. مقدار ویژه از طریق مجموع مجزورات بارهای عاملی مربوط به تمام متغیرها در آن عامل قابل محاسبه است، از این رو مقادیر ویژه، اهمیت اکتشافی عامل‌ها در ارتباط با متغیرها را نشان می‌دهد. پایین بودن این مقدار برای یک عامل به این معنی است که آن عامل نقش اندکی در تبیین واریانس متغیرها داشته است؛ که چهار مؤلفه اول مقدار ویژه بزرگ‌تر از عدد ۱ داشتند که در جدول ۳ هم مشاهده می‌شود که ۹۱,۵۷۸ درصد واریانس تجمعی را دارا می‌باشد.

۱. Levenberg-Marquardt

۲. Sigmoid



جدول ۲: میزان اشتراک اولیه و بعد از استخراج عامل‌ها برای متغیرهای وارد شده در تحلیل عاملی

اشتراک متغیرها		
طول موج	اولیه	استخراج شده
۷۱۹۰	۱۰۰۰۰	۰.۸۰۷
۷۲۰۰	۱۰۰۰۰	۰.۸۶۳
۷۲۱۰	۱۰۰۰۰	۰.۸۷۰
۷۲۲۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۲۲
۷۲۳۰	۱۰۰۰۰	۰.۸۳۲
۷۲۴۰	۱۰۰۰۰	۰.۸۷۷
۷۲۵۰	۱۰۰۰۰	۰.۸۹۳
۷۲۶۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۶۳
۷۲۷۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۴۶
۷۲۸۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۴۴
۷۲۹۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۴۱
۷۳۰۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۶۷
۷۳۱۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۸۰
۷۳۲۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۷۰
۷۳۳۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۸۸
۷۳۴۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۳۶
۷۳۵۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۰۰
۷۳۶۰	۱۰۰۰۰	۰.۵۵۹
۷۳۷۰	۱۰۰۰۰	۰.۷۶۴
۷۳۸۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۶۵
۷۳۹۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۷۳
۷۴۰۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۸۹
۷۴۱۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۸۷
۷۴۲۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۶۵
۷۴۳۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۸۰
۷۴۴۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۷۳
۷۴۵۰	۱۰۰۰۰	۰.۹۶۲

جدول ۴ هم سهم متغیرها را نشان می‌دهد. اگر بارهای عاملی جلوی هر متغیر را به توان ۲ رسانده و باهم جمع کنیم، ارقام

جدول ۲ ستون استخراج شده به دست می‌آید. این ضرایب از یک سو نشان‌دهنده توانایی عامل‌های تعیین شده در تبیین واریانس

متغیرهای مورد مطالعه و از سوی می‌تواند برای بررسی تناسب متغیرها برای تحلیل عاملی استفاده شود.



جدول ۳: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف

مؤلفه	مقدار ویژه اولیه		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	۱۰,۴۳۸	۳۸,۶۶۱	۳۸,۶۶۱
۲	۶,۴۱۸	۲۳,۰۷۷	۶۲,۴۳۱
۳	۵,۰۳۵	۱۸,۶۴۷	۸۱,۰۷۸
۴	۲,۸۳۵	۱۰,۰۵	۹۱,۵۷۸
۵	۰,۶۶۰	۲,۴۴۳	۹۴,۰۲۱
۶	۰,۵۱۶	۱,۹۱	۹۵,۹۳۲
۷	۰,۲۳۰	۰,۸۵۱	۹۶,۷۸۳
۸	۰,۲۱۲	۰,۷۸۴	۹۷,۵۶۷
۹	۰,۱۷۴	۰,۶۴۳	۹۸,۲۱
۱۰	۰,۱۴۲	۰,۵۲۷	۹۸,۷۳۷
۱۱	۰,۸۴	۰,۳۱۲	۹۹,۰۴۸
۱۲	۰,۸۲	۰,۳۰۵	۹۹,۳۵۴
.	.	.	.
.	.	.	.
۲۶	۰,۰۰۰	۰,۰۰۱	۹۹,۹۹۹
۲۷	۰,۰۰۰	۰,۰۰۱	۱۰۰

بنابراین همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود برای عامل اول طول موج‌های ۳۸۰، ۳۹۰، ۴۰۰ و ۴۱۰ بیش‌ترین تأثیر را دارا می‌باشند و برای عامل دوم طول موج‌های ۳۰۰، ۳۱۰، ۳۲۰ و ۳۳۰ و برای عامل سوم طول موج‌های ۲۳۰، ۲۴۰، ۲۵۰ و ۲۶۰ و برای عامل چهارم طول موج‌های ۱۹۰، ۲۰۰، ۲۱۰ و ۲۲۰ بیش‌ترین تأثیر را دارا هستند؛ بنابراین با در نظر گرفتن جدول ۱ و جدول ۴ می‌توان نتیجه گرفت که طول موج‌های ۳۱۰، ۳۳۰، ۴۰۰ و ۴۱۰ تأثیرگذارترین طول موج‌ها هستند که برای دسته‌بندی نمونه‌ها در شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند. در نهایت با ورود داده‌های مربوط به ۴ طول موج که از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به دست آمده به عنوان ورودی شبکه عصبی و آموزش شبکه عصبی به صورتی که توضیح داده شده بود، ۹۷,۶ درصد نمونه‌ها با میانگین مربعات خطای ۰,۰۱۸۵۵۱۰ به صورت درست در دسته‌های سالم و ناسالم دسته‌بندی شده‌اند.



جدول ۴: ماتریس عاملی

طول موج	ماتریس مؤلفه‌ها			
	۱	۲	۳	۴
۷۱۰	-۰,۶۲۲	-۰,۰۷۷	-۰,۰۶۴	+۰,۶۴۱
۷۲۰	-۰,۵۹۶	-۰,۰۳۵	۰,۰۱۰	+۰,۷۱۱
۷۲۱	-۰,۵۷۴	۰,۰۹۲	۰,۳۲۱	+۰,۶۵۵
۷۲۲	-۰,۴۴۸	-۰,۲۸۱	۰,۵۵۳	+۰,۵۸۸
۷۲۳	-۰,۲۹۹	۰,۳۴۱	+۰,۶۱۴	۰,۴۹۹
۷۲۴	-۰,۲۲۶	۰,۵۲۰	+۰,۷۰۵	۰,۲۴۲
۷۲۵	-۰,۲۷۱	۰,۵۷۸	+۰,۶۸۰	-۰,۱۵۳
۷۲۶	۰,۴۰۳	۰,۵۶۸	+۰,۶۶۷	-۰,۱۸۲
۷۲۷	۰,۴۱۰	۰,۶۰۷	۰,۶۰۷	-۰,۲۰۴
۷۲۸	۰,۳۸۵	۰,۶۲۸	۰,۵۹۳	-۰,۲۲۱
۷۲۹	۰,۴۲۲	۰,۵۸۲	۰,۵۸۹	-۰,۲۷۷
۷۳۰	-۰,۰۵۶	+۰,۸۴۷	-۰,۴۹۷	-۰,۰۱۵
۷۳۱	۰,۰۱۱	+۰,۸۳۷	-۰,۵۲۷	۰,۰۴۰
۷۳۲	۰,۰۱۶	+۰,۸۲۵	-۰,۵۳۶	۰,۰۳۹
۷۳۳	۰,۰۰۹	+۰,۸۲۴	-۰,۵۳۵	۰,۰۵۷
۷۳۴	-۰,۰۰۳	۰,۷۹۴	-۰,۵۲۶	۰,۱۶۹
۷۳۵	۰,۰۰۱	۰,۷۷۵	-۰,۵۱۲	۰,۱۹۳
۷۳۶	۰,۶۲۰	۰,۲۲۲	-۰,۳۲۷	۰,۱۳۶
۷۳۷	۰,۸۸۵	۰,۰۱۸	-۰,۱۶۷	۰,۰۶۹
۷۳۸	+۰,۹۵۱	-۰,۱۱۲	-۰,۰۱۸	۰,۲۲۰
۷۳۹	+۰,۹۴۹	-۰,۱۲۹	-۰,۰۲۷	۰,۲۳۵
۷۴۰	+۰,۹۵۲	-۰,۱۳۴	-۰,۰۱۹	۰,۲۵۲
۷۴۱	+۰,۹۵۲	-۰,۱۲۷	-۰,۰۲۸	۰,۲۵۳
۷۴۲	۰,۹۵۱	-۰,۱۱۳	-۰,۰۲۰	۰,۲۶۰
۷۴۳	۰,۹۴۴	-۰,۱۱۸	-۰,۰۰۳	۰,۲۷۴
۷۴۴	۰,۹۳۹	-۰,۱۱۲	۰,۰۰۱	۰,۲۷۶
۷۴۵	۰,۹۳۸	-۰,۱۲۳	۰,۰۰۸	۰,۲۶۰



نتیجه‌گیری کلی

دقت تشخیص الگوریتم مربوط به دستگاه طیف‌سنجی ۹۷٫۶ درصد بوده است درصد قابل قبول و بالایی به دست آمده است و همخوانی خوبی هم با دسته‌بندی دستی داشته است که نشان از انعطاف‌پذیری بالا در برآورده کردن انتظارات می‌باشد و در مقایسه با کارهای قبلی توسط سینگ و همکاران (۲۰۰۸) که توانسته بودند ۹۵٫۵ درصد دانه‌های سالم را از دانه‌های آلوده به قارچ را تشخیص دهند دقت بالا و قابل قبولی بوده است. بنابراین دقت بالای تشخیص الگوریتم شبکه عصبی ارائه‌شده می‌تواند فرایند اتوماسیون در صنعت فراوری و تعیین کیفیت محصولات غلات را تسهیل و اقتصادی نماید.

فهرست منابع

شرفی، گ.، وثوقی، س.، آقا قلی زاده، ر.، شهیمیری، ع.، نعمتی، س.، شادفر، ش. و صابونی، ز. و ۱۳۸۸. روش‌های انجام آزمایشات در آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های غلات و مراکز آزمایشگاهی شرکت‌های تابعه، گروه کنترل کیفی غلات.

Chelladurai V, Jayas D, White N. 2010. Thermal imaging for detecting fungal infection in stored wheat. *Journal of Stored Products Research* 46: 174-179.

Hedayati MT, Mohammadpour RA. 2005. The Contamination Rate of Stored Wheat Samples of Mazandaran Province by *Aspergillus Flavous* and Aflatoxin (2003). *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences* 9.

Lin M, A Rasco B, G Cavinato A, Al-Holy M. 2009. Chapter 6 - Infrared (IR) Spectroscopy—Near-Infrared Spectroscopy and Mid-Infrared Spectroscopy. Pages 119-143 in Sun D-W, ed. *Infrared Spectroscopy for Food Quality Analysis and Control*. San Diego: Academic Press.

Majumdar S, Jayas D. 2000a. Classification of cereal grains using machine vision: I. Morphology models. *Transactions of the ASAE* 43: 1669-1675.

.—2000b. Classification of cereal grains using machine vision: IV. Combined morphology, color, and texture models. *Transactions of the ASAE* 43: 1689-1694.

.—2000c. Classification of cereal grains using machine vision: II. Color models. *Transactions of the ASAE* 43: 1677-1680.

.—2000d. Classification of cereal grains using machine vision: III. Texture models. *Transactions of the ASAE* 43: 1681-1687.

Qin J. 2010. CHAPTER 5 - Hyperspectral Imaging Instruments. Pages 129-172 in Sun D-W, ed. *Hyperspectral Imaging for Food Quality Analysis and Control*. San Diego: Academic Press.



Saito S, Ishibashi J, Miyamoto T, Tateishi Y, Ito T, Hara M, Kawano M, Nakajima T, Yoshida M, Kawamura T. 2009. Reduction of wheat DON and NIV concentrations with optical sorters. Transactions of the ASABE 52: 859-866.

Shahin MA, Symons SJ. 2011. Detection of *Fusarium* damaged kernels in Canada Western Red Spring wheat using visible/near-infrared hyperspectral imaging and principal component analysis. Computers and Electronics in Agriculture 75: 107-112.

Peiris KH, Pumphrey MO, Dowell FE. 2009. NIR absorbance characteristics of deoxynivalenol and of sound and *Fusarium*-damaged wheat kernels. Journal of Near Infrared Spectroscopy 17: 213.

Zhang H, Paliwal J, Jayas DS, White N. 2007. Classification of fungal infected wheat kernels using near-infrared reflectance hyperspectral imaging and support vector machine. Transactions of the ASABE 50: 1779-1785.





Investigation of spectral reaction of healthy and infected wheat by fungi using spectroscopy method

Saman Zohrabi¹, Seied Sadegh Seiedlou²

1. PhD Student, Dept. of Agriculture Machinery, Faculty of Agriculture, University of Tabriz,

2. Assistant professor of Agriculture Machinery, Faculty of Agriculture, University of Tabriz,

Corresponding author: zohrabi.saman@tabrizu.ac.ir

Abstract: Wheat is one of the strategically important crops in the world and Iran. It has a high economic and nutritive value. With regard to imports of wheat, especially in times of drought and as well as the transport of wheat in the country so determining of fungal infection of wheat is important. The purpose of this study is to identify healthy wheat from unhealthy wheat which infected by fungi such as Fusarium, Penicillium and fungi products such as aflatoxin and etc. In this study spectroscopy in the range 190-1100 nm was used. With applying the principal component analysis method, wavelengths of 310, 330, 400 and 410 were the best wavelength to identify healthy and unhealthy wheat. Considering the intensity of the wavelengths as the neural network inputs, samples classified with accuracy of 97.6 percent into healthy and unhealthy categories.

Keywords: Wheat, Fungi infection, Ultraviolet, Neural network, principal component analysis