

جغرافیا و توسعه شماره ۵۴ بهار ۱۳۹۸

وصول مقاله: ۹۶/۰۱/۲۸

تأیید نهایی: ۹۶/۱۲/۰۸

صفحات: ۲۰۵-۲۲۲

## بررسی تغییرات کاربری و اقلیم محلی در حوضه رودخانه گاوهرود پیش و پس از احداث سد گاوشان

دکتر امان‌اله فتح‌نیا<sup>۱\*</sup>، مهدی شرافت<sup>۲</sup>، جمال نجفی<sup>۳</sup>

### چکیده

احداث سد موجب تغییرات کاربری-پوشش زمین در بالادست و پایین‌دست حوضه می‌شود. این تغییرات، اقلیم محلی و فرایندهای طبیعی منطقه را به صورت مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست، تغییرات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین، در سال‌های قبل و بعد از احداث سد گاوشان در حوضه رودخانه گاوهرود بررسی شد. برای محاسبه تغییرات پوشش گیاهی، از شاخص‌های NDVI، EVI و SAVI استفاده شد که همه آن‌ها افزایش پوشش گیاهی در پایین‌دست و جنوب سد را نشان دادند. برای محاسبه دمای سطح زمین و توان تشعشعی سطح زمین به ترتیب از معادله پلانک و روش آستانه‌گذاری NDVI استفاده شد. بررسی تغییرات فضایی طبقات دمایی محاسبه‌شده از توان تشعشعی سطح زمین نشان داد که در پایین‌دست سد، طبقه دمایی بسیار گرم از بین رفته و طبقه دمایی خنک و خیلی خنک جایگزین آن شده است. بررسی شاخص NDVI نشانگر آن بود که میانگین از ۰/۱۳ به ۰/۱۶۵ تغییر کرده است. تغییرات بقیه شاخص‌های پوشش گیاهی نیز افزایشی بوده است. با تولید طبقات نرمال‌شده دما مشخص شد، مساحت طبقه متوسط ۶۷ کیلومترمربع (۰/۷/۳٪) افزایش و مساحت طبقه بسیار گرم ۱۱ کیلومترمربع (۰/۱۷/۵٪) کاهش یافته است. بررسی نمودار پراکندگی دمای سطح نرمال‌شده و کسر پوشش گیاهی (Fr/T) نشان داد که در دوره مورد مطالعه، طول لبه خشک کاهش یافته و طول لبه مرطوب افزایش یافته است؛ این بدان معنی است که وجود پهنه آبی در حوضه آبخیز گاوهرود علاوه بر تغییر پوشش گیاهی و رطوبت خاک (درصد)، موجب تغییر دمای سطح زمین نیز شده است که این تغییرات در درازمدت موجب تغییر میکروکلیمای منطقه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سد گاوشان، آشکارسازی تغییرات، دمای سطح زمین، سنجش از دور.

a.fathnia@razi.ac.ir  
m.sherafat@lu.ac.ir  
j.najafi@razi.ac.ir

۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران\*  
۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران  
۳- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

## مقدمه

تغییرات کاربری- پوشش زمین با تبدیل پوشش طبیعی به نواحی ساخته شده، تأثیر بزرگی بر روی اقلیم در مقیاس میکرو و متوسط دارد (Zoran, 2010: 1). برای اطمینان از مدیریت پایدار منابع طبیعی، درک تعیین کمیت فرایندهای تغییر چشم انداز ضروری است. همچنین لازم است به منظور توسعه، یک درک بهتر از عوامل تغییردهنده کاربری- پوشش زمین صورت گیرد؛ به طوری که بتوان اقدامات متقابل کارآمدتری را انجام داد (Petit et al, 2001: 3454).

با احداث سد، زمین‌های زراعی ممکن است با استفاده از آب‌های سطحی ذخیره شده بیشتر آبیاری شوند و همچنین در مناطق پایین دست ممکن است به دلیل کاهش خطر جاری شدن سیل و افزایش دسترس پذیری محصولات و برق، شهرها توسعه یابند. این تغییرات نظام مند کاربری- پوشش زمین می‌تواند منجر به افزایش در دسترس بودن گردش رطوبت محلی در مقیاس میکروکلیما شوند (Niyogi et al, 2010: 2) که این به نوبه خود می‌تواند توزیع دما و پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین مطالعه تغییرات پوشش گیاهی و درجه حرارت در مناطقی که عملیات سدسازی در آن‌ها انجام گرفته است، به عنوان شاخص نشان دهنده شرایط زیست محیطی حاکم بر این مناطق از اهمیت خاصی برخوردار است. پوشش گیاهی از این جهت حائز اهمیت است که می‌تواند شرایط محیطی و تبادل انرژی را به وسیله انعکاس انتخابی و جذب تشعشعات خورشیدی کنترل کند (Goward et al, 1985: 138). در واقع پوشش‌های گیاهی، به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی یا انسانی دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت بسزایی

برخوردار است. یکی دیگر از اثرات احداث سد در یک منطقه می‌تواند تغییر در الگوی بارش محلی باشد و انتظار می‌رود در حوضه رودخانه، تغییری تدریجی در آب و هوای محلی و الگوی بارش به وجود آورد (Avisar & Liu, 1996: 7500; Cotton & Pielke, 2007: 10; Pielke et al, 2009: 1) تعداد زیادی از برنامه‌های کاربردی مربوط به آب و اقلیم، مانند نظارت بر خشکسالی، بر پایه رابطه بین دمای سطح زمین (LST) و شاخص‌های پوشش گیاهی استوار است. بیشتر این برنامه‌ها بر روی وجود یک شیب منفی بین دو متغیر تکیه می‌کنند. شاخص‌های پوشش گیاهی<sup>۱</sup> (VIS) به دست آمده از داده‌های ماهواره‌ای، یکی از منابع اولیه اطلاعات برای نظارت عملیاتی بر پوشش گیاهی زمین است. این شاخص‌ها اندازه‌گیری‌های رادیومتریک از الگوهای مکانی و زمانی فعالیت‌های فتوسنتز پوشش گیاهی هستند که با متغیرهای بیوفیزیکی تاج پوشش گیاهی مانند شاخص سطح برگ<sup>۲</sup> و زیست توده<sup>۳</sup> و... در ارتباط می‌باشند (Baret Guyot, 1991: 162; Asrar et al, 1985: 2; Richardson, 1992: 72; Gilabert et al, 1998: 396) این ترکیبات جبری برای به حداقل رساندن تأثیرات خارجی مانند تغییرات تابش خورشید با توجه به اتمسفر و با تغییرات در خاک زمینه و خواص نوری در پاسخ طیفی تاج پوشش گیاهی طراحی شده‌اند. دمای سطح زمین<sup>۴</sup> (LST) با انرژی سطح و تعادل آب در مقیاس جهانی و منطقه‌ای در ارتباط است و اهمیت ویژه‌ای بر طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی مانند تغییرات اقلیمی، اقلیم شهری، چرخه آب و نظارت بر پوشش گیاهی دارد (Chapin et al, 2005: 658; Kamieli et al, 2010: 619; Zhang et al, 2008: 6165; Rozenstein, 2014: 5768)

1-Vegetation Indices

2-Leaf Area Index (LAI)

3-Biomass

4-Land Surface Temperature

شده‌اند. زاو<sup>۴</sup> و همکارانش در سال ۲۰۰۹ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS به بررسی پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ در دلتای رودخانه یانگ‌تز چین پرداختند. ویجیساندارا و دایاوانسا<sup>۵</sup> (۲۰۱۱) تأثیرات سدهای بزرگ بر کاربری اراضی را در استرالیا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه کردند. نتایج بیان‌گر این بود که سدهای بزرگ نقش مهمی در تغییرات کاربری اراضی در یک منطقه دارند. کیویو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات فضایی و زمانی پوشش گیاهی و عوامل مؤثر بر آن را در فصل رشد در چین با استفاده از شاخص NDVI برای دوره ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۱ بررسی کرده و مشخص کردند که پوشش گیاهی در فصل رشد در این منطقه روند مثبتی داشته است؛ اما ارتباط پارامترهای اقلیمی با پوشش گیاهی پیچیده بوده و با تأخیر زمانی عمل می‌کند. اورهان و یاکار<sup>۷</sup> (۲۰۱۶) با استفاده از تصاویر لندست به بررسی تغییرات دمای سطح در ترکیه، برای بازه زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۴ پرداختند. آن‌ها در این تحقیق برای تعیین میزان خشکی از شاخص NDVI استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که دمای سطح زمین در بازه زمانی مورد مطالعه حدود ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. چایسانیا<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تأثیر پوشش گیاهی در مناطق شهری هند بر دمای سطحی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۵ پرداختند. آن‌ها در این مطالعه برای آشکارسازی پوشش گیاهی از شاخص تفاضلی نرمال‌شده (NDVI) و برای محاسبه دمای سطح زمین از الگوریتم تک‌پنجره استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که ارتباطی منفی بین شاخص NDVI و دمای سطح زمین در مناطق شهری وجود

دمای سطح زمین یکی از مهم‌ترین متغیرهاست که توسط سنجش از دور اندازه‌گیری می‌شود. مجموعه‌ای از سنجنده‌های هواپرد برای جمع‌آوری داده‌های حرارتی از سطح زمین توسعه یافته‌اند (مانند HCMM, ASTER, MODIS, AVHRR, LandSat TM/ETM, TIRS). علاوه بر اندازه‌گیری LST این سنجنده‌ها ممکن است برای برآورد توان تشعشعی<sup>۱</sup> در دقت و قدرت تفکیک‌های متفاوت مورد استفاده قرار گیرند (Weng, 2009: 335). به دلیل وجود عوارض مختلف سطح زمین مانند پوشش گیاهی، توپوگرافی و خاک، دمای سطح زمین دارای تغییرات سریعی در ابعاد مکانی و زمانی است (Liu et al, 2006: 116; Neteler, 2010: 334; Prata et al, 1995: 175) بنابراین تشریح توزیع دمای سطح زمین و تغییرات تحولات زمانی آن، نیازمند اندازه‌گیری با نمونه‌گیری با تفکیک بالای زمانی و مکانی است و تنها داده‌های ماهواره‌ای این امکان را به صورت فضایی ارائه می‌دهند (Li et al, 2013: 15). مطالعه بر روی تأثیر احداث سد در تغییر اقلیم محلی از مدت‌ها قبل مورد توجه دانشمندان بوده است که عمدتاً با روش‌های میدانی و استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی صورت گرفته است. مطالعات بر روی سد بزرگ آمریکا نشان می‌دهد که تأثیر این سدها عمدتاً بر نوع آب و هوای محلی مدیترانه‌ای و آب و هوای نیمه‌خشک است و این سدها بر روی آب و هوای مرطوب تأثیر حداقلی دارند (Degu et al, 2011: 1). روتلا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۲) در هند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، تأثیرات سدسازی را در منطقه سد تهری<sup>۳</sup> طی یک دهه مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که با احداث سد حدود ۲۶۷۸ هکتار از زمین‌های کشاورزی و ۳۳۴۷ هکتار از سایر کاربری‌های اطراف سد دچار تغییر

4-Zhao

5-Wijesundara and Dayawansa

6-Qu

7-Orhan and Yakara

8-Chaithanya

1-Emissivity

2-Rautela

3-Tehri

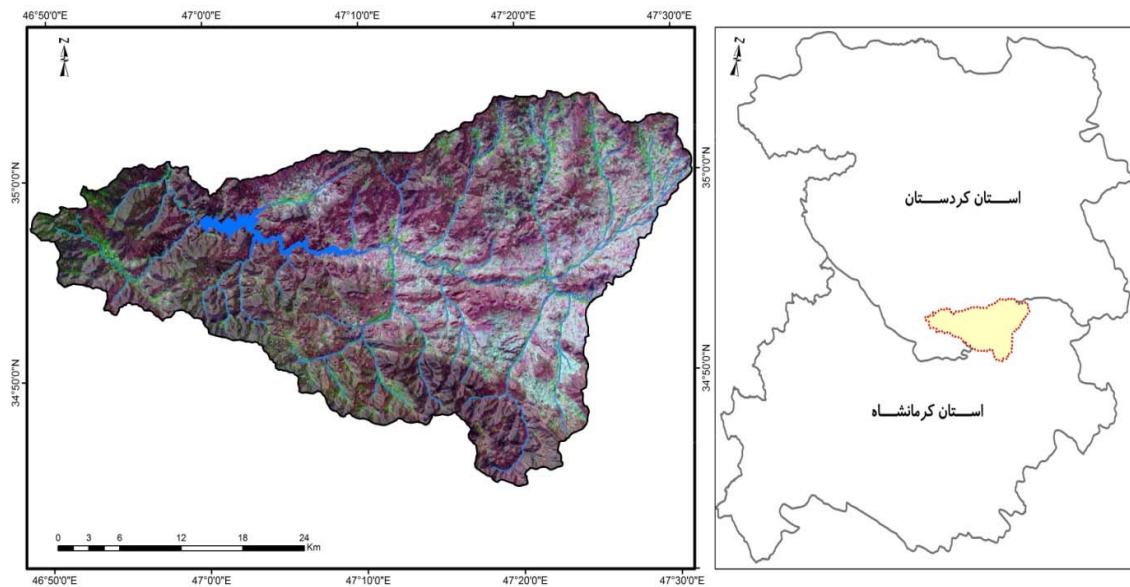
آب رفتن اراضی بالادست و تغییرات کاربری اراضی پایین‌دست سد شود. فرض بر این است که احداث سد در مناطق نیمه‌خشک باعث کاهش دما در مناطق بالادست سد و افزایش دما در پایین‌دست سد شود. همچنین باعث رشد پوشش گیاهی با افزایش رطوبت و استفاده از سد شود؛ از این رو هدف از پژوهش حاضر بررسی ارتباط تغییرات دمای سطح زمین و پوشش گیاهی در حوضه سد گاوشان قبل و بعد از احداث، با تصاویر ماهواره‌ای است. اساساً هر تغییری در محیط طبیعی ممکن است اثرات مثبت یا منفی داشته باشد که ایجاد سد می‌تواند مخاطرات طبیعی مانند کاهش دبی رودخانه، افزایش دما و رطوبت و پوشش گیاهی در پایین‌دست رودخانه شود. هرچند اثرات مثبتی نیز به همراه دارد. به‌طور کلی امروزه تبعات منفی احداث سد به‌خصوص در بُعد زیست‌محیطی آشکار شده است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

سد مخزنی گاوشان با طول " ۴۶°۵۶'۲۹ شرقی و عرض " ۳۴°۴۸'۱۴ شمالی در شهرستان کامیاران، با گنجایش مخزن ۵۵۰ میلیون مترمکعب و تونل انتقال آب و نیروی برق‌آبی به ظرفیت ۱۱ مگاوات احداث شده است. همچنین ۳۱ هزار هکتار اراضی زراعی و بخشی از آب شرب شهر کرمانشاه را تأمین می‌کند. عملیات اجرایی این سد، از سال ۱۳۷۷ شروع شده و در سال ۱۳۸۴ به پایان رسیده است. سد گاوشان ۱۱۳ متر از بستر رودخانه ارتفاع دارد و تراز تاج آن ۱/۵۵۱ متر از سطح دریا بالاتر است. نوع سد سنگریزه‌ای با هسته رسی و طول تاج آن ۶۴۸ متر است (گزارش آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، ۱۳۹۴).

دارد و در دوره مورد مطالعه دمای سطح افزایش و پوشش گیاهی شهری کاهش یافته است. سعیدی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در بازه زمانی ۲۰ ساله، به بررسی ارتباط تغییرات پوشش اراضی با احداث سد طالقان پرداختند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که احداث سد باعث دگرگونی بسیاری در کاربری اراضی شده است. پیرستانی و شفقتی (۱۳۸۸) در پژوهش خود آثار زیست‌محیطی احداث سد را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که احداث سد هرچند تأثیرات مثبتی دارد، اما برای کاهش اثرات منفی آن بهتر است از سایر روش‌های مهار آب استفاده کرد. مددی و اشرف‌زاده (۱۳۹۱) تأثیر سد کرخه را بر الگوی پراکنش مکانی جنگل‌های کنار رودی پارک کرخه مطالعه کردند. نتایج مشخص کرد که فرایندهای هیدرولوژیک و سیمای سرزمین در حاشیه رودخانه دارای کنش متقابل هستند. هادیان و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی آثار سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در سال ۱۹۹۸ حدود ۷۰۴ هکتار از مراتع و زمین‌های کشاورزی به دلیل ساخت سد حنا تخریب شده‌اند. همچنین یک کاهش ۱۰ درصدی در وسعت مراتع از سال ۱۹۷۶ (۱۹۵۹۰۶ هکتار) تا سال ۲۰۱۱ (۱۷۶۸۲۷ هکتار) مشاهده شده است. مطالعه همزمان تغییرات پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در حوضه‌های آبخیز در اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران و خشکسالی‌های اخیر و ارتباط آن با گرمایش جهانی، می‌تواند جالب توجه باشد. با توجه به اینکه ذخیره آب در یک منطقه باعث تغییر در آب و هوا به‌خصوص دما و رطوبت به‌صورت میکرو اقلیم می‌شود، همچنین احداث در محل تجمع آب ممکن است باعث به زیر



شکل ۱: موقعیت حوضه آبریز سد گاوشان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

#### روش‌شناسی

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست (سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۰۶، ۲۰۰۲، ۲۰۰۰) استفاده شد (جدول ۱). همه تصاویر مربوط به ماه ژولای هستند. ابتدا تصحیح هندسی (با استفاده از هدر فایل)، سپس اتمسفری (مدل عبور اتمسفری MODTRAN4) و برخی تبدیلات بر روی تصاویر برای استخراج اطلاعات صورت گرفت که به قرار زیر است.

#### محاسبه رادیانس طیفی در سنجنده<sup>۱</sup>

برای تبدیل ارزش‌های خام پیکسل<sup>۲</sup> به رادیانس از رابطه ۱ استفاده شد (Chander et al, 2009: 897).

رابطه ۱:

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min\lambda}$$

$L_{\lambda}$ : رادیانس طیفی در سنجنده  $[W / (m^2 sr \mu m)]$ ؛  
 $Q_{cal}$ : مقدار پیکسل؛  $Q_{calmin}$ : حداقل مقدار پیکسل؛  
 $Q_{calmax}$ : حداکثر مقدار پیکسل؛  $L_{min\lambda}$  و  $L_{max\lambda}$ :  
 حداقل و حداکثر رادیانس طیفی در سنجنده  
 $[W / (m^2 sr \mu m)]$ . جزئیات دقیق درباره مقدار  $L_{min}$   
 و  $L_{max}$  برای تصاویر ماهواره‌ای لندست در مقاله  
 چاندر و همکاران (۲۰۰۹) موجود است.

1-At Sensor Spectral Radiance  
 2-Pixel Value

جدول ۱: مشخصات تصاویر دریافتی

گذر/ردیف	وضعیت سد	ساعت گذر (به وقت محلی)	سنجنده	ماهواره	تاریخ تصاویر
۳۶/۱۶۷	قبل از احداث	۱۱:۴۶	TM	لندست ۵	۳۱/۰۷/۲۰۰۰
	قبل از احداث	۱۱:۴۵	ETM+	لندست ۷	۲۹/۰۷/۲۰۰۲
	بعد از احداث	۱۱:۴۶	ETM+	لندست ۷	۲۴/۰۷/۲۰۰۶
	بعد از احداث	۱۱:۴۵	TM	لندست ۵	۳۰/۰۷/۲۰۱۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{NIR}-\rho_{RED})}{(\rho_{NIR}+\rho_{RED}+L)} \quad \text{رابطه ۴:}$$

L: فاکتور کالیبراسیون خاک برابر ۰/۵ است.  
 EVI<sup>۴</sup>: این لگوریتم برای مناطق با بیومس بالا و بهبود نظارت بر پوشش گیاهی از طریق بهبود سیگنال پس‌زمینه تاج پوشش گیاهی و کاهش اثرات جوی بهبود یافته است (Huete et al, 1999: 213). شاخص EVI از رابطه ۵ محاسبه شد.

رابطه ۵:

$$EVI = G * \frac{(\rho_{NIR}-\rho_{RED})}{(L+\rho_{NIR}+C1\rho_{RED}-C2\rho_{BLUE})}$$

که در آن  $\rho_{BLUE}$ : انعکاس باند آبی و  $L=1, C2=7.5$ ،  $C1=6$  و  $G=2.5$  است.

### محاسبه دمای درخشندگی

داده‌های باندهای حرارتی می‌تواند از رادیانس طیفی در سنجنده به دمای درخشندگی تبدیل شود. دمای درخشندگی با فرض اینکه زمین جسم سیاه<sup>۵</sup> است (emissivity=1) محاسبه می‌شود و شامل تأثیرات اتمسفر است (جذب و تشعشع). دمای درخشندگی با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده از رابطه ۶ به دست می‌آید (Chander et al, 2009: 900)

### محاسبه ضریب انعکاس<sup>۱</sup>

ضریب انعکاس بر روی زمین طبق رابطه ۲ محاسبه شد (Chander et al, 2009: 900):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi.L_{\lambda}.d^2}{ESUN_{\lambda}.cos\theta_s} \quad \text{رابطه ۲:}$$

$\rho_{\lambda}$ : ضریب انعکاس؛  $\pi = 3.14159$ ؛  $L_{\lambda}$ : رادیانس طیفی در سنجنده [ $W/(m^2 \text{ Sr } \mu m)$ ]; d: فاصله زمین تا خورشید (واحد نجومی)؛ ESUN: میانگین تابش خورشید [ $W/(m^2 \text{ sr } \mu m)$ ] و  $\theta$ : زاویه زینت خورشید<sup>۲</sup> (درجه) است.

برای محاسبه شاخص NDVI از رابطه ۳ استفاده شد (علوی‌پناه، ۱۳۸۵: ۲۸).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR}-\rho_{RED}}{\rho_{NIR}+\rho_{RED}} \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این رابطه،  $\rho_{NIR}$ : انعکاس مادون قرمز نزدیک باند ۴ TM و  $\rho_{RED}$ : انعکاس قرمز باند ۳ TM است. SAVI<sup>۳</sup>: این شاخص با معرفی یک فاکتور کالیبراسیون خاک (L) به معادله NDVI، برای به حداقل رساندن اثرات خاک پس‌زمینه ناشی از فعل و انفعالات طیفی خاک و گیاه ایجاد شده است (Huete et al, 1994: 227). برای محاسبه شاخص SAVI از رابطه ۴ استفاده شد.

4-Enhanced Vegetation Index  
 5-Black Body

1-Reflectance  
 2-Solar Zenith Angle  
 3-Soil Adjusted Vegetation Index

توان تشعشعی نهایی، دمای سطح زمین از رابطه ۹ محاسبه شد (Artis and Carnahan, 1982: 314).

$$T_s = \frac{T}{1 + \left(\frac{\lambda T}{\rho}\right) \ln \varepsilon} \quad \text{رابطه ۹:}$$

$T_s$ : دمای سطح زمین؛  $T$ : دمای درخشندگی،  $\lambda$ : طول موج رادیانس ساطع شده ( $\lambda = 11.5$ )  
 $\rho = 1.438 * 10^{-2}$  و  $\varepsilon$ : توان تشعشعی.

در نهایت به دلیل همزمان نبودن تصاویر حرارتی برای بررسی تغییرات، دمای سطح محاسبه شده با استفاده از رابطه ۱۰ نرمال شد. مناطق دارای بیشترین حرارت ( $T_{max}$ ) و خنک‌ترین حرارت ( $T_0$ ) به ترتیب برای خاک خشک و آب در همه تصاویر تعیین شد و برای تولید حرارت نرمال شده در رابطه ۱۰ قرار گرفت (Owen et al, 1998: 1664).

$$T^* = (T_s - T_0) / (T_{max} - T_0) \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

نرمال‌سازی که از رابطه ۱۰ محاسبه شد، می‌تواند خطای رخ داده در کالیبراسیون و تصحیحات اتمسفری را نیز کاهش دهد (Owen et al, 1998: 1664). نسبت پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر به دست آمده به صورت رابطه ۱۱ محاسبه شد (Amiri et al, 2009: 2609).

$$Fr = FVC^2 \quad \text{رابطه ۱۱:}$$

### بحث و نتایج

مقایسه دمای ایستگاه هواشناسی روانسر با مقدار محاسبه شده در همان نقطه در تصاویر ماهواره‌ای (جدول ۲) نشان داد که مقادیر حدود ۲ تا ۳ درجه با هم اختلاف دارند. دلیل انتخاب ایستگاه روانسر نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی (۳۰ کیلومتر) و وجود آمار دمای ساعتی در دوره زمان‌های مورد نظر بود.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۶:}$$

$T$ : دمای مؤثر درخشندگی در سنجنده برحسب کلونین؛  $K2$ : ضریب کالیبراسیون ۲ برحسب کلونین (۱۲۸۲/۷۱)؛  $K1$ : ضریب کالیبراسیون ۱ معادل ۶۶۶/۰۹ برحسب  $[W/(m^2 \text{ sr } \mu m)]$  و  $L\lambda$ : رادیانس طیفی در سنجنده است.

### محاسبه دمای سطح زمین

محاسبه دمای سطح زمین نیازمند دانش پیرامون توان تشعشعی سطح زمین<sup>۱</sup> (LSE) است. برای محاسبه توان تشعشعی سطح زمین از روش آستانه NDVI استفاده شد. توان تشعشعی سطح زمین (LSE)، با استفاده از روش آستانه NDVI از رابطه ۷ برآورد شد (Amiri et al, 2009: 2609).

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_V - NDVI_S} \quad \text{رابطه ۷:}$$

$$LSE = \varepsilon_S(1 - FVC) + \varepsilon_V \times FVC \quad \text{رابطه ۸:}$$

در این رابطه  $\varepsilon_S$  و  $\varepsilon_V$  به ترتیب مقادیر توان تشعشعی خاک و پوشش گیاهی و  $FVC$  کسر پوشش گیاهی است (رابطه ۸). در این رابطه،  $NDVI_S$ : بیشترین میزان در پوشش گیاهی و  $NDVI_V$ : کمترین میزان در خاک است. لازم به ذکر است که در اینجا از آستانه ۰/۰۵ برای استخراج پوشش گیاهی استفاده شد.

بعد از محاسبه توان تشعشعی باید اصلاحاتی برای مناطق دارای آب صورت گیرد؛ چون در تصاویر NDVI آب دارای ارزش منفی است و توان تشعشعی آب حدود ۰/۹۹ است. برای این کار از شاخص  $SMI^2$  (نسبت دو باند مادون قرمز میانی و برای سنجنده  $TM = \text{band}5 / \text{band}7$ ) استفاده و مناطق دارای آب و خاک‌های مرطوب شناسایی شد. با محاسبه مقادیر

1-Land Surface Emissivity  
2-Soil Moisture Index

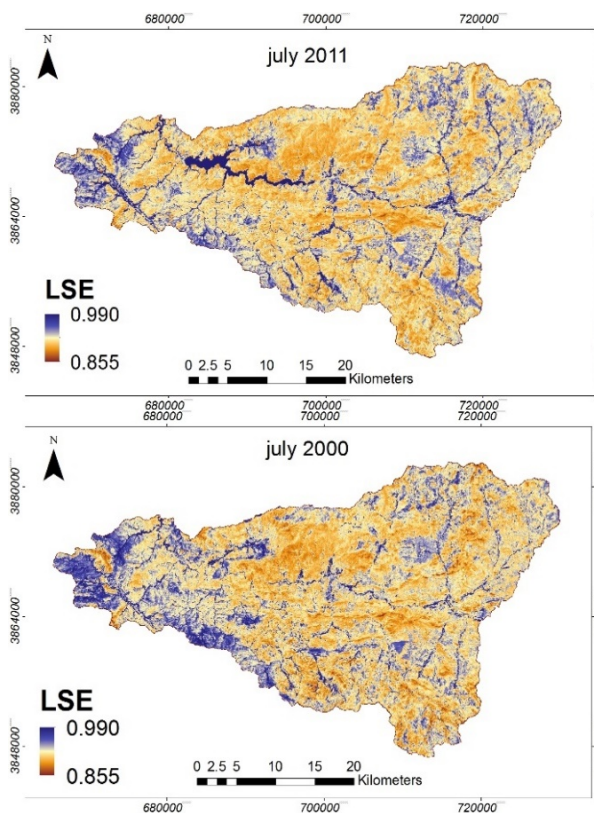
جدول ۲: مقایسه دمای ایستگاهی با دمای محاسبه شده

تاریخ	دمای ایستگاهی (C°)	دمای محاسبه شده (C°)
۳۱/۰۷/۲۰۰۰	۳۳	۳۵
۲۹/۰۷/۲۰۰۲	۲۹	۳۱,۲
۲۴/۰۷/۲۰۰۶	۳۱	۳۲,۵
۳۰/۰۷/۲۰۱۱	۳۱,۴	۳۳

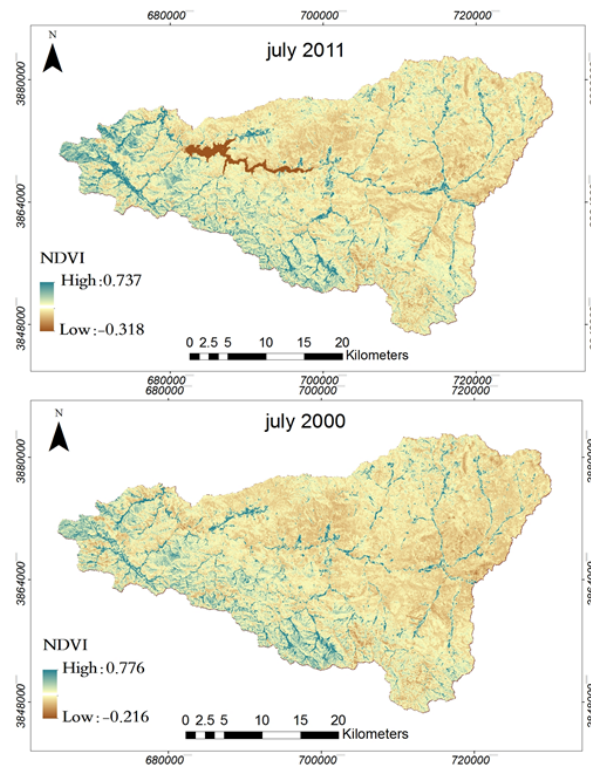
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

۳) نشان می‌دهد که دمای حداکثر حدود ۰/۷۶، دمای میانگین حدود ۰/۴۸ و دمای حداقل حدود ۰/۶۲- تغییر کرده است و در مجموع به سمت افزایشی بوده است. هر چند دمای حداقل نیز کاهش داشته است.

نتایج حاصل از تغییرات توان تشعشعی زمین و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس آزمون شیب روند مقدار دمای سطح زمین در حوضه گاوهرود در دوره مورد مطالعه (شکل

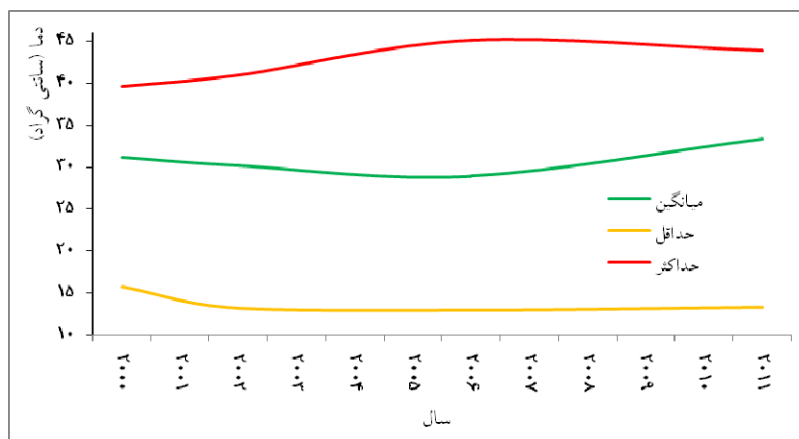






شکل ۲: تغییرات NDVI و LSE در دوره مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۳: نمودار تغییرات دمای سطح زمین در حوضه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

پوشش گیاهی بررسی آماری صورت گرفت که نتایج در جدول ۳ آورده شده است.

برای یافتن تغییرات پوشش گیاهی در سال‌های مورد مطالعه بر روی تصاویر به دست آمده، از شاخص‌های

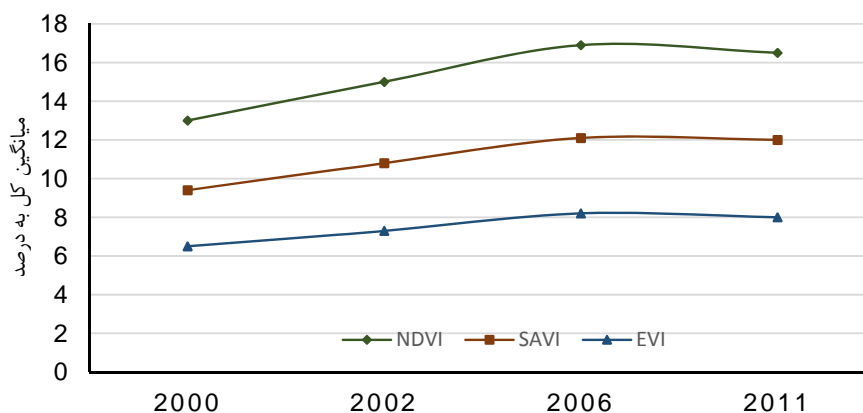
جدول ۳: آمار مقادیر شاخص‌های پوشش گیاهی برای سال‌های مورد مطالعه

سال	NDVI				EVI				SAVI			
	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
۲۰۰۰	-۰/۲۲	۰/۷۸	۰/۱۳	۰/۰۵	-۰/۰۷	۰/۷۱	۰/۰۶	۰/۰۳۱	-۰/۱۲	۰/۶۳	۰/۲۵	۰/۰۴
۲۰۰۲	-۰/۱۸	۰/۷۸	۰/۱۵	۰/۰۷	-۰/۰۶	۰/۶۳	۰/۰۷	۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۶۳	۰/۱۱	۰/۰۵
۲۰۰۶	-۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۱۷	۰/۰۷	-۰/۰۶	۰/۶۶	۰/۰۹	۰/۰۴۲	-۰/۱۲	۰/۶۳	۰/۱۳	۰/۰۶
۲۰۱۱	-۰/۲۲	۰/۷۴	۰/۱۷	۰/۰۷	-۰/۰۷	۰/۶۸	۰/۰۸	۰/۰۴	-۰/۱۲	۰/۵۸	۰/۱۲	۰/۰۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

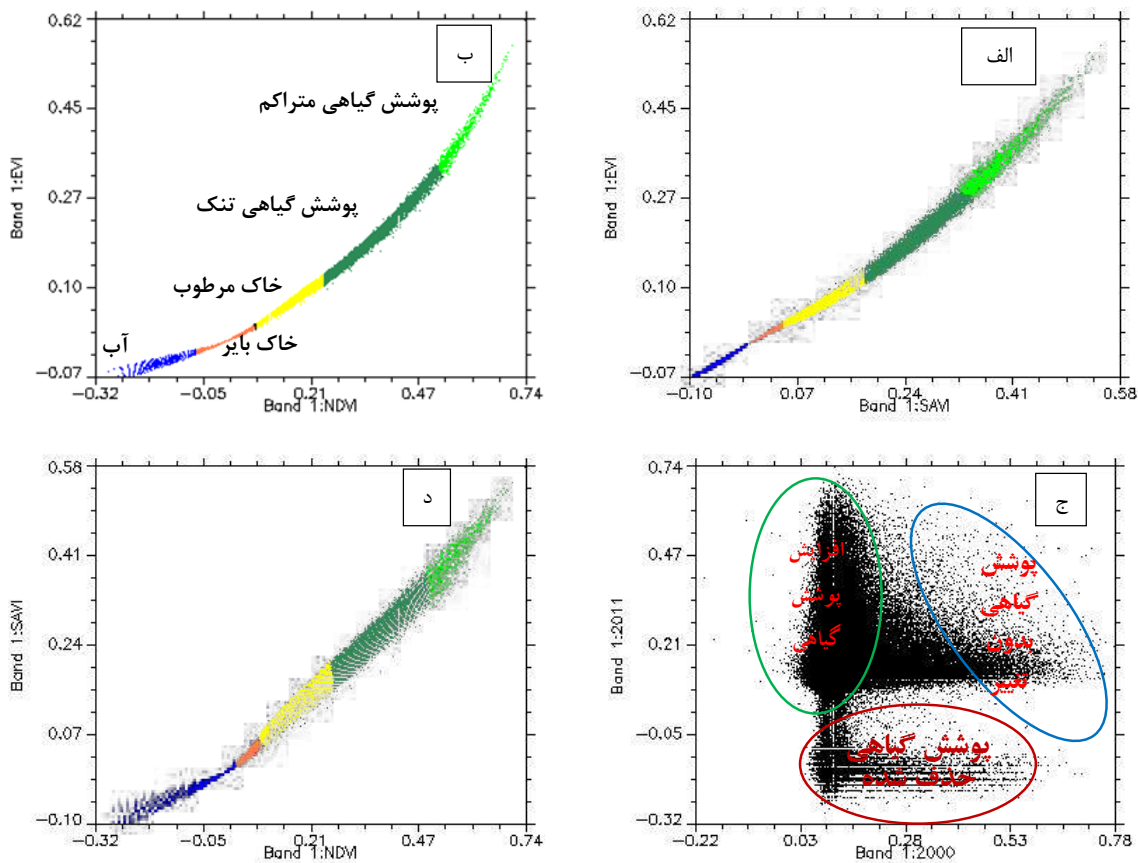
متراکم و با انعکاس بالا در محدوده مادون قرمز انعکاسی به علت تغییر کاربری باغات به زمین‌های کشاورزی یا تغییر الگوی کشت باشد. مقدار میانگین شاخص‌های پوشش گیاهی به علت استفاده از همه ارزش پیکسل‌ها می‌تواند گویای تغییرات پوشش گیاهی باشد. این مقدار برای همه سال‌ها افزایش یافته و سیر صعودی دارد (شکل ۴).

مقدار حداقل ارزش برای شاخص‌های پوشش گیاهی دارای ارزش منفی، به علت وجود آب و خاک‌های نمناک است که به علت جذب بیشتر انرژی خورشیدی وارده در محدوده مادون قرمز طیف الکترومغناطیس و بازتاب پایین در این محدوده، در شاخص‌های پوشش گیاهی ارزش منفی می‌گیرند. مقدار حداکثر ارزش شاخص‌های پوشش گیاهی، سیر نزولی داشته است که علت آن ممکن است حذف پوشش‌های گیاهی



شکل ۴: نمودار تغییرات میانگین شاخص‌های پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

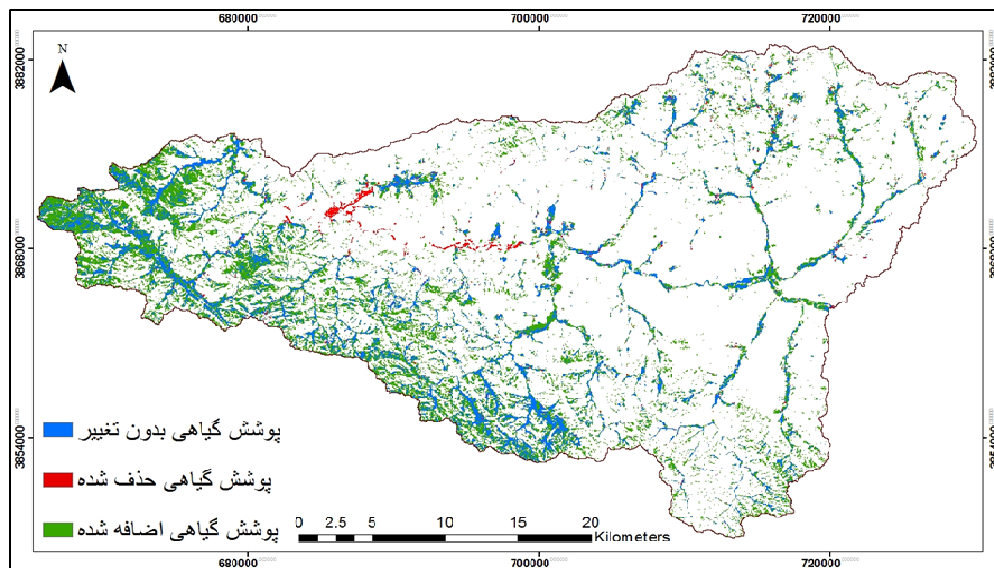


شکل ۵: نمودار پراکندگی داده‌ها الف) شاخص‌های EVI و SAVI، ب) شاخص‌های EVI و NDMI و ج) شاخص NDVI سال ۲۰۰۰ با NDVI سال (۲۰۱۱، د) شاخص‌های NDVI و SAVI.

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

شکل ۵ج مربوط به نمودار پراکندگی برای پوشش گیاهی سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۱ است که نشان‌دهنده تغییرات پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه است. مناطق پوشش گیاهی از بین رفته، بیشتر شده و بدون تغییر بر روی نمودار پراکندگی با شکل بیضی مشخص شده است. برای نمایش تغییرات فضایی پوشش گیاهی، ابتدا با استفاده از شاخص‌ها، پوشش گیاهی برای همه سال‌ها استخراج شد و سپس با استفاده از تفریق تصاویر، تغییرات پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه شناسایی شد (شکل ۶).

با توجه به همبستگی شاخص‌های پوشش گیاهی مشخص شد که شاخص NDVI در مناطقی که دارای پوشش گیاهی انبوه‌تری هستند (شکل ۵ب) بهتر عمل می‌کند و پوشش گیاهی را تفکیک کند. در قسمت پایین‌دست و جنوب سد گاوشان استفاده از شاخص NDVI مناسب است، اما در قسمت بالادست که پوشش گیاهی کم‌تراکم است و برای از بین بردن اثر خاک، زمینه شاخص SAVI بهتر عمل می‌کند (شکل ۵ الف و د) و می‌تواند پوشش گیاهی را در بالادست آشکار سازد. برای جاهایی که تفاوت‌های توپوگرافی زیاد است، استفاده از EVI مؤثرتر است.



شکل ۶: تغییرات فضایی پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

افزایش رطوبت خاک و هوا باشد، اما در بالادست و برخی مناطق جنوبی، پوشش گیاهی تغییری نداشته است. اغلب مناطق پوشش گیاهی از بین رفته حوضه، ناشی از پهنه آبی سد گاوشان است.

تغییرات پوشش گیاهی در شکل ۶ نشان می‌دهد که بیشترین میزان افزایش تغییر تراکم پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه در پایین دست سد و بخش‌های جنوبی حوضه رخ داده است که می‌تواند ناشی از

جدول ۴: مساحت پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه

وضعیت سد	مساحت پوشش گیاهی (کیلومترمربع)	سال
قبل از احداث	۲۰۵/۳	۲۰۰۰
قبل از احداث	۳۶۵/۷	۲۰۰۲
بعد از احداث	۳۹۸/۸	۲۰۰۶
بعد از احداث	۳۴۸/۳	۲۰۱۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

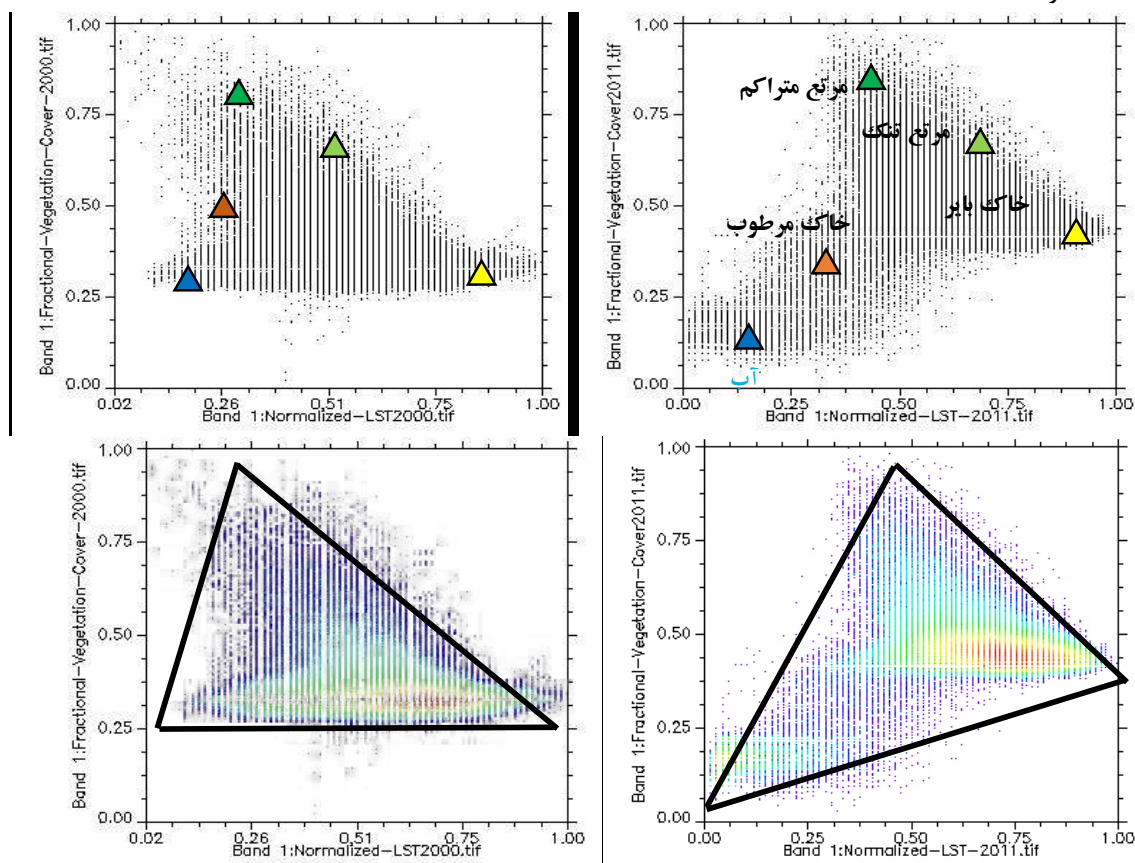
مطالعات صورت گرفته، حدود ۱۸۷/۲ کیلومترمربع از پوشش گیاهی از ابتدا تا انتهای دوره مورد مطالعه بدون تغییر بوده، حدود ۱۸۱/۱ کیلومترمربع از مساحت پوشش گیاهی تا اواخر دوره مورد مطالعه حذف شده و حدود ۱۶۱/۱ کیلومترمربع به مساحت پوشش گیاهی افزوده شده است.

جدول ۴ مساحت پوشش گیاهی در هر دوره مورد مطالعه را نشان می‌دهد. قبل از احداث سد مساحت پوشش گیاهی در مجموع حدود ۲۰۵ کیلومترمربع بوده است؛ اما بعد از احداث سد تا ۳۹۸ کیلومترمربع افزایش یافته است و در اواخر دوره مطالعه به ۳۴۸ کیلومترمربع کاهش یافته است. در مجموع براساس

### رابطه کسر پوشش گیاهی با دمای سطح زمین

کسر پوشش گیاهی از مقدار خاک بایر و پوشش گیاهی و تفاوت در تابش حرارتی بین خاک و تاج پوشش گیاهی تأثیر می‌پذیرد. در مثلث TS/NDVI (شکل ۷) خط‌های کشیده‌شده برای به‌دست‌آوردن اطلاعات دربارهٔ محتوای رطوبت خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لبه خشک کمترین محتوای آب را دارد و لبه مرطوب بیشترین تبخیر و تعرق و حداکثر دسترسی به آب را دارد که این امر باعث می‌شود از لبه خشک به سمت لبه مرطوب از دمای سطح زمین کاسته شود.

برای یافتن رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در این تحقیق از نمودار پراکندگی کسر پوشش گیاهی و دمای سطح نرمال‌شده استفاده شد (Fr/T). با توجه به شکل ۷، توزیع داده‌ها قبل و بعد از احداث سد دچار تغییر شده است. با اضافه‌شدن پهنه آبی به منطقه و متعاقب آن، افزایش پوشش گیاهی طول لبه خشک کاهش‌یافته و طول لبه مرطوب افزایش‌یافته است که این امر منجر به بالارفتن رطوبت منطقه و بالارفتن تبخیر و تعرق شده است که بالارفتن تبخیر و تعرق موجب کاهش دما می‌شود.



شکل ۷: نمودار پراکندگی دمای سطح نرمال‌شده محور افقی با کسر پوشش گیاهی محور عمودی همراه با

پیاده‌سازی کلاس‌های پوشش زمین برای سال ۲۰۰۰ (سمت چپ) و سال ۲۰۱۱ (سمت راست)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

به‌علت تعرقی که در آن‌ها صورت می‌گیرد، همیشه دارای حرارت کمی می‌باشند.

### طبقه‌بندی و تغییرات فضایی دمای سطح زمین

برای بررسی تغییرات LST، تصاویر نرمال شده با استفاده از مقدار میانگین و انحراف معیار خود به پنج طبقه دمایی تقسیم شدند (Xu et al, 2011: 3)؛ صادقی‌نیا و همکاران، (۱۳۹۱: ۳). در جدول ۵ Tmean بیانگر دمای میانگین و std نشان‌دهنده مقدار انحراف معیار هر یک از تصاویر نرمال شده است.

با توجه به شکل پهنه‌های آبی به‌علت جذب انرژی خورشید در محدوده مادون قرمز نزدیک در تصاویر NDVI دارای کمترین ارزش هستند و همچنین به‌علت ظرفیت حرارتی بالا در طول روز دارای دمای پایینی است. خاک مرطوب به‌علت آبی که درون خود ذخیره می‌کنند، ظرفیت حرارتی بالایی دارند و دارای دمای پایینی در طول روز می‌باشند. البته میزان نم موجود در خاک در ظرفیت حرارتی خاک تأثیرگذار است. خاک و سنگ‌های بدون پوشش دارای ظرفیت حرارتی بسیار پایینی هستند، به‌نحوی که با طلوع خورشید به‌سرعت گرم می‌شوند و پوشش گیاهی

جدول ۵: طبقات دمایی سطح زمین تصاویر حرارتی

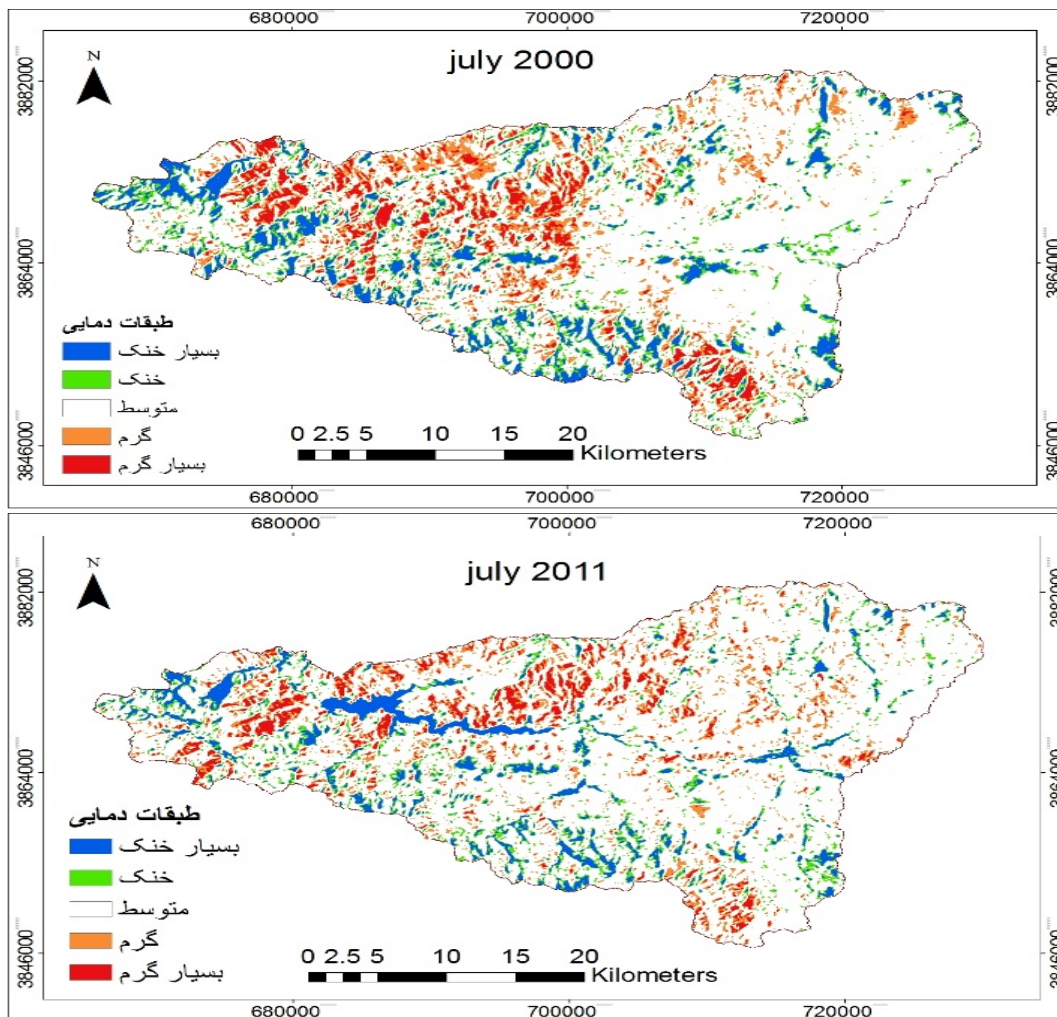
دامنه طبقات	طبقات دما
$T \leq T_{mean} - 1.5 \text{ std}$	بسیار خنک
$T_{mean} - 1.5 \text{ std} < T < T_{mean} - \text{std}$	خنک
$T_{mean} - \text{std} < T \leq T_{mean} + \text{std}$	متوسط
$T_{mean} + \text{std} < T \leq T_{mean} + 1.5 \text{ std}$	گرم
$T > T_{mean} + 1.5 \text{ std}$	بسیار گرم

مأخذ: (Xu et al, 2011: 3)؛ صادقی‌نیا و همکاران، (۱۳۹۱: ۳)



شکل ۸: نمودار تغییرات مساحت طبقات دمایی در دوره مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۹: تغییرات مساحت طبقات دمایی در دوره مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

دمای حداکثر کاهش یافته است که افزایش تراکم پوشش گیاهی نیز گواه آن است؛ اما در بالادست سد با افزایش سطح دمای حداکثر و کاهش رطوبت خاک پوشش گیاهی رشد نکرده است. آنچه بیش از همه خودنمایی می‌کند، افزایش سطوح دمای میانگین طی بازه زمانی است که بیشتر ناشی از تغییر کاربری حوضه بالادست، ایجاد سد سلیمان‌شاه در بالادست رودخانه گاوهرود و کاهش سطح پوشش گیاهی است.

همان‌طور که در شکل ۹ تغییرات فضایی طبقات دمایی در دوره مورد مطالعه مشخص است، در پایین‌دست سد طبقه دمایی بسیار گرم از بین رفته و طبقه دمایی خنک و خیلی‌خنک جایگزین آن شده است. در قسمت بالادست تغییرات معکوس است و طبقه دمایی گرم افزایش یافته است و در اطراف سد طبقه دمایی متوسط افزایش یافته است. در مجموع تطبیق نتایج تغییرات دمای سطح زمین و پوشش گیاهی نشان می‌دهد که در پایین‌دست سد مساحت

## نتیجه

احداث سد در حوضه آبریز می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، اقلیم محلی و فرایندهای حاکم بر منطقه در بالادست و پایین‌دست سد بر جای بگذارد. با توجه به نتایج این تحقیق، احداث سد گاوشان بر روی رودخانه گاوهرود موجب تغییراتی در پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در بالادست و پایین‌دست حوضه شده است. مقادیر محاسبه‌شده در تصاویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده دمای ۲ تا ۳ درجه‌ای بیش از دمای ایستگاه‌هواشناسی روانسر است. در مجموع تحت‌تأثیر ایجاد سد در محدوده مورد مطالعه، دمای حداکثر حدود ۰/۷۶، دمای میانگین حدود ۰/۴۸ و دمای حداقل حدود ۰/۶۲- تغییر کرده است و در مجموع روند افزایشی بوده است. مقدار میانگین مقادیر پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه به دلیل تغییر کاربری به اراضی کشاورزی در پایین‌دست سد افزایش یافته و سیر صعودی دارد.

در مجموع براساس مطالعات صورت‌گرفته، حدود ۱۸۷/۲ کیلومترمربع از پوشش گیاهی از ابتدا تا انتهای دوره مورد مطالعه بدون تغییر بوده است، حدود ۱۸۱/۱ کیلومترمربع از مساحت پوشش گیاهی تا اواخر دوره مورد مطالعه حذف شده و حدود ۱۶۱/۱ کیلومترمربع به مساحت پوشش گیاهی افزوده شده؛ اما در بالادست و برخی مناطق جنوبی، پوشش گیاهی تغییرات اندکی داشته است و اغلب مناطق پوشش گیاهی از بین رفته حوضه ناشی از زیرآب روی پوشش گیاهی در اطراف رودخانه گاوهرود طی آنگیری بوده است. بالا رفتن رطوبت منطقه و افزایش تبخیر و تعرق باعث شده است که در پایین‌دست سد، مساحت طبقه دمایی بسیار گرم از بین رود و مساحت طبقه دمایی خنک و خیلی‌خنک جایگزین آن شود. در قسمت

بالادست تغییرات معکوس است و مساحت طبقه دمایی گرم افزایش یافته و در اطراف سد مساحت طبقه دمایی متوسط افزایش یافته است. افزایش سطوح دمای میانگین طی بازه زمانی است که بیشتر ناشی از تغییر کاربری حوضه بالادست، ایجاد سد سلیمان‌شاه در بالادست رودخانه گاوهرود و کاهش سطح پوشش گیاهی است، البته خشکسالی‌های اخیر و افزایش درجه حرارت جهانی نیز یکی از علل آن می‌تواند باشد.

## منابع

- پیرستانی، محمدرضا؛ مهدی شفق‌تی (۱۳۸۸). بررسی اثرات زیست‌محیطی احداث سد. فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی. شماره ۳. سال اول. صفحات ۵۰-۳۹.
- صادقی‌نیا، علی‌رضا؛ بهلول علیجانی؛ پرویز ضیایان (۱۳۹۱). تحلیل فضایی- زمانی جزیره حرارتی شهر تهران با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۴. صفحات ۱۷-۱.
- علوی‌پناه، سید کاظم (۱۳۸۸). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۰۰ ص.
- متکان، علی‌اکبر؛ خاطره سعیدی؛ علیرضا شکیب؛ امین حسینی‌اصل (۱۳۸۹). ارزیابی تغییرات پوشش اراضی در ارتباط با احداث سد طالقان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دوری. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. شماره ۱۹. جلد ۱۶. صفحات ۶۴-۴۵.
- مددی، حسین؛ محمدرضا اشرف‌زاده. (۱۳۹۱). تأثیر سد کرخه بر الگوی پراکنش مکانی جنگل‌های کنار رودی در پارک ملی کرخه. اکولوژی کاربردی. شماره دوم. سال اول. صفحات ۱۴-۱.
- هادیان، فاطمه؛ رضا جعفری؛ حسین بشری؛ نفیسه رضائی (۱۳۹۲). بررسی آثار سد حنا بر تغییرات سطح کشت و کاربری اراضی. اکولوژی کاربردی. شماره ۴. سال ۲. صفحات ۱۱۳-۱۰۱.



- Goward, S. N., G. D. Cruickshanks, and A. S. Hope (1985). Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape, *Remote Sensing of Environment*, 18, PP: 137-146.
- Gilabert, M. A., Gonza'lez-Piqueras, J., Garcí'a-Haro, J & Melia', J (1998). Designing a generalized soil-adjusted vegetation index (GESAVI). In E. T. Engman (Ed), *Remote sensing for agriculture, ecosystems & hydrology. Proceedings of SPIE*, Vol. 3499, PP:396-404.
- Huete, A., Justice, C., & Liu, H. (1994). Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. *Remote Sensing of Environment*, 49, PP: 224-234.
- Huete, A., Justice, C & Van Leeuwen, W. (1999). MODIS vegetation index (MOD13). Algorithm theoretical basis document, 3, 213p.
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., & Gutman, G. G. (2010). Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *Journal of Climate*, 23, PP: 618-633.
- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., & Sobrino, J. A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, PP: 14-37.
- Liu, Y., Hiyama, T., & Yamaguchi, Y. (2006). Scaling of land surface temperature using satellite data: A case examination on ASTER and MODIS products over a heterogeneous terrain area. *Remote Sensing of Environment*, 105, PP: 115-128.
- Neteler, M. (2010). Estimating daily land surface temperatures in mountainous environments by reconstructed MODIS LST Data. *Remote Sensing*, 2, PP: 333-351.
- Niyogi, D., C. M. Kishtawal, S. Tripathi, and R. S. Govindaraju (2010). Observational evidence that agricultural intensification and land use change may be reducing the Indian summer monsoon rainfall, *Water resource. Res*, 46, W03533, PP:1-17.
- Orhan, O. a, M. Yakara (2016). Investigating Land Surface Temperature Changes Using Landsat Data in Konya, Turkey, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B8, PP: 285-289.
- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., & Alavipanah, S. K (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote sensing of environment*, 113, PP: 2606-2617.
- Artis, D. A., & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12, PP: 313-329.
- Asrar, G., Kanemasu, E. T., & Yoshida, M. (1985). Estimates of leaf area index from spectral reflectance of wheat under different cultural practices and solar angle. *Remote Sensing of Environment*, 17, PP: 1-11.
- Avissar, R., and Liu, Y (1996). three-dimensional numerical study of shallow convective clouds and precipitation induced by land surface forcing, *J. Geophys. Res.*, 101, PP: 7499-7518.
- Baret, F (1995). Use of spectral reflectance variation to retrieve canopy biophysical character. In F. M. Danson, & S. E. Plumer (Eds.), *Advances in environmental remote sensing*. Chi Chester: Wiley (chap. 3).
- Baret, F., & Guyot, G. (1991). Potentials and limits of vegetation indices for LAI and PAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35, PP: 161-173.
- Chaithanya, V.V., Binoy, B.V., Vinod, T.R., (2017). Estimation of the Relationship between Urban Vegetation and Land Surface Temperature of Calicut City and Suburbs, Kerala, India using GIS and Remote Sensing data, *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, Volume 6, Issue 1, PP: 2088-2096.
- Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113, PP: 893-903.
- Chapin, F. S., Sturm, M., Serreze, M. C., McFadden, J. P., Key, J. R., Lloyd, A. H., & Welker, J. M (2005). Role of land-surface changes in Arctic summer warming. *Science*, 310, PP:657-660.
- Cotton, W. R., and R. A. Pielke Sr. (2007). *Human Impacts on Weather and Climate*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K. 330 p.
- Degu, A. M., Hossain, F., Niyogi, D., Pielke, R., Shepherd, J. M., Voisin, N., & Chronis, T. (2011). The influence of large dams on surrounding climate and precipitation patterns. *Geophysical Research Letters*, 38, PP: 1-7.

- Rozenstein, O., Qin, Z., Derimian, Y., & Karnieli, A. (2014). Derivation of Land Surface Temperature for Landsat-8 TIRS Using a Split Window Algorithm. *Sensors*, 14, PP: 5768-5780.
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64, PP: 335-344.
- Wijesundara, C. J. and N. D. K. Dayawansa. (2011). Construction of Large Dams and their Impact on Cultural Landscape: A Study in Victoria Reservoir and the Surrounding Area. *Tropical Agricultural Research* 22, PP: 211-219.
- Xu, H., Chen, Y., Dan, S., & Qiu, W. (2011). Spatial and temporal analysis of urban heat Island effects in Chengdu City by remote sensing. In *Geoinformatics, 2011 19th International Conference on*, PP: 1-5.
- Zhao, B; Yan, Y; Guo, H; He, M; Gu, Y; Li, B (2009). Monitoring rapid vegetation succession in estuarine wetland using time series MODIS-based indicators: An application in the Yangtze River Delta area, *ecological indicators*, 9, PP: 346-356.
- Zhang, R., Tian, J., Su, H., Sun, X., Chen, S., & Xia, J (2008). Two improvements of an operational Two-layer model for terrestrial surface heat flux retrieval. *Sensors*, 8, PP: 6165-6187.
- Zoran, M (2010). Heatwaves assessment in urban areas through remote sensing-based analysis. 38th COSPAR Scientific Assembly.
- Owen, T. W., Carlson, T. N., & Gillies, R. R. (1998). An assessment of satellite remotely-sensed land covers parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 1663-1681.
- Petit, C., Scudder, T., & Lambin, E (2001). Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia. *International Journal of Remote Sensing*, 22, 3435-3456.
- Pielke, R., Sr. (2009). Climate change: The need to consider human forcing besides greenhouse gases, *Eos Trans. AGU*, 90, 413 p.
- Prata, A. J., Caselles, V., Coll, C., Sobrino, J. A., & Otlé, C. (1995). Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: Current status and future prospects. *Remote Sensing Reviews*, 12, PP: 175-224.
- Qu, B. Zhu, W. Jia, S.H. and Lv, A. (2015). Spatio-Temporal Changes in Vegetation Activity and Its Driving Factors during the Growing Season in China from 1982 to 2011. *Remote Sens*, 7, PP: 13729-13752.
- Rautela, P., R. Rakshit, V. K. J. Rajesh, K. Gupta and A. Munshi (2002). GIS and remote sensing-based study of the reservoir-induced land-use! Land-cover changes in the catchment of Tehri dam in Garhwal Himalaya, Uttaranchal India. *Current Science* 83, PP: 308-311.
- Richardson, A. J., Wiegand, C. L., Wajura, D. F., Dusek, D., & Steiner, J. L (1992). Multisite analyses of spectral- biophysical data for sorghum. *Remote Sensing of Environment*, 41, PP: 71-82.