

## ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر آلبیدوی سطحی و دمای سطح زمین در حوضه آبخیز اهرچای

جعفر درخشی (دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی)

بهروز سبحانی\* (استاد آب‌وهواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی)

صیاد اصغری (دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی)

### چکیده

یکی از عوامل متأثر از فعالیت‌های انسانی، تغییر در کاربری اراضی است که می‌تواند منجر به تغییرات آلبیدوی سطحی و دمای سطح زمین شود و تغییر در این پارامترها آب‌وهوای طبیعی منطقه را متأثر می‌سازد. پژوهش حاضر به بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و خصوصیات دمای سطح زمین و آلبیدوی سطحی در هر کاربری در حوضه آبخیز اهرچای با استفاده از داده‌های لندست برای یک دوره ۲۹ ساله پرداخته است. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM) در سال ۱۹۸۷ و لندست ۸ (OLI) برای سال ۲۰۱۵ استفاده شده و پس از انجام مراحل مختلف پردازش تصاویر، نسبت به استخراج کاربری اراضی براساس روش «ماشین بردار پشتیبان» (SVM) اقدام شد. دقت طبقه‌بندی برحسب ضریب آماری کاپا به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۹۵ و براساس دقت کلی ۹۵/۰۹ و ۹۶/۲۰ به دست آمد. بیشترین تغییرات کاربری در اراضی مرتعی و پس از آن در زراعت دیم مشاهده شده است. تبدیل مراتع به زراعت دیم باعث کاهش پوشش گیاهی و تغییر الگوی توزیع و روند افزایش دمای سطح زمین و میزان آلبیدوی سطحی شده است که این میزان برای کاربری زراعت دیم با افزایش دمای تقریباً ۸ درجه سانتی‌گراد و آلبیدوی سطحی ۰/۰۳ بوده است؛ بنابراین ملاحظه می‌شود که سطح حوضه تغییرات کاربری روی داده، موجب تغییر در میزان دمای سطح زمین و آلبیدوی سطحی شده است.

تاریخ دریافت: ۱ اسفند ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۲۱ شهریور ۱۳۹۹

صفحات: ۱۴۲-۱۲۳



کلید واژه‌ها:

تغییرات کاربری اراضی، دمای سطح زمین، آلبیدوی سطحی، روش سبال، حوضه آبخیز اهرچای.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

\* نویسنده مسئول: دکتر بهروز سبحانی  
پست الکترونیک: sobhani@uma.ac.ir

## مقدمه

آگاهی از خصوصیات کمی و کیفی تغییرات زمین در برنامه‌ریزی‌های محیطی، آمایش سرزمین و توسعه پایدار بسیار حائز اهمیت است (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۸: ۹۲۹). تغییرات کاربری و پوشش زمین به دلیل مدیریت منابع طبیعی، پایش و نظارت بر تغییرات محیطی، به یک موضوع مهم تبدیل شده است (احمد<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶: ۱۲). رشد روزافزون جمعیت و تأثیر آن بر عرصه‌های طبیعی، به همراه افزایش بهره‌برداری غیراصولی و تغییر کاربری‌ها، سبب تخریب اکوسیستم‌ها شده است (آهنی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۴۲)؛ به طوری که دگرگونی و تغییر در پوشش زمین، مانند جنگل زدایی، برای ترویج اراضی کشاورزی یا چراگاه‌ها و مراتع برای تولید دام، می‌تواند بر تغییرات آب‌وهوایی، هم به لحاظ شیمیایی (به عنوان مثال غلظت CO<sub>2</sub> اتمسفر) و هم فرایندهای فیزیکی (به عنوان نمونه آلودگی سطح زمین، دمای سطح زمین و میزان تبخیر و تعرق) تأثیر واقعی بگذارد (بتس<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۰۱۵). آلودگی سطح زمین از فاکتورهای اصلی ارزیابی تابش خورشیدی و مطالعات بیلان انرژی جو است (پینکر و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۰: ۴۳). افزایش در میزان آلودگی سطحی موجب کاهش تابش خالص، شار انرژی (محسوس و نهان)، ابرهای همرفت و بارش و در نتیجه منجر به خشکی جو زمین می‌شود (پیتمن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳: ۴۷۹). دمای سطح زمین یکی دیگر از متغیرهای پرکاربرد هواشناختی برای بررسی بیلان انرژی است که در بسیاری از مطالعات محیطی، اقلیمی و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (ادب و همکاران، ۱۳۹۳:

۴۲۰)؛ بنابراین تغییر نوع پوشش گیاهی و پوشش سطحی علاوه بر پارامترهای فوق می‌تواند شرایط میکروکلیمایی را تعدیل کند یا تغییر دهد (بانن<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸). اندازه‌گیری دما به صورت نقطه‌ای و ایستگاهی انجام می‌گیرد و برای تأمین داده‌ها در وسعت زیاد، محدودیت‌ها، مشکلات و موانع اطلاعاتی زیادی وجود دارد. داده‌های سنجش از دور با توجه به خصوصیات پوشش مکانی در سطح وسیع، پیوستگی در داده‌برداری برای تأمین داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز بسیار مناسب هستند (حمزه و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۵). مطالعات متعددی در خصوص تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین و آلودگی سطحی انجام گرفته که به چند نمونه آن اشاره می‌شود. اصغری و امامی (۱۳۹۸: ۱۹۵) در پژوهشی به پایش دمای سطح زمین در رابطه با کاربری اراضی در شهرستان اردبیل پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که نواحی دارای پوشش گیاهی کمتر همچون مناطق شهری نسبت به نواحی با پوشش مرتعی و کشاورزی دمای بیشتری دارند. یی-چن وان و همکاران (۲۰۱۸: ۷۳۸) در مقاله‌ای به بررسی نقش تغییر زمین و تأثیرات بالقوه آن بر تغییر دمای سطح زمین در یانگون میانمار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست پرداخته و به این نتیجه رسیدند که زمین‌های کشاورزی در طول روز و در فصل گرم سال، از هسته شهر گرم‌تر بوده؛ در حالی که در فصول سرد سال، هسته مرکزی شهر در طول شبانه‌روز از محیط اطراف خود گرم‌تر بوده است. سیدیک اول و همکاران (۲۰۱۹: ۳۴۸) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی تغییرات سطح زمین و تأثیر آن بر دمای سطح زمین در منطقه پایین هیمالیا پرداخته و نتایج زیر حاصل شده که تغییر در سطح و پوشش زمین باعث افزایش دمای سطح زمین در

1. Ahmed, N
2. Betts, R. A
3. Devaraju, N, et al
4. Li, Y, et al
5. Pinker, R.T. et al
6. Pitman, A. J

7. Bonan, G

اراضی و پوشش زمین در سه دهه اخیر (۲) بررسی تغییرات دمای سطح زمین و آلبیدوی سطحی در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین. برای دستیابی به این هدف از تصاویر ماهواره‌ای TM و OLI استفاده شده است. از روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) برای تغییرات کاربری اراضی و الگوریتم توازن انرژی برای سطح زمین (SEBAL) برای استخراج دمای سطح زمین و آلبیدوی سطحی بهره گرفته شده است.

### داده‌ها و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش حوضه آبخیز آهرچای است. حوضه آبخیز آهرچای با مساحت تقریبی ۲۳۰۰ کیلومتر مربع بخشی از ناحیه ارسباران واقع در شمال آذربایجان شرقی است. موقعیت این حوضه از ۳۸ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۱ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۴۴ دقیقه و ۲۸ ثانیه عرض شمالی و از ۴۶ درجه و ۲۰ دقیقه و ۱۹ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی گسترده شده است (شکل ۱). رودخانه آهرچای با طول تقریبی ۱۱۵ کیلومتر، شاخه غربی شبکه زهکشی قره‌سو در شمال آذربایجان شرقی است که خود آن نیز جزئی از سیستم رود ارس است. حوضه آهرچای دارای حداقل ارتفاع ۹۷۳ و حداکثر ۳۱۲۷ متر از سطح دریا است که اختلاف ارتفاع آن ۲۱۹۰ متر می‌باشد و حدود ۳۵ درصد از مساحت حوضه در ارتفاع ۱۵۹۱ تا ۱۸۸۸ قرار دارد.

اطلاعات هواشناسی سه ایستگاه مورد مطالعه در داخل حوضه نشان می‌دهد که میانگین بارندگی سالانه براساس داده‌های ۲۸ ساله این ایستگاه‌ها در سطح حوضه، ۳۰۳ میلی‌متر است و میانگین کمینه و بیشینه درجه حرارت در سطح حوضه به ترتیب ۴/۰۴ و ۱۶/۴۱ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. در طول سه دهه

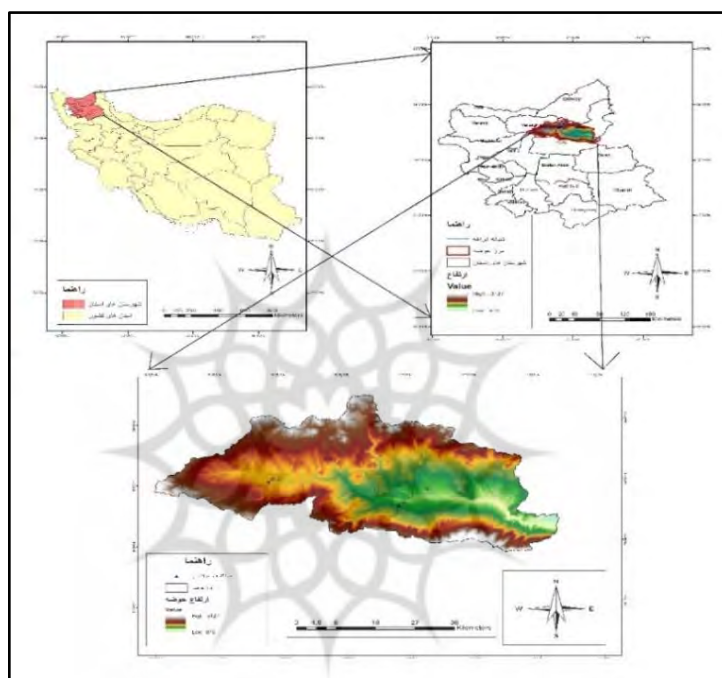
مناطق مسکونی بیشتر از سایر کاربری‌ها بوده است. همچنین شبیه‌سازی برای تغییرات آینده، نشان از افزایش درجه حرارت سطح زمین دارد؛ به طوری که در سال ۲۰۴۷ افزایش ۶۰ درصدی دما را برای مناطق مسکونی به دست آورده‌اند. در پژوهشی دیگر که به وسیله خسروی و همکاران (۱۳۹۶: ۱۴۱) انجام گرفته، رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی در شهر زنجان مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شد عواملی نظیر جایگزین شدن پوشش آسفالتی بالای پشت‌بام‌ها با پوشش ایزوگام، جنس نماهای سنگ به کاررفته در ساختمان‌ها و آئروسل‌ها منجر به کاهش دمای مناطق مسکونی بافت‌های فرسوده و مرکز شهر به میزان تقریبی ۵ درجه سلسیوس نسبت به گذشته در سطح زمین شده است. از طرفی دمای باغات زنجان رود، شهربازی و پارک جنگلی، با وجود دارابودن درختان زیاد، نسبت به گذشته ۹ درجه افزایش یافته است. علت احتمالی آن را کاهش تعداد درختان و وجود ذرات معلق درشت رسوب شده بر روی سطوح برگ‌ها و کاهش عمل فتوسنتز و زرد شدن برگ‌ها عنوان کرده‌اند. انتظاری و همکاران (۱۳۹۵: ۱۱۴) در مقاله‌ای به پایش دمای سطح زمین و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در حوضه آبخیز دریاچه پیریشان پرداخته و نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشترین تغییرات کاربری اراضی در کاربری دریاچه بوده که حدود ۹۷.۳۵ درصد وسعت دریاچه به کاربری زمین بایر و کشاورزی تغییر کرده و بیشترین میزان دما در نمک‌زارها و اراضی بایر با رخنمون سنگی روند افزایشی داشته است. زکی و همکاران (۲۰۱۱: ۱۷۳) برای نظارت بر تغییرات پوشش زمین در شمال شرقی قاهره در مصر، از تصاویر TM استفاده کردند.

هدف از این پژوهش، پرداختن به دو موضوع در حوضه آبخیز آهرچای است: (۱) ارزیابی روند تغییرات کاربری

### داده‌های سنجش از دور

در این پژوهش به منظور بررسی دمای سطح زمین و میزان آلودگی سطحی در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های TM و OLI که تاریخ و اطلاعات تصاویر در جدول شماره ۱ آورده شده، استفاده شده است. این تصاویر از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا تهیه شده است.

گذشته، این منطقه تغییرات کاربری اراضی متفاوتی را تجربه کرده و عوامل متعدد و به خصوص احداث سد ستارخان در منطقه تأثیر بسزایی داشته است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

جدول ۱. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش

نوع ماهواره	شماره ردیف و مسیر	سنجنده	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
لندست ۵	ردیف ۱۶۸ و مسیر ۳۳	TM	۱۹۸۷/۰۷/۱۹	۱۳۶۶/۰۴/۲۸
لندست ۸	ردیف ۱۶۸ و مسیر ۳۳	OLI	۲۰۱۵/۰۸/۰۱	۱۳۹۴/۰۵/۱۰

(منبع: هدر فایل تصاویر، ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵)

ENVI5.3، برای استخراج دمای سطح زمین و میزان آلودگی سطحی از همین نرم‌افزار و به منظور تحلیل تغییرات کاربری اراضی از نرم‌افزار IDRISI SELVA استفاده شده است.

### پیش‌پردازش تصاویر

پیش از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و طبقه‌بندی آن‌ها، فرایند تصحیحات اتمسفری و رادیومتری بر روی تصاویر انجام شد. به منظور طبقه‌بندی، از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) در محیط نرم‌افزار

## طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه کاربری اراضی

از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد. نخستین گام در انجام دادن طبقه‌بندی نظارت‌شده، تعریف مناطقی است که به‌عنوان نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شود (ایستمن<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). در این مرحله با تفسیر بصری تصویر و ترکیب رنگی کاذب و همچنین با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، نمونه‌هایی تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند. شش کلاس کاربری اراضی شامل زراعت آبی، جنگل، مرتع درجه ۱، زراعت دیم، مرتع درجه ۲ و آب در سطح حوضه تعریف شدند. برای طبقه‌بندی تصاویر از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شد. به دلیل کارایی این الگوریتم نسبت به الگوریتم‌های دیگر، براساس پژوهش‌های انجام‌شده سایر محققان نتایج بهتری را ارائه داده‌است (حیات‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵: ۱) و (مونتراکیس<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۴۷). ماشین بردار پشتیبان در واقع یک طبقه‌بندی‌کننده دودویی است. درباره دو کلاس، روش SVM سعی دارد یک آب‌صفحه ایجاد کند که فاصله هر کلاس را تا فراصفحه حداکثر سازد. داده‌های نقطه‌ای که به فراصفحه نزدیک‌تر هستند، برای اندازه‌گیری این فاصله به کار می‌روند؛ از این رو این داده‌های نقطه‌ای، بردارهای پشتیبان نام دارند (واپنیک<sup>۳</sup>، ۱۹۹۵).

## ارزیابی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

ارزش و قابل استفاده بودن هر نقشه کاربری حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای به میزان صحت و دقت تولید آن بستگی دارد. معمول‌ترین پارامترهای برآورد دقت، شامل دقت کل و ضریب کاپا است (روانگا<sup>۴</sup>،

۲۰۱۷: ۶۱۱). براساس نتایج حاصل از ارزیابی و محاسبه آماره‌های مربوط به صحت نقشه‌ها، مقدار صحت کلی و ضریب کاپا برای هر سال شد.

### محاسبه دمای سطح زمین به روش «سبال»

الگوریتم توازن انرژی سطحی برای زمین (SEBAL) نخستین بار به منظور برآورد تبخیر و تعرق در مناطق هموار و نواحی کشاورزی ارائه شد (باتسیاتسن و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۹۸) اما در نسخه‌ای که در سال ۲۰۰۲ ارائه شد، تصحیحات لازم در جهت کاربرد در مناطق هموار و کوهستانی نیز به روش اضافه شد. در این روش دمای سطح با استفاده از رادیانس حرارتی تصحیح‌شده به دست می‌آید (آلن و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۲). برای محاسبه رادیانس حرارتی تصحیح‌شده، نیاز به محاسبه گسیل‌مندی در باند حرارتی است. برای محاسبه گسیل‌مندی در باند حرارتی، به ترتیب نیاز به محاسبه رادیانس طیفی ( $L_{\lambda}$ )، بازتابندگی در هر باند ( $\rho_{\lambda}$ ) و آلبدوی سطحی ( $E$ ) است.

### رادیانس طیفی ( $L_{\lambda}$ )

رادیانس طیفی عبارت است از انرژی تابشی در بالای اتمسفر که توسط سنجنده مشاهده شده‌است و از رابطه<sup>۱</sup> به دست می‌آید (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۶):

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{255} \cdot DN + L_{min} \quad (1)$$

در رابطه فوق  $DN$  عبارت است از درجه خاکستری پیکسل‌ها. مقادیر  $L_{min}$  و  $L_{max}$  عبارت‌اند از ثابت‌های کالیبراسیون سنجنده.  $L_{\lambda}$  به دست‌آمده بر حسب  $W/m^2/sr/\mu m$  است. مقادیر  $L_{min}$  و  $L_{max}$  (ماکزیمم و مینیمم رادیانس طیفی قابل تشخیص در هر باند توسط سنجنده با واحد  $W/m^2/sr/\mu m$ ) برای سنجنده‌های OLI و TM با استفاده از فایل مرجع<sup>۷</sup> تصاویر مورد استفاده در جدول جدول ۲ ارائه شده‌است.

5. Bastiaanssen, W.G.M et al

6. Allen, R et al

7. Header file

1. Eastman, J. R.

2. Mountrakis et al

3. Vapnik, V. N.

4. Rwanga, s. s

جدول ۲. ماکزیمم و مینیمم رادیانس طیفی در هر باند برای تصاویر

لندست ۸			لندست ۵		
باند	$L_{max}$	$L_{min}$	باند	$L_{max}$	$L_{min}$
۱	۷۳۷/۷۸۸۴	-۶۰/۹۲۶۸	۱	۱۶۹	-۱/۵۲
۲	۷۵۵/۵۰۴۳	-۶۲/۳۸۹۸	۲	۳۳۳	-۲/۸۴
۳	۶۹۶/۱۹۰۷	-۵۷/۴۹۱۷	۳	۲۶۴	-۱/۱۷
۴	۵۸۷/۰۶۷۳	-۴۸/۴۸۰۲	۴	۲۲۱	-۱/۵۱
۵	۳۵۹/۲۵۵۹	-۲۹/۶۶۷۵	۵	۳۰/۲	-۰/۳۷
۶	۸۹/۳۴۳۶۷	-۷/۳۷۸۰۳	۶	۱۵/۳۰۳	۱/۲۳۸
۷	۳۰/۱۱۳۶	-۲/۴۸۶۷۹	۷	۱۶/۵	-۰/۱۵
۸	۶۶۴/۳۹۸۶	-۵۴/۸۶۶۳			
۹	۱۴۰/۴۰۵۴	-۱۱/۵۹۴۷			
۱۰	۲۲/۰۰۱۸	۰/۱۰۰۳۳			
۱۱	۲۲/۰۰۱۸	۰/۱۰۰۳۳			

(منبع: هدر فایل تصاویر، ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵)

در رابطه فوق  $\rho_{\lambda}$  بازتابندگی طیفی نیم کره‌ای برای هر باند است.  $ESUN_{\lambda}$  عبارت است از میانگین تابش فرودی خورشید در بالای اتمسفر برای هر باند با واحد  $W/m^2/\mu m$  مقادیر  $ESUN_{\lambda}$  برای سنجده‌های مختلف ماهواره لندست در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

بازتابندگی نیم کره‌ای ( $\rho_{\lambda}$ )

میزان بازتاب با استفاده از رابطه شماره ۲ در هر باند محاسبه می‌شود (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۷):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda}}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta \cdot d_{\tau}} \quad (2)$$

جدول ۳. میانگین تابش فرودی خورشید در بالای اتمسفر برای هر باند ( $ESUN_{\lambda}$ )

	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ۴	باند ۵	باند ۶	باند ۷
لندست ۵	۱۹۵۷	۱۸۲۹	۱۵۵۷	۱۰۴۷	۲۱۹/۳	-	۷۴/۵۲
لندست ۸	-	۲۰۱۱.۳	۱۸۵۳/۳	۱۵۶۲/۸	۹۵۶/۴	۲۳۷/۸	۸۰/۲

(منبع: آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۶۳)

در رابطه فوق،  $\beta$  به عنوان ارتفاع خورشید از فایل مرجع قابل استخراج و در تصاویر مورد استفاده به صورت جدول ۴ است.

زاویه فرودی خورشید ( $\theta$ ) به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\theta = 90 - \beta \quad (3)$$

جدول ۴. ارتفاع خورشید در تصاویر مورد استفاده

ماهواره، سنجنده	لندست، TM	لندست، OLI
ارتفاع خورشید	۵۸/۳۴۲۵۰۷۸	۶۱/۷۷۵۴۱۵۸۱

(منبع: هدر فایل تصاویر، ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵)

$\tau_{sw}$  قابلیت عبور اتمسفری است. مقدار  $\alpha_{path-radiance}$  برای مدل سبال ۰/۰۳ پیشنهاد شده است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲).  $\tau_{sw}$  با فرض صاف بودن آسمان و به تبع آن در شرایط خشک با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$\tau_{sw} = 0.75 + 2 * 10^{-5} * Z \quad (۶)$$

در رابطه فوق  $Z$  ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر است. در این پژوهش از DEM ۳۰ متری استفاده شد. عبارت  $\alpha_{top}$  از آلبیدوی بالای اتمسفر که از رابطه ۷ قابل محاسبه است.

$$\alpha_{top} = \sum(\omega\lambda - \rho\lambda) \quad (۷)$$

که  $\rho\lambda$  بازتابندگی نیم‌کره‌ها در باندهای مختلف و  $\omega\lambda$  ضرایب وزن دار برای باندهای غیرحرارتی است که از رابطه ۸ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\omega\lambda = \frac{ESAN_{\lambda}}{\sum ESAN_{\lambda}} \quad (۸)$$

برای باندهای غیرحرارتی لندست مقادیر  $\omega\lambda$  در جدول ۵ ارائه شده است.

$d_r$  عبارت است از معکوس مربع فاصله نسبی زمین تا خورشید که با استفاده از رابطه ۴ قابل محاسبه است:

$$d_r = 1 + 0.033 \cos(DOY \frac{2\pi}{365})$$

در رابطه فوق،  $DOY$  عبارت است از روز ژولییوسی از سال که مقدار آن برای تصویر لندست ۵ برابر با ۲۰۰، لندست ۷ برابر با ۲۱۴ و برای لندست ۸ برابر با ۲۱۳ است.

#### آلبیدوی سطحی<sup>۱</sup> (a)

آلبیدو به صورت نسبت تابش الکترومغناطیسی انعکاس یافته از سطح خاک و گیاه، به تابش فرودی نور خورشید به آن سطح، تعریف می‌شود. میزان آلبیدوی سطحی را می‌توان از رابطه ۵ محاسبه کرد (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۸):

$$\frac{\alpha_{top} - \alpha_{path-radiance}}{\tau_{sw}^2} \quad (۵)$$

در رابطه فوق،  $\alpha_{top}$  آلبیدوی بالای اتمسفر،  $\alpha_{path-radiance}$  آلبیدوی ناشی از رادیانس مسیر و

جدول ۵. ضرایب وزن دار برای باندهای غیرحرارتی

سنجنده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	باند
TM	۰/۲۹۳	۰/۲۷۴	۰/۲۳۳	۰/۱۵۷	۰/۰۳۳	-	۰/۰۱۱	$\omega\lambda$
OLI	-	۰/۳۰۰	۰/۲۷۷	۰/۲۳۳	۰/۱۴۳	۰/۰۳۶	۰/۰۱۲	$\omega\lambda$

(منبع: آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۶۳)

### گسیل مندی سطحی<sup>۱</sup> (ε)

گسیل مندی سطحی با استفاده از روابط تجربی زیر به دست می آید (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۰):

زمانی که  $NDVI > 0$  داریم:

$$\varepsilon_{NB} = 0.97 + \text{LAI} < 3 \quad (9)$$

$$0.0033 * \text{LAI}$$

$$\varepsilon_0 = 0.95 + 0.01 * \text{LAI} \quad (10)$$

برای  $\text{LAI} \geq 3$

$$\varepsilon_{NB} = 0.98, \varepsilon_0 = 0.95 \quad (11)$$

برف  $\varepsilon_{NB}$  و  $\varepsilon_0$  از فیلتر استفاده می شود.

$$\varepsilon_{NB} = 0.99, \varepsilon_0 = 0.985 \quad (12)$$

برای آب:  $NDVI < 0, \alpha <$

$$\varepsilon_{NB} = 0.99, \varepsilon_0 = 0.985 \quad (13)$$

برای برف:  $NDVI < 0, \alpha \geq$

در روابط بالا  $NDVI$  شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی،  $LAI$  شاخص سطح برگ و  $\alpha$  آلودگی سطحی است.

$$NDVI = \frac{B_4 - B_3}{B_4 + B_3} \quad (14)$$

که در آن،  $B_3$  و  $B_4$  مقادیر بازتابندگی در باندهای ۳ و ۴ هستند. مقادیر  $NDVI$  در محدوده -۱ تا +۱ قرار دارد.

$$LAI = 0.57 \exp(2.33 * NDVI) \quad (15)$$

شاخص سطح برگ ( $LAI$ ) بستگی به نوع محصول و موقعیت جغرافیایی محل مورد مطالعه دارد.

رادیانس حرارتی تصحیح شده ( $R_C$ )

رادیانس حرارتی تصحیح شده، رادیانس واقعی گسیل شده از سطح است که برای اثرات اتمسفری تصحیح شده باشد. جهت تصحیح رادیانس حرارتی گسیل شده از سطح ارائه شده است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۱).

$$R_C = \frac{L_{NB} - R_P}{\tau_{NB}} - (1 - \varepsilon_{NB}) R_{SKY} \quad (16)$$

در رابطه فوق،  $L_{NB}$  رادیانس باند حرارتی،  $R_P$  رادیانس مسیر در باند حرارتی،  $R_{SKY}$  تابش آسمان

صاف در باند حرارتی و  $\tau_{NB}$  قابلیت عبور اتمسفری در باند حرارتی است.  $R_{SKY}$  را می توان از فرمول تجربی ۱۷ محاسبه کرد.

$$= (1.807 * 10^{-8}) T_a^4 [1 - 0.6 * \exp(7.77 * 10^{-4} R_{SKY}^2) + 273.15 - T_a]^2 \quad (17)$$

که  $T_a$  دمای هوای نزدیک سطح در لحظه گذر ماهواره است. مقادیر  $\tau_{NB}$  و  $R_P$  به ترتیب برابر با ۱ و صفر قرار داده شد. به دلیل عدم یکسانی پیکسل سایزهای تصاویر باند حرارتی و باندهای انعکاسی، از  $Resize$  Data بهره گرفته شد.

### دمای سطحی<sup>۳</sup> ( $T_s$ )

با استفاده از فرمول زیر قابل محاسبه است.

$$T_s = \frac{K_2}{LN(\frac{\varepsilon_{NB} - K_1}{R_C} + 1)} \quad (18)$$

در رابطه فوق مقادیر  $K_1$  و  $K_2$  برای سنجنده های مختلف به شرح جدول ۶ است.

جدول ۶. مقادیر  $K_1$  و  $K_2$  برای سنجنده های مختلف ماهواره لندست

سنجنده	$K_1$	$K_2$
TM	۶۰۷/۷۶	۱۲۶۰/۵۶
OLI	۷۷۴/۸۸۵۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹

(منبع: سكرتكين<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۰: ۲۰)

### بحث و نتایج

هدف از این پژوهش بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر دمای سطح زمین و آلودگی سطحی بوده است. اشکال ۲ و ۳ نقشه های کاربری اراضی حوضه آبخیز اهرچای در سال های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ که از روش طبقه بندی SVM استفاده شده را نشان می دهد. ضریب کاپا برای نقشه های استخراج شده از تصاویر ماهواره ای TM و OLI در جدول ۷ آورده شده است.

3. Surface Temperature.

4. Sekertekin et al.

1. Surface emissivity

2. Corrected Thermal Radiance



با توجه به جدول فوق، دقت کلی برای هر دو تصویر بالای ۹۵ درصد به دست آمده که نشان‌دهنده طبقه‌بندی خوب تصاویر است.

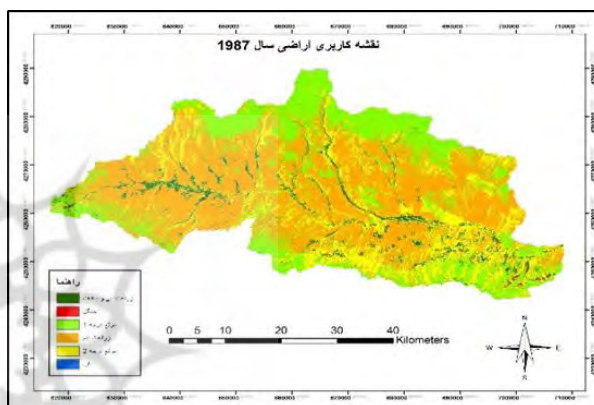
مساحت هریک از کاربری‌ها برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ در جدول ۸ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۸ بیشترین مساحت در سال ۱۹۸۷ مربوط به کلاس زراعت دیم با مساحت ۱۱۳۱۴۹/۰۸ هکتار و کم‌ترین آن، کلاس آب با مساحت ۹/۱۸ هکتار بوده است. با اینکه بیشترین مساحت کاربری در سال ۲۰۱۵ نیز به کلاس زراعت دیم اختصاص دارد، حدود ۱۴۷۴۲/۵۴ هکتار نسبت به سال ۱۹۸۷ افزایش یافته و کم‌ترین مساحت در سال ۲۰۱۵ نیز مربوط به کلاس جنگل است. پس از ایجاد سد ستارخان، زراعت آبی به‌خصوص باغات در پایین دست سد به میزان ۷۴۶۸/۱۱ هکتار افزایش یافته است. مراتع حوضه نیز دچار تغییرات زیادی بوده که حدود ۶۷۰۱/۱۳ هکتار از مراتع درجه ۱ و ۱۶۲۹۴/۴ هکتار از مراتع درجه ۲ کاهش یافته است. آنچه که از شکل ۴ و جدول شمار ۹ استنباط می‌شود، بیشترین میزان تغییر کاربری مربوط به کلاس مرتع درجه ۲ به زراعت دیم است که مساحت آن ۲۱۸۴۳/۴۵ هکتار به دست آمده است.

جدول ۷. ضرایب دقت کلی و کاپا طبقه‌بندی

سال	۱۹۸۷	۲۰۱۵
دقت کلی	۹۵/۰۹	۹۶/۲۰
ضریب کاپا	۰/۹۳	۰/۹۵

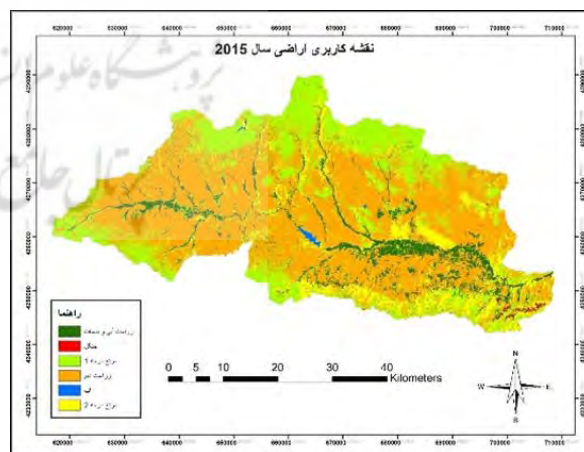
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

دقت کلی طبقه‌بندی بیانگر میزان اعتبار طبقه‌بندی انجام شده است و در نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، بایستی بیش از ۸۵٪ باشد (آندرسون<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۷۶).



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۷ در حوضه آبخیز آهرچای

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ در حوضه آبخیز آهرچای

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

1. Anderson et al.

جدول ۸. مساحت کاربری‌های اراضی در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵

نوع کلاس	مساحت هر کاربری ۱۹۸۷ (هکتار)	مساحت هر کاربری ۲۰۱۵ (هکتار)	مقادیر تغییرات هر کاربری (هکتار)
زراعت آبی	۱۰۷۰۹/۱	۱۸۱۷۷/۲۱	۷۴۶۸/۱۱
جنگل	۴۶۶/۹۲	۵۴۵/۰۴	۷۸/۱۲
مرتع درجه ۱	۶۱۰۷۶/۹۷	۵۴۳۷۵/۸۴	۶۷۰۱/۱۳
زراعت دیم	۱۱۳۱۴۹/۰۸	۱۲۷۸۹۱/۶	۱۴۷۴۲/۵۴
آب	۹/۱۸	۷۱۵/۹۵	۷۰۶/۷۷
مرتع درجه ۲	۴۴۶۴۱/۷۱	۲۸۳۴۷/۳	۱۶۲۹۴/۴

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

جدول ۹. مساحت هریک از طبقات تغییر یافته بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

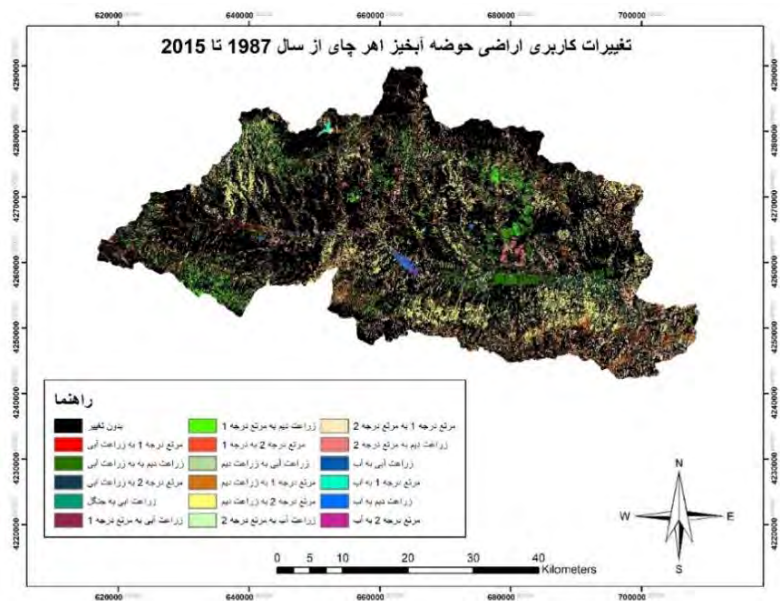
ردیف	کاربری تغییر یافته	مساحت (هکتار)	ردیف	کاربری تغییر یافته	مساحت (هکتار)
۱	مرتع درجه ۱ به زراعت آبی	۲۲۰۱/۷۶	۱۰	مرتع درجه ۲ به زراعت دیم	۲۱۸۴۳/۴۵
۲	زراعت دیم به زراعت آبی	۴۱۷۴/۲۹	۱۱	زراعت آب به مرتع درجه ۲	۲۶۵/۹۵
۳	مرتع درجه ۲ به زراعت آبی	۴۵۹۸/۰۱	۱۲	مرتع درجه ۱ به مرتع درجه ۲	۶۱۷۸/۹۵
۴	زراعت آبی به جنگل	۱۷۷/۰۳	۱۳	زراعت دیم به مرتع درجه ۲	۴۷۰۵/۰۲
۵	زراعت آبی به مرتع درجه ۱	۱۳۹۵/۹	۱۴	زراعت آبی به آب	۱۰۴/۳۱
۶	زراعت دیم به مرتع درجه ۱	۹۳۶۵/۳۱	۱۵	مرتع درجه ۱ به آب	۱۳۵/۶۳
۷	مرتع درجه ۲ به درجه ۱	۸۲۳/۶۸	۱۶	زراعت دیم به آب	۲۴۲/۳۷
۸	زراعت آبی به زراعت دیم	۱۶۲۴/۹۵	۱۷	مرتع درجه ۲ به آب	۱۴۶/۰۷
۹	مرتع درجه ۱ به زراعت دیم	۹۷۲۶/۳۹			

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

می‌رسد که این تغییر کاربری بیشتر منطبق بر مکان سد ستارخان و زرآباد ورزقان است و پس از آن مربوط به کاربری مرتع درجه ۱ به کاربری آب به میزان ۱۳۵/۶۳ هکتار است. بیشتر این تغییرات در محدوده سد باطله مس سونگون در روستای زرین کاب است که مراتع درجه ۱ این محدوده پس از افتتاح سد مذکور به زیر آب رفته‌اند.

بعد از آن بیشترین تغییر مربوط به کلاس مرتع درجه ۱ به زراعت دیم با مساحت ۹۷۲۶/۳۹ هکتار بوده. همچنین مرتع درجه ۱ ۶۱۷۸/۹۵ هکتار به مرتع درجه ۲ تغییر کرده. ملاحظه می‌شود که مراتع بیشترین تغییرات را تجربه کرده‌اند.

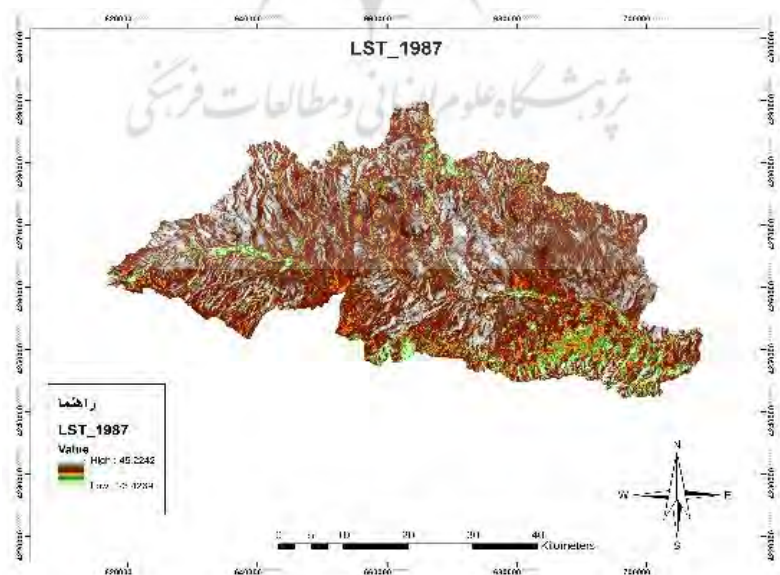
کمترین مقدار تغییرات مربوط به کاربری زراعت آبی به کلاس آب به میزان ۱۰۴/۳۱ هکتار بوده است. به نظر



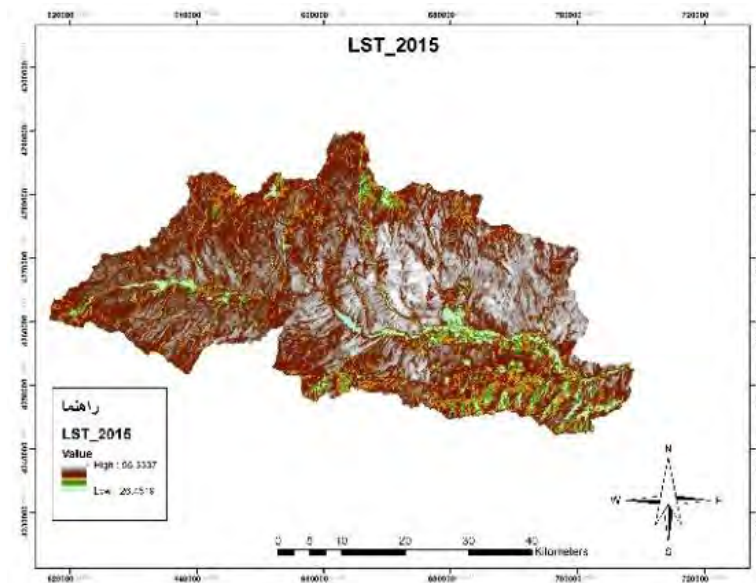
شکل ۴. نقشه تغییرات کاربری اراضی حوضه آهرچای از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

دما ارزیابی شود. متأسفانه هیچ‌گونه داده قابل اعتمادی از دمای سطحی حوضه آهرچای همزمان با عبور ماهواره در دسترس نیست تا دقت مدل را برای منطقه مورد مطالعه ارزیابی کند.

نقشه‌های دمای سطح زمین در بازه زمانی مورد مطالعه (شکل ۵ و ۶)، مقدار دمای سطحی را بین ۲۳/۴۲ تا ۴۵/۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۲۶/۴۵ تا ۵۵/۳۳ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ برآورد کرده‌اند. ابتدا باید دقت مدل سبال در استخراج



شکل ۵. نقشه دمای سطح زمین در حوضه آهرچای ۱۹۸۷ (سانتی‌گراد)  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)



شکل ۶ نقشه دمای سطح زمین در حوضه آهرچای ۲۰۱۵ (سانتی‌گراد)  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

حرارتی و انعکاسی)، ب) خطای ناشی از تصحیحات اتمسفری، ج) خطای مربوط به کالیبره‌نبودن پارامترهای سبال در منطقه مورد مطالعه، اشاره کرد. این خطاها در نتیجه دمای برآوردشده سطح زمین از تصویر ماهواره‌ای تا حدی تأثیر می‌گذارند.

با توجه به رابطه دمای سطح زمین و دمای هوا که قبلاً توسط برخی پژوهشگران انجام شده است، می‌توان دقت مدل را به‌طور تقریبی ارزیابی کرد. یکی از ساده‌ترین و مناسب‌ترین مدل‌های خطی توسط گارسیا-کوتو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۷) به‌صورت زیر پیشنهاد شده است.

$$T_{AIR} = 14.6 + 0.44 * LST \quad (۱۹)$$

$T_{AIR}$  دمای هوا و  $LST$  دمای سطح زمین به‌دست آمده از تصاویر ماهواره است. با استفاده از رابطه بالا دمای سطحی به دمای هوا تبدیل و با دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک اهر و ورزقان مقایسه شد. دمای تخمین‌زده شده و دمای ایستگاه‌های هواشناسی برای هر دو تصویر در جدول ۱۰ آورده شده است. تبدیل میزان تابش حرارتی در تصاویر به دمای سطح زمین با خطاهایی همراه است که می‌توان به: الف) خصوصیات سنجنده (کالیبراسیون، خطای ناشی از عدم تطابق قدرت تفکیک مکانی باندهای

1. Garcia-Cueto et al.

جدول ۱۰. مقایسه دمای LST، TA و TS برای تصاویر TM و OLI

۲۰۱۵		۱۹۸۷		سال تصویر
اهر	ورزقان	اهر	ورزقان	ایستگاه
۴۴/۵	۴۵/۵	۳۸/۵	۳۸/۵	دمای سطحی محاسبه شده از تصویر (LST)
۳۴/۱۸	۳۴/۶۲	۳۱/۵۴	۳۱/۵۴	دمای هوای محاسبه شده از تصویر (TS)
۳۵	۳۳	۳۱	۳۱	دمای هوای اندازه‌گیری شده در ایستگاه (TA)
۰/۸۲	۱/۶۲	۰/۵۴	۰/۵۴	تفاوت TA و TS

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

سال ۲۰۱۵ مربوط به کلاس آب با دمای ۳۰/۵۶ درجه سانتی‌گراد بوده‌است. بالاترین میانگین دمایی برای سال ۱۹۸۷ برای کلاس زراعت دیم با دمای ۳۸/۸۴ و برای سال ۲۰۱۵ نیز برای همان کلاس با دمای ۴۷/۲۶ درجه به‌دست آمده‌است.

برای مقایسه و ارزیابی دمای سطح زمین در هر کاربری اراضی، دمای سطحی هر پیکسل متناظر با هر طبقه استخراج و در جدول ۱۱ ارائه شده‌است. مطابق با این جدول، کم‌ترین میانگین دمایی در سال ۱۹۸۷ مربوط به کلاس جنگل با دمای ۲۷/۶۳ درجه سانتی‌گراد و در

جدول ۱۱. مقادیر دمای سطح زمین برای سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵

نوع کلاس	دمای سطح زمین در سال ۱۹۸۷				دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۵			
	حدافل	حداکا	میانگین	انحراف معیار	حدافل	حداکا	میانگین	انحراف معیار
زراعت آبی	۲۴/۷۵	۴۱/۷۵	۳۲/۶۶	۲/۴	۳۰/۴۱	۵۰/۲	۳۹/۷۴	۲/۴
جنگل	۲۳/۴۲	۴۲/۱۴	۳۷/۶۳	۲/۲	۲۹/۷۷	۴۹/۱۳	۳۴/۹۵	۲/۹
مرتع درجه ۱	۲۶/۰۷	۴۵/۲۲	۳۷/۴۳	۲/۶	۳۲/۱	۵۳/۳۷	۴۵/۵۷	۲/۷
زراعت دیم	۲۶/۹۵	۴۵/۲۲	۳۸/۸۴	۱/۷	۲۹/۶۵	۵۵/۳۳	۴۷/۲۶	۲/۴
مرتع درجه ۲	۲۳/۴۲	۴۴/۴۵	۳۶/۳۸	۳	۲۷/۲۳	۵۳/۵۳	۴۳/۴۱	۴/۱
آب	۲۴/۷۵	۳۳/۷۲	۲۸/۱۹	۲/۵	۲۶/۴۵	۴۸/۱۹	۳۰/۵۶	۳/۳

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

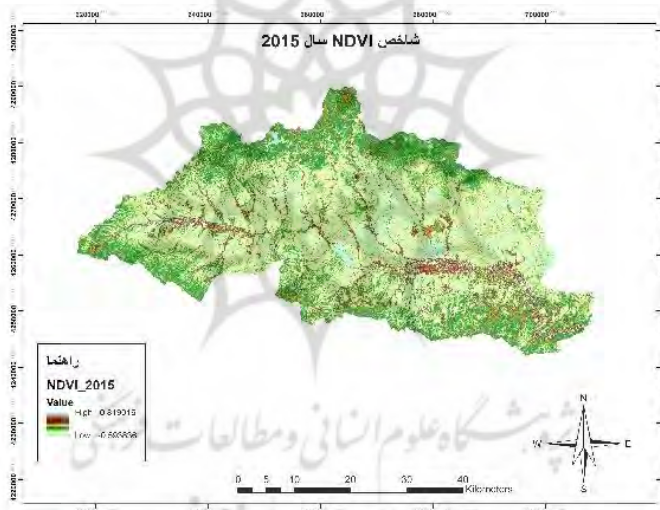
شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شاخص‌های پوشش گیاهی به‌طور گسترده به‌عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (موراویتس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶: ۸۵).

پوشش گیاهی به‌دلیل نقش تعدیل‌کننده در دمای سطح زمین، در اکثر مطالعات مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. دلیل این توجه، اهمیت زیاد پوشش گیاهی از نظر زیستگاهی، تولید انرژی و دیگر خصوصیات مهم گیاهان بر روی کره زمین است. پوشش‌های گیاهی به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی یا انسانی دچار تغییر شده‌اند که

1. Morawitz et al



شکل ۷. نقشه شاخص پوشش گیاهی در سطح حوضه، سال ۱۹۸۷  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)



شکل ۸. نقشه شاخص پوشش گیاهی در سطح حوضه، سال ۲۰۱۵  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

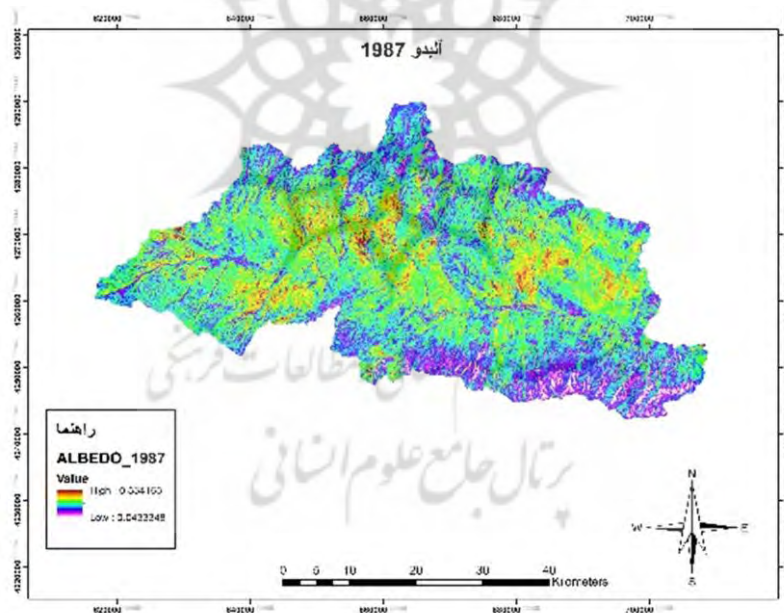
مطالعه در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. یکی از پارامترهای فیزیکی بسیار مهم در مطالعات اقلیمی و هیدرولوژیک، آلبیدو است. این پارامتر دارای تغییرات مکانی و فصلی است که وابستگی زیادی به تغییرات درخشندگی خورشیدی، رشد گیاهان و فعالیت‌های

NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است (بینه<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر موارد فوق، شاخص NDVI یکی از معادلات برای رسیدن به دمای سطح زمین در الگوریتم سبال است که این شاخص برای منطقه مورد

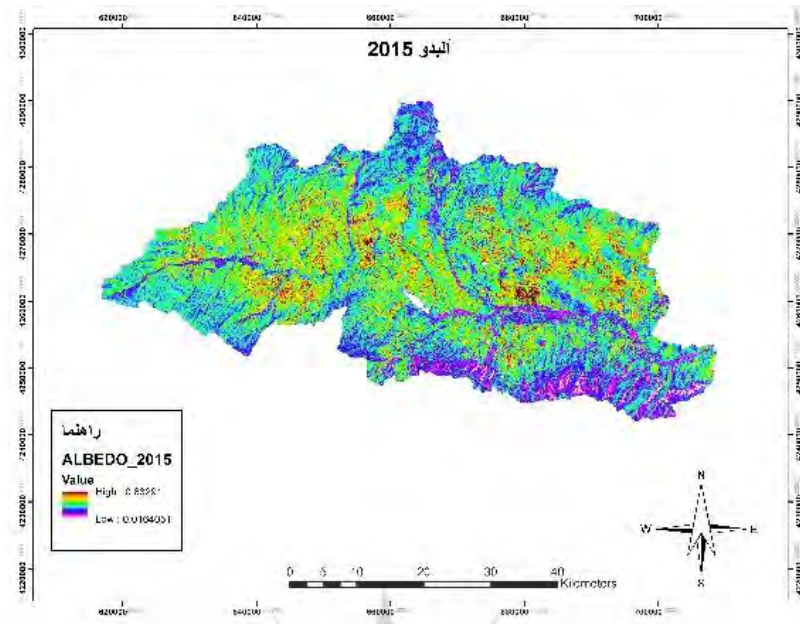
1. Binh et al

برای هر دو تصویر مربوط به کلاس مرتع درجه ۲ به ترتیب با رقم‌های ۰/۳۵۴ و ۰/۶۳۲ و درباره آلبیدوی حداقل در سال ۱۹۸۷ باز مربوط به کلاس مرتع درجه ۲ با رقم ۰/۰۴۳ و بعد از آن کلاس آب با رقم ۰/۰۴۹ و برای سال ۲۰۱۵ به کلاس آب با عدد ۰/۰۱۶ تعلق یافته‌است. علت عدم تخصیص حداقل آلبیدو به آب در تصویر TM احتمالاً خطای طبقه‌بندی در تصویر بوده که در بعضی از قسمت‌ها مرتع درجه ۲ را به‌عنوان آب طبقه‌بندی کرده‌اند. با بررسی میانگین آلبیدوی سطحی برای هر دو تصویر مشاهده می‌شود که کاربری‌ها با کاهش و افزایش آلبیدو همراه هستند. تقریباً با تغییر کاربری‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه، آلبیدو نیز تغییر کرده‌است.

انسانی مانند کشاورزی، شهرسازی، تغییر کاربری اراضی و... دارد (هی، ۲۰۱۲). نتایج مقادیر محاسبه‌شده حداقل، حداکثر و میانگین آلبیدوی سطحی برای کاربری‌های مختلف در جدول ۱۲ ارائه شده‌است. همچنین پراکنش آلبیدوی سطحی برای دو تصویر مورد مطالعه در این پژوهش در شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان داده شده‌است. با توجه به جدول مذکور مقدار بیشترین میانگین آلبیدو در تصویر TM در سال ۱۹۸۷ مربوط به کلاس زراعت دیم با رقم ۰/۱۴۸ و کم‌ترین میزان آن برای کلاس جنگل با رقم ۰/۰۷۷ و برای تصویر OLI در سال ۲۰۱۵ بیشترین میانگین باز هم برای کلاس زراعت دیم با رقم ۰/۱۵۱ و کم‌ترین میزان برای کلاس آب با مقدار ۰/۰۵۹ به‌دست آمده‌است. آلبیدوی سطحی حداکثر



شکل ۹. نقشه آلبیدوی سطحی در سطح حوضه سال ۱۹۸۷  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)



شکل ۱۰. نقشه آلبیدوی سطحی در سطح حوضه سال ۲۰۱۵  
(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

جدول ۱۲. مقادیر آلبیدوی سطحی برای سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵

آلبیدوی سطحی در سال ۲۰۱۵			آلبیدوی سطحی در سال ۱۹۸۷			نوع کلاس
میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	
۰/۱۰۹	۰/۲۷۷	۰/۰۴۴	۰/۱۱۴	۰/۲۳۶	۰/۰۶۸	زراعت آبی
۰/۰۷۳	۰/۱۴۰	۰/۰۴۶	۰/۰۷۷	۰/۱۳۶	۰/۰۵۵	جنگل
۰/۱۳۱	۰/۴۳۶	۰/۰۴۸	۰/۱۲۸	۰/۲۱۹	۰/۰۶۲	مرتفع درجه ۱
۰/۱۵۱	۰/۵۵۱	۰/۰۶۵	۰/۱۴۸	۰/۲۸۷	۰/۰۸۲	زراعت دیم
۰/۱۲۰	۰/۶۳۲	۰/۰۱۹	۰/۱۲۲	۰/۳۵۴	۰/۰۴۳	مرتفع درجه ۲
۰/۰۵۹	۰/۳۵۸	۰/۰۱۶	۰/۱۳۴	۰/۲۳۲	۰/۰۴۹	آب

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

هرچند ارتباط معناداری بین دمای سطح زمین، آلبیدوی سطحی و پوشش سطحی وجود دارد، اما این همبستگی بسیار قوی نیست؛ به طوری که همبستگی بین دمای سطح با پوشش سطح زمین  $-0/558$  با سطح اطمینان  $0/99$  به دست آمده و نشان دهنده ارتباط معنادار معکوس این دو پارامتر است. افزایش

برای تجزیه و تحلیل بهتر ارتباط دمای سطح زمین و آلبیدوی سطحی با تغییرات پوشش سطح زمین (NDVI)، ضرایب همبستگی بین این پارامترها در سطح حوضه آبخیز برای سال ۲۰۱۵ محاسبه و در جدول ۱۳ ارائه شده‌اند.



(۱۳۹۶: ۷۰)، درویشی و همکاران (۱۳۹۸: ۱۵۹) نشان می‌دهد که سطوح پوشیده از گیاه، دمای سطح کمتری دارند؛ زیرا پوشش گیاهی آثار خنک‌کنندگی بر اطراف دارد و علاوه بر آن شاخص پوشش گیاهی ارتباط مستقیم معکوسی نیز با آلبیدوی سطحی دارد؛ به طوری که میزان همبستگی برای سال ۲۰۱۵ در سطح حوضه رقم ۰/۱۸۱- به دست آمده است.

پوشش گیاهی باعث کاهش دمای سطح زمین بوده است. همچنین بین دمای سطح زمین و آلبیدوی سطحی، ارتباط معنادار مستقیم با میزان همبستگی ۰/۲۳۷ با سطح اطمینان ۰/۹۹ دارد. نتایج به دست آمده از این پژوهش همچون نتایج سایر مقالات ارائه شده در خصوص این موضوع، توسط احمدی و همکاران (۱۳۹۴: ۷۵)، قربان‌نیا خیبری و همکاران

جدول ۱۳. مقادیر همبستگی میان دمای سطح زمین، آلبیدوی سطحی و شاخص پوشش گیاهی برای سال ۲۰۱۵

همبستگی - ۲۰۱۵				
		آلبیدو	شاخص پوشش گیاهی	دمای سطح زمین
آلبیدو	همبستگی پیرسون	۱	۰/۱۸۱**	۰/۲۳۷**
	معناداری		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	تعداد داده	۲۵۵۶۱۵۷	۲۵۵۶۱۴۴	۲۵۵۶۱۴۴
شاخص پوشش گیاهی	همبستگی پیرسون	۰/۱۸۱**	۱	۰/۵۵۸**
	معناداری	۰/۰۰۰		۰/۰۰۰
	تعداد داده	۲۵۵۶۱۴۴	۲۵۵۶۱۴۴	۲۵۵۶۱۴۴
دمای سطح	همبستگی پیرسون	۰/۲۳۷**	۰/۵۵۸**	۱
	معناداری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	
	تعداد داده	۲۵۵۶۱۴۴	۲۵۵۶۱۴۴	۲۵۵۶۱۴۴

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹)

یک عامل مهم در کنترل فرایندهای زیستی، شیمیایی و فیزیکی زمین محسوب می‌شود. به دلیل نبود ایستگاه‌های هواشناسی یا کمبود آن‌ها در سطح حوضه، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به سبب پوشش گسترده، پیوستگی مکانی داده‌ها و قابلیت بهنگام شدن، بسیار کاربردی و مفید است. دمای سطح زمین و میزان آلبیدوی سطحی با استفاده از مدل سبال برای کاربری‌ها محاسبه شد. با تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده، ملاحظه شد که دمای سطح زمین در مدت زمان مورد مطالعه روند افزایشی داشته و با تغییر کاربری دمای سطحی نیز دچار تغییر بوده است. بالاترین میانگین دمایی برای سال ۱۹۸۷ برای کلاس

## نتیجه‌گیری

داشتن آمار و اطلاعات بهنگام از کاربری‌های موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی است. آشکارسازی تغییرات سطح زمین لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به شمار می‌رود. در این پژوهش با استفاده از دو تصویر ماهواره‌ای لندست با فاصله زمانی ۲۹ سال با روش ماشین بردار پشتیبان، طبقه‌بندی شد. نتایج نشان می‌دهد که در بازه زمانی مذکور، کاربری‌های حوضه آهرچای دارای تغییرات بوده که بیشترین تغییرات مربوط به کلاس مرتع درجه ۲ و زراعت دیم است. دمای سطح زمین

معناداری وجود دارد، ولی تمامی تغییرات صورت گرفته را نمی توان فقط با تغییرات کاربری تبیین کرد، زیرا تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت شیب)، میزان انرژی موج کوتاه و بلند ورودی، شرایط اقلیمی، موقعیت جغرافیایی و وضعیت پوشش گیاهی قرار دارد. در این پژوهش نیز مثل سایر پژوهش های انجام گرفته، همبستگی معنادار معکوس بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی مشاهده شده که این رقم برابر با ۰/۵۵۸- است؛ بنابراین تغییر هر یک از پارامترهای فوق، دمای سطح زمین را دچار نوسان و تغییر خواهد کرد.

#### منابع

آهنی، حسین، قربانی، اردوان، رستگارمقدم، مرضیه، فلاح شمسی، سید رشید و باقرنژاد، مجید. (۱۳۸۸). «ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ سرخ شیراز». مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد شانزدهم، ویژه نامه ۲، صص ۲۵۲-۲۴۲.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=129300>

احمدی، بهروز، قربانی، اردوغان، صفراد، طاهر و سبحانی، بهروز. (۱۳۹۴). «بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده های سنجنش از دور». سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال ۶، شماره اول، صص ۷۷-۶۱.

<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=243743>

ادب، حامد، امیراحمدی، ابوالقاسم و عتباتی، آزاده. (۱۳۹۳). «ارتباط پوشش گیاهی با دما و آلودگی سطحی در دوره گره سال با استفاده از داده های مودیس در شمال ایران». پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۶، شماره ۴، صص ۴۳۴-۴۱۹.

<http://ensani.ir/fa/article/346999>

اصغری، صیاد و امامی، هادی. (۱۳۹۸). «پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده ، مطالعه موردی: شهرستان اردبیل»، نشریه تحقیقات ETM و OLI کاربردی علوم جغرافیایی. سال نوزدهم، شماره ۵۳، صص ۲۱۵-۱۹۵.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=357497>

انتظاری، علیرضا، زندی، رحمان و خسرویان، مریم. (۱۳۹۸). «ارزیابی تغییرات فضایی پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست و مادیس، مطالعه موردی: استان فارس ۲۰۱۷-۱۹۸۶». نشریه علمی پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. جلد ۱۱، شماره ۴، صص ۹۴۰-۹۲۹.

<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=499889>

زراعت دیم با دمای ۳۸/۸۴ و برای سال ۲۰۱۵ نیز برای همان کلاس با دمای ۴۷/۲۶ درجه به دست آمده است. کمترین مقدار نیز برای کاربری آب و مناطق پوشش جنگلی برای هر دو سال به دست آمده است. تمامی کاربری های اراضی با افزایش میانگین دمایی روبه رو بوده اند؛ به طوری که کمترین میزان مربوط به کلاس آب با افزایش ۲/۳۷ درجه و بیشترین میزان آن مربوط به کلاس زراعت دیم با افزایش ۸/۴۲ درجه سانتی گراد بوده است.

سایر پژوهشگران مثل چاودری و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۹) در پژوهشی که در هند انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که دمای سطوح غیرقابل نفوذ، مناطق صنعتی و معدن زغال سنگ دمای سطحی بیشتری نسبت به دمای سطوح آب و مناطق دارای پوشش گیاهی دارند. در مقاله دیگری که توسط اصغری و امامی (۱۳۹۸): (۱۹۵) برای منطقه شهرستان اردبیل به تحریر در آمد، تقریباً نتایج مشابه حاصل شد؛ به طوری که نتایج یافته های آنان حاکی از ارتباط قوی بین دمای سطح زمین و کاربری اراضی بوده و بیشترین دما برای مناطق شهری و کمترین میزان دما برای کاربری آب و مناطق دارای پوشش گیاهی به دست آمده است.

همچنین در پژوهشی دیگر که توسط ادب و همکاران (۱۳۹۳: ۴۱۹) برای شمال کشور منتشر شده، نتایج آن نشان دهنده تأثیر مقادیر پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین و آلودگی سطحی است، به طوری که برای نواحی ساحلی و جنگل کمترین میزان دما ۲۳ درجه سانتی گراد و آلودگی ۷ درصد و برای دامنه های جنوبی رشته کوه البرز و قسمتی از مناطق ایران مرکزی، دمای ۴۵ درجه و آلودگی ۳۸ درصد را به دست آورده اند. ملاحظه می شود که بین دمای سطح زمین، نوع کاربری اراضی و آلودگی سطحی ارتباط

1. Choudhury et al

- Government Printing Office, Washington, pp.80.  
<https://www.nrc.gov/docs/ML1409/ML14097A516.pdf>  
 Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A. and Holtslag, A.A.M., (1998). A remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm For Land (SEBAL), part 1: Formulation, journal of Hydrology, 212-213, pp. 198-212.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00253-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00253-4)  
 Betts, R. A., Falloon, P. D., Goldewijk, K. K., & Ramankutty, N. (2007). Bio geophysical effects of land use on climate: Model simulations of radiative forcing and large scale temperature change. Agricultural and Forest Meteorology, 142, 216e233.  
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.08.021>  
 Binh, T.N.K.D; Vromant, N; Hung, N.T; Hens, L; Boon, E.K. (2005). "Land cover changes between 1968 and 2003 in Cai Nuoc, Ca Mau Peninsula, Vietnam". Environment, Development and Sustainability7, 519-536.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-004-6001-z>  
 Bonan, G. (2008). Ecological climatology: Concepts and applications (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 550 pp.  
 Choudhury, Deblina. , Das, Kalikinkar. , Das, Arijit. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences 22 , 203-218.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.05.004>  
 Devaraju, N., Bala, B., & Modak, A. (2015). Effects of large-sca deforestation on precipitation in the monsoon regions: Remote versus local effects. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112, 3257e3262.  
 DOI: [10.1073/pnas.1423439112](https://doi.org/10.1073/pnas.1423439112)  
 Eastman, J. R., (2006). IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.  
 Garcia-Cueto, O.R., Jauregui-Ostos, E., Toudert, D., Tejada-Martinez, A.,(2007). Detection of the urban heat island in Mexicali, B. C., México and its relationship with land use. Article in Atmosfera 20(2), 111-131.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56520201>  
 He, T. 2012. Estimating land surface albedo from satellite data. Doctor of Philosophy dissertation, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park.  
<http://hdl.handle.net/1903/12651>  
 Li, Y., Zhao, M., Motesarrei, S., Mu, Q., Kalnay, E., & Li, S. (2015). Local cooling and warming effects of forests based on satellite observations. Nature Communications, 6, 1e8.  
 doi: [10.1038/ncomms7603](https://doi.org/10.1038/ncomms7603)
- انتظاری، علیرضا، امیراحمدی، ابوالقاسم، علی‌آبادی، کاظم، خسروی، مریم و ابراهیمی، مجید. (۱۳۹۵). «پایش دمای سطح زمین و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دریاچه پریشان)». هیدروژئومورفولوژی، شماره ۸، صص ۱۳۹-۱۱۳.  
[https://hyd.tabrizu.ac.ir/article\\_5769.html](https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_5769.html)  
 حمزه، سعید؛ میجانی، نعیم و کریمی فیروزجایی، محمد. (۱۳۹۷). «مدل‌سازی ارتباط دمای سطح زمین، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸». پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۵۰، شماره ۱، صص ۳۵-۵۵.  
[https://jphgr.ut.ac.ir/article\\_68019.html](https://jphgr.ut.ac.ir/article_68019.html)  
 حیات‌زاده، مهدی، اختصاصی، محمدرضا، ملکی‌نژاد، حسین، فتح‌زاده، علی و عظیم‌زاده، حمیدرضا. (۱۳۹۵). «شبیه‌سازی نقشه کاربری اراضی آینده حوضه آبخیز با تلفیق مدل‌های سلول خودکار و زنجیره مارکوف بر مبنای انتخاب بهترین الگوریتم طبقه‌بندی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز فخرآباد مهریز، یزد)». پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۶: ۴ (۲۴)، صص ۱-۲۲.  
[http://magazine.hormozgan.ac.ir/browse.php?a\\_code=A-10-459-1&sid=1&slc\\_lang=fa](http://magazine.hormozgan.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-459-1&sid=1&slc_lang=fa)  
 خسروی، یونس، حیدری، محمدعلی، توکلی، آزاده و زمانی عباسعلی. (۱۳۹۶). «تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین و الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر زنجان)». برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۲۱، شماره ۳، صص ۱۴۴-۱۱۹.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=463108>  
 درویشی، شادمان، رشیدیپور، مصطفی و سلیمانی، کریم. (۱۳۹۸). «بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: شهرستان مریوان». جغرافیا و توسعه، شماره ۵۴، صص ۱۶۲-۱۴۳.  
[https://gdij.usb.ac.ir/article\\_4361.html](https://gdij.usb.ac.ir/article_4361.html)  
 قربان‌نیا خیبری، وجیهه، میرسنجری، میرمهرداد، لیاقتی، هومان و آرمین، محسن. (۱۳۹۶). «برآورد دمای سطح زمین کاربری اراضی و پوشش زمین شهرستان دنا با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و داده‌های ماهواره لندست ۸». فصلنامه علوم محیطی، دوره ۱۵، شماره ۲، صص ۷۴-۵۵.  
[http://envs.sbu.ac.ir/article\\_97845.html](http://envs.sbu.ac.ir/article_97845.html)
- Ahmed, N., 2016. Application of NDVI in vegetation monitoring using GIS and remote sensing in northern Ethiopian highlands. Abyss. J. Sci. Technol 1 (1), 12-17.  
<https://journals.wu.edu.et/index.php/ajst/article/view/59>  
 Allen, R., Tasumi. M. Trezza. R., Wim B., (2002), "SEBAL: Surface Energy Balance Algorithms for Land", Version 1.0, Funded by a NAS EOSDIS /Synergy Grant from the Raytheon Company through The Idaho Department of Water Resources.  
 Anderson, J., Hady, R., Roach, E. and Wetter, R.E, (1976), A Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. United States

Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation. *Journals Remote Sensing*, Volume 12, Issue 2, 1-32.

DOI: [10.3390/rs12020294](https://doi.org/10.3390/rs12020294).

Siddique Ullah, Khalid Ahmad, Raja Umer Sajjad, Arshad Mehmood Abbasi, Abdul Nazeer, Adnan Ahmad Tahir (2019), Analysis and simulation of land cover changes and their impacts on land surface temperature in a lower Himalayan region, *Journal of Environmental Management* 245, 348–357.

DOI: [10.1016/j.jenvman.2019.05.063](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.063)

Vapnik, V. N., 1995. *The Nature of Statistical Learning Theory* (New York: Springer Verlag). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-2440-0>

Yi-Chen Wang, Benjamin K.H. Hu, Soe W. Myint, Chen-Chieh Feng, Winston T.L. Chow, Paul F. Passy (2018), Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon, Myanmar, *Science of the Total Environment* 643, 738–750.

DOI: [10.1016/j.scitotenv.2018.06.209](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.209)

Zaki, R., Zaki, A., Ahmed, S., 2011. Land use and land cover changes in arid region: the case new urbanized zone, Northeast Cairo, Egypt. *J. Geogr. Inform. Syst.* 3 (3), 173–194.

DOI: [10.4236/jgis.2011.33015](https://doi.org/10.4236/jgis.2011.33015)

Morawitz, D; Blewett, T; Cohen, A; Alberti, M. (2006). "Using NDVI to Assess Vegetative Land Cover Change in Central Puget Sound". *Environmental Monitoring and Assessment* volume 114, pages 85–106

. DOI: [10.1007/s10661-006-1679-z](https://doi.org/10.1007/s10661-006-1679-z)

Mountrakis, G., Im, J.; & C. Ogole, 2011. Support vector machines in remote sensing: A review, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 13, 247 – 259.

DOI: [10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001)

Pinker RT, Laszlo I, Goodrich D, Pandithurai G., 2000. Satellite estimates of surface radiative fluxes for the extended San Pedro basin: sensitivity to aerosols. *Agricultural and Forest Meteorology*; 105:43–54.

[http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00190-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00190-8)

Pitman, A. J. (2003). The evolution of, and revolution in, land surface schemes designed for climate models. *International Journal of Climatology*, 23, 479e510.

<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/Joc.893>

Rwanga, S.S. and Ndambuki, J.M. (2017) Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 8, 611-622.

doi: [10.4236/ijg.2017.84033](https://doi.org/10.4236/ijg.2017.84033).

Sekertekin, A. Bonafoni, S. (2020). Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over