

## بررسی اثر زلزله سر پل ذهاب بر پوشش گیاهی منطقه و ارزیابی نرخ بهبود گیاهان

حامد صالحی<sup>1</sup> و علیرضا شریفی<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

<sup>2</sup> استادیار، گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

[a\\_sharifi@sru.ac.ir](mailto:a_sharifi@sru.ac.ir)

**چکیده:** زلزله فاجعه بار سر پل ذهاب در 21 آبان سال 96 در استان کرمانشاه رخ داد. این زلزله علاوه بر خسارات جانی و زیرساختی باعث به وجود آمدن تغییرات در پوشش زمین و در نتیجه تغییراتی در پوشش گیاهی طبیعی و مراتع منطقه شده است. بررسی تغییرات و تخریبات پوشش گیاهی توسط زلزله و زمین رانش‌های ناشی از آن به مدیریت توسعه و حفاظت از پوشش گیاهی کمک می‌کند. مراتع یکی از مهم‌ترین موارد پوشش گیاهی است که در مقام یکی از منابع تجدید پذیر، دارای نقش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی هستند. به منظور بررسی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس جهانی و ناحیه‌ای دسترسی به هنگام داده‌های میدانی یا صحرایی معمولاً دشوار و محدود است. همچنین برآورد پوشش گیاهی به روش معمولی که شامل برآورد کلی از پوشش گیاهی است، هم زمان بر است و هم اطلاعات چندان دقیقی را در اختیار نمی‌گذارد. از این رو سنجش از دور فناوری بسیار مفیدی است که با داشتن خصوصیات نظیر فراهم ساختن یک دید وسیع و یکپارچه از یک منطقه، قابلیت تکرارپذیری، دسترسی آسان به اطلاعات، دقت بالای اطلاعات به دست آمده و صرفه جویی در زمان بر سایر روش‌ها ارجحیت دارد. استفاده از شاخص‌های گیاهی برای اهداف مختلف چند دهه می‌گذرد و هنوز هم در سطح وسیعی استفاده می‌شود. از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 در سال‌های 2016، 2017 و 2018 برای پایش و ارزیابی پوشش گیاهی منطقه استفاده شد. از شاخص‌های پوشش گیاهی مانند NDVI و همچنین شاخص‌های تعدیل کننده اثر خاک SAVI برای بررسی اثر زلزله بر پوشش گیاهی منطقه و برای ارزیابی نرخ بهبود طبیعی گیاهان از شاخص نرخ بهبود گیاهی VRR استفاده شده است. نرخ بهبود طبیعی گیاهان VRR برای یک سال پس از زلزله برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص NDVI، 40 درصد و با استفاده از شاخص SAVI، 39 درصد محاسبه شد.

**کلمات کلیدی:** زلزله سر پل ذهاب، سنجش از دور، پوشش گیاهی، شاخص‌های پوشش گیاهی، نرخ بهبود گیاهی

### *Investigation of the effect of Sarpole-Zahab earthquake on vegetation area and evaluation of vegetation recovery rate*

*H. Salehi and A. Sharifi*

**Abstract:** The catastrophic earthquake in Sar-e-Pol-e-Zahab occurred on November 21, 2006 in Kermanshah province. This earthquake has caused changes in land cover and consequently changes in natural vegetation and rangelands of the region, in addition to life and infrastructure damage. Investigation of changes and damages of vegetation by earthquake and landslides caused by it helps in management of development and protection of vegetation. Rangelands are one of the most important vegetation cover as one of the renewable resources with different economic, social and environmental roles. It is usually difficult and limited to study and monitor vegetation on a global scale and areas of access to field or field data. In addition, conventional vegetation estimation, which includes a general estimation of vegetation, is both time-consuming and does not provide very accurate information. Therefore, remote sensing is a very useful technology that has features such as providing a wide and integrated view of an area, repeatability, easy access to information, high accuracy of information obtained and time saving over other methods. The use of plant indices for various purposes has been going on for several decades and is still widely used. The Sentinel-2 satellite imagery time series for 2016, 2017 and 2018 were used to monitor and evaluate vegetation in the region. Vegetation indices such as NDVI as well as SAVI soil effect modifier vegetation index were calculated from the VRR vegetation improvement index to assess the effect of earthquake on vegetation area and to evaluate natural vegetation recovery rate. The natural recovery rate of VRR plants for the year after the earthquake was 40% for the study area using NDVI index and 39% using SAVI index.

**Keywords:** Sarpole-Zahab earthquake, Remote sensing, Vegetation, Vegetation indices, Vegetation recovery rate

## 1 - مقدمه

یک زلزله فاجعه بار در مقیاس 7/3 ریشتر در نزدیکی شهر ازگله استان کرمانشاه مرز بین ایران و عراق ساعت ۲۱:۴۸:۱۶ به وقت محلی شامگاه یکشنبه 21 آبان سال 96 اتفاق افتاد. تلفات سنگین و خسارات گسترده به ساختمان‌ها وارد شد و نیز توپوگرافی زمین دچار تغییرات شد و رانش‌های زمین بر اثر این زلزله به وجود آمدند. برخی از پدیده‌ها و عوارض نظیر پوشش گیاهی به علل مختلف طبیعی مانند: زلزله در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی به مرور زمین دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهد بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است [1].

یانگ و همکاران به بررسی اثر زمین لرزه ونچون چین بر پوشش گیاهی منطقه پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که 38/2 درصد از منطقه مورد مطالعه با کاهش  $NDVI^1$  بیش از 0/4 مواجه شده است. این کاهش قابل ملاحظه در  $NDVI$  ناشی از رانش زمین‌هایی است که توسط زمین لرزه اصلی در 12 می سال 2008 ایجاد شده است. میزان کاهش  $NDVI$  در مناطقی که رانش زمین بیشتر اتفاق می‌افتد بیشتر است [2].

لین و همکاران به بررسی اثر سونامی عظیم سال 2004 هند بر پوشش زمین منطقه پرداختند. این سونامی منجر به تخریب مناطق ساحلی، تغییر شکل زمین و پوشش زمین و... شد. بدین منظور تغییرات شاخص پوشش گیاهی  $NDVI$  مورد بررسی قرار گرفت و از نوسانات شاخص خاک  $NDSI^2$  و شاخص آب  $NDWI^3$  نیز استفاده شد [3].

نتایج تجزیه و تحلیل این شاخص‌ها برای مناطق آسیب دیده از عکس‌های ماهواره‌ای قبل و بعد از حادثه، کاهش شاخص گیاهی و افزایش شاخص‌های خاک و آب را نشان داد. نرخ بهبود طبیعی گیاهان برای یک سال پس از حادثه برای منطقه مورد بررسی به 46 درصد رسیده است [4].

یانگ و همکاران با مقایسه  $NDVI$  تصاویر قبل و بعد از زلزله‌ی در منطقه لانگمنشان در چین به این نتایج

رسیدند: 36 درصد مناطق تخریب شده دارای کاهش مقدار  $NDVI$ ، 28/8 درصد دارای تغییرات بسیار اندک، 19/1 دارای افزایش مقدار شاخص و نیز 16/1 درصد از مناطقی که با افزایش مقدار شاخص مواجه بودند دارای نرخ بهبود طبیعی بیش از 100 درصد هستند. الگوهای بهبود در مناطق آسیب دیده پیچیده است، ولی نتایج نشان داد که نرخ بهبود طبیعی در دره‌های خشک بسیار آهسته است [5].

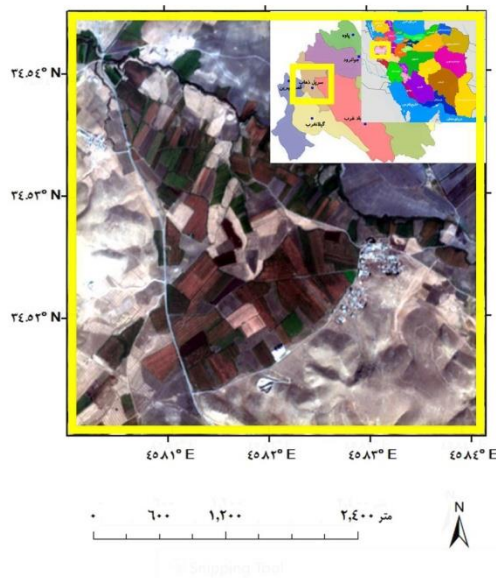
وانگ و همکاران به تحقیق در مورد زلزله 21 سپتامبر سال 1999 تایوان پرداختند. مورفولوژی و توپوگرافی زمین به علت حادثه و رانش زمین دچار تغییر شد. روش اتخاذ شده برای ارزیابی رانش زمین و پایش بهبود پوشش گیاهی مقایسه مقادیر  $NDVI$  قبل و بعد از حادثه در مناطق آسیب دیده و هم چنین به کارگیری شاخص نرخ بهبود برای ارزیابی بهبود گیاهان بوده است.

نتایج نشان داد که نرخ بهبود برای یک سال بعد از زلزله برای مناطق متراکم از گیاه به 47/1 رسیده است و خط الراس‌های کوهستانی با شیب زیاد که در معرض جریان آب و نیز مناطقی که دارای خاک اسید سولفات بودند رشد کمی را نشان دادند [6].

لین و همکاران به بررسی اثر سونامی 2004 تایلند بر اکوسیستم و پوشش گیاهی منطقه و هم چنین میزان بهبودی پوشش گیاهی در یک مقیاس محلی پرداختند. نتایج نشان داد که نرخ بهبود بر اساس نوع گیاه متفاوت و نیز تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی است. آنها هم چنین به بررسی قابلیت‌ها و محدودیت‌های تصاویر اپتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا در بحث میزان آسیب دیدگی گیاهی بعد از حادثه و نیز میزان بهبود گیاهی بعد از حادثه پرداختند [7].

در گذشته، بسیاری از محققان برای ارزیابی و پایش بهبود پوشش گیاهی از بررسی‌های میدانی یا انواع تجهیزات اندازه‌گیری مختلف استفاده می‌کردند، با این حال این تلاش‌ها به دلیل گسترده بودن توزیع تغییرات پوشش گیاهی قادر به ارزیابی این فرآیند در مقیاس‌های بزرگ نبود. به تازگی با پیشرفت تکنولوژی، سنسجس از دور به دلیل سرعت کار بالا و ارزیابی مناطق وسیع به طور گسترده برای پایش منابع زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد

<sup>1</sup> Normalized Difference Vegetation Index  
<sup>2</sup> Normalized Difference Soil Index  
<sup>3</sup> Normalized Difference Water Index



شکل 1. موقعیت ناحیه مورد مطالعه  
Fig. 1. Location of the study area

## 2-2 داده ها

تصاویر ماهواره Sentinel-2 برای تجزیه و تحلیل اثرات زلزله مورد استفاده قرار گرفت. باندهای آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز این ماهواره دارای قدرت تفکیک مکانی 10 متر هستند. بنابراین برای تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی مناطق دچار تغییر، مناسب هستند. نرخ بهبود پوشش گیاهی  $VRR^1$  برای پایش و احیای طبیعی گیاهان در مناطق مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. زلزله در تاریخ 12 نوامبر 2017 رخ داده است. تصاویر مورد نظر برای تجزیه و تحلیل زلزله در ماههای نوامبر و دسامبر 2016 و 2017 و 2018 مورد بررسی قرار گرفته است. شکل 2 نشان دهنده نمونه‌ای از این داده‌ها است.

چون این ماهواره دارای قدرت تفکیک زمانی 5 روزه می‌باشد برای تولید نقشه‌های  $NDVI$  مناسب است. زیرا شاخص‌های گیاهی علیرغم سادگی محاسبات، مشکلاتی دارند که باعث می‌شود به کمک این شاخص‌های گیاهی نتوان اطلاعات کامل و دقیقی از منطقه بدست آید. مسئله مهم قدرت تفکیک زمانی سنجنده است. استفاده از تصاویر 10 روزه برای تولید  $NDVI$  متداول است و اگر سنجنده‌ای

[8]. در تحقیقات متعددی از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش بلایای طبیعی مانند ارزیابی پتانسیل آتش سوزی، تخمین خسارات سیل و آشکارسازی خشکسالی و... استفاده شده است [9].

## 2- دادها و روش

### 2-1 منطقه مورد مطالعه

شهرستان سرپل ذهاب یکی از شهرستانهای استان کرمانشاه ایران است. مرکز این شهرستان، شهر سرپل ذهاب است. این شهر در 45 درجه و 52 دقیقه طول شرقی و 34 درجه و 24 درجه عرض جغرافیایی و در غرب کشور و منتهی‌الیه شیب ارتفاعات زاگرس بر سر راه بین‌المللی تهران-بغداد واقع گردیده است.

قدمت این شهر به 2800 سال قبل از میلاد باز می‌گردد و مساحت آن 1271 کیلومترمربع می‌باشد. این شهر مرزی ایران در زمان جنگ ایران و عراق به شدت آسیب دید اما بعد از جنگ بازسازی شد. شهرستان سرپل ذهاب از شمال با شهر ثلاث باباجانی؛ از غرب با شهر قصر شیرین؛ از جنوب به گیلان غرب و از غرب، با عراق و قصر شیرین همسایه است. رودخانه دائمی الوند نیز از میان شهر عبور می‌کند و آب و هوای آن نیز نسبتاً سرد و نیمه خشک است. محدوده مورد مطالعه در استان کرمانشاه شهرستان سرپل ذهاب بین طول‌های جغرافیایی 45 درجه و 48 دقیقه تا 45 درجه و 50 دقیقه شرقی و بین عرض‌های جغرافیایی 34 درجه و 30 دقیقه تا 34 درجه و 32 دقیقه شمالی واقع شده است. با توجه به شکل 1 بخشی از منطقه سرپل ذهاب با مساحت 1400 هکتار انتخاب شد.

<sup>1</sup> Vegetation Recovery Rate

نتواند چنین قابلیت را ارائه دهد آنگاه از این طریق به نتایج دلخواه نمی توان رسید [17].

### 2-3 پردازش تصاویر

هر دو روش طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده روش‌های پرکاربردی در پردازش تصاویر برای استخراج داده‌های پوشش زمین می‌باشند. با این حال برای طبقه بندی سری زمانی تصاویر از منطق‌های آشکارسازی تغییرات برای استخراج اطلاعات استفاده می‌شود. یکی از بهترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات آشکارسازی تغییرات، روش استخراج اطلاعات از سری زمانی تصاویر بر اساس ویژگی‌های داده‌های پوشش زمین می‌باشد. در این تحقیق از روش طبقه بندی بهینه Jenks برای طبقه بندی عوارض با استفاده از بازه‌های مشخص در مقادیر شاخص NDVI تصاویر استفاده شده است. این روش با تلاش برای به حداقل رساندن میانگین انحراف هر کلاس از میانگین کلاس انجام می‌شود، ضمن اینکه حداکثر انحراف هر کلاس از عوارض گروه‌های دیگر است. به عبارت دیگر، این روش به دنبال کاهش واریانس درون کلاسها و به حداکثر رساندن واریانس بین کلاسها است [15].

تصحیحات رادیومتریک<sup>1</sup> شامل آن دسته از تصحیحات می‌باشند که تنها بر روی درجات خاکستری اعمال شده و فقط با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت مجزا (به صورت پیکسل به پیکسل) سعی در جبران بعضی خطاهای موجود دارند. تصحیحات رادیومتریک در قبال تغییرات منظر، نوردهی، دید هندسی، شرایط جوی و نویز سنجنده باید صورت گیرند. هر کدام از این شرایط به خصوصیات سنجنده‌ها و شرایط زمان اخذ داده‌ها بستگی دارند و شامل تصحیحات و یا روش‌های حذف می‌باشند که در زیر تشریح شده‌اند:

1- خطاهای موجود در آشکارسازهای سامانه سنجش از دوری مانند خطوط پویس از دست رفته، خطای راه راه شدن یا خطای شروع. 2- تأثیرات اتمسفری که بوسیله پراکنش و جذب در اتمسفر صورت می‌پذیرد.

3- تأثیرات توپوگرافیک بوجود آمده در تصویر به دلیل شیب و تفاوت ارتفاع در عوارض موجود بر روی سطح زمین و 4- نویز موجود در تصاویر به دلیل اختلالات یا خطا در ذخیره و ارسال نمودن داده ممکن است اتفاق بیفتد [16].

تصحیح اتمسفری در مواردی که به مقادیر انرژی ساطع شده از اشیاء نیاز است و یا هنگامی که شدت سیگنال ارسالی از طرف اشیاء از اثرات اتمسفری کمتر باشد، ضروری است. تصحیح اتمسفری مهم‌ترین بخش قبل از پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای از راه دور است. در این تحقیق از تصحیح FLAASH<sup>2</sup> بدین منظور استفاده شد. بعد از اعمال تصحیحات، NDVI تمام تصاویر محاسبه شد.

شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده NDVI یکی از مشهورترین روش‌ها برای پایش پوشش گیاهی است. به این صورت محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

NIR<sup>3</sup> انعکاس مربوط به مادون قرمز و RED انعکاس مربوط به قرمز است. NDVI با مقادیر بالا نشان دهنده سطح فعالیت فتوسنتزی بالاست. این شاخص دارای مقادیر نرمال در دامنه بین -1 تا +1 است که بررسی و نمایش مقادیر را به راحتی میسر می‌سازد. مقادیر مختلف NDVI نمایانگر پوشش‌های مختلف می‌باشند. مثلاً مقادیر NDVI بین 0/05 تا 0/1 برای مناطق گیاهی تنک، مقادیر بین 0/1 تا 0/5 برای مناطق گیاهی معمولی و از 0/5 به بالا برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی می‌باشد. آب، برف و یخ دارای مقادیر منفی NDVI می‌باشند و خاک‌ها دارای مقادیر کمتر از 0/05 و ابرها نیز معمولاً دارای مقادیر حول صفر هستند [13]. با توجه به مقیاس منطقه، استفاده از سری زمانی تصاویر NDVI حاصل از داده‌های ماهواره‌ای برای پایش پوشش گیاهی بسیار مفید است. برای مثال تحقیقات پژوهش‌گران نشان داده است استفاده از تصاویر ماهواره NOAA<sup>4</sup> سنجنده AVHRR<sup>5</sup> در مقیاس‌های بزرگ

<sup>2</sup> Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Hypercubes Near Infrared  
<sup>3</sup>  
<sup>4</sup> National Oceanic & Atmospheric Administration  
<sup>5</sup> Advanced Very High Resolution Radiometer

<sup>1</sup> Radiometric Calibration

اگر مقادیر  $VRR$  کمتر از صفر است وضعیت بهبود پوشش گیاهی بدتر شده است. اگر این مقادیر بین صفر تا صد است که نشان‌دهنده غنی شدن تدریجی پوشش گیاهی در مناطق دچار تغییر است. و اگر این مقادیر بالاتر از 100 باشد نشان می‌دهد که وضعیت بهبود حتی بهتر از قبل از زلزله می‌باشد. این شاخص را می‌توان برای دیگر شاخص‌های پوشش گیاهی نیز تعمیم داد. در ابتدا محاسبات برای شاخص  $NDVI$  سپس برای شاخص  $SAVI$  انجام شد.

### 3- پیاده سازی و نتایج

#### 3-1 پیاده سازی با استفاده از شاخص $NDVI$

با توجه به بررسی های نقشه های  $NDVI$  در ماه های نوامبر و دسامبر در سال های مختلف به نتایج زیر رسیدیم :

1- در سال‌های مختلف معمولاً مقدار پوشش گیاهی قسمت‌های زیادی از مناطق کشاورزی کاهش و مراتع افزایش می‌یابند به طوری که در ماه دسامبر افزایش مرتع بر کاهش پوشش گیاهی کشاورزی غلبه می‌کند و در مجموع پوشش گیاهی کل از ماه نوامبر به دسامبر افزایش می‌یابد ولی در سالی که زلزله آمده است افزایش مرتع کاهش پیدا کرده است به طوری که پوشش گیاهی کل افت پیدا کرده است. یعنی چون رشد مرتع به اندازه کافی نیست نمی‌تواند کاهش پوشش گیاهی کشاورزی را جبران کند و در مجموع پوشش گیاهی کل افت پیدا می‌کند (جدول 1).

2- یک سال پس از زلزله یعنی در سال 2018 نیز همین روند کاهش پوشش گیاهی کشاورزی و افزایش مرتع را داریم ولی در این سال رشد مرتع به اندازه‌ای قوی است که بیشترین اندازه شاخص در ماه دسامبر این سال داریم. زلزله تاثیر مثبتی بر رشد مراتع طبیعی برای یک سال پس از زلزله داشته است (جدول 1).

و قاره‌ای بسیار مفید است. با توجه به وسعت منطقه مورد مطالعه در این تحقیق از داده‌های ماهواره Sentinel-2 استفاده شده است [14]. همچنین از شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک  $SAVI$ <sup>1</sup> استفاده شد. این شاخص گیاهی با وارد کردن یک پارامتر به فرمول  $NDVI$  سعی در کاهش اثر پس زمینه‌های حاکی در مناطق گیاهی دارد. رابطه آن عبارت است از:

$$SAVI = \frac{NIR-R}{NIR+R+L} (L + 1) \quad (2)$$

$L$  فاکتور تعدیل‌کننده اثر خاک است که معمولاً با سعی و خطا محاسبه می‌شود. مقدار  $L$  برای مناطق با پوشش گیاهی پایین 1 و برای مناطق با پوشش گیاهی بسیار متراکم معادل صفر است. برای مناطق با پوشش گیاهی متوسط مقدار  $L$  معادل 0/5 در نظر گرفته می‌شود که این مقدار با توجه به عدم اطلاعات کافی از مناطق مورد مطالعه معمولاً به عنوان مقدار پیش فرض استفاده می‌شود. دامنه مقادیر  $SAVI$  بین  $(1+L)$  و  $-(1+L)$  است که در عمل به  $(+1)$  و  $(-1)$  محدود می‌شود [10, 11].

نقطه قوت این شاخص گیاهی نسبت به  $NDVI$  حذف اثر خاک پس زمینه توسط عامل  $L$  است [12]. با توجه به وجود پوشش گیاهی متوسط در منطقه از مقدار 0/5 برای این رابطه استفاده شده است.

شاخص  $VRR$  یک شاخص بسیار مفید برای ارزیابی، پایش و محاسبه نرخ بهبود پوشش گیاهی از سری زمانی تصاویر  $NDVI$  در مناطق دچار تغییرات است [18]. که به صورت زیر محاسبه می‌شود :

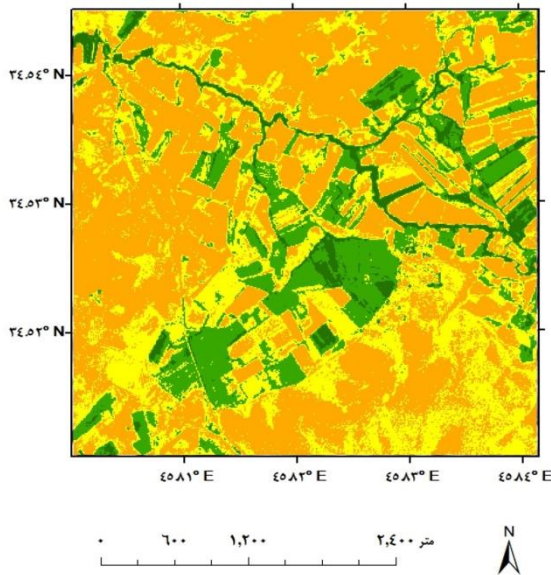
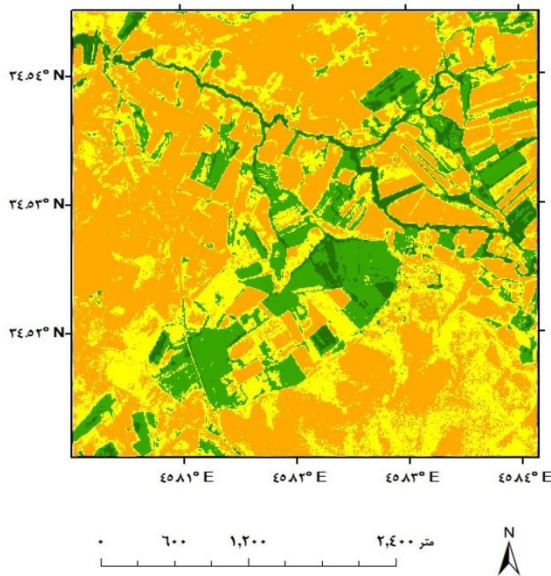
$$VRR = \frac{NDVI2-NDVI1}{NDVI0-NDVI1} \quad (3)$$

$NDVI0$  مربوط به تصویر قبل از زلزله (مانند 10 نوامبر 2017)  $NDVI1$  مربوط به تصویر بعد از وقوع زلزله است (مانند 10 دسامبر 2017)  $NDVI2$  مربوط به تصاویر بعد از زلزله پس از گذر زمان می‌باشد (تصویر یک سال پس از زلزله یعنی 10 دسامبر 2018).

<sup>1</sup> Soil Adjusted Vegetation Index

$$VRR = \frac{NDVI(10 \text{ dec } 2018) - NDVI(10 \text{ dec } 2017)}{NDVI(10 \text{ nov } 2017) - NDVI(10 \text{ dec } 2017)}$$

تصاویر اول و دوم در فرمول مربوط به یک روز یکسان در سال های 2017 و 2018 یعنی 10 دسامبر انتخاب شد و تصویر سوم مربوط به 10 نوامبر 2017 است یعنی دو روز پیش از زلزله.

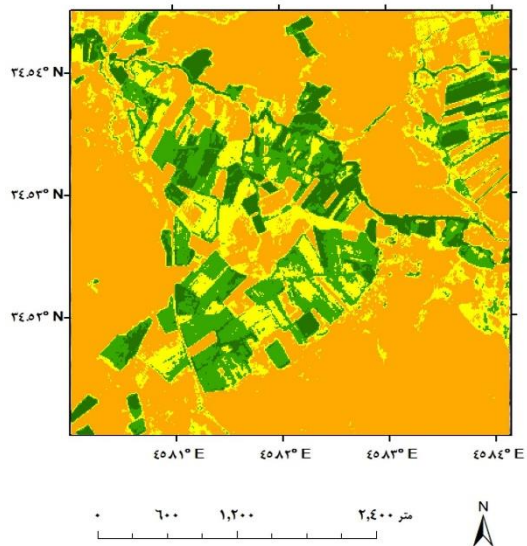
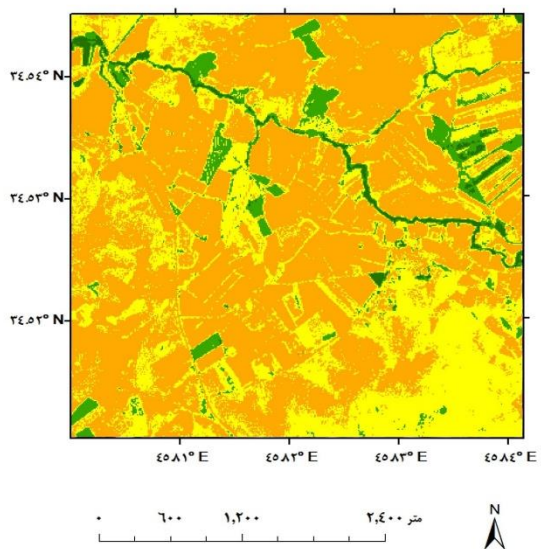
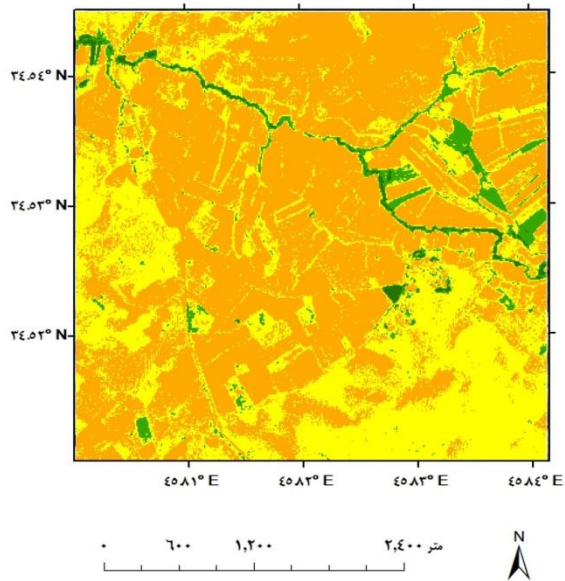
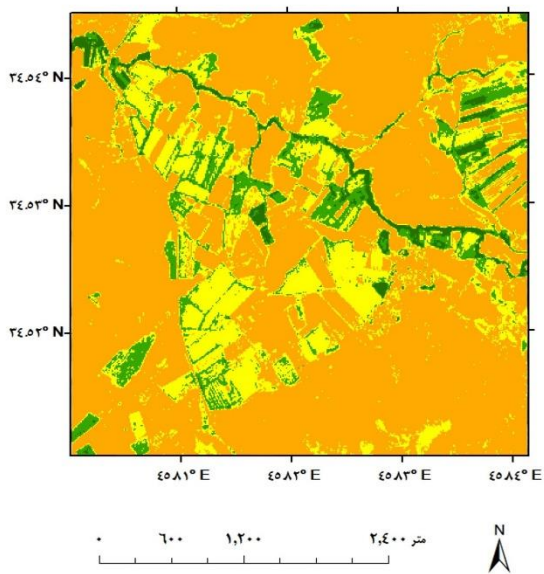


جدول 1-متوسط NDVI در ماه های مختلف

Table 1. Average NDVI in different months

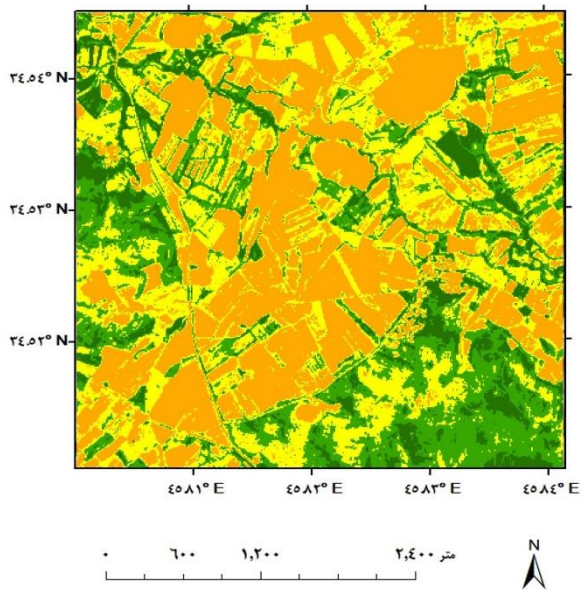
شاخص	10 نوامبر	20 نوامبر	30 نوامبر	10 دسامبر	15 دسامبر
2016	-	0/14	0/08	0/10	-
2017	0/15	-	0/13	0/11	-
2018	0/17	-	-	0/22	0/23

شاخص VRR مقدار رشد و افت پوشش گیاهی را برای زمان های بعد از یک رویداد به صورت نسبتا مناسبی نمایش می دهد. در این شاخص میزان تغییرات پوشش گیاهی را با بازه های مختلفی نشان می دهیم. رشد منفی، رشد زیر پنجاه درصد، رشد بالای پنجاه درصد و در نهایت رشد غنی و بالای صد در صد [12]. برای زمین های کشاورزی معمولا رشد منفی البته نه همه مناطق و برای مراتع رشد غنی را داشتیم. مساحت کل منطقه 1466 هکتار است. همان طور که اشاره شد در گذر از ماه نوامبر به ماه دسامبر پوشش گیاهی کشاورزی کاهش و پوشش گیاهی مرتع افزایش می یابد و میزان افزایش مرتع در سال های مختلف بیشتر از کاهش پوشش گیاهی کشاورزی بوده و در مجموع پوشش گیاهی از ماه نوامبر به دسامبر افزایش می یابد ولی در سالی که زلزله اتفاق افتاده رشد مراتع به اندازه کافی نبوده و زلزله اثر منفی بر رشد مرتع داشته و میزان پوشش گیاهی در ماه دسامبر کمتر از ماه نوامبر است. پوشش گیاهی مرتع و کشاورزی در مجموع برای قبل از زلزله یعنی 10 نوامبر 2017 برابر 3/2 هکتار بوده است و این مقدار برای 10 دسامبر 2017 به 1 هکتار رسیده است. برای همان تاریخ در سال 2018 مساحت پوشش گیاهی برای 10 نوامبر برابر 2/9 هکتار و برای ماه دسامبر 4/7 هکتار رسیده است و این رشد شگفت انگیز مراتع را برای یک سال پس از زلزله نشان می دهد. البته باید توجه داشت که منطقه دارای پوشش گیاهی متراکم نیست و دارای پوشش گیاهی متوسط است و مراتع بر روی پوشش زمین توزیع شده اند. زلزله با ایجاد کردن تغییرات در توپوگرافی زمین باعث رشد ویژه مراتع شده و میزان شاخص NDVI برای 10 دسامبر 2018 بالاتر از میزان شاخص برای 10 نوامبر 2017 است. در شاخص VRR زمان ها به صورت زیر جایگذاری شد [19]:

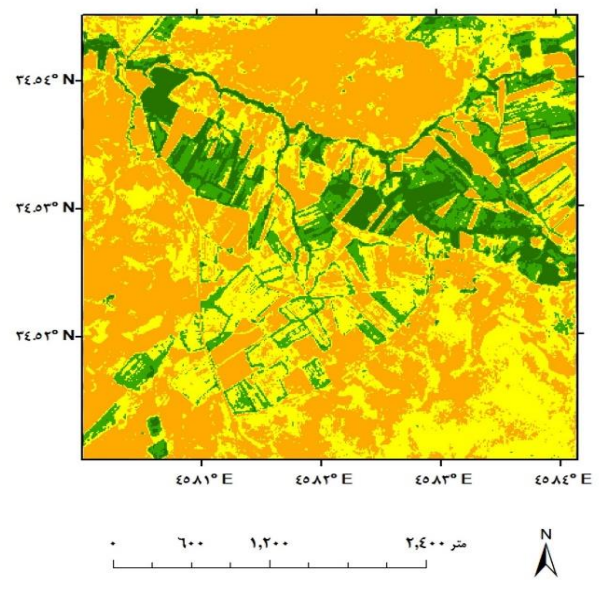


و

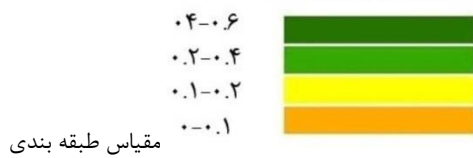
و



ب



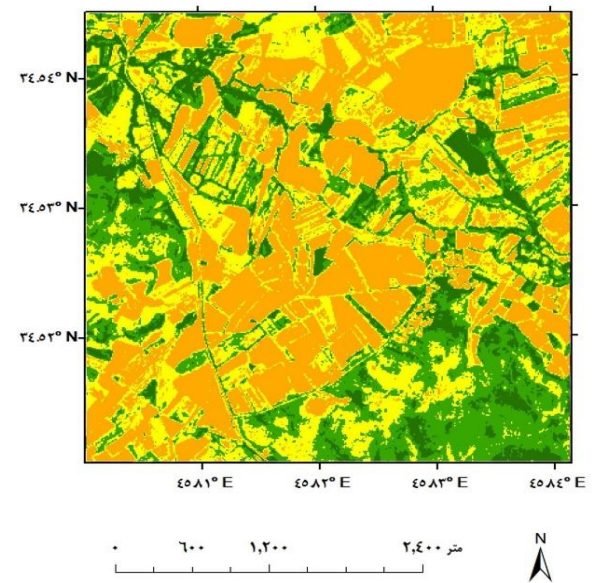
ز



شکل 2- نقشه های NDVI در ماه های نوامبر و دسامبر در سال زلزله، یک سال قبل از زلزله و یک سال پس از زلزله.

**Fig.2. NDVI maps for November and December in the year of the earthquake, one year before the earthquake and one year after the earthquake.**

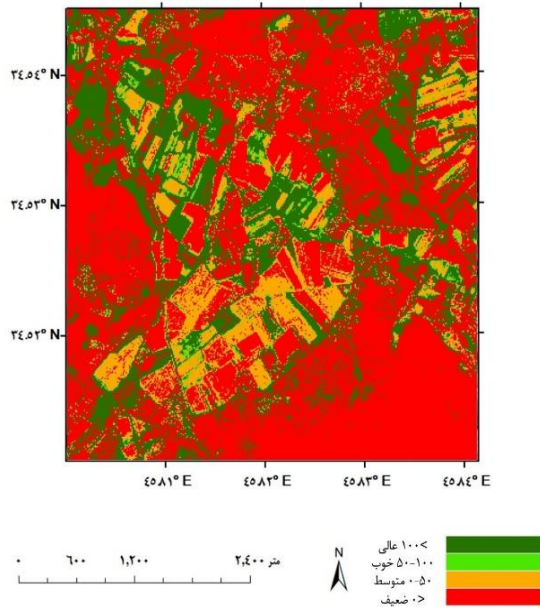
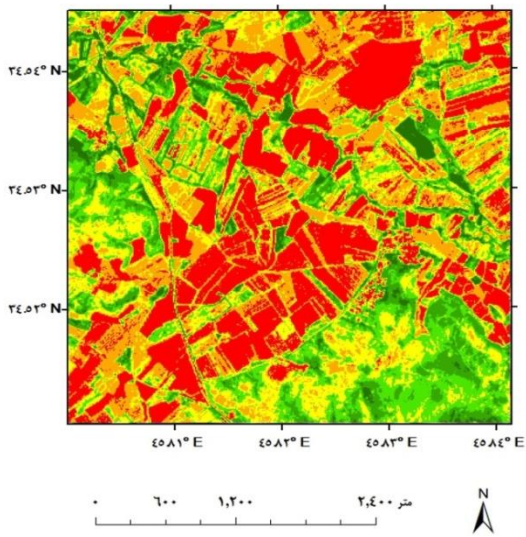
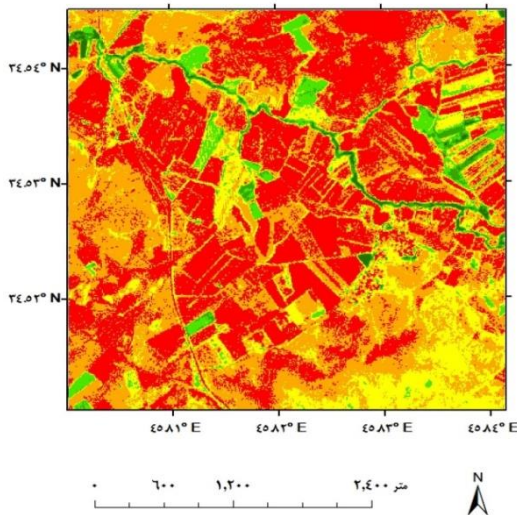
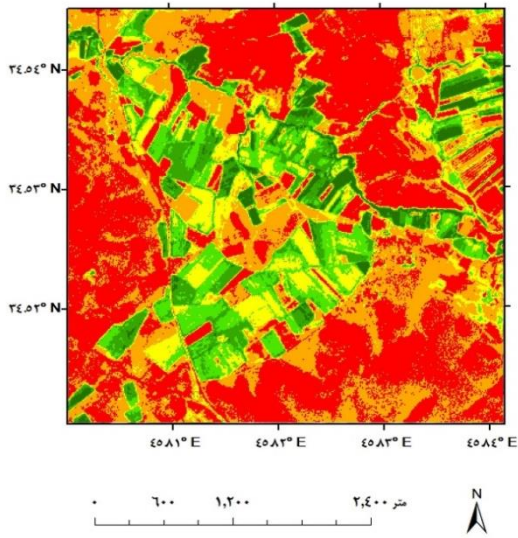
شکل	10 نوامبر	20 نوامبر	30 نوامبر	10 دسامبر	15 دسامبر
2016	-	الف	ب	ج	-
2017	د	-	ه	و	-
2018	ز	-	-	ح	ط



ح



بدین منظور استفاده از شاخص SAVI پیشنهاد می‌شود [13، 14]. که اثر خاک پس زمینه را حذف می‌کند.



شکل 3- VRR-3 ناشی از شاخص NDVI  
Fig.3.VRR-induced NDVI index

همان طور که مشاهده می‌کنید رشد پوشش گیاهی برای یک سال پس از زلزله در مناطق کشاورزی فقیر و برای مراتع بسیار غنی است. و این میزان رشد به 40 درصد رسیده است. یعنی 40 درصد افزایش پوشش گیاهی به علت زلزله برای یک سال پس از زلزله داشته‌ایم. محاسبات SAVI میزان جزئیات و دقت بالاتری را نسبت به شاخص NDVI نشان می‌دهد (شکل 5).

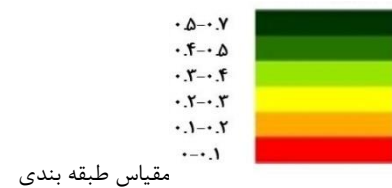
### 3-2- پیاده سازی با استفاده از شاخص SAVI

بسته به قدرت تفکیک مکانی یک سنجنده همیشه تعدادی پیکسل مختلط در تصاویر ماهواره‌ای وجود دارند. این عدم یکنواختی و خلوص در یک پیکسل باعث تغییر در مقادیر محاسبه شده برای شاخص گیاهی می‌شود [20]. نور منعکس شده از پس زمینه خاکی گیاهان تأثیری عمده در مقادیر شاخص گیاهی حاصله خواهد داشت. که این مسئله باعث کاهش مقادیر NDVI خواهد شد. عملاً در مناطق با پوشش گیاهی متوسط و پایین، اثر خاک به صورت عمده‌ای در شاخص‌های گیاهی محاسبه شده ظاهر می‌شود و در نهایت باعث می‌شود تا مقادیر محاسبه شده دچار خطا شوند و آنالیزهای بعدی را دچار خطا سازند.

و سریع است. محاسبه *VRR* به عنوان یک روش کمی در این مطالعه برای ارزیابی و پایش نرخ بهبود پوشش گیاهی در منطقه سرپل ذهاب پیشنهاد شده است. رشد مراتع در سال زلزله دچار افت شده و این رشد برای یک سال پس از زلزله افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. *VRR* محاسبه شده از *NDVI* یک رشد پایدار گیاهی برای مراتع دچار زلزله را نشان می‌دهد. برای بعد از یک سال پایش نرخ افزایش پوشش گیاهی 40 درصد با شاخص *NDVI* و با استفاده از شاخص *SAVI* 39 درصد محاسبه شد. این نتیجه نشان می‌دهد که طبیعت دارای توانایی قوی برای بازیابی گیاهی در مناطق دچار زلزله است.

### مراجع

1. Yang, W., Qi, W., Zhou, J. "Decreased post-seismic landslides linked to vegetation recovery after the 2008 Wenchuan earthquake." *Ecological Indicators* 89(2): 438-444. **2018**.
2. Lu, T., Zeng, H., Luo, Y., Wang, Q., Shi, F., Sun, G., Yan Wu, Y., Wu, N., "Monitoring vegetation recovery after China's May 2008 Wenchuan earthquake using Landsat TM time-series data: a case study in Mao County." *Ecological Res* 27: 955-966. **2012**.
3. Lin, W., Chou, W., Lin, C. Y., Huang, P.H., and Tsai, J.S. "Vegetation recovery monitoring and assessment at landslides caused by earthquake in Central Taiwan." *Forest Ecology and Management*. 210(1): 55-66. **2018**.
4. Yang, W., Qi, W. "Spatial-Temporal dynamic monitoring of vegetation recovery after the Wenchuan earthquake." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 10(3): 868 - 876. **2017**.
5. Yari M., Porkhabbaz F., Tavakkoli M., Aghdar H. "Vegetation mapping and monitoring of its change using remote sensing and GIS techniques (Case Study: Behbahan Township)". *Journal of Geographic Information*. 23(92): 23-34. **2014**.

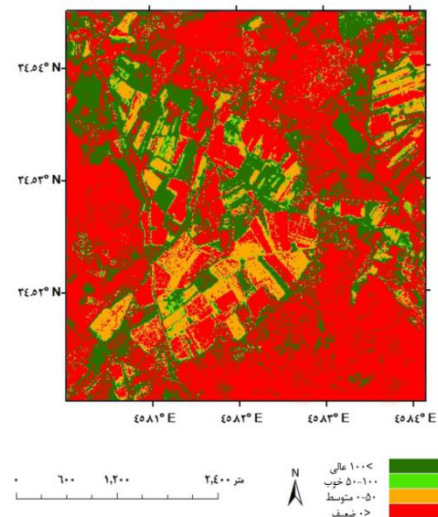


مقیاس طبقه بندی

شکل 4- شاخص SAVI برای تصاویر قبل و بعد و یک سال پس از زلزله

Fig.4.SAVI Index for before, after and one year after the earthquake

پوشش گیاهی مرتع و کشاورزی در مجموع برای قبل از زلزله یعنی 10 نوامبر 2017 برابر 3 هکتار بوده است و این مقدار برای 10 دسامبر 2017 به 1 هکتار رسیده است و برای 10 دسامبر 2018 به 4/1 هکتار رسیده است. این نتایج تایید کننده نتایج شاخص *NDVI* است.



شکل 5- شاخص VRR برای SAVI

Fig.5. VRR Index for SAVI

همان طور که مشاهده می‌کنید رشد پوشش گیاهی برای یک سال پس از زلزله در مناطق کشاورزی فقیر و برای مراتع بسیار غنی است. و این میزان رشد به 39 درصد رسیده است. یعنی 39 درصد افزایش پوشش گیاهی به علت زلزله برای یک سال پس از زلزله داشته‌ایم.

### 4- نتیجه گیری

استفاده از داده های سنجنش از دور برای مطالعه تغییرات پوشش گیاهی در اثر تغییرات توپوگرافی زمین بسیار مفید

17. Ming W., Wentao Y., and Con X. Diagnosis of Vegetation Recovery in Mountainous Regions After the Wenchuan Earthquake. 44(1): 61-69. **2014**.
18. Tao, lo., yan loa, Y.M., Chen, C. "Monitoring vegetation recovery after China's May 2008 Wenchuan earthquake using Landsat TM time-series data: a case study in Mao County." 44(1): 61-69. **2012**.
19. Cassidy, K., van Rensen, Scott E. Nielsen, Barry White., Tim Vinge., Victor J. Lieffers., "Natural regeneration of forest vegetation on legacy seismic lines in boreal habitats in Alberta's oil sands region." Biological Conservation 184(2):127-135. **2015**.
20. Xuelei, Z., Ming, W., Kai, L., Jun, X., Hong, X. "Using NDVI time series to diagnose vegetation recovery after major earthquake based on dynamic time warping and lower bound distance." Ecological Indicators. 94(2) 52-61. **2018**.
6. Wang, M., Yang, W., Shi, P., Xu, C., Liu, L. "Diagnosis of vegetation recovery in mountainous regions after the Wenchuan earthquake." IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 7(7): 3027 – 3037. **2014**.
7. Wento, y., wenon, i. "Decreased post-seismic landslides linked to vegetation recovery after the 2008 Wenchuan earthquake areas." Ecological Engineering. 7(1): 62-63. **2018**.
8. Tao, lo., yanloa, Y.M., Chen, C. "Monitoring vegetation recovery after China's May 2008 Wenchuan earthquake using Landsat TM time-series data: a case study in Mao County." 44(1): 61-69. **2012**.
9. Chau yan lin., hau ma lin. M., and when tezo lin. "Vegetation recovery assessment at the Jou-Jou Mountain landslide area caused by the 921 Earthquake in Central Taiwan." 50(1): 63-65. **2003**.
10. When, t., Lin, v.M., Chau, l. "Vegetation recovery monitoring and assessment at landslides caused by earthquake in Central Taiwan." 32(1): 54-25. **2005**.
11. Peng, C., Yong, M., Can, C. "Destruction of vegetation due to geo-hazards and its environmental impacts in the Wenchuan earthquake areas." 44(1): 61-69. **2012**.
12. Ming, W., Wentao, Y., Con, X. "Diagnosis of Vegetation Recovery in Mountainous Regions after the Wenchuan Earthquake." 44(1): 61-69. **2014**.
13. Wento, Y., Wento, Q. "Spatial-Temporal Dynamic Monitoring of Vegetation Recovery After the Wenchuan Earthquake." 44(1): 61-69. **2015**.
14. Wento, Y., Wenwen, Q., Ming, W. "Spatial and temporal analyses of post-seismic landslide changes near the epicentre of the Wenchuan earthquake." 32(1): 22-29. **2016**.
15. Wei, G., Kai, J., jian, J. "Evaluating the Vegetation Recovery in the Damage Area of Wenchuan Earthquake Using MODIS Data." 42(1): 25-37. **2015**.
16. Ming, D., So-chin, C., Hui, T. "A Long-Term Vegetation Recovery Estimation for Mt. Jou-Jou Using Multi-Date SPOT 1, 2, and 4 Images." 17(1): 25-13. **2017**.