

## بررسی تأثیرات خشک‌سالی بر روند پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک تجزیه‌ی طیفی تصاویر سنجش از دور (مطالعه موردی: پارک ملی تندوره)

سعید قلی نژاد<sup>۱\*</sup>، علی محتشمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نقشه برداری- سنجش از دور، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران - مدیریت منابع آب، دانشگاه بیرجند

### چکیده :

به علت نقش غیرقابل انکار پوشش گیاهی در حیات جانداران و تنظیم چرخه کربن، بررسی روند تغییرات آن و تأثیرات ناشی از خشک‌سالی بر آن مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران و سیاست‌گذاران قرار گرفته است. تصاویر سنجش از دوری به علت پوشش فراگیر و قدرت تفکیک زمانی مناسب، از مهم‌ترین منابع برای استخراج اطلاعات پوشش گیاهی به شمار می‌روند. از این رو مقاله‌ی حاضر به بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی ناشی از خشک‌سالی با استفاده از تجزیه طیفی تصاویر سنجش از دوری می‌پردازد. بدین جهت، تصاویر سنجنده‌ی لندست ۷ در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴ برای بررسی تأثیرات خشک‌سالی بر پوشش گیاهی پارک ملی تندوره واقع در شمال شرق ایران مورد استفاده قرار گرفت. به منظور برقراری ارتباط بین تغییرات پوشش گیاهی و خشک‌سالی، از شاخص SPI به‌دست‌آمده از داده‌های باران‌سنجی استفاده گردید. این داده‌ها از دو ایستگاه باران‌سنجی نزدیک به محدوده مطالعاتی برداشت شده و برای محدوده مدنظر درون‌یابی گردیدند. نتایج روند تغییرات کلی مشابهی را برای خشک‌سالی و پوشش گیاهی بیان می‌کند که این موضوع استفاده از تجزیه طیفی برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی را مؤثر نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی : خشک‌سالی، تصاویر لندست ۷، تجزیه طیفی، شاخص SPI، پارک ملی تندوره



## ۱- مقدمه

خشک‌سالی یک فاجعه‌ی طبیعی است که موجب خسارات زیادی بر ذخایر آب، منابع بوم‌شناسی و پوشش گیاهی خواهد داشت. این پدیده بر اثر عواملی چون کمبود بارش، کمبود رطوبت خاک و افت سطح آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌شود و تشخیص یا نظارت آن به سه دلیل دشوار می‌باشد: (۱) توسعه آرام این پدیده و عدم آگاهی از زمان شروع و خاتمه آن؛ (۲) عدم وجود تعریفی دقیق از این پدیده؛ (۳) غیرساختاری بودن تأثیر آن و پراکندگی در منطقه‌ای وسیع [۱]. علاوه بر موارد فوق به علت تغییرات اقلیمی و وجود عدم قطعیت در پیش‌بینی اوضاع آب و هوایی، مطالعات در حوزه پایش خشک‌سالی بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۲].

مطالعات گسترده‌ای در حوزه‌ی پایش خشک‌سالی انجام گرفته و از جنبه‌های متفاوت به بررسی این پدیده و اثرات آن پرداخته شده است. مسائل پیچیده‌ی خشک‌سالی را می‌توان به وسیله‌ی شاخص‌های مختلف ساده‌سازی کرد. این شاخص‌ها امکان کمی کردن آنومالی‌های اقلیمی را فراهم می‌سازند و استفاده از اطلاعات مربوطه را برای کاربران در سطوح مختلف تسهیل می‌بخشد [۱]. بر این اساس شاخص‌های مختلفی با استفاده از داده‌های هواشناسی برای پایش خشک‌سالی ارائه گردیده است.

از مهمترین و پرکاربردترین شاخص‌های خشک‌سالی می‌توان به شاخص شدت خشک‌سالی پالمر<sup>۱</sup> اشاره کرد. این شاخص که اساس آن بر پایه عرضه و تقاضای آب است، در سال ۱۹۶۵ توسط پالمر ارائه گردید [۳]. شاخص پالمر در مقیاس زمانی ماهیانه به کار می‌رود و فاکتورهای اساسی مورد نیاز جهت محاسبه آن شامل دما، بارش، رطوبت خاک و تبخیر و تعرق می‌باشد. به علت وجود پارامترهای مختلف در این شاخص، محاسبات مربوط به آن پیچیده می‌باشد و هم‌چنین اعمال این شاخص برای مناطقی با آب و هوای مختلف با ضعفهایی همراه می‌باشد.

از دیگر شاخص‌های خشک‌سالی می‌توان به شاخص دهک‌ها<sup>۲</sup> و شاخص کمبود رطوبت خاک<sup>۳</sup> اشاره کرد [۴ و ۵]. شاخص دهک‌ها نسبت به بارش، نوسانات شدیدی دارد و در ضمن هم‌آهنگی زمانی و مکانی مناسبی بین نتایج آن قابل مشاهده نمی‌باشد. شاخص رطوبت خاک نیز در مقیاس‌های سالانه به کار رفته و به علت نبود اطلاعات کامل و دقیق از میزان رطوبت روزانه در منطقه مورد مطالعه، پایش خشک‌سالی به کمک آن کمتر صورت می‌پذیرد.

علاوه بر محدودیت‌هایی که برای هر کدام از شاخص‌های پرکاربرد خشک‌سالی ذکر شد، به طور کل در این شاخص‌ها که از داده‌های هواشناسی به دست می‌آیند فاصله بین ایستگاه‌های مشاهداتی زیاد است و این عامل موجب کاهش غلظت مکانی داده‌ها در مقایسه با داده‌های سنجش از دوری که دارای قدرت تفکیک بالا هستند می‌شود. از طرفی سنجنده‌های ماهواره‌ای به دلیل شمول منطقه‌ای گسترده در هر صحنه، جامع‌تر به نظر می‌رسند [۱]. با توجه به مشکلات ذکر شده برای شاخص خشک‌سالی حاصل از داده‌های هواشناسی، استفاده از شاخص‌های طیفی حاصل از تصاویر سنجش از دوری برای پایش خشک‌سالی در دهه‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

از جمله این شاخص‌ها می‌توان به شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی<sup>۴</sup> (NDVI) اشاره کرد. این شاخص که از رابطه بین باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک به دست می‌آید، معرف خوبی برای میزان گیاه فتوسنتزکننده به شمار می‌رود [۶]. NDVI به طور گسترده‌ای برای ارزیابی پوشش گیاهی سطح زمین مورد استفاده قرار گرفته است [۷، ۸ و ۹]. این شاخص با نمایش میزان تغییرات پوشش گیاهی می‌تواند برای دست‌یابی به روندهای خشک‌سالی بسیار مفید باشد. از دیگر شاخص‌های مورد استفاده در تعیین تغییرات پوشش گیاهی و در نتیجه در مطالعات پایش

<sup>۱</sup> Palmer Drought Severity Index

<sup>۲</sup> Deciles Index

<sup>۳</sup> Soil Moisture Deficit Index

<sup>۴</sup> Normalized Difference Vegetation Index



خشک‌سالی، می‌توان به شاخص وضعیت گیاهی<sup>۵</sup> (VCI) و شاخص گیاهی استاندارد شده<sup>۶</sup> (SVI) را برای استفاده در تصاویر AVHRR اشاره کرد [۱].

اخیراً روشهای تجزیه طیفی در تخمین درصد فراوانی گیاهان و اطلاعات پوشش اراضی موجود در یک پیکسل بسیار مورد توجه قرار گرفته اند که این اطلاعات در زمینه‌های مربوط به پایش خشک‌سالی از اهمیت بالایی برخوردار خواهند بود. در سال ۲۰۰۵، بالانیتن و همکاران برای تخمین تغییرات سطحی زمین در منطقه ای در شمال آفریقا از تجزیه طیفی بر اساس آنالیز طیفی اعضای خالص چندگانه<sup>۷</sup> بر روی داده‌های سنجنده مودیس استفاده نمودند. این تغییرات بر اساس مدل‌هایی بر مبنای دو یا سه عضو خالص<sup>۸</sup> شناسایی شدند [۱۰]. هم‌چنین در سال ۲۰۰۸ گیل و همکارش فین، روشی را بر مبنای مدل اختلاط طیفی مونت کارلو برای تخمین فراوانی زمین‌های برهنه و گیاهان بر روی تصویر سنجنده ASTER ارائه دادند که این روش تخمین خوبی از زمین‌های برهنه را فراهم می‌آورد [۱۱]. در سال ۲۰۱۰ نیز، اوزدوگان از روش تجزیه طیفی آنالیز مؤلفه‌های مستقل<sup>۹</sup> برای نگاشت انواع مختلف محصولات کشاورزی در دو منطقه ی کانساس و نبرسکا در آمریکا و هم‌چنین منطقه ای در شمال ترکیه استفاده کرد [۱۲].

از مزایای استفاده از روش تجزیه طیفی برای بررسی پوشش گیاهی، امکان مقایسه تغییرات گیاهی در زمان‌ها و فصول مختلف می‌باشد. وجود برف در تصاویر مربوط به فصل زمستان، بررسی NDVI را دچار مشکل خواهد کرد و معمولاً در مطالعات مختلف [۱، ۶ و ۹] معمولاً دوره رشدی برای گیاه در نظر گرفته می‌شود و در فصل زمستان شاخص NDVI در نظر گرفته نمی‌شود. حال آنکه تجزیه طیفی تصاویر ماهواره ای با در نظر گرفتن برف به عنوان یک عضو خالص جدید، امکان مقایسه تغییرات پوشش گیاهی در فصل زمستان (شرایط برفی) را فراهم می‌آورد. از طرفی تخمین وضعیت گیاهان بر اساس شاخص‌هایی از قبیل NDVI که تنها به بررسی بخش سبز گیاه می‌پردازد اطلاعات مربوط به وجود و وضعیت گیاهان را با محدودیت روبرو می‌کند [۱۳]. از این رو در مقاله حاضر به بررسی تغییرات گیاهی با استفاده از تجزیه طیفی تصاویر سنجنده مودیس برای بررسی و پایش خشک‌سالی در منطقه پارک ملی تندوره و در یک دوره زمانی نه ساله (۲۰۰۶-۲۰۱۴) پرداخته می‌شود. در این پژوهش با توجه به مرتع بودن منطقه مورد مطالعه، تعداد اعضای خالص موجود در تصویر دو در نظر گرفته شده است که این اعضای خالص گیاه و خاک برهنه خواهند بود. با توجه به این تعداد اعضای خالص، تجزیه طیفی صورت خواهد پذیرفت و میزان فراوانی گیاه در کل پیکسل‌های تصویر به دست خواهد آمد. با یافتن فراوانی گیاه در دوره زمانی ذکر شده، روند تغییرات پوشش گیاهی را در دو دوره ۵ ساله ۲۰۰۶-۲۰۱۰ و ۲۰۱۰-۲۰۱۴ به طور جداگانه بررسی خواهد شد و این روند به دست آمده با روند تغییرات شاخص باران استاندارد<sup>۱۰</sup> (که در ادامه به طور مفصل توضیح داده خواهد شد) مقایسه خواهد گردید.

## ۲- مواد و روش

در این بخش به ترتیب به بررسی روش مورد استفاده برای استخراج فراوانی پوشش گیاهی، شاخص مورد استفاده برای بررسی روند خشک‌سالی، معرفی منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده پرداخته می‌شود.

<sup>5</sup> Vegetation Condition Index

<sup>6</sup> Standardized Vegetation Index

<sup>7</sup> Multiple End member Spectral Mixture Analysis

<sup>8</sup> End member

<sup>9</sup> Independent Component Analysis

<sup>10</sup> Standard Precipitation Index



## ۲-۱- تجزیه طیفی

علی‌رغم پیشرفت‌های گسترده در حوزه تصویربرداری سنجش‌از‌دور، همواره به دلایلی از قبیل قدرت تفکیک مکانی محدود، تلفیق مواد در سطح میکروسکوپی و پراکنش چندگانه، تصاویر فراطیفی دارای پیکسل‌های مختلط می‌باشند [۱۴]. از این‌رو برای استخراج اطلاعات بیشتر از وضعیت کلاس‌های پوششی موجود در یک پیکسل نیاز به تجزیه طیفی تصاویر سنجش‌از‌دور می‌باشد.

تجزیه طیفی فرآیندی است که در طی آن، طیف یک پیکسل به مجموعه‌ای از طیف‌های اجزای سازنده تصویر (همان اعضای خالص) تقسیم می‌شود و بر اساس این طیف‌ها فراوانی نسبی هرکدام از اعضای خالص در پیکسل به دست می‌آید. یکی از پرکاربردترین و در عین حال ساده‌ترین روش‌های تجزیه طیفی استفاده از مدل تلفیق طیفی خطی می‌باشد. این مدل تفسیر بصری ساده و قابل درکی دارد و غالباً نتایج حاصل از آن، علی‌الخصوص برای مناطق صاف و مسطح، قابل قبول می‌باشد. این مدل اختلاط موجود در پیکسل به ضعف سنجنده نسبت می‌دهد و به عبارتی به بررسی تلفیق طیفی در سطح ماکروسکوپی می‌پردازد [۱۴].

بر اساس این مدل رادیانس هر پیکسل از تصویر، ترکیب خطی از طیف مواد خالص موجود در آن تصویر می‌باشد که وزن هرکدام از این طیف‌ها در ترکیب خطی، میزان فراوانی آن‌ها در پیکسل می‌باشد. لذا برطبق این مدل چنانچه  $x \in R^{L \times 1}$  یک پیکسل از تصویری با  $L$  باند باشد و در این تصویر  $p$  ماده خالص داشته باشیم:

$$(1) x = e_1 a_1 + e_2 a_2 + \dots + e_p a_p + n$$

که  $E = [e_1, \dots, e_p], E \in R^{L \times p}$  طیف مواد خالص موجود در تصویر می‌باشد. همچنین  $A = [a_1, \dots, a_p], A \in R^{p \times 1}$  مقادیر فراوانی مواد خالص در پیکسل مد نظر و  $n$  مقداری برای در نظر گرفتن نویز می‌باشند. در مدل خطی اختلاط طیفی دو قید جمع برابر یک<sup>۱۱</sup> (ASC) و نامنفی بودن<sup>۱۲</sup> (ANC) نیز بر مدل تحمیل می‌شود. قید ASC بدین معنا می‌باشند که جمع فراوانی‌های به دست آمده باید برابر یک باشد و قید ANC نیز لزوم نامنفی بودن فراوانی‌های حاصل در پیکسل را به دنبال دارد. این قیود از منظر ریاضی مطابق روابط زیر می‌باشند:

$$ASC: \sum_{i=1}^p a_i = 1 \quad (2)$$

$$ANC: a_i \geq 0 \quad (3)$$

در دهه‌های اخیر الگوریتم‌های مختلفی برای تجزیه طیفی تصاویر سنجش‌از‌دور بر مبنای مدل تلفیق طیفی ارائه گردیده است. این الگوریتم‌ها به سه دسته‌ی کلی روش‌های آماری، هندسی و روش‌های برمبنای رگرسیون تنک<sup>۱۳</sup> تقسیم می‌شوند. روش‌های هندسی معمولاً با داده‌ها سازگارترند و همچنین نتایج بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارند [۱۵].

یکی از پرکاربردترین روش‌های هندسی برای تجزیه طیفی بر اساس مدل تلفیق خطی روش آنالیز مؤلفه‌های قله<sup>۱۴</sup> (VCA) می‌باشد. الگوریتم VCA یک الگوریتم نظارت‌نشده می‌باشد و کارایی آن از روش‌هایی چون PPI و N-FINDR بیشتر بوده و از نظر محاسباتی نیز نسبت به N-FINDR ساده‌تر می‌باشد. روش VCA بر مبنای دو حقیقت عمل می‌کند: (۱) اعضای خالص موجود در تصویر، رؤس مدار<sup>۱۵</sup> در فضای ویژگی می‌باشند؛ (۲) تبدیل افاین یک مدار،

<sup>11</sup> Abundance Sum to one Constraint (ASC)

<sup>12</sup> Abundance Non negative Constraint (ANC)

<sup>13</sup> Sparse Regression Based

<sup>14</sup> Vertex Components Analysis (VCA)

<sup>15</sup> Simplex



همچنان مدار خواهد بود. در روش VCA مانند بسیاری از روش‌های هندسی دیگر از قبیل PPI و N-FINDR، یکی از مفروضات اساسی وجود پیکسل‌های خالص در تصویر می‌باشد. روش کار الگوریتم VCA بدین صورت است که ابتدا تعدادی عضو خالص از پیش تعیین شده به دلخواه انتخاب می‌شود و این اعضای خالص در فضای ویژگی زیرفضایی را اسپن<sup>۱۶</sup> می‌کنند. آنگاه داده‌ها بر روی این فضا تصویر می‌شوند. حد نهایی داده‌ها در این عملیات پروجکشن مربوط به عضو خالص جدید می‌باشند. روند مذکور تا رسیدن به تعداد اعضای خالص مدنظر ادامه پیدا می‌کند [۱۶]. این روش، روشی سریع برای داده‌های فراطیفی که حجم بالایی دارند محسوب می‌شود و تا زمانی که تعداد اعضای خالص از تعداد باندهای تصویر کمتر باشند قابلیت اجرا بر روی داده‌های چندطیفی را نیز دارا می‌باشد.

## ۲-۲- شاخص باران استاندارد

شاخص بارش استاندارد<sup>۱۷</sup> (SPI) به منظور تعیین و پایش خشک‌سالی هواشناسی توسط مک کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ ارائه گردید [۱۷]. این شاخص از معدود شاخص‌های پایش خشک‌سالی است که در آن تعیین زمان شروع و خاتمه پدیده خشک‌سالی در مقیاس زمانی مختلف میسر است. این ویژگی، انعطاف‌پذیری بالایی به این شاخص در تعیین و پایش خشک‌سالی‌ها و بررسی اثرات این پدیده در منابع آب‌های زیرزمینی و پوشش گیاهی منطقه داده است و از این رو به‌طور وسیعی در مطالعات محیط زیستی و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص SPI بدون بعد بوده و از بی‌نظمی داده‌های گسسته و تبدیل‌شده بارش که بر انحراف معیار بارندگی تقسیم‌شده است محاسبه می‌شود. این شاخص در مقیاس‌های زمانی متفاوت محاسبه شده و هشدار اولیه خشک‌سالی را فراهم می‌آورد. علاوه بر این عکس‌العمل منابع مختلف استفاده‌کننده از آب را نسبت به کاهش بارندگی مشخص می‌کند و داده‌های بارندگی آن که اساس پایش خشک‌سالی و تعیین احتمال وقوع و رخداد این پدیده را مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد، به‌صورت استاندارد شده می‌باشد [۱۷]. شاخص SPI بر اساس رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$SPI = \frac{x_i - \bar{x}}{\delta_i} \quad (4)$$

در این رابطه،  $i$  مقیاس زمانی،  $\delta$  انحراف معیار از داده‌های بارندگی،  $X$  مقادیر بارندگی بر حسب میلی‌متر و  $\bar{X}$  متوسط بارندگی بر حسب میلی‌متر خواهد بود. جدول (۱) نشان‌دهنده وضعیت خشک‌سالی بر اساس مقادیر به‌دست آمده از این شاخص می‌باشد.

جدول ۱: وضعیت خشک‌سالی بر اساس شاخص SPI

وضعیت	عدد مربوط به شاخص	وضعیت	عدد مربوط به شاخص
ترسالی شدید	SPI $\geq +1/99$ $\square$ $1/5$	خشک‌سالی خفیف	SPI $\leq -0/50$ $\square$ $-0/99$
ترسالی متوسط	SPI $\geq 1/49$ $\square$ $1$	خشک‌سالی متوسط	SPI $\leq -1$ $\square$ $-1/49$
ترسالی خفیف	SPI $\geq +0/99$ $\square$ $0/50$	خشک‌سالی شدید	SPI $\leq -1/5$ $\square$ $-1/99$
نرمال	SPI $\geq +0/49$ $\square$ $-0/49$	خشک‌سالی حاد	SPI $\leq -2$ $\square$

## ۲-۳- منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

پارک ملی تندوره در شمال شرقی ایران و نزدیک ترکمنستان در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۸۵ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۸۵ درجه و ۸۵ دقیقه واقع گردیده است. وسعت این منطقه به حدود ۳۳۰۰۰ هکتار می‌رسد و میزان بارندگی سالانه در حدود ۲۸۱ تا ۳۱۱ میلی‌متر و توزیع بارندگی در فصول مختلف بسیار متفاوت است. پارک ملی تندوره از نظر منابع آبی فاقد رودخانه‌های مهم بوده و قسمت اعظم این منطقه

<sup>16</sup> Span

<sup>17</sup> Standard Precipitation Index



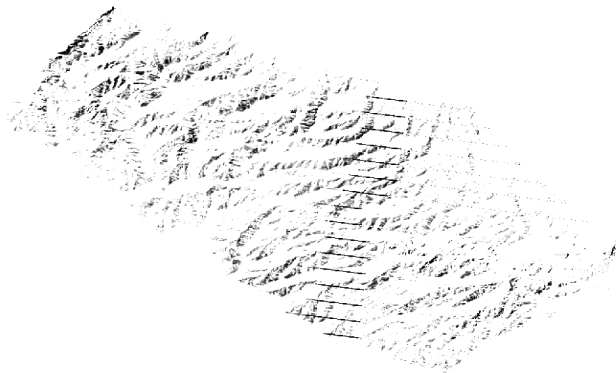
را چشمه‌ها تشکیل می‌دهند. هم‌چنین این منطقه دارای پوشش گیاهی بسیار متنوع بوده و زیست‌بوم پرندگان، پستانداران و خزندگان بی‌شماری می‌باشد که این موضوع اهمیت مطالعه‌ی خشک‌سالی در این منطقه را خاطر نشان می‌کند [۱۸].

در این مطالعه از تصاویر سنجنده لندست ۷ برای نگاشت تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد. این تصاویر دارای ۹ باند می‌باشند که دو باند حرارتی و یک باند پنکروماتیک حذف شده و باندهای ۱ تا ۵ و باند ۷ این سنجنده مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر سنجنده لندست ۷ برای ماه ژولای سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴ در این مقاله بررسی گردیدند. این تصاویر برای منطقه پارک ملی تندوره بریده شده و صرفاً شامل محدوده مطالعاتی این پارک هستند.

هم‌چنین به منظور تخمین بارندگی در منطقه پارک تندوره از روش چندضلعی‌های تیسن استفاده شد. در این روش بعد از مشخص کردن منطقه به‌عنوان یک پلی‌گون، نقاطی به‌عنوان ایستگاه باران‌سنجی در داخل و خارج حوزه در نظر گرفته شدند که هرکدام از این نقاط نماینده میزان بارندگی در پلی‌گون مربوط به خود می‌باشند. در انتها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS مقدار بارندگی در حوزه مطالعاتی درون یابی گردید. این درون‌یابی با استفاده از داده‌های بارندگی دو ایستگاه درگز و قوچان صورت گرفت که این دو ایستگاه نزدیک‌ترین باران‌سنج‌های موجود به محدوده مطالعاتی مدنظر بوده‌اند. در این پژوهش مجموع بارش در ماه‌های اکتبر تا ژوئن (مهر تا خرداد) از دو ایستگاه قوچان و درگز در نظر گرفته شد که به‌صورت مستقیم بیشترین تأثیر را بر پوشش گیاهی ماه ژولای (ماه تیر) منطقه داشتند.

### ۳- نتایج و بحث

برای بررسی تأثیر خشک‌سالی در منطقه موردنظر به بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی پرداخته شد. بدین‌صورت که بر روی تصاویر منطقه مطالعاتی، تجزیه طیفی با در نظر گرفتن دو عضو خالص با استفاده از الگوریتم VCA صورت پذیرفت. آنگاه با مقایسه طیف‌های مستخرج از این الگوریتم با طیف شناخته‌شده برای گیاهان در طول موج‌های مشخص (طول موج باندهای سنجنده لندست ۷) طیف گیاه شناسایی شده و متناظر با آن تصویر فراوانی گیاه به دست آمد. در شکل (۱) نمونه‌ای از این تصاویر قابل مشاهده است.



شکل ۱: نقشه فراوانی پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۶ به‌عنوان نمونه‌ای از نقشه‌های فراوانی پوشش گیاهی

همان‌طور که مشخص در شکل (۱) است خطای گپ در تصاویر موجود است. این خطا در تصاویر لندست ۷ و از سال ۲۰۰۳ به بعد قابل مشاهده است و برای خطوط گپ داده‌ای وجود ندارد. این خطوط دارای مقادیر صفر هستند و در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شوند. هم‌چنین به‌منظور تعیین روند خشک‌سالی در این منطقه، نمودار SPI در برابر سال آبی در دو دوره‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۰ و ۲۰۱۰-۲۰۱۴ و هم‌چنین دوره کلی ۲۰۰۶-۲۰۱۴ رسم شد. سپس خط رگرسیون داده‌ها که روند کلی تغییرات SPI ها را نشان می‌دهد ترسیم گردید.



پس از بررسی تصاویر پوشش گیاهی مربوط به سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۱۴ که از تجزیه طیفی به دست آمد، مقادیر میانگین و مجموع پوشش گیاهی در تصویر به شرح جدول (۲) استخراج شد. همچنین بر اساس مقادیر به دست آمده از SPI و تطابق آن با جدول (۲)، وضعیت خشک‌سالی مطابق جدول (۳) تعیین گردید.

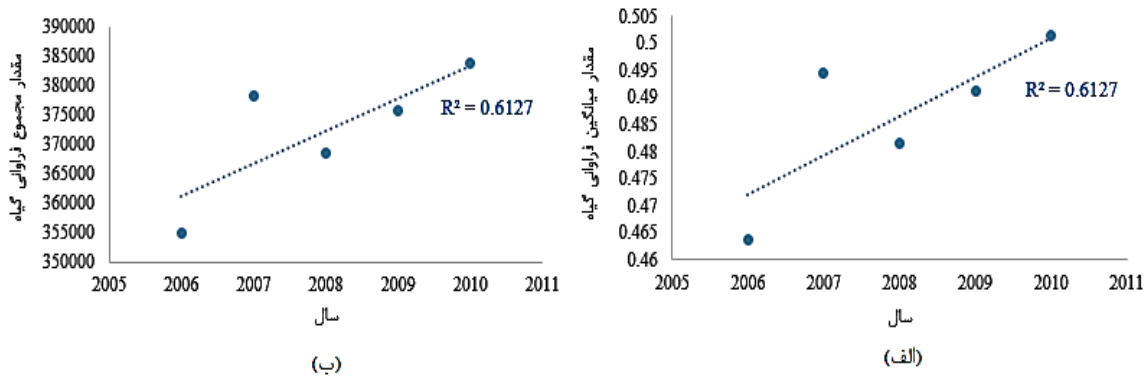
جدول ۲: مقادیر فراوانی پوشش گیاهی

سال	میانگین فراوانی پوشش گیاهی	مجموع فراوانی پوشش گیاهی
۲۰۰۶	۴۶۳/۰	۲۷۷/۳۵۴۷۸۲
۲۰۰۷	۴۹۴/۰	۷۵۴/۳۷۸۳۱۴
۲۰۰۸	۴۸۱/۰	۲۴۰/۳۶۸۵۳۹
۲۰۰۹	۴۹۱/۰	۲۹۴/۳۷۵۷۸۱
۲۰۱۰	۵۰۱/۰	۲۲۲/۳۸۳۷۰۴
۲۰۱۱	۵۰۴/۰	۴۹۸/۳۸۵۹۴۴
۲۰۱۲	۵۰۵/۰	۷۷۷/۳۸۶۷۰۳
۲۰۱۳	۴۹۹/۰	۲۵۹/۳۸۲۲۷۰
۲۰۱۴	۴۷۹/۰	۲۴۹/۳۶۶۶۲۴

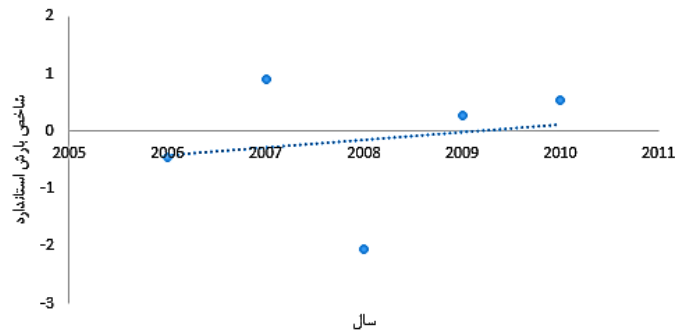
جدول ۳: وضعیت خشک‌سالی در منطقه مطالعاتی

سال آبی	بارندگی بر حسب میلی‌متر	شاخص بارش استاندارد	وضعیت خشک‌سالی
۲۰۰۶	۲۱۲/۰۵	-۰/۴۴	نرمال
۲۰۰۷	۳۰۷/۰۵	۰/۸۹	ترسالی خفیف
۲۰۰۸	۹۸/۱۵	-۲/۰۴	خشک‌سالی حاد
۲۰۰۹	۲۶۲/۹	۰/۲۷	نرمال
۲۰۱۰	۲۸۱/۵	۰/۵۳	ترسالی خفیف
۲۰۱۱	۲۴۶/۴	۰/۰۴	نرمال
۲۰۱۲	۳۳۳/۹۵	۱/۲۷	ترسالی متوسط
۲۰۱۳	۲۶۴/۹۵	۰/۳۰	نرمال
۲۰۱۴÷	۱۸۲/۸	-۰/۸۵	خشک‌سالی خفیف

روند موجود در فراوانی پوشش گیاهی در دو دوره ۲۰۰۶-۲۰۱۰ و ۲۰۱۰-۲۰۱۴ به منظور امکان مقایسه بیشتر کارایی روش بررسی گردید. علاوه بر آن، تغییرات پوشش گیاهی برای بازه ۲۰۰۶-۲۰۱۴ مورد بررسی قرار گرفت تا روند خشک‌سالی در دوره ده‌ساله مشخص گردد. نمودار مربوط به بررسی این فراوانی‌ها در طی سه بازه در شکل‌های (۲) تا (۴) مشخص شده است.



شکل ۲: نمودار تغییرات فراوانی پوشش گیاهی در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ (الف) مقدار میانگین پوشش گیاهی در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ (ب).  
مقدار مجموع فراوانی پوشش گیاهی در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰

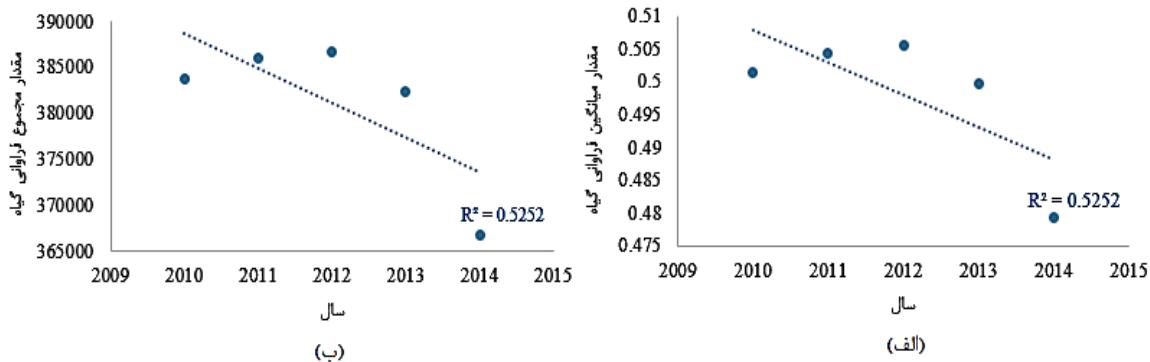


شکل ۳: روند تغییرات شاخص باران استاندارد در بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۱۰

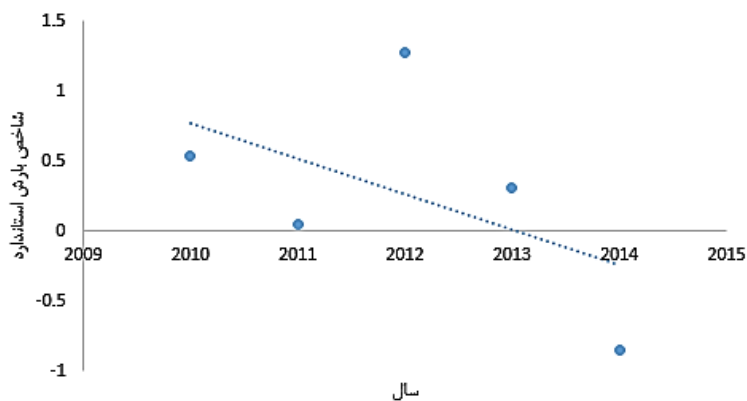
مقادیر فراوانی موجود در نمودار مجموع فراوانی، جمع درصد فراوانی پیکسل‌های تصویر بوده و از این رو بدون واحد هستند. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود مقدار فراوانی پوشش گیاهی در بازه ۵ ساله مشخص شده رو به افزایش است که این می‌تواند در نتیجه‌ی کاهش خشک‌سالی باشد. نمودار مربوط به SPI در شکل (۳) نیز روند افزایشی را برای SPI نشان می‌دهد که این روند مانند روند پوشش گیاهی حاکی از کاهش خشک‌سالی خواهد بود. تأثیر کاهش خشک‌سالی در بازه ۲۰۰۶-۲۰۱۰ را می‌توان در روند افزایشی پوشش گیاهی در نمودارهای شکل (۲) مشاهده کرد.

همانند آنچه برای بازه ۲۰۰۶-۲۰۱۰ ذکر شد، با مقایسه‌ی شکل‌های (۴) و (۵) که به ترتیب روند تغییرات پوشش گیاهی و روند تغییرات SPI را نشان می‌دهند می‌توان به تأثیر افزایش خشک‌سالی در کاهش پوشش گیاهی در منطقه برای بازه‌ی ۵ ساله ۲۰۱۰-۲۰۱۴ پی برد. همان‌طور که در شکل‌های (۴) و (۵) مشخص است افزایش باران و در نتیجه افزایش شاخص SPI در سال ۲۰۱۲ که حاکی از کاهش خشک‌سالی است، به افزایش پوشش گیاهی در منطقه در این سال منجر شده است. هرچند که به‌طور کل روند کاهشی پوشش گیاهی و افزایشی خشک‌سالی را در دوره ۵ ساله ۲۰۱۰-۲۰۱۴ مشاهده گردیده است.



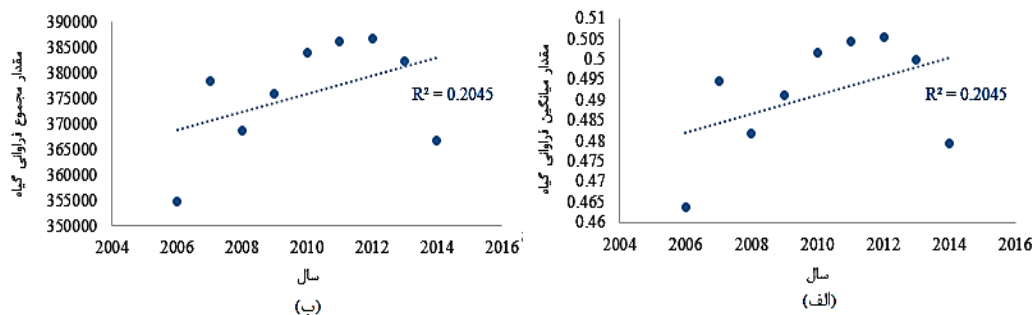


شکل ۴: نمودار تغییرات فراوانی پوشش گیاهی در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴. الف) مقدار میانگین پوشش گیاهی در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴. ب) مقدار مجموع فراوانی پوشش گیاهی در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴

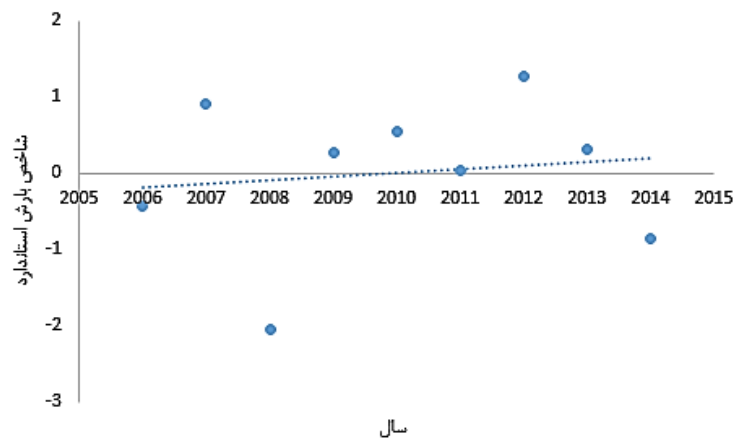


شکل ۵: روند تغییرات شاخص باران استاندارد در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۴

مطابق آنچه در شکل (۶) ملاحظه می‌شود، در بررسی روند کلی تغییرات پوشش گیاهی در بازه‌ی ۲۰۰۶-۲۰۱۴ نیز روند صعودی برای پوشش گیاهی به چشم می‌خورد که این روند صعودی در شکل (۷) که مربوط به تغییرات SPI در این بازه است نیز قابل مشاهده است. علاوه بر این موارد، شکل (۶) میزان پوشش گیاهی نسبی بالایی برای سال ۲۰۱۲ و میزان فراوانی پوشش گیاهی پایینی برای سال ۲۰۰۸ گزارش می‌کند که این دو سال برطبق جدول (۳) بیشینه و کمینه مقدار SPI را دارا هستند.



شکل ۶: نمودار تغییرات فراوانی پوشش گیاهی در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴. الف) مقدار میانگین پوشش گیاهی در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴. ب) مقدار مجموع فراوانی پوشش گیاهی در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴



شکل ۷: روند تغییرات شاخص باران استاندارد در بازه زمانی ۲۰۱۴-۲۰۱۰

#### ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج حاصل از تجزیه طیفی تصاویر سنجش از دوری و بررسی روند تغییرات آن، بیانگر پتانسیل این روش برای دستیابی به اطلاعات پوشش گیاهی در زمینه‌های بررسی و پایش خشک‌سالی می‌باشد. تشابه روند تغییرات پوشش گیاهی و روند موجود در شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد، نشانگر وابستگی پوشش گیاهی در این منطقه به باران می‌باشد. چنانچه منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عواملی غیر از خشک‌سالی قرار نگیرد، روش تجزیه طیفی می‌تواند تخمینی از میزان خشک‌سالی نیز باشد. این روش با فراهم آوردن اطلاعات در سطح زیرپیکسل از منطقه‌ی مورد مطالعه، امکان بررسی جزئی‌تر تغییرات پوشش گیاهی ناشی از خشک‌سالی را فراهم می‌آورد. به عبارتی می‌توان برای محدوده‌های مکانی مختلف و در مساحت کوچک نیز به بررسی تغییرات پوشش گیاهی پرداخت.

در مقاله حاضر از تصاویر سنجنده لندست ۷ برای تجزیه طیفی استفاده شد. متأسفانه به دلیل فقدان داده‌های سری زمانی فراطیفی برای ایران امکان استفاده از این نوع تصاویر که حاوی اطلاعات طیفی بی‌شماری می‌باشند میسر نمی‌باشد. به نظر می‌رسد استفاده از داده‌های فراطیفی که دارای قدرت تفکیک طیفی بسیار بالاتر از تصاویر چندطیفی هستند، دقت نگاشت تغییرات پوشش گیاهی را افزایش خواهد داد.

#### مراجع

- [1] L. Ji and A. J. Peters, "Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices," *Remote Sensing of Environment*, vol. 87, p. 85-98, 2003.
- [2] G. Berhan, S. Hill, T. Tadesse and S. Atnafu, "Drought Prediction System for Improved Climate Change Mitigation," *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, vol. 52, pp. 4032-4037, 2014.
- [3] W. M. Alley, "The Palmer Drought Severity Index: Limitations And Assumptions," *Climate and Applied Meteorology*, pp. 1100-1109, 1984.
- [4] W. J. Gibbs and J. V. Mahar, "rainfall deciles as drought indicators," *Bureau of Meteorology Bulletin*, vol. 48, 1967.
- [5] B. Narasimhan and R. Srinivasan, "Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring," *Agriculture and Forest Meteorology*, vol. 133, pp. 69-88, 2005.
- [6] S. Piao, A. Mohammat, J. Fang, Q. Cai and J. Feng, "NDVI-based increase in growth of temperate



- grasslands and its responses to climate changes in China," *Global Environmental Change*, vol. 16, pp. 340-348, 2006.
- [7] N. Pettorelli, J. O. Vik, A. Mysterud, J. M. Gaillard, C. J. Tucker and N. C. Stenseth, "Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change," *TRENDS in Ecology and Evolution*, vol. 20, pp. 503-510, 2005.
- [8] D. Mao, Z. Wang, L. Luo and C. Ren, "Integrating AVHRR and MODIS data to monitor NDVI changes and their relationships with climatic parameters in Northeast China," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 18, pp. 528-536, 2012.
- [9] Y. Zhang, J. Gao, L. Liu, Z. Wang, M. Ding and X. Yang, "NDVI-based vegetation changes and their responses to climate change from 1982 to 2011: A case study in the Koshi River Basin in the middle Himalayas," *Global and Planetary Change*, vol. 108, pp. 139-148, 2013.
- [10] J. A. C. Ballantine, G. S. Okin, D. E. Prentiss and D. A. Roberts, "Mapping North African landforms using continental scale unmixing of MODIS imagery," *Remote Sensing of Environment*, vol. 97, p. 470 – 483, 2005.
- [11] T. K. Gill and S. R. Phinn, "Estimates of bare ground and vegetation cover from Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) short-wave-infrared reflectance imagery," *Journal of Applied Remote Sensing*, vol. 2, p. 23511–23519, 2008.
- [12] M. Ozdogan, "The spatial distribution of crop types from MODIS data: Temporal unmixing using Independent Component Analysis," *Remote Sensing of Environment*, vol. 141, p. 1190–1204, 2010.
- [13] G. P. Asner and K. B. Heidebrecht, "Spectral unmixing of vegetation, soil and dry carbon cover in arid regions: comparing multispectral and hyperspectral observations," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23, p. 3939–3958, 2002.
- [14] N. Keshava, "A Survey of Spectral Unmixing Algorithms," *Lincoln Laboratory Journal*, vol. 14, pp. 55-78, 2003.
- [15] J. M. Bioucas-Dias, A. Plaza, N. Dobigeon, M. Parente, Q. Du, P. Gader and J. Chanussot, "Hyperspectral unmixing overview: Geometrical, statistical, and sparse regression-based approaches," *J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.*, vol. 5, p. 354–379, 2012.
- [16] J. N. a. J. B. Dias, "Vertex component analysis: A fast algorithm to unmix hyperspectral data," *IEEE Transactions On Geoscince and Remote Sensing*, vol. 43, p. 898–910, 2005.
- [17] T. B. Mckee, N. J. Doesken and J. Kleist, "The Relationship of drought frequency and duration to time scales," in *On applied Climatology*, Massachusetts, 1993.
- [18] M. Sheikh, "Tandooreh National Park and Protected Region," in *The 1st National Conference on Environment, Energy and Biodefense*, 2014.



## **Evaluation the effects of drought on the trend of vegetation with using spectral decomposition of remotely sensed images (case study: Tandoureh National Park)**

Saeed Gholinejad<sup>1</sup>, Ali Mohtashami<sup>2</sup>

1-M.Sc student of Geomatic engineering, Ferdowsi University of Mashhad

2-M.Sc student of civil engineering department, Water resources management, University of Birjand

### **Abstract:**

Since vegetation plays a paramount role in wildlife and carbon cycle adjustment, researchers and policymakers become interested in tracking its changing trend and investigate the effect of drought on it. Remotely sensed images are one of the most important sources for deriving information about the vegetation due to their extensive coverage and efficient temporal resolution. In this study, we investigate the trend of change in vegetation caused by drought in Tandoureh National Park located in north-east of Iran by means of spectral decomposition of Landsat images from 2006 to 2014. We also used the SPI (Standard precipitation index) to establish a connection between vegetation intensity and drought. SPI derived from the interpolation of rain-gauge data in 2 different stations near our case study. The results clearly are compatible with the acquired results from spectral decomposition of Landsat images. This shows the efficiency of remote sensing data in vegetation studies.

**Keywords:** drought, Landsat 7, spectral decomposition, SPI, Tondoureh national park

Address: Remote Sensing Group, Department of Civil Engineering, College of Engineering, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. **Tel: +98 9157403004.**

Email: [Saeedghj.1991@gmail.com](mailto:Saeedghj.1991@gmail.com)