

# ارزیابی روند پیشرفت بیماری سوختگی شمشاد در جنگل‌های شمال ایران با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای

مرضیه قویدل، پیمان بیات و محمدابراهیم فراشینی

شمشاد<sup>۱</sup> قرار گرفته است، به طوری که صدمات جبران‌ناپذیری به آنها در جنگل‌های شمال وارد شده است [۵]. آفت شب‌پره شمشاد یکی از گونه‌های مهاجم درختان شمشاد می‌باشد که در دهه اخیر در سرتاسر قاره اروپا انتشار یافته است [۶]. در ایران، این بیماری به سرعت از غرب به شرق در سراسر مناطق شمشاد خزری گسترش یافته و تقریباً ۴۰۰۰۰ هکتار از پایه‌های اصلی شمشاد با شدت‌های مختلف توسط این بیماری، آلوده و آسیب‌دیده است [۷]. لارو شب‌پره شمشاد از برگ گونه‌های مختلف شمشاد تغذیه می‌کند و به این گیاهان آسیب جدی می‌رساند. لاروها می‌توانند علاوه بر برگ‌ها به پوست درخت حمله کرده و باعث خشک‌شدن شمشاد شوند [۸]. بیماری سوختگی یا بلایت شمشاد بر اثر فعالیت دو نوع قارچ میکروسکوپی به نام‌های علمی *Cylindrocladium Buxicola* و *Calonectria Pseudonaviculata* ایجاد می‌شود. این بیماری در ابتدا به صورت لکه‌های نامنظم سبز کم‌رنگ عمدتاً در نزدیکی نوک و حاشیه برگ دیده می‌شود. این لکه‌ها به سرعت به صورت نقاط بزرگ قهوه‌ای رشد می‌کنند و اگر شرایط برای ادامه بیماری مطلوب باشد، گیاه ظاهر سیاه به خود می‌گیرد و ممکن است در عرض یک هفته از بین برود [۹]. این بیماری بیشترین آسیب را به بافت تنه و شاخه‌های جانبی درخت وارد می‌کند. اولین و مهم‌ترین اصل در مدیریت این بیماری، آگاهی از مناطق و کانون‌های آلوده به بیماری و شدت و وسعت آنها است [۱۰]. بررسی کمی و کیفی تخریب جنگل نه تنها در تصمیم‌سازی به ما کمک می‌کند، بلکه زمینه را برای مدیریت بهتر و دقیق‌تر جنگل‌ها فراهم خواهد نمود. شناخت پراکنش مکانی و آنالیز آن، یک ابزار مهم در فهم اکولوژی گیاهان بوده و منجر به شناخت پراکنش مکانی یک گونه و شناسایی واکنش‌های بین گیاهان و محیط می‌گردد و نهایتاً تشریح‌کننده فرایندهای مهم اکولوژیک و مکانیسم پویایی جوامع گیاهی است. شکل‌های مختلف روش‌های سنجش از دور همچون ابزارهای مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی و تحلیل معرفی شده‌اند [۱۱]. بیماری‌های گیاهان اغلب بر روی میزان تعرق، رنگ برگ، مورفولوژی و تراکم گیاهی اثر می‌گذارند. با استفاده از سیستم‌ها و ابزارهای سنجش از راه دور می‌توان گیاهان سالم و بیمار را از طریق تمرکز بر روی برگ‌های آنها شناسایی کرد. توجه به مشخصات سنجنده‌ها، موقعیت و خصوصیات منطقه و نوع پوشش‌های گیاهی می‌تواند در انتخاب روش بررسی بسیار مهم و اساسی باشد.

سنجش از دور امکان جمع‌آوری داده‌ها از مناطق غیر قابل دسترس را فراهم می‌نماید و می‌تواند جایگزین جمع‌آوری کند و پرهزینه اطلاعات میدانی محسوب شود. اساس سنجش از دور بر این نکته استوار است که

چکیده: در چند سال اخیر، بیماری سوختگی شمشاد به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های مدیران منابع طبیعی کشور و دوستداران محیط زیست تبدیل شده است. به منظور کاهش خطر انقراض این گونه، نیاز به تشخیص زودهنگام و تهیه نقشه پراکنش بیماری است و در این راستا، داده‌های سنجش از دور می‌توانند نقش مهمی را ایفا کنند. در این پژوهش برای بررسی میزان تخریب از ادغام تصاویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا و چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی پایین استفاده گردیده و همچنین به طور هم‌زمان در تصاویر استخراج‌شده از ماهواره لندست ۸، ویژگی‌های طیفی و بافتی مورد توجه قرار گرفته و در نهایت با استخراج ویژگی‌های مؤثر از فضای توصیف کاندیدا با کمک الگوریتم ژنتیک و به کارگیری طبقه‌بند مناسب در قالب به کارگیری هم‌زمان خوشه‌بندی فازی و طبقه‌بندی بیشینه شباهت، کلاس پوشش منطقه با دقت مطلوبی بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ استخراج نهایی شده است. نتایج ارزیابی و ضریب تبیین مدل‌ها، اعتبارسنجی روش را در برآوردهای آینده مورد تأیید قرار می‌دهد.

کلیدواژه: پردازش تصاویر ماهواره‌ای، شاخص‌های گیاهی، لندست ۸، سوختگی، شمشاد خزری.

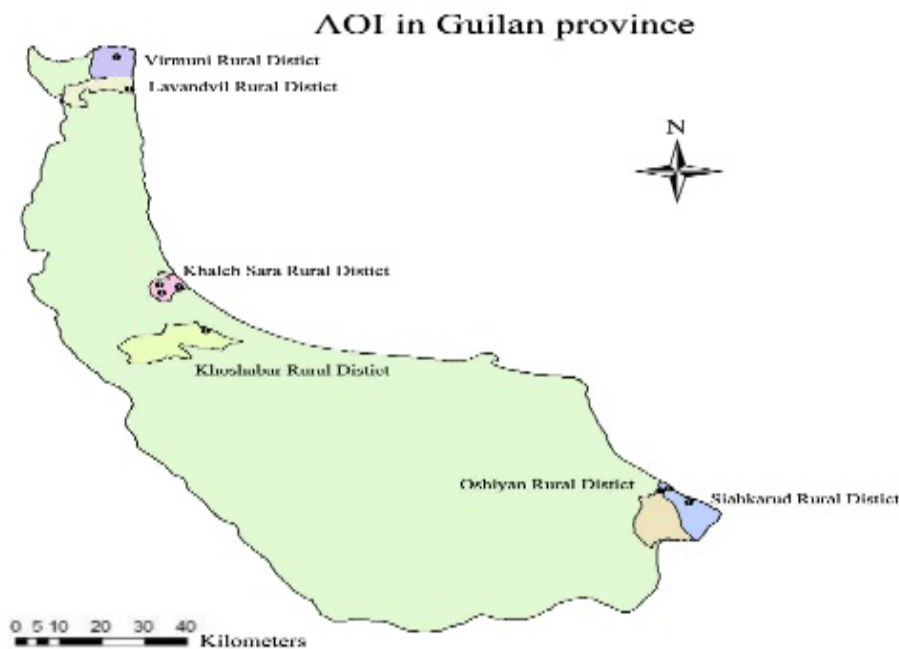
## ۱- مقدمه

شمشاد خزری یکی از معدود درختان پهن‌برگ همیشه‌سبز جنگل‌های خزری است که دیرزیستی بالایی (بالغ بر ۵۰۰ سال) داشته و انحصاری جنگل‌های خزری قلمداد می‌شود [۱]. بهترین رویشگاه شمشاد در شمال ایران در ارتفاع ۲۰ تا ۴۰ متر از سطح دریای آزاد بوده ولی تا ارتفاع ۱۲۰۰ متر نیز قابل مشاهده است [۲]. از گذشته‌های دور، مردم محلی از شمشاد جهت مصارف دارویی و برای درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده می‌کردند و امروزه نیز برای درمان انواع عفونت‌ها و نقص دستگاه ایمنی بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳]. متأسفانه چوب ارزشمند شمشاد در سال‌های متمادی همواره مورد بهره‌برداری بی‌رویه قرار گرفته و به همین دلیل میزان وسیعی از جنگل‌های شمشاد توسط قاچاقچیان از بین رفته است، تا جایی که امروزه به دلیل کاهش چشم‌گیر آن، در فهرست گونه‌های در معرض خطر جنگل‌های خزری قرار گرفته است [۴]. در حال حاضر شمشاد خزری مورد تهاجم بیماری بلایت شمشاد و آفت شب‌پره این مقاله در تاریخ ۱۰ اسفند ماه ۱۳۹۹ دریافت و در تاریخ ۲۸ مهر ماه ۱۴۰۰ بازنگری شد.

مرضیه قویدل، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، (email: ghavidel@iau.ac.ir).

پیمان بیات (نویسنده مسئول)، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، (email: Bayat@iaurasht.ac.ir).

محمدابراهیم فراشینی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، (email: farashiani@gmail.com).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دهستان‌های مورد مطالعه در استان گیلان.

می‌دهند. استفاده از شاخص‌های طیفی گیاهی، یکی از تکنیک‌های مبتنی بر پیکسل است که در پردازش تصویر سنجش از دور استفاده می‌شود. در مناطقی که نمونه‌گیری در آن محدوده دشوار است و یا منطقه مورد بررسی گسترده است، استفاده از ویژگی‌های بافتی گیاه نیز یکی دیگر از روش‌های تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای است که ویژگی‌های مستخرج از تصویر همچون رنگ، بافت و ویژگی‌های هندسی را اغلب در قالب بردار عددی محاسبه و از آنها برای کاربردهای طبقه‌بندی یا تقسیم‌بندی استفاده می‌کند. ویژگی بافتی در مقایسه با دیگر ویژگی‌ها، اطلاعات بیشتر و دقیق‌تری از خصوصیات و نواحی موجود در تصویر ارائه می‌دهد و در بسیاری از کاربردها از جمله آنالیز تصاویر، عملکرد بهتری را به همراه دارد. باید توجه داشت که در شرایط کنونی، تخریب محیط زیست و از بین رفتن اراضی جنگلی ابعاد فوق‌العاده وخیمی به خود گرفته و به همین دلیل در دهه‌های اخیر، نگرش‌های جدیدی در رابطه با بهره‌برداری مناسب و پایدار از منابع طبیعی در سطح دنیا شکل گرفته است [۱۵]. توسعه پایدار باید در زمینه‌های ملی تعریف شود به طوری که روش‌ها و راه‌حل‌های خاص برای هر کشور قابل تعریف باشد [۱۶].

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱ کلیات

در پژوهش حاضر برای بررسی میزان پیشرفت تخریب‌های شمشاد و همچنین برآورد مساحت مناطق آلوده، شش ناحیه استان گیلان مورد مطالعه تجربی<sup>۱</sup> قرار گرفته است. دلیل انتخاب این مناطق داشتن داده‌های زمینی جهت مقایسه نتایج می‌باشد. مناطق مورد بررسی عبارت هستند از دهستان خاله‌سرا از توابع بخش اسالم شهرستان تالش، خوشابر از توابع بخش مرکزی شهرستان رضوان‌شهر، لوندویل در بخش لوندویل شهرستان آستارا، اوشیان در بخش چابکسر شهرستان رودسر، سیاهکلرود در بخش چابکسر شهرستان رودسر و ویرمونی از بخش مرکزی شهرستان آستارا. این مناطق در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

اشیا در طول موج‌های مختلف مقدار متفاوتی از تابش را جذب، منتشر یا عبور می‌دهند. گیاهان مختلف نیز به نسبت‌های متفاوت تابش دریافتی را منعکس می‌کنند و این به عنوان خصوصیات طیفی گیاه تلقی می‌شود. لازمه تشخیص و تفکیک جوامع گیاهی، دانستن خصوصیات طیفی آنها و آگاهی از اختلافات جزئی گیاهان است. در مطالعه گیاهان با کمک تصاویر ماهواره‌ای می‌توان شاخص‌های گیاهی را با استفاده از باندهای طیفی مختلف، محاسبه و از آنها برای اهداف ارزیابی و پایش استفاده کرد. نسبت پوشش گیاهی زنده، پوشش گیاهی غیر زنده و اجزای فیزیکی، سه جزء مهم تعیین‌کننده بازتابش پوشش هستند. در این بین، پوشش گیاهی زنده از اهمیت زیادی برخوردار است. مقدار بازتابش از پوشش زنده نیز به مقدار آب ساختمان سلول، مقدار کلروفیل و ساختمان گیاه بستگی دارد و از طرفی اختلافات مورفولوژیک نظیر شکل برگ و تنوع در فعالیت‌های زیستی سبب اختلاف در بازتاب گیاهان در باندهای مختلف می‌شود [۱۲]. شاخص‌های سنجش از دور می‌توانند به عنوان مکمل روش‌های میدانی، در مطالعات پوشش گیاهی به کار گرفته شوند. ارزیابی و پایش پوشش گیاهی بر پایه داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند اطلاعات زیادی را درباره وضعیت پوشش گیاهی و تغییرات زمانی و مکانی آن فراهم آورد. در سنجش از دور برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیق‌تر اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، روش‌های طبقه‌بندی مختلفی وجود دارد که با توجه به نوع روش مورد استفاده نتایج متفاوتی حاصل می‌شود. روش‌های پردازش تصویر ماهواره‌ای به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند. دسته اول، روش‌های کلاسیک مبتنی بر پیکسل هستند که از یک پیکسل تصویر به عنوان واحد اصلی تجزیه و تحلیل استفاده می‌کنند و دسته دوم، روش‌های مبتنی برشی هستند که ابتدا بر ایجاد اشیای تصویری تأکید دارند و سپس این اشیای را برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار می‌دهند [۱۳]. در این طبقه‌بندی ابتدا تقسیم‌بندی تصویر به اشیای همگن انجام شده و به دنبال آن تجزیه، تحلیل و طبقه‌بندی صورت می‌گیرد [۱۴].

مهم‌ترین باندها در رفتار طیفی گیاه، باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک است. باند قرمز از بیشترین جذب و باند مادون قرمز نزدیک از بیشترین بازتاب در رفتار طیفی گیاه برخوردار است. این دو باند اطلاعات کلیدی مهمی را در ارتباط با میزان سلامت گیاه در اختیار کاربران قرار

جدول ۱: مقایسه ویژگی‌های حرارتی و بصری نشان‌دهنده گیاهان زراعی بیمار و سالم.

طول موج	توانایی تشخیص
مرئی (۷۰۰-۴۰۰ نانومتر)	بازتاب در پوشش گیاهی خصوصاً در باندهای جذب کلروفیل به دلیل از دست دادن کلروفیل و حضور اسپور سطحی یا میسلیوم افزایش می‌یابد.
مادون قرمز نزدیک (۷۰۰-۱۲۰۰ نانومتر) NIR	در محدوده مادون قرمز نزدیک، عامل اصلی تأثیرگذار بر جذب طیفی، ساختار درونی برگ می‌باشد. در این محدوده از میزان جذب نور کاسته شده و نور رسیده به برگ تا عمق بیشتری در بافت برگ نفوذ می‌کند. محدوده لبه قرمز (منطقه تغییر بازتاب سریع در سطح پوشش گیاهی از بازتاب کم به بازتاب بالا) از ۷۳۰ نانومتر در سطح پوشش‌های گیاهی سالم به طول موج کوتاه‌تر (به عنوان مثال ۶۷۰ نانومتر) تغییر می‌کند. همچنین بازتاب در سطح پوشش گیاهی ناسالم به دلیل پیری و برگ‌ریزی گیاه کاهش می‌یابد.
مادون قرمز حرارتی (۱۴۰۰۰-۸۰۰۰ نانومتر) TIR	دمای برگ با کاهش تعرق ایجادشده به سبب بیماری‌های ریشه و سایر بیماری‌هایی که باعث بسته‌شدن روزنه در مراحل اولیه می‌شود، افزایش می‌یابد. مناطقی از برگ که به دلیل تخریب سلولی حالت آبکی پیدا می‌کنند، می‌توانند در شروع روز خنک‌تر و در پایان روز گرم‌تر باشند.

جدول ۲: شاخص‌های استفاده‌شده در این پژوهش.

شاخص	توضیحات	معادله
DVI	شاخص تفاوت پوشش گیاهی برای تفکیک بین خاک و پوشش گیاهی استفاده می‌شود اما در آن، تأثیر بازتاب اتمسفری و همچنین سایه‌ها در نظر گرفته نشده است [۱۹]. دامنه تغییرات شاخص DVI برای مناطق آبی و بدون پوشش گیاهی از -۱ تا ۰، برای مناطق گیاهی ناسالم از ۰ تا ۰/۰۷ و برای مناطق با پوشش گیاهی سالم از ۰/۰۷ تا مقادیر بالاتر (غالباً ۱) در تغییر است [۲۰].	NIR - R
NDVI	شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی، گویای این مطلب است که چه قدر برگ سبز وجود دارد. NDVI از طریق شدت نور اندازه‌گیری شده تنها در دو باند موج مادون قرمز (NIR)، باند موج ۷۸۰ تا ۸۹۰ نانومتر) و قرمز (R، باند موج ۶۵۰ تا ۶۸۰ نانومتر) با استفاده از رابطه $(NIR - R)/(NIR + R)$ محاسبه می‌شود [۲۱]. دامنه تغییرات شاخص NDVI برای مناطق آبی یا بدون پوشش گیاهی (کوه یا تخته‌سنگ) از -۱ تا ۰، برای مناطق با پوشش گیاهی ناسالم یا به عبارتی آلوده از ۰ تا ۰/۳۳ و برای مناطق با پوشش گیاهی سالم از ۰/۳۳ تا ۱ اندازه‌گیری شده است. البته لازم به ذکر است که دامنه تغییرات این شاخص برای دو کلاس پوشش گیاهی سالم و ناسالم می‌تواند در فصل سرد به دلیل کنتراست پایین‌تر تصویر و در مقابل در فصل گرم با توجه به کنتراست بالاتر تصویر، به میزان ۰/۱ کاهش یا ۰/۱ افزایش از خود نشان دهد.	$(NIR - R)/(NIR + R)$
SAVI	شاخص گیاهی تعدیل‌شده خاک نیز یکی از شاخص‌های پرکاربرد است و تنها با یک تفاوت کوچک مشابه شاخص NDVI می‌باشد. این تفاوت در ضریبی است که با استفاده از آن می‌توان اثر خاک پس‌زمینه را تعدیل نمود. شاخص NDVI در برخی مناطق، تحت تأثیر بازتاب‌های خاک قرار می‌گیرد و بازتاب‌های ثبت‌شده برای پوشش گیاهی را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. شاخص SAVI این مشکل را در NDVI حل کرده است. در این شاخص از فاکتوری به نام L استفاده شده که برای تعدیل اثر خاک پس‌زمینه سطح سایه‌انداز به کار برده می‌شود. مقدار این پارامتر تابعی از میزان پوشش گیاهی موجود در منطقه و دانش قبلی است که کاربر از وضعیت تراکم پوشش گیاهی در منطقه دارد و با استفاده از رابطه $\{(NIR - R)/(NIR + R + L)\} (1 + L)$ محاسبه می‌شود [۲۲]. دامنه تغییرات شاخص SAVI برای مناطق آبی و بدون پوشش گیاهی همانند شاخص NDVI از -۱ تا ۰، برای مناطق با پوشش گیاهی ناسالم از ۰ تا ۰/۱۵ و برای مناطق با پوشش گیاهی سالم از ۰/۱۵ تا ۱ در تغییر می‌باشد. مقدار L در محاسبه فرمول SAVI برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شده است [۲۰].	$(1 + L) \left[ \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} \right]$
SR	شاخص گیاهی نسبت‌گیری از یک نسبت ساده بین دو باندی تشکیل شده که یکی از بیشترین و دیگری از کمترین بازتاب در ارتباط با پوشش گیاهی برخوردار است و با استفاده از رابطه NIR/R محاسبه می‌شود [۲۳]. دامنه تغییرات شاخص SR برای مناطق آبی و بدون پوشش گیاهی از -۱ تا ۱، برای مناطق با پوشش گیاهی ناسالم از ۱ تا ۲/۲ و برای مناطق با پوشش گیاهی سالم از ۲/۲ تا مقادیر بالاتر در تغییر می‌باشد [۲۱].	NIR/R
PHI	شاخص گیاهی سلامت گیاه نیز در تعیین وضعیت سلامت گیاه در برخی موارد، مورد استفاده محققان قرار گرفته و با استفاده از رابطه $1,289 + 0,4 \times \ln(DVI)$ قابل محاسبه است. این شاخص بیشتر برای تشخیص وضعیت سلامت کاربرد دارد و برای شناسایی مناطق آبی و بدون پوشش گیاهی فاقد داده است. دامنه تغییرات شاخص PHI برای مناطق آبی و بدون پوشش گیاهی، پیکسل فاقد داده و به صورت NaN نشان داده می‌شود، برای پوشش گیاهی ناسالم از -n تا -۱۸- و برای مناطق با پوشش گیاهی سالم از -۱۸- تا مقادیر بالاتر و غالباً کمتر از یک در تغییر است [۲۴].	$1,289 + 0,4 \times \ln(DVI)$

## ۲-۲ روش تحقیق

مختلف که در سنجش از دور به شاخص طیفی معروف است، می‌تواند موجب تشدید اختلاف بازتاب پدیده‌ها و همچنین کاهش اثر عوامل منفی به ویژه عوامل محیطی باشد [۱۷]. از شاخص‌های پوشش گیاهی به عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش زمین از جمله پوشش گیاهی و سایر عوامل استفاده می‌شود [۱۸].

در پژوهش حاضر با توجه به لزوم بررسی پوشش‌های گیاهی برای تشخیص مناطق آلوده از شاخص تفاوت پوشش گیاهی (DVI)، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص گیاهی تعدیل‌شده خاک (SAVI)، شاخص گیاهی نسبت‌گیری (SR) و شاخص گیاهی سلامت گیاه (PHI) استفاده شده است. در جدول ۲ توضیحات کاملی از

با عنایت به اهداف پژوهش، برای تشخیص مناطق آلوده و تفکیک آن از مناطق سالم از شاخص‌های طیفی استفاده شده است. با توجه به تغییر رنگ در مناطق دارای بیماری و اندازه‌گیری شدت نور در حوزه دید حسگر، طول موج‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و باند مادون قرمز حرارتی می‌توانند برای تشخیص بیماری گیاهان مفید باشند که در جدول ۱ طول موج‌های مرتبط با این پژوهش نشان داده شده است.

## ۳-۲ اندازه‌گیری شاخص

استفاده از نسبت‌گیری بازتاب‌های طیفی پدیده‌ها در طول موج‌های

بسیار مهم است. در این پژوهش ابتدا تصحیحات رادیومتریک، هندسی و اتمسفری لازم انجام گردیده و در ادامه با عملیات ادغام تصاویر مربوط به یک صحنه مشترک و موزاییک‌سازی، تصاویری باکیفیت برای فاز پردازش تصاویر فراهم شده است.

برای تبدیل درجه خاکستری هر پیکسل تصویر به مقادیر بازتابندگی بالای اتمسفر، در این پژوهش از متادیتا استفاده شد و با کمک نرم‌افزار ENVI و با ابزار کالیبراسیون رادیومتریک، تصحیحات رادیومتریک لازم انجام گردیده است. تصحیح هندسی تصاویر نیز به منظور کاهش مقدار خطاهای هندسی تصویر و همچنین انتساب یک سیستم مختصات زمینی به پیکسل‌ها انجام شده است. به منظور انجام تصحیحات هندسی، ابتدا ۱۲۰ خط در فضای تصویر و ۲۵۰ خط در فضای زمین استخراج شد و سپس با استفاده از روش تناظریابی ساختاری بر اساس عوارض خطی (SLIM)، تناظر ۸۷ خط متناظر مشخص گردید که این خطوط در نقشه خطوط کنترلی برای حل معادلات رشنال استفاده شدند. همچنین ۸۱ نقطه کنترلی هم استخراج گردید و از این تعداد، ۴۲ نقطه به عنوان نقاط کنترل زمینی و بقیه نقاط به عنوان نقاط چک زمینی در نظر گرفته شدند. البته در بخشی از کار، تنها نیاز به اتصال تصویر یا انطباق نسبی تصاویر بوده که در این حالت، تصاویر فقط نسبت به هم ثبت شده و برای انجام این کار از ابزار ثبت تصویر به تصویر استفاده شد.

برای انجام تصحیحات اتمسفری از روش تجزیه و تحلیل سریع خط دید اتمسفر از طریق طیف ابرمکعب و با کمک ابزار تصحیح اتمسفری Flaash موجود در نرم‌افزار ENVI برای به حداقل رساندن خطاهای اتمسفری استفاده شده است. در این پژوهش از ادغام تصاویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا و چندطیفی با قدرت تفکیک مکانی پایین استفاده شد تا اطلاعات کامل‌تری در رابطه با نمایش، تفسیر و بهره‌برداری تصاویر در اختیار داشته باشیم. از آنجایی که در لندست ۸ باند پانکروماتیک (باند ۸) قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر را ارائه می‌دهد به عنوان باند با قدرت تفکیک بالا برای فرایند ادغام مناسب است. برای انجام این کار، ابتدا تصویر فضای رنگی RGB به فضای رنگی IHS تبدیل و با تصویر پانکروماتیک ادغام شد. البته قبل از ادغام، تطابق هیستوگرام بین دو تصویر چندطیفی برای یکسان کردن محدوده طیفی دو تصویر اعمال شده است. برای انجام این کار از روش Image Sharpening در نرم‌افزار ENVI استفاده گردید و سپس از بین ابزارهای موجود با استفاده از ابزار Pc Spectral sharpening، باندهای مورد نظر با هم ادغام شدند. پس از تکمیل فرایند ادغام، تصویر نهایی نسبت به تصویر اولیه از قدرت تفکیک مکانی بهتری برخوردار شد.

موزاییک کردن به معنای کنار هم قرار دادن تصاویری است که از لحاظ جغرافیایی به هم شباهت دارند. در این پژوهش از روش ژئورفرنس برای موزاییک کردن تصاویر استفاده گردیده است. اساس قرارگیری دو تصویر در کنار هم، مختصات جغرافیایی آنها می‌باشد و همه تصاویر بایستی ژئورفرنس باشند.

### ۳-۳ پردازش تصاویر ماهواره‌ای

آشکارسازی لبه، شامل نقاطی از تصویر است که در آن روشنایی به شدت تغییر می‌کند. در این پژوهش برای لبه‌یابی از فیلترهای جهت‌دار کانولوشن سوبل در ENVI استفاده شد. برای استخراج ویژگی‌های بافتی ابتدا توصیفگرهای بافتی تولید گردیدند. برای این کار یک فیلتر روی پیکسل‌های تصویر حرکت و مقدار محاسبه‌شده فیلتر به پیکسل مرکزی نسبت داده شد. در مجموع با کمک روش‌های مختلف، ۵۰ توصیفگر تولید



شکل ۲: متدولوژی پژوهش.

شاخص‌های به کار گرفته شده آمده است.

برای تشخیص پوشش گیاهی سالم و ناسالم و همچنین سیر پیشرفت، نیاز به تهیه تصاویر از مناطق ذکر شده بود که در این راستا، تصاویر مربوط به سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ در محدوده دهستان‌ها، توسط ماهواره لندست ۸ استخراج گردید و این تصاویر به استثنای روزهای ابری عمدتاً در نیمه دی هر سال تهیه شده است. ضمناً با توجه به محدوده مورد بررسی، در برخی موارد تصاویر دریافتی در کنار یکدیگر موزاییک شده‌اند. لازم به ذکر است که برای تعیین میانگین مقدار هر شاخص در سطح استان از ترمیم هیستوگرام کمک گرفته شده و با مقادیر به دست آمده، بررسی مقادیر شاخص بر روی نمودارها انجام شده است. ضمناً مساحت به دست آمده برای هر کلاس از طریق شمارش تعداد پیکسل‌ها و ضرب تعداد آنها در مساحت هر پیکسل محاسبه گردیده است. از نرم‌افزار ArcMap و ENVI برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استخراج ویژگی‌ها و اعمال طبقه‌بندی، از نرم‌افزار Matlab برای آنالیز بافت و همچنین از نرم‌افزار ArcGIS برای ایجاد پایگاه داده، محاسبه مساحت‌های پوشش گیاهی و در نهایت پیاده کردن مدل استفاده شده است.

### ۳- متدولوژی پژوهش

#### ۱-۳ مراحل پژوهش

مراحل اصلی پژوهش در قالب چهار مرحله پیش‌پردازش و تصحیحات ماهواره‌ای، پردازش تصاویر، طبقه‌بندی و در نهایت عملیات پس‌پردازش دنبال‌گیری شده و روندنمای کلی به همراه مجموعه فعالیت‌های هر مرحله در شکل ۲ آمده است.

#### ۲-۳ پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای قبل از استخراج تصاویر پوشش گیاهی برای حذف نویز و افزایش تفسیرپذیری داده‌های تصویر ضروری است. این امر به ویژه هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که یک سری زمانی از تصاویر استفاده می‌شود، زیرا سازگاری این تصاویر از نظر مکانی و طیفی

جدول ۳: ماتریس خطای روش بیشینه شباهت در طبقه‌بندی تصاویر ۲۰۱۸.

مجموع	کلاس پوشش سالم شمشاد	کلاس پوشش نسبتاً سالم شمشاد	کلاس پوشش ناسالم شمشاد	کلاس سایر مناطق	داده‌های زمینی
کلاس پوشش سالم شمشاد	۰٫۵	۲٫۷	۲٫۱	۹۹٫۴	کلاس سایر مناطق
کلاس پوشش نسبتاً سالم شمشاد	۴٫۳	۴٫۲	۸۲٫۶	۰٫۳	کلاس پوشش ناسالم شمشاد
کلاس پوشش ناسالم شمشاد	۴٫۲	۸۹٫۸	۹٫۷	۰٫۲	کلاس پوشش نسبتاً سالم شمشاد
کلاس پوشش سایر مناطق	۹۱	۳٫۳	۵٫۶	۰٫۱	کلاس پوشش سالم شمشاد

جدول ۴: ماتریس خطای روش ماشین بردار در طبقه‌بندی تصاویر ۲۰۱۸.

مجموع	کلاس پوشش سالم شمشاد	کلاس پوشش نسبتاً سالم شمشاد	کلاس پوشش ناسالم شمشاد	کلاس سایر مناطق	داده‌های زمینی
کلاس پوشش سالم شمشاد	۶٫۷	۸	۴٫۸	۹۳٫۲	کلاس سایر مناطق
کلاس پوشش نسبتاً سالم شمشاد	۷٫۳	۱۴٫۱	۷۵٫۶	۳٫۲	کلاس پوشش ناسالم شمشاد
کلاس پوشش ناسالم شمشاد	۱۶٫۴	۷۶٫۶	۱۰٫۶	۱٫۲	کلاس پوشش نسبتاً سالم شمشاد
کلاس پوشش سایر مناطق	۶۹٫۶	۱٫۳	۹	۲٫۴	کلاس پوشش سالم شمشاد

که اگر این پارامترها برای هر مجموعه داده به طور مجزا تعیین گردد امکان پدیدارشدن چنین مشکلاتی شدیداً کاهش می‌یابد. برای حل این مسأله از خروجی خوشه‌بندی فازی به منظور استخراج داده‌های تعلیمی استفاده گردید و با استفاده از داده‌های تعلیمی استخراج‌شده و روش طبقه‌بندی بیشینه شباهت، کلاس کاربری منطقه مورد مطالعه با دقت بالاتری نسبت به روش خوشه‌بندی فازی استخراج گردید.

طبقه‌بندی بیشینه شباهت که یک روش نظارت‌شده می‌باشد، احتیاج به نمونه‌های آموزشی دارد و در آن برای تعیین و برداشت نمونه‌های آموزشی از ترسیم خطوط برداری استفاده شده و همین طور با به کارگیری ماسک، داده‌های آموزشی دقیق‌تری انتخاب گردید.

با استفاده از شاخص‌های طیفی بافتی و همین طور داده‌های آموزشی در این طبقه‌بندی، کلاس پوشش منطقه با دقت مطلوبی به دست آمد و در ادامه با مقایسه کلاس‌ها، پیکسل به پیکسل تغییرات ابتدا در قالب رستر و نهایتاً در قالب بردار شیپ پوشش گیاهی در دوره زمانی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ استخراج نهایی شد.

لازم به ذکر است علی‌رغم این که به نظر، طبقه‌بندی‌های قدرتمندتری از جمله طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان برای انجام طبقه‌بندی وجود دارد اما در این پژوهش از طبقه‌بندی بیشینه شباهت استفاده شد. دلیل این انتخاب آن است که روش ماشین بردار پشتیبان نیاز به نمونه‌هایی در مرز میان کلاس‌ها دارد و نمونه‌های اخذشده در این پژوهش نمی‌تواند نمونه‌های لازم در ماشین بردار پشتیبان را به خوبی پوشش دهد.

لذا از آنجایی که با توجه به داده‌ها، روش بیشینه شباهت دقت بیشتری را فراهم می‌کند از این روش برای طبقه‌بندی استفاده شد. برای مقایسه دقت طبقه‌بندی‌های بیشینه شباهت و بردار ماشین در پلی‌گون‌های منطقه لوندویل از معیار صحت کلی استفاده شد. بدین ترتیب که پس از انجام فرایند نمونه‌برداری و مقایسه نمونه‌های تصویری با نمونه‌های مرجع به دست آمده، یک ماتریس خطا ایجاد شد که در جداول ۳ و ۴ نتایج این مقایسه آورده شده است. در این جداول که مربوط به سال ۲۰۱۸ است چهار کلاس مناطق غیر پوشش گیاهی، مناطق با پوشش گیاهی ناسالم، مناطق با پوشش گیاهی نسبتاً سالم و مناطق با پوشش گیاهی کاملاً سالم لیست شده است. با استفاده از داده‌های زمینی، دقت کلی روش بیشینه شباهت و ماشین بردار محاسبه گردیده است. معیار دقت کلی بر اساس تعداد پیکسل‌هایی که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند محاسبه می‌شود. به

شدند که لازم بود تا از بین مجموع توصیفگرهای کاندیدا، توصیفگرهایی را انتخاب نمود که در دقت طبقه‌بندی تأثیر مستقیم داشته باشند. برای این کار از الگوریتم ژنتیک استفاده شد. این الگوریتم توصیفگرهایی را انتخاب می‌کند که نویز کمتری داشته و مستقل از هم هستند. در این پژوهش ۵۰ کروموزوم از تمام فضای کاندیدا انتخاب گردید و به عنوان نسل اولیه در نظر گرفته شد. در هر نسل ۲۰ منتخب به نسل بعد منتقل گردید و ۸۰ درصد نسل جدید، کراس اور نسل قبلی و ۱۵ درصد در حال جهش و شرط توقف الگوریتم نیز همسان‌بودن نتایج نسل‌های متوالی در نظر گرفته شد. به این ترتیب از مجموع ۵۰ توصیفگر کاندیدا، تعداد ۱۶ توصیفگر به عنوان توصیفگرهای بهینه انتخاب شدند. ویژگی‌های جدید به عنوان باندهای کمکی برای تشخیص بهتر تغییرات، مؤثر واقع شده و صحت طبقه‌بندی بالاتری را در مقایسه با طبقه‌بندی تصاویر اصلی یعنی تنها بر مبنای طیف فراهم آوردند.

### ۳-۴ طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

طبقه‌بندی تصویر در معنای کلی، به فرایند استخراج کلاس‌های متمایز از داده‌های خام ماهواره‌ای راه دور اطلاق می‌شود. در این پژوهش با بهره‌برداری هم‌زمان از ویژگی‌های بافتی و طیفی، امکان توصیف هم‌زمان این ویژگی‌ها فراهم شد. برای انجام این کار ابتدا شاخص‌های طیفی و بافتی مورد نظر و سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی فازی، کلاس‌های پوششی اولیه منطقه استخراج گردید و در ادامه از اطلاعات بافت به عنوان اطلاعات جانبی در طبقه‌بندی بیشترین شباهت استفاده شد. در خوشه‌بندی فازی، یک تفکیک فازی صورت می‌گیرد به این معنی که هر داده با یک درجه تعلق به هر خوشه متعلق است. الگوریتم خوشه‌بندی فازی همواره همگراست ولی در اکثر مواقع، این همگرایی به کمینه عمومی منجر نمی‌شود و الگوریتم در اولین کمینه محلی متوقف می‌گردد. این الگوریتم یکی از مهم‌ترین روش‌ها در دسته‌بندی بدون نظارت است اما به دلیل لزوم تعیین مقادیر اولیه و عدم وجود روش مبتنی بر پایه تئوریک برای انتخاب آن، همواره دچار نقص است. به عبارتی استفاده از یک مقدار ثابت برای پارامترهای این الگوریتم، حساسیت این الگوریتم را به نقاط داده اولیه که معمولاً به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند، بالا می‌برد و در نتیجه توقف در مکان‌های کمینه محلی و یا کاهش سرعت همگرایی الگوریتم، باعث ناکامی مراحل مختلف اجرای الگوریتم می‌شود. در حالی

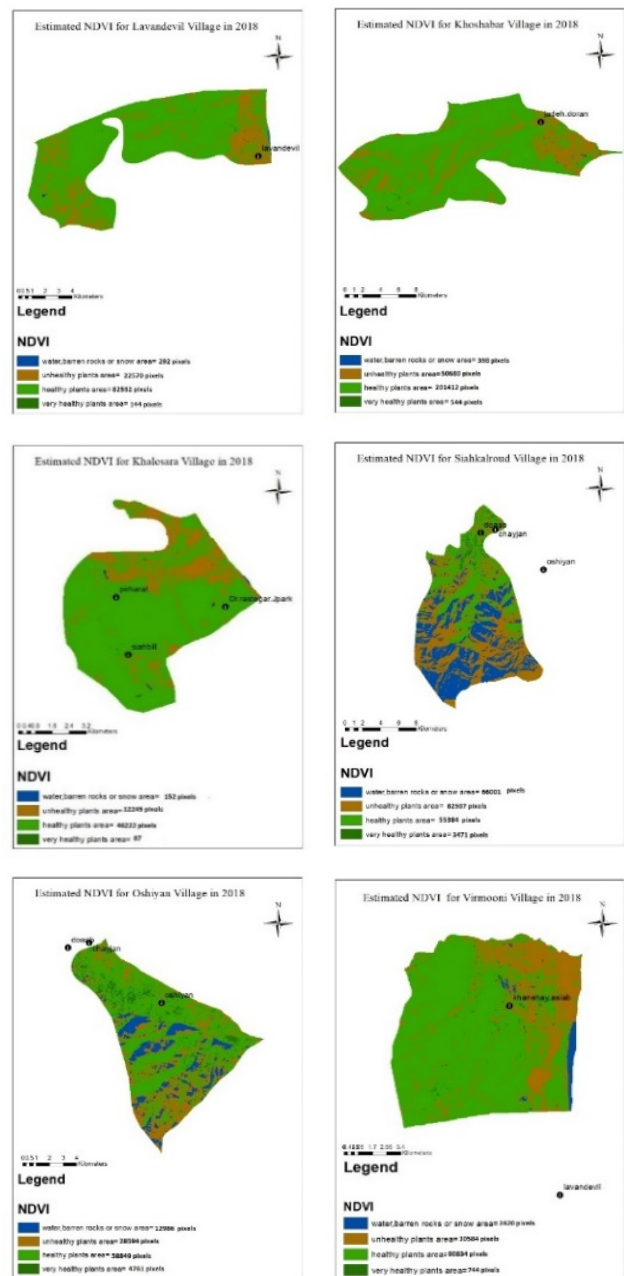
شاخص‌گذاری‌های مختلف بر روی تصاویر دریافتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

#### ۴- نتایج و بحث

با بررسی شمشادستان‌های مربوط به شش دهستان استان گیلان به مدت ۵ سال (۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸) و توسط پنج شاخص گیاهی ذکر شده، به ازای هر شاخص ۳۰ نقشه خروجی و در مجموع ۱۵۰ نقشه استخراج شده است. در این بخش برای بررسی دقیق‌تر موضوع، نقشه‌های خروجی مربوط به شاخص NDVI در سال ۲۰۱۸ در شش دهستان مذکور در شکل ۳ آمده است. لازم به ذکر است که در حین بررسی تغییرات تصاویر، از آنجایی که در بخشی از تصاویر استخراج شده معلومات کافی برای تفسیرهای بعدی وجود نداشته است، از ویژگی‌های بافتی تصویر کمک گرفته شد. برای این کار از فیلترهای با اندازه‌های مختلف بسته به نوع توصیفگر استفاده گردید و با حرکت فیلترهای مورد نظر بر روی پیکسل‌های تصویر، مقدار محاسبه شده فیلتر به پیکسل مرکزی نسبت داده شده است. توصیفگرهای بافتی به کار گرفته شده در این پژوهش، توصیفگرهای همبستگی، واریوگرام جهتی، کراس واریوگرام، LOG تبدیل موجک اساسی مرتبه اول و دوم، میانگین تبدیل موجک گابور، انحراف معیار تبدیل موجک گابور، SHAN تبدیل موجک اساسی مرتبه اول و دوم و گشتاو زاویه‌ای تبدیل موجک اساسی بوده و با استفاده از این توصیفگرها از ابهام در تفسیر نتایج جلوگیری گردیده است. به این ترتیب ادغام اطلاعات بافتی و طیفی در نتایج حاصل از شاخص‌گذاری‌ها مؤثر واقع شده است. هنگام موزاییک کردن تصاویر ماهواره‌ای با توجه به لزوم کنار هم قرار دادن تصاویر مختلف از مقایسه هیستوگرامی استفاده شده تا وقتی فریم‌های مختلف تصویر در کنار هم قرار می‌گیرند تباینی با هم نداشته باشند و تصویر کلی دارای مرز و یا اختلاف روشنایی نباشد. شکل ۴ نمونه‌ای از هیستوگرام مربوط به شاخص NDVI در سال ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. در این پژوهش، از این هیستوگرام‌ها برای تحلیل سری زمانی و همچنین در بحث موزاییک کردن تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردیده است. با توجه به موجود بودن تصاویر مربوط به بازه‌های زمانی مختلف، از این تصاویر برای بررسی تغییرات استفاده شده است. همچنین از طریق عملیات مقایسه هیستوگرامی کنتراست و روشنایی تصاویر مختلف یکسان شده‌اند.

از آنجایی که در بررسی نتایج استخراج شده، داشتن داده‌های میدانی مربوط به وضعیت پوشش‌های گیاهی در این مناطق ضروری به نظر می‌رسد، در این راستا اطلاعات لازم از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گیلان جمع‌آوری گردید. ارزیابی نتایج حاصل از بررسی‌های میدانی و نتایج طبقه‌بندی‌های انجام شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای در مناطق مورد نظر در جدول ۵ آمده است.

با بررسی مقادیر جدول، جمع کل هکتار برای ECA و OCA به ترتیب ۳۴/۵۵ و ۳۱/۲۴ و همچنین RMSE و RMSE به ترتیب ۲/۹۰ و ۹٪ به دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با توجه به مقادیر RMSE و NRMSE، شدت آلودگی مشاهده شده و ارزیابی‌شده توسط شاخص NDVI کاملاً با هم انطباق داشته و در برآورد مساحت مناطق آلوده در پلی‌گون‌های مشخص نیز از دقت قابل قبولی برخوردار است. برای ارزیابی کلی مناطق آلوده دهستان لوندویل از آنجایی که داده‌های میدانی به دلیل صعب‌العبور بودن و عدم دسترسی به طور کامل در اختیار نبودند، مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی کلی منطقه امکان‌پذیر نشد. با توجه به این که طراحی مدل برای بررسی وضعیت نقشه‌های خروجی و ارزیابی

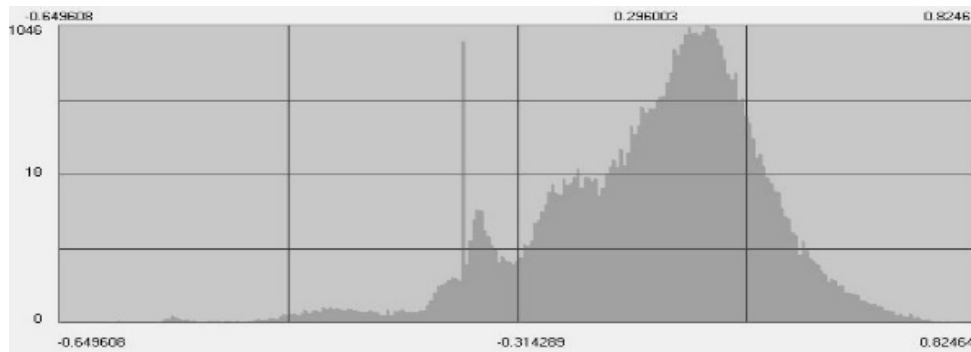


شکل ۳: نقشه‌های خروجی حاصل از شاخص‌گذاری NDVI در سال ۲۰۱۸.

عبارت دیگر، تعداد پیکسل‌هایی که برای هر یک از کلاس‌های مذکور به درستی طبقه‌بندی شده‌اند به تمامی تعداد پیکسل‌های بررسی شده تقسیم می‌شوند. اطلاعات موجود در ماتریس خطا از مشاهدات برآورد شده و زمینی هر طبقه در پلی‌گون ۱ منطقه لوندویل استخراج گردیده است.

مطابق داده‌های موجود در جدول ۳، صحت کلی در هنگام استفاده از طبقه‌بندی بیشینه شباهت تقریباً ۹۱ درصد می‌باشد حال آن که ماتریس خطای به دست آمده در روش ماشین بردار پشتیبان مطابق جدول ۴ دارای صحت کلی ۷۹ درصد بوده است.

در این مرحله مجازی‌سازی رنگ، مدل‌سازی و تفسیر نتایج مدل‌سازی انجام شده است. برای تشخیص واضح‌تر تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای لازم است تا این تغییرات در قالب رنگ‌های قابل تشخیص برای چشم انسان نمایش داده شوند و در این پژوهش از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی برای این موضوع استفاده شده است. با توجه به این که طراحی مدل برای بررسی وضعیت نقشه‌های خروجی و ارزیابی سیر پیشرفت ضروری به نظر می‌رسد، در این پژوهش نیز از ضریب تبیین  $R^2$  استفاده شده تا نتیجه



شکل ۴: هیستوگرام شاخص NDVI در سال ۲۰۱۸.

جدول ۵: مقایسه مساحت مناطق آلوده به دو روش مشاهده و ارزیابی.

ردیف	مناطق	شدت آلودگی مشاهده شده	مساحت آلوده مشاهده شده به هکتار	شدت آلودگی ارزیابی شده	مساحت آلوده ارزیابی شده توسط شاخص به هکتار
۱	چلوند- پشته محله	زیاد	۲٫۵	زیاد	۲٫۱
۲	لوندویل- داشته کش و نظر محله	زیاد	۲٫۰۴	زیاد	۳٫۷۸
۳	لوندویل- نظر محله	زیاد	۱۳٫۴۸	زیاد	۵٫۰۳
۴	لوندویل- چلوند بزرگ	زیاد	۰٫۹	زیاد	۰٫۴
۵	لوندویل- شیری حیاتی	متوسط	۱	متوسط	۱٫۵
۶	لوندویل- شیری حیاتی	متوسط	۰٫۵	متوسط	۰٫۹
۷	لوندویل- شیری حیاتی	متوسط	۰٫۱	متوسط	۰٫۸
۸	لوندویل- چلوند- حکم دره	زیاد	۰٫۱۵	زیاد	۰٫۴۲
۹	لوندویل- کوت کومه	زیاد	۰٫۱۹	زیاد	۰٫۲۳
۱۰	لوندویل- کوت کومه- آب گرم	متوسط	۰٫۱۵	متوسط	۰٫۰۲
۱۱	لوندویل- کانرود	زیاد	۱۰٫۲۳	زیاد	۱۹٫۳۷
	جمع هکتار		۳۱٫۲۴		۳۴٫۵۵

جدول ۶: نتیجه شاخص‌گذاری‌ها و تخمین مدل پیکسل‌های ناسالم در دهستان لوندویل.

Index	Model	R <sup>2</sup>	RMSE	NRMSE (%)
NDVI	$y = 0.0009x^2 - 0.241x^2 - 3.8438x + 14.017$	۰٫۹۵	۲٫۹۰	۹
DVI	$y = 3.6056x^2 - 319.86x^2 - 6384.5x + 23399.5$	۰٫۸۹	۴٫۵۷	۱۵
SR	$y = 0.4814x^2 - 12.366x^2 - 2711.4x + 11231.0$	۰٫۹۶	۳٫۱۷	۷
SAVI	$y = 0.5278x^2 - 119.55x^2 - 6666.7x + 13649.3$	۰٫۷۰	۵٫۲۲	۱۴
PHI	$y = 1.912x^2 - 148.75x^2 - 120.3x + 7457.2$	۰٫۸۷	۵٫۷۰	۱۵

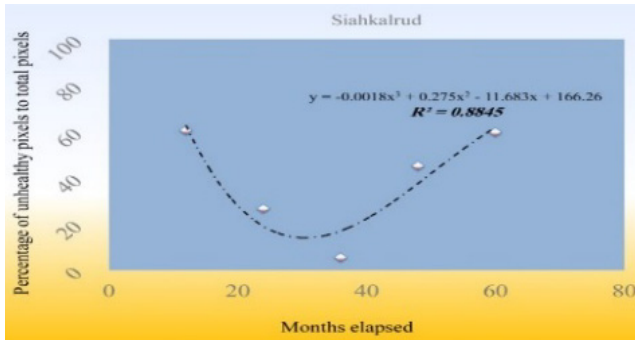
شاخص NDVI به عنوان یکی از بهترین شاخص‌ها در پوشش‌های گیاهی مطرح می‌گردد اما در پژوهش حاضر، شاخص SR عملکرد بهتری را نشان می‌دهد و می‌تواند برای تشخیص پوشش‌های گیاهی سالم و ناسالم شمشاد مورد توجه بیشتری قرار گیرد. با توجه به اهمیت شمشاد خزری و ارزش بالای آن از نظر تنوع زیستی، مطالعه پراکنش بیماری شمشاد و پیشرفت آن در مناطق مختلف بسیار مهم است. شکل‌های ۳ و ۵ تا ۹ تقریباً یک رابطه درجه دوم منفی قوی بین مؤلفه‌ها را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که در بررسی مدل‌های مختلف به دست آمده، هرچند که مقدار R<sup>2</sup> برای تمامی مدل‌ها تقریباً یکسان است، اما ضرایب β یکسان نیستند و باید توجه داشت که ضرایب رگرسیون چندگانه، سهم پیش‌بینی کننده هر متغیر در مدل را منعکس می‌کنند.

پژوهش‌ها نشان داده که ترکیب تنش‌های محیطی با عوامل غیر زنده باعث ضعیف‌شدن، ریزش برگ و خشکیدگی درختان می‌شود [۲۵] تا [۲۷]. قارچ‌ها موجوداتی هستند که برای حضور در یک منطقه باید شرایط محیطی مورد نیازشان فراهم باشد. این در حالی است که پراکنش درختان

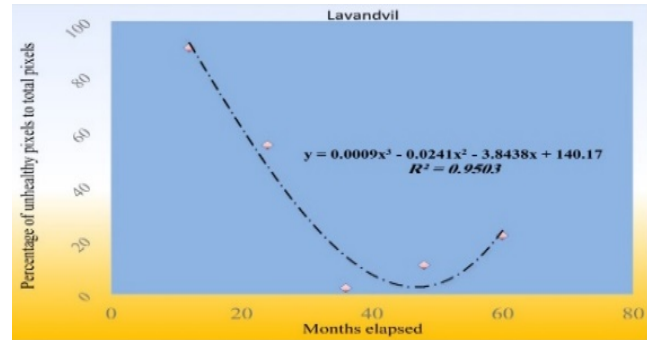
سیر پیشرفت ضروری به نظر می‌رسد، در ادامه از ضریب تبیین R<sup>2</sup> استفاده شده تا نتیجه شاخص‌گذاری NDVI بر روی تصاویر دریافتی مربوط به دهستان لوندویل در فواصل زمانی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ مورد ارزیابی قرار گیرد که نتایج در شکل ۵ قابل مشاهده است. در این نمودار، درصد پیکسل‌های ناسالم به مجموع پیکسل‌ها در فواصل زمانی ذکر شده محاسبه گردیده است. به همین ترتیب نتیجه اعمال شاخص NDVI بر روی تصاویر دریافتی از سایر مناطق مورد بررسی در فواصل زمانی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ در شکل‌های ۶ تا ۱۰ آمده است.

همچنین در جدول ۶ به صورت خلاصه نتیجه شاخص‌های اعمال شده بر روی تصاویر دریافتی مربوط به دهستان لوندویل و تخمین مدل از پیکسل‌های ناسالم منطقه در بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ آمده است.

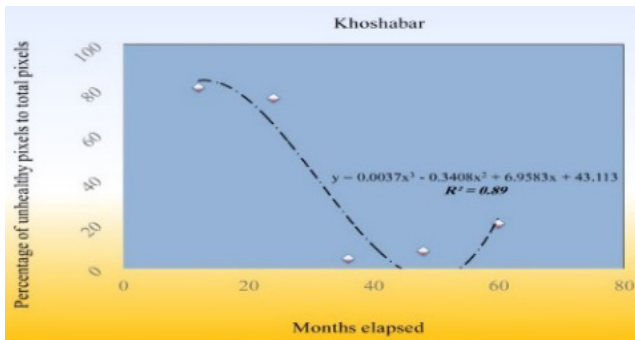
همان طور که ملاحظه می‌شود از بین شاخص‌های موجود در جدول، دو شاخص SR و NDVI با توجه به ضریب تبیین بالاتر، بازخورد بهتری را در برآورد مدل و پیش‌بینی‌های وضعیت پیشرفت میزان آلودگی نشان می‌دهند. از طرفی علی‌رغم این که در اکثر بررسی‌های پوشش گیاهی،



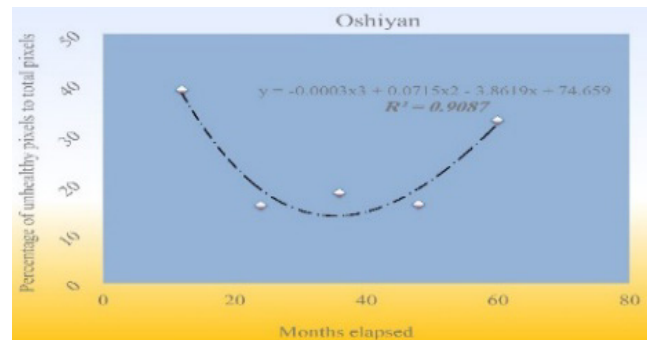
شکل ۸: سیر پیشرفت بیماری دهستان سیاهاکلرود.



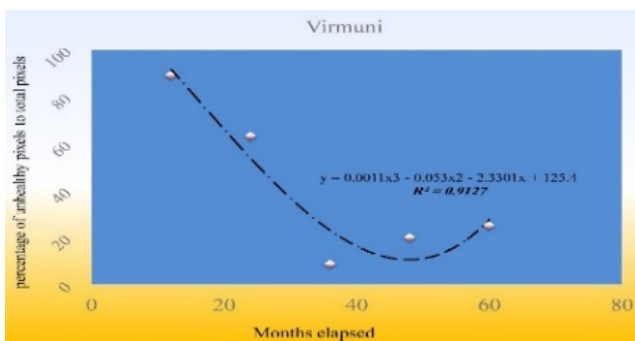
شکل ۵: سیر پیشرفت بیماری دهستان لوندویل.



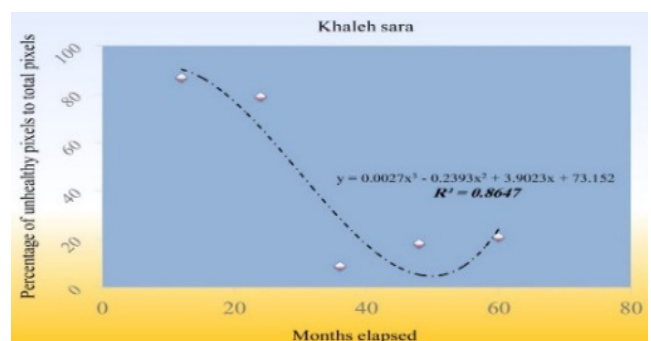
شکل ۹: سیر پیشرفت بیماری دهستان خوشابار.



شکل ۶: سیر پیشرفت بیماری دهستان اوشیان.



شکل ۱۰: سیر پیشرفت بیماری دهستان ویرمونی.



شکل ۷: سیر پیشرفت بیماری دهستان خاله سرا.

همچنین نتایج اخذشده از شاخص‌ها، نتایج اسماعیلی و همکاران را که مطالعه‌ای در رابطه با پراکنش بیماری سوختگی شمشاد و ارتباط آن با برخی عوامل محیطی در ذخیره‌گاه جنگلی شمشاد خیوس بوده است، مورد تأیید قرار می‌دهد [۳۶]. لازم به ذکر است که از بین شاخص‌های به کار گرفته شده در این تحقیق، شاخص SR با توجه به تعداد پیکسل‌های ناسالم گزارش شده در مناطق، بیشترین مطابقت را با جهت‌های جغرافیایی نشان داده است و از طرفی ضریب تبیین بهتری را نیز به نسبت سایر شاخص‌ها ارائه می‌کند. از این رو می‌تواند برای ارزیابی‌های آینده مورد توجه قرار گیرد.

## ۵- نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، استفاده از شاخص‌های گیاهی بر روی تصاویر به دست آمده از ماهواره لندست در چندین دهستان استان گیلان نشان داد که برای تشخیص پوشش‌های گیاهی ناسالم می‌توان از این شاخص‌ها بهره برد و مدلی از تغییرات در طول سال‌های مورد نظر را به دست آورد. همچنین از بین شاخص‌ها با توجه به نتایج مدل‌ها، به ترتیب شاخص‌های SR و NDVI برای ارزیابی‌های مربوط به گونه شمشاد خزری، مفیدتر تشخیص داده شده‌اند. روش‌های طبقه‌بندی متنوعی برای استخراج کلاس‌ها وجود دارد که در عمده این روش‌ها برای طبقه‌بندی یا از

که قارچ‌ها از آنها به عنوان میزبان استفاده می‌کنند تابع شرایط محیطی خصوصاً دما و رطوبت است. لذا شکل ظاهری پستی و بلندی‌ها اثر معنی‌داری در پراکنش و شدت خسارت دارد. نپستاد و همکاران در تحقیقاتی که برای تهیه نقشه درختان خشکیده ناشی از آفات در جنگل‌های بارانی ناحیه رویش کوئیلند انجام دادند، به این نکته اشاره داشتند که جهت جغرافیایی، اصلی‌ترین عامل در پراکنش درختان خشکیده بوده است [۲۸] و [۲۹].

بررسی تأثیر عوامل محیطی شامل دما، نور و PH بر فعالیت قارچ عامل بلایت در گونه *Anacardium occidentale* نشان داده که فعالیت این گونه قارچ در دامنه دمایی ۲۵ الی ۳۰ درجه حداکثر بوده و نور نیز یکی از عوامل مؤثر در کنترل فعالیت این قارچ محسوب شده و از ویژگی‌های عمده آنها آن است که باید دوره‌ای از زندگی را در تاریکی بسر ببرند [۳۰] تا [۳۵]. از آنجایی که در مطالعه حاضر و در بیشتر سال‌های سپری شده مطابق نتایج اخذگردیده از شاخص‌ها، بیشترین درصد پیکسل‌های ناسالم از منطقه ویرمونی و سپس به ترتیب از مناطق لوندویل، خاله‌سرا، خوشابار، سیاهاکلرود و اوشیان مشاهده شده است می‌توان به این نتیجه دست یافت که هرچه مناطق در مختصات جغرافیایی شمالی‌تری واقع شده باشند، بیماری سوختگی شمشاد در آنها مشهودتر است که این خود می‌تواند به دلیل رطوبت بالاتر و دمای پایین‌تر در مختصات جغرافیایی ذکر شده باشد.



- [6] I. Strachinis, et al., "First record of *Cydalima perspectalis*, (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) in Greece." *Hellenic Plant Protection J.*, vol. 8, no. 2, pp. 66-72, Jun. 2015.
- [7] R. Esmaili, S. S. Jouibary, J. Soosani, and H. Naghavi, "Mapping of understory infested boxwood trees using high resolution imagery," *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 18, Article ID: 100289, Apr. 2020.
- [8] S. Bella, "The box tree moth *Cydalima perspectalis*," (Walker, 1859) continues to spread in southern Europe: new records for Italy (Lepidoptera Pyraloidea Crambidae). *Redia* 96, 51-55, 2013.
- [9] S. S. Ray, N. Jain, R. K. Arora, S. Chavan, and S. Panigrahy, "Utility of hyperspectral data for potato late blight disease detection," *J. of the Indian Society of Remote Sensing*, vol. 39, no. 2, pp. 161-169, Jun. 2011.
- [10] D. Liu, M. Kelly, P. Gong, and Q. Guo, "Characterizing spatial-temporal tree mortality patterns associated with a new forest disease," *Forest Ecology and Management*, vol. 253, no. 1-3, pp. 220-231, Jul. 2007.
- [11] J. Zhang, Y. Huang, R. Pu, P. Gonzalez-Moreno, L. Yuan, K. Wu, and W. Huang, "Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology," *A Review. Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 165, Article ID: 104943, Aug. 2019.
- [12] S. Jabbari, S. J. Khajedin, R. Jafari, and S. Soltani, "Remote sensing technology for mapping and monitoring vegetation cover (case study: Semirom-Isfahan, Iran)," *Pollution*, vol. 1, no. 2, pp. 165-174, Dec. 2015.
- [13] M. Hussain, D. Chen, A. Cheng, H. Wei, and D. Stanley, "Change detection from remotely sensed images: from pixel-based to object-based approaches," *ISPRS J. of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 80, no. 1, pp. 91-106, Mar. 2013.
- [14] T. G. Whiteside, G. S. Boggs, and S. W. Maier, "Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas," *International J. of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 13, no. 6, pp. 884-893, Jun. 2011.
- [15] A. Raisi, M. Sheihakitash, H. Kored, and A. Valinafs, "Investigating and prioritizing the factors affecting the defeat of greenhouse business in Zarabad branch of Konarak region," *Karafan Scientific Semi-Annual*, vol. 15, no. 43, pp. 113-126, Mar. 2018.
- [16] M. Larjani and L. Razi, "Explaining the green job identification and prioritization of renewable energy domain: wind energy," *Karafan Scientific Semi-Annual*, vol. 14, no. 42, pp. 15-32, Dec. 2017.
- [17] J. Shi, T. Jackson, J. Tao, J. Du, R. Bindlish, L. Lu, and K. S. Chen, "Microwave vegetation indices for short vegetation covers from satellite passive microwave sensor AMSR-E," *Remote Sensing of Environment*, vol. 112, no. 12, pp. 4285-4300, Jul. 2008.
- [18] A. Kazemina, "Application of remote sensing and GIS in the investigating vegetation coverage," *Geospatial Engineering J.*, vol. 9, no. 1, pp. 75-85, Sept. 2018.
- [19] T. A. Naji, "Study of vegetation cover distribution using DVI, PVI, WDVI indices with 2D-space plot," *J. Phys. Conf. Series*, vol.: 1003, Article ID: 012083, 2018.
- [20] V. Vani and V. R. Mandla, "Comparative study of NDVI and SAVI vegetation indices in anantapur district semi-arid areas," *International J. of Civil Engineering & Technology*, vol. 8, no. 4, pp. 287-300, Apr. 2017.
- [21] N. P. Robinson, B. W. Allred, M. O. Jones, A. Moreno, J. S. Kimball, D. E. Naugle, T. A. Erickson, and A. D. Richardson, "A dynamic Landsat derived normalized difference vegetation index (NDVI) product for the conterminous United States," *Remote Sensing*, vol. 9, no. 8, Article ID: 863, 2017.
- [22] P. Garcia and E. Perez, "Mapping of soil sealing by vegetation indexes: a case study in Madrid (Spain)," *Geoderma*, vol. 268, no. 1, pp. 100-107, Jul. 2016.
- [23] G. Melillos and D. G. Hadjimitsis, "Using simple ratio (SR) vegetation index to detect deep man-made infrastructures in cyprus detection and sensing of mines, explosive objects and obscured targets," in *Proc. Int. Society for Optics and Photonics XXV*, vol. 1148, California, CA, USA, 27 Apr.-9 May 2020.
- [24] ح. اسدی، ا. اسماعیل‌زاده، س. م. حسینی، ی. عصری و ح. زارع، "کاربرد روش ترکیب گونه‌های معرف در طبقه‌بندی پوشش گیاهی"، *تاکسونومی و بیوسیتما‌تیک*، دوره ۸، شماره ۲۸، صص. ۳۸-۲۱، پاییز ۱۳۹۵.
- [25] M. V. Lantschner and J. C. Corle, "Spatial pattern of attacks of the invasive woodwasp *Sirex noctilio*, at landscape and stand scales," *PLOS ONE*, vol. 10, no. 5, Article ID: e0127099, 2015.
- [26] J. C. Corley, M. V. Lantschner, A. S. Martinez, D. Fischbein, and J. M. Villacide, "Management of *Sirex noctilio* populations in exotic pine plantations: critical issues explaining invasion success and

ویژگی‌های طیفی و یا از ویژگی‌های بافتی تصویر استفاده می‌شود که هر کدام از این طبقه‌بندی‌ها مشکلات خاص خود را از لحاظ فراهم کردن دقت لازم و کارایی قابل قبول فراهم می‌کنند. در پژوهش حاضر با بهره‌برداری هم‌زمان از ویژگی‌های بافتی و طیفی، توصیف هم‌زمان فضای طیفی و مکانی امکان‌پذیر گردید که به نوبه خود می‌تواند نقطه عطفی در انجام طبقه‌بندی‌ها باشد. به این ترتیب که ابتدا شاخص‌های طیفی و بافتی مورد نظر استخراج گردید و سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی فازی، کلاس‌های پوششی اولیه منطقه استخراج شد. در ادامه با استفاده از نمونه‌های آموزشی و شاخص‌های طیفی بافتی با استفاده از روش طبقه‌بندی بیشینه شباهت، کلاس پوشش منطقه با دقت بالاتر به دست آمد و در ادامه با مقایسه کلاس‌ها پیکسل به پیکسل تغییرات در قالب نقشه پوشش گیاهی در دوره زمانی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ استخراج نهایی شد.

بدیهی است برای رسیدن به نتایج نزدیک‌تر و در مقیاس وسیع و در سطح استان گیلان، لازم است تا ابتدا پراکنش شمشادهای استان گیلان در قالب پلی‌گون با مطالعات و بازدیدهای میدانی استخراج شده و سپس پلی‌گون‌های معادل توسط تصاویر ماهواره استخراج شوند تا نتایج حاصل دقیقاً ناسالم‌بودن گیاهان شمشاد را ارزیابی نمایند. بدین ترتیب می‌توان در سال‌های آتی به جای تکرار بازدیدهای میدانی که مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار است، با استخراج تصاویر مرتبط با پلی‌گون‌های ذکرشده وضعیت را با سرعت و دقت بیشتر ارزیابی نمود.

با توجه به این که در این پژوهش از طبقه‌بندی بیشینه شباهت استفاده گردید و این طبقه‌بند مانند سایر روش‌های تظارت‌شده نیاز به داده‌های تعلیمی دارد و از آنجایی که فرایند اخذ داده‌های تعلیمی زمان‌بر است، لذا یکی از زمینه‌های آتی این پژوهش طراحی یک روش طبقه‌بندی منعطف با امکان دریافت داده‌های آموزشی به صورت خودکار خواهد بود تا در روش شناسایی تغییرات از آن برای مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده گردد. همچنین استفاده از تصاویر چندسنجنده نیز می‌تواند به استخراج اطلاعات بهتر و دقیق‌تر کمک کند. هرچند که داده‌های به دست آمده ممکن است از برخی جهات با هم ناسازگاری داشته باشند و احتمالاً نیاز به تعدیلات مقادیر هندسی و طیفی پیدا نمایند، اما از آنجایی که در این حالت تصاویر یک سنجنده با سایر سنجنده‌ها ادغام می‌شود باعث ارائه اطلاعات تکمیلی شده و با این ترتیب کارایی طبقه‌بندی تصویر افزایش خواهد یافت.

## مراجع

- [۱] ح. اسماعیل‌زاده، ح. اسدی و ع. احمدی، "جامعه‌شناسی گیاهی منطقه حفاظت شده خیبوس"، *پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، دوره ۱۹، شماره ۴، صص. ۲۰-۱، ۱۳۹۱.
- [۲] س. سماوات، "بیماری سوختگی شمشاد خزری"، *دانش بیماری گیاهی*، سال ۶، شماره ۲، صص. ۹۶-۸۹، بهار و تابستان ۱۳۹۶.
- [3] F. Loru, D. Duval, A. Aumelas, and F. Akeb, "Four steroidal alkaloids from the leaves of *Buxus sempervirens*," *Phytochemistry*, vol. 54, no. 8, pp. 951-957, Aug. 2000.
- [4] A. Jalili and Z. Jamzad, *Red Data Book of Iran: A Preliminary Survey of Endemic, Rare & Endangered Plant Species of Iran*, Research Institute of Forests and Rangelands Press, Tehran, Iran, 1999.
- [5] M. Mirabolfathy, Y. Ahangaran, L. Lombard, and P. W. Crous, "Leaf blight of *buxus sempervirens* in northern forests of Iran caused by *calonectria pseudonaviculata*," *Plant Disease*, vol. 97, no. 8, Article ID: 30722506, Aug. 2013.

[۳۶] ر. اسماعیلی، ج. سوسنی، ش. شتایی جویباری، ح. نقوی و ف. پورشکوری، "پراکنش بیماری سوختگی درختان شمشاد و ارتباط آن با برخی عوامل محیطی (مطالعه موردی: ذخیرگاه جنگلی شمشاد خیوس و انجیل سی- مازندران)،" *پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*، دوره ۲۳، شماره ویژه‌نامه ۲، صص. ۱۶۷-۱۴۷، ۱۳۹۵.

**مرضیه قویدل** دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی کامپیوتر گرایش سیستم‌های نرم‌افزاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت است. از سال ۱۳۷۵ به عنوان مهندس نرم‌افزار و تحلیلگر داده در بخش خصوصی فعالیت داشته و در حال حاضر نام‌برده عضو هیأت علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای است و زمینه اصلی تحقیقات او پردازش تصاویر ماهواره‌ای، برنامه‌نویسی موزی و مهندسی نرم‌افزار است.

**پیمان بیات** مدرک دکتری خود را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه UCSI مالزی دریافت کرده است. وی در حال حاضر استادیار دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت می‌باشد و زمینه اصلی تحقیقات او سیستم‌های توزیع‌شده، پردازش تصویر و داده‌کاوی است.

**محمد ابراهیم فراشینی** مدرک دکتری خود را در رشته گیاه پزشکی گرایش سم‌شناسی از دانشگاه UPM مالزی دریافت کرده است. نام‌برده در حال حاضر عضو هیأت علمی پژوهشی و رئیس بخش تحقیقات حفاظت و حمایت موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور بوده و حوزه فعالیت‌های ایشان تنوع زیستی و آفت‌کش‌های بیورشتال و موجودات چوبزی است.

damage levels in South America," *J. of Pest Science*, vol. 92, no. 1, pp. 131-142, Oct. 2019.

- [27] F. E. Krivak-Tetley, *et al.*, "Aggressive tree killer or natural thinning agent? assessing the impacts of a globally important forest insect," *Forest Ecology and Management.*, vol. 483, Article ID: 118728, 2021.
- [28] D. C. Nepstad, I. M. Tohver, D. Ray, P. Moutinho, and G. Cardinot, "Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest," *Ecology*, vol. 88, no. 9, pp. 2259-2269, Sept. 2007.
- [29] E. M. Gora and A. Esquivel-Muelbert, "Implications of size-dependent tree mortality for tropical forest carbon dynamics," *Nature Plants*, vol. 7, pp. 384-391, 2021.
- [30] D. Menge, M. Makobe, and S. Shomari, "Effect of environmental conditions on the growth of *Cryptosporiopsis* spp. causing leaf and nut blight on cashew *Anacardium occidentale* Linn," *J. of Yeast and Fungal Research*, vol. 4, no. 2, pp. 12-20, Mar. 2013.
- [31] A. Muntala, "Colletotrichum gloeosporioides species complex: pathogen causing anthracnose, gummosis and die-back diseases of cashew (*anacardium occidentale* L) in Ghana," *European J. of Agriculture and Food Sciences*, vol. 2, no. 6, Article ID: 146, 2020.
- [32] N. A. Khan, Z. A. Bhat, and M. A. Bhat, "Diseases of stone fruit crops," In M. M. Mir, U. Iqbal, and S. A. Mi (eds.), *Diseases of Stone Fruit Crops*. Springer, Singapore, pp. 359-395, 2021.
- [33] N. K. Prabhakaran, "Cashew nut *anacardium occidentale* L," In K. P. Nair (ed.), *Tree Crops: Harvesting Cash from the World's Important Cash Crops*, Springer, Cham, pp. 27-77, 2021.
- [34] M. Cordaro, *et al.*, "Cashew nuts counteract oxidative stress and inflammation in an acute experimental model of Carrageenan-induced Paw edema," *Antioxidants*, vol. 9, no. 8, Article ID: 660, 24 Jul. 2020.
- [35] R. Fusco, *et al.*, "The role of cashew nuts on an experimental model of painful degenerative joint disease," *Antioxidants* vol. 9, no. 6, Article ID: 7346149, Jun. 2020.