

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۸، پاییز ۱۳۹۵، صص ۱۳۹-۱۱۳

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۶ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۱۲

## پایش دمای سطح زمین و ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی پریشان)

علیرضا انتظاری<sup>۱\*</sup>

ابوالقاسم امیراحمدی<sup>۲</sup>

کاظم علی‌آبادی<sup>۳</sup>

مریم خسروی‌ان<sup>۴</sup>

مجید ابراهیمی<sup>۵</sup>

### چکیده

برآورد دمای سطح زمین در پهنه‌ی وسیع از طریق سنجش از دور، نقصان پایش آن را در ایستگاه‌های محدود هواشناسی رفع می‌کند. با توجه به پایش دمای سطح زمین در تعداد محدودی از ایستگاه‌های هواشناسی به صورت نقطه‌ای و نیاز به توزیع مکانی دمای سطح در پهنه‌ی وسیع و به طور هم‌زمان، دمای سطح زمین محاسبه گردید. هدف از این مطالعه برآورد دمای سطح زمین با استفاده از روش سبال (SEBAL) در حوضه‌ی آبخیز پریشان و تعیین ارتباط آن با کاربری/پوشش اراضی (LULC) می‌باشد. برای این منظور از تصاویر ETM<sup>+</sup> سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ استفاده شده و پس از انجام مراحل مختلف پردازش تصاویر نسبت به استخراج نقشه‌های کاربری اراضی بر اساس روش ماشین بردار پشتیبان

۱- استادیار گروه ژئومورفولوژی و اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار (نویسنده‌ی مسئول).

Email: entezari@hsu.ac.ir

۲- دانشیار گروه ژئومورفولوژی و اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

۳- مربی سنجش از دور و GIS، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی کاربردی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

۵- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

(SVM) در دوره‌ی زمانی ۱۳ ساله اقدام گردید. نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین تغییرات کاربری اراضی در کاربری دریاچه به چشم می‌خورد که حدود ۹۷/۳۵ درصد وسعت دریاچه در این دوره‌ی ۱۳ ساله، تخریب شده و بخش عمده‌ی آن به زمین‌های بایر و اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده است. علاوه بر این، افزایش بیابان‌زایی و کاهش پوشش گیاهی، روند افزایش دمای سطح زمین (LST) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بیشترین میزان دما (LST) در نمک‌زارها و اراضی بایر با رخنمون سنگی مشهود است که با گذشت سالیان متمادی نیز روند افزایش دما قابل تأمل است. نتایج این پژوهش در مطالعات حفاظت منابع طبیعی بسیار کاربردی بوده و می‌تواند راه‌گشای برنامه‌ریزی‌های حفاظت منابع طبیعی قرار گیرد.

**کلمات کلیدی:** دمای سطح زمین، روش سبال، تغییرات کاربری اراضی، حوضه‌ی آبخیز پریشان.

## مقدمه

دمای سطح زمین<sup>۱</sup> (LST) عامل مهم در مطالعات جهانی و تغییر و تعادل گرماست و به عنوان یک نماینده برای تغییر آب و هوا به شمار می‌رود (سریستاوا و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹: ۱۵۶۳). به طوری که عامل مهمی در کنترل فیزیکی- شیمیایی و فرآیندهای زیستی زمین محسوب می‌شود (علوی‌پناه، ۲۰۰۷: ۲۸۷). در مواقعی که توزیع مکانی دمای سطح در پهنه‌ی وسیع و به طور همزمان مورد نیاز است، فن‌سنجش از دور قابلیت‌های خود را به نمایش می‌گذارد (دانش‌کار و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۰؛ آپاکیو<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸: ۲۷۳۹). آگاهی از میزان LST کمک شایان توجهی به طیف

1- Land Surface Temperature  
1- Srivastava et al.,  
3- Opoku

وسعی از مسائل مرتبط با علوم زمین نظیر اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط خواهد نمود (مالیک و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۳۱). در صورت عدم وجود شبکه‌ی متراکم ایستگاه هواشناسی مستقر در زمین، توزیع مکانی-زمانی LST از تصاویر سنجش از دور می‌تواند به عنوان پارامتر کلیدی در مدیریت پایدار، نظیر مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی چشم‌انداز و همچنین در مطالعات کشاورزی و زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد (فیضی‌زاده، ۲۰۱۲: ۲).

الگوریتم توازن انرژی سطح زمین (سیال)، الگوریتم نسبتاً جدیدی است که در اکثر نقاط دنیا برای برآورد دمای سطح زمین مورد استفاده قرار گرفته و نتایج رضایت‌بخشی داشته است (احمد و همکاران، ۲۰۰۶: ۸۵؛ باستینسن و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵: ۸۶؛ باستینسن و همکاران، ۲۰۰۰: ۸۹؛ فارح<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱: ۵۳). دمای سطح زمین (LST) به دست آمده از تصاویر سنجش از دور در تجزیه و تحلیل کاربری / پوشش اراضی (LULC<sup>۳</sup>) نیز می‌تواند به کار رود (ارلیک و لامبین<sup>۴</sup>، ۱۹۹۶؛ لامبین و ارلیک، ۱۹۹۷).

تالاب پریشان از نظر هیدرولوژی، تحت تأثیر عوامل بیرونی طبیعی نظیر خشکسالی و عدم بارش، ایجاد چاله‌های عمیق زمینی و عوامل درونی انسان ساخت نظیر سوزاندن بخش بزرگی از نی‌زارهای اطراف تالاب و عملیات راه‌سازی مورد تهدید قرار گرفته است. همچنین قطع شبکه‌های هیدرولوژیکی و تخریب منبع آب‌های زیرزمینی به علت عملیات راه‌سازی، این تالاب با بحران کمبود آب و آسیب‌پذیری مضاعفی مواجه شده است. بنابراین با تهیه‌ی نقشه‌ی دمای سطحی در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌توان به تحلیل دمای سطحی آن پرداخت. هدف از این

1- Bastiaanssen et al.,

2- Farah

3- Cover/Land use

4- Lambin and Ehrlich

تحقیق، ارزیابی و محاسبه دمای سطح زمین (LST) و تغییرات کاربری اراضی در بازه‌ی زمانی ۱۳ ساله و نیز تجزیه و تحلیل ارتباط زمانی- مکانی نتایج حاصل از طریق سنجش از دور می‌باشد.

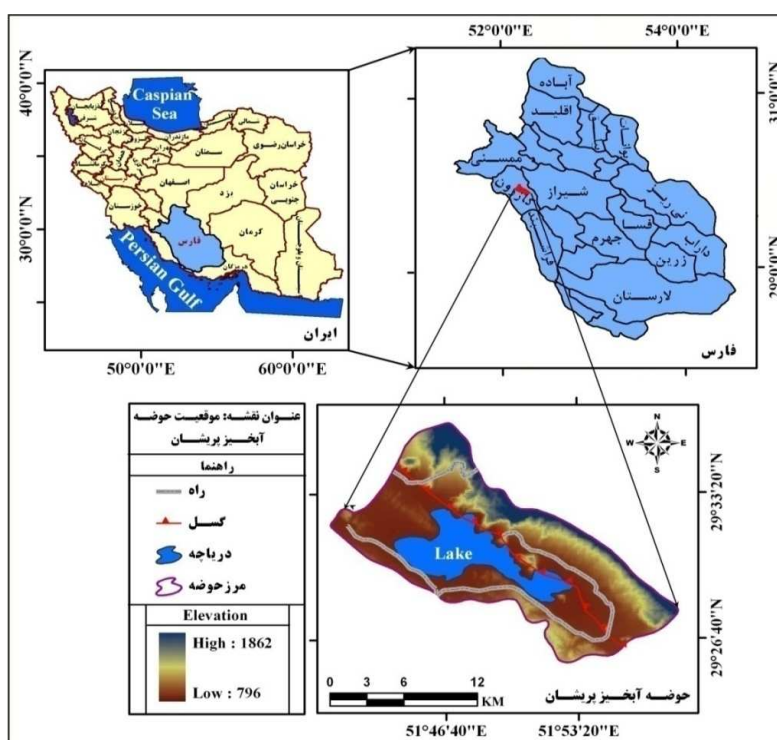
### معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبخیز دریاچه پریشان در مختصات جغرافیایی  $۲۹^{\circ} ۲۵' ۱۲''$  تا  $۳۶^{\circ} ۱۵'$  عرض شمالی و  $۵۱^{\circ} ۴۰' ۵۰''$  تا  $۵۱^{\circ} ۴۸' ۲۰''$  طول شرقی در استان فارس (شهرستان کازرون) قرار گرفته است. دریاچه‌ی پریشان یکی از تالاب‌های دائمی و آب شیرین کشور است، که در میان سلسله جبال زاگرس، در فاصله‌ی ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان کازرون و ۱۲۵ کیلومتری غرب شیراز در منطقه‌ی حفاظت شده ارژن واقع شده است (شکل ۱). مساحت این حوضه برابر ۲۲۵ کیلومترمربع می‌باشد که ۴۰ درصد آن یعنی ۹۰ کیلومترمربع توسط ارتفاعات و ۶۰ درصد آن معادل ۱۳۵ کیلومترمربع توسط دشت و دریاچه پوشیده شده است. عمق متوسط این دریاچه  $۲/۵-۲$  متر است و عمده‌ی آب آن از طریق چشمه‌هایی که از طرف شمال و شرق به درون آن وارد می‌شوند، تأمین می‌گردد. این منطقه دارای آب و هوای گرم و خشک با زمستان معتدل و تابستان‌های گرم و بهار سبز و کم دوام است. متوسط بارندگی سالیانه دریاچه و اطراف آن ۴۵۰ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه  $۲۲/۲$  درجه سانتی‌گراد و متوسط تبخیر سالیانه نیز ۲۴۷۰ میلی‌متر است.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی دمای سطح زمین در ارتباط با تغییرات کاربری

اراضی از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده  $ETM^+$  ماهواره لندست<sup>۱</sup> استفاده شده است. این تصاویر به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ می‌باشند. علاوه بر این، از نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به منظور انجام تصحیح هندسی و برداشت نمونه‌های آموزشی در مراحل قبل (به منظور انجام طبقه‌بندی نظارت شده) و بعد از طبقه‌بندی (به عنوان نقاط کنترل در ارزیابی دقت طبقه‌بندی) استفاده شده است.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

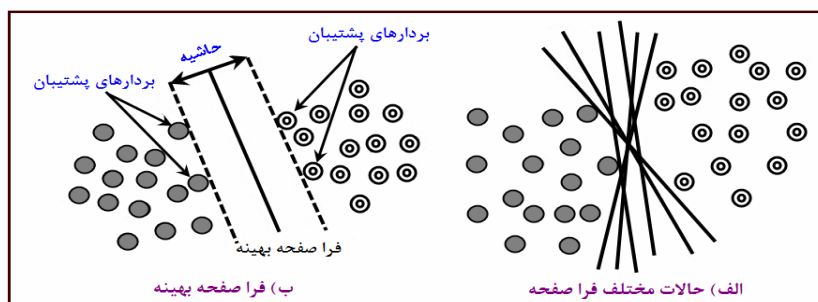
فرآیند پردازش داده‌ها در سه مرحله پیش-پردازش<sup>۱</sup>، پردازش<sup>۲</sup> و پس-پردازش<sup>۳</sup> انجام شده است. با توجه به ضرورت انجام تصحیحات هندسی در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین، برای انطباق دقیق موقعیت پدیده‌ها و کلاس‌های کاربری اراضی با مختصات جغرافیایی آن‌ها در سطح طبیعت، بر پایه‌ی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقاط کنترل برداشت شده با GPS، تصاویر محدودی مورد مطالعه‌ی زمین‌مرجع گردید. رای نمونه‌گیری ارزش مجدد پیکسل‌ها از روش نزدیک‌ترین همسایگی<sup>۴</sup> استفاده و تصاویر با خطای  $RMS^{\circ}$  ۰/۳۹ و ۰/۴۲ پیکسل زمین‌مرجع گردیدند. برای ارزیابی نسبت خطای اتمسفری در سطح تصاویر ماهواره‌ای، ارزش عددی پیکسل‌های تصویر در مناطق مربوط به توده‌های آبی محاسبه شد و با توجه به وجود خطای اتمسفری و ضرورت حذف آن از روش باقیمانده‌های لگاریتمی<sup>۵</sup> برای کاهش عددی پیکسل‌های تیره استفاده شد.

#### طبقه‌بندی با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)

الگوریتم ماشین بردار پشتیبان<sup>۶</sup> (SVM)، یک روش طبقه‌بندی باینری است که با تعیین یک صفحه تفکیک‌کننده‌ی بهینه در فضای داده‌های آموزشی، کلاس‌های مختلف را با حداکثر تفکیک‌پذیری، طبقه‌بندی می‌نماید. فرا صفحه‌ای<sup>۷</sup> که بیشترین تفکیک را بین دو کلاس فراهم می‌نماید (شکل ۴)، فرا صفحه بهینه و داده‌های

- 
- 1- Pre-processing
  - 2- Processing
  - 3- Post-processing
  - 4- Nearest Neighbor
  - 5- Root Mean Square Error
  - 6- Log residuals
  - 7- Support Vector Machine (SVM)
  - 8- Hyper-plane

نزدیک‌تر به فرا صفحه، بردارهای پشتیبان<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند (پتروپلوس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰: ۳۰۸؛ کاوزولو و کولکسن<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹: ۳۵۴).



شکل (۲) تفکیک کلاس‌ها بر اساس فرا صفحه بهینه در روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)

در تحقیق حاضر، طبقه‌بندی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) در محیط نرم‌افزار (ENVI 4.8) انجام شد. انتخاب کرنل مهم‌ترین مسئله در اجرا و عملکرد طبقه‌بندی‌کننده‌ی SVM می‌باشد (کیچل و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳: ۵۳۴). در این تحقیق، با توجه به استفاده وسیع از کرنل RBF در طبقه‌بندی اراضی و مطالعات تغییر کاربری اراضی با داده‌های ماهواره‌های مختلف و همچنین عملکرد بهتر آن نسبت به کرنل‌های دیگر، مورد استفاده قرار گرفت (کیچل و همکاران، ۲۰۰۳: ۵۳۴؛ کنورن و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۹؛ پتروپلوس و همکاران، ۲۰۱۱). این کرنل براساس تابع زیر تعریف می‌شود:

$$k(x_i, x_j) = \exp(-\gamma \|x_i - x_j\|^2), \gamma > 0 \quad (۱) \text{ رابطه‌ی}$$

- 1- Support Vector
- 2- Petropoulos et al.,
- 3- Kavzoglu and Colkesen
- 4- Keuchel et al.,
- 5- Knorn et al.,

در رابطه‌ی  $X_i$  و  $X_j$ : مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی؛  $\gamma$ : یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر به عنوان عرض کرنل می‌باشند؛  $\gamma$ : معکوس تعداد باندهای طیفی سنجنده می‌باشد. همچنین، پارامتر جریمه<sup>۱</sup> برای بهبود خطای طبقه‌بندی‌های نادرست می‌تواند معرفی شود. این پارامتر در مقدار حداکثر آن قرار داده می‌شود تا مدل دقیق‌تری را ارائه نماید. تصاویر در وضوح کامل (پارامتر پایرامید<sup>۲</sup> صفر قرار داده شد) پردازش گردید (پتروپلوس و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۰۹).

### روش سبال برای محاسبه‌ی دمای سطح

در این روش دمای سطح با استفاده از رادیانس حرارتی تصحیح شده به دست می‌آید (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ۵۲). برای محاسبه رادیانس حرارتی تصحیح شده نیاز به محاسبه گسیل‌مندی در باند حرارتی می‌باشد. برای محاسبه گسیل‌مندی در باند حرارتی به ترتیب نیاز به محاسبه رادیانس طیفی  $(L_\lambda)$ ، بازتابندگی در هر باند  $(\rho_\lambda)$  و آلبدوی سطحی می‌باشد.

### رادیانس طیفی<sup>۳</sup> $(L_\lambda)$

رادیانس طیفی عبارت است از انرژی تابشی در بالای جو که توسط سنجنده مشاهده شده است. رادیانس طیفی برای هر باند توسط رابطه‌ی (۲) به دست می‌آید (ریچارد و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲: ۵۵):

$$L_\lambda = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \times DN + L_{\min} \quad \text{رابطه‌ی (۲)}$$

- 
- 1- Penalty Parameter
  - 2- pyramid
  - 3- Spectral radiance
  - 4- Richard et al.,



بازتابندگی<sup>۱</sup> نیمکره‌ای ( $\rho_\lambda$ )

بازتابندگی سطح به صورت نسبت شار طیفی بازتاب یافته<sup>۲</sup> به شار طیفی فرودی تعریف می‌شود. میزان بازتاب با استفاده از رابطه‌ی (۳) در هر باند محاسبه می‌شود (آلن و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲: ۶):

$$\rho_\lambda = \frac{\pi L \lambda}{ESUN \lambda \times \cos \theta \times dr} \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

که در رابطه‌ی بالا؛  $\theta$ : عبارت است از زاویه فرودی خورشید که به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\theta = 90 - \beta \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

که در آن  $\beta$ : ارتفاع خورشید می‌باشد که از فایل مرجع<sup>۴</sup> تصویر ماهواره‌ای قابل استخراج است. در تصویر مورد نظر،  $SUN\_ELEVATION = 0.42337667$  می‌باشد و  $Dr$ : عبارت است از معکوس مربع فاصله‌ی نسبی زمین تا خورشید، که با استفاده از رابطه‌ی (۵) که توسط دفی و بکمن<sup>۵</sup> (۱۹۸۰)، به دست آمده قابل محاسبه است (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ۵۵).

$$dr = 1 + 0.033 \left( DOY \frac{2\pi}{365} \right) \quad \text{رابطه‌ی (۵)}$$

که در آن  $DOY$ : عبارت است از Sequential day که مقدار آن با توجه به تاریخ تصاویر مورد استفاده در این تحقیق برای تصویر سال ۲۰۰۰، ۱۱۷ و برای سال ۲۰۱۳، ۱۲۶ می‌باشد.

- 
- 1- Reflectivity
  - 2- Reflected Radiant Energy
  - 3- Allen et al.,
  - 4- Header file
  - 5- Duffie and Beckman

آلبیدوی سطحی<sup>۱</sup> ( $\alpha$ )

میزان آلبیدوی سطحی را می‌توان از رابطه‌ی (۶) محاسبه نمود (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۷).

$$dr = 1 + 0.033 \left( \text{DOY} \frac{2\pi}{365} \right) \quad \text{رابطه‌ی (۶)}$$

که در رابطه‌ی (۶)  $\alpha_{\text{toa}}$ : آلبیدوی بالای جو؛  $\alpha_{\text{path-radiance}}$ : آلبیدوی ناشی از رادیانس مسیر و  $\tau_{\text{sw}}$ : قابلیت عبور جوی است. مقادیر path-radiance در محدوده‌ی مورد مطالعه ۰/۰۲۵ تا ۰/۰۴ می‌باشد که در مدل سبال مقدار ۰/۰۳ برای آن پیشنهاد شده است. مقدار  $\tau_{\text{sw}}$ : با فرض صاف بودن آسمان و به تبع آن در شرایط خشک با استفاده از رابطه‌ی (۷) محاسبه می‌شود:

$$dr = 1 + 0.033 \left( \text{DOY} \frac{2\pi}{365} \right) \quad \text{رابطه‌ی (۷)}$$

که در رابطه‌ی  $Z$ : ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر می‌باشد. این ارتفاع باید به خوبی نشان‌دهنده‌ی ارتفاع منطقه‌ی مورد نظر باشد (مثل ارتفاع ایستگاه هواشناسی منطقه). در منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی ایستگاه سینوپتیک کازرون با مختصات جغرافیایی ۱۵° ۳۶' ۲۹" عرض شمالی و ۵۱° ۳۹' طول شرقی در ارتفاع ۸۴۰ متری از سطح دریا می‌باشد و مقدار  $\alpha_{\text{toa}}$ : عبارت است از آلبیدوی بالای جو که از رابطه‌ی (۸) قابل محاسبه است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۷).

$$\alpha_{\text{toa}} = \sum (\omega_{\lambda} \times \rho_{\lambda}) \quad \text{رابطه‌ی (۸)}$$

که در آن؛  $\rho_{\lambda}$ : بازتابندگی نیمکره‌ای در باندهای مختلف و  $\omega_{\lambda}$ : ضرایب وزن‌دار برای

باندهای غیرحرارتی می‌باشند که از رابطه‌ی (۹) قابل محاسبه‌اند (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ۶۳).

$$\omega\lambda = \frac{ESUN_{\lambda}}{\sum ESUN_{\lambda}} \quad \text{رابطه‌ی (۹)}$$

گسیل‌مندی سطحی<sup>۱</sup> (۴)

گسیل‌مندی‌های سطحی با استفاده از روابط تجربی (۱۰ تا ۱۳) به دست می‌آیند (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲: ۶۳).

زمانی که  $NDVI > 0$  داریم:

$$\text{رابطه‌ی (۱۰)} \quad \varepsilon_{NB} = 0.97 + 0.0033 \times LAI \quad (\text{برای } LAI < 3)$$

$$\text{رابطه‌ی (۱۱)} \quad \varepsilon_{NB} = 0.98, \varepsilon_0 = 0.98 \quad (\text{برای } LAI \geq 3)$$

که در آب و برف برای مقادیر  $\varepsilon_{NB}$  و  $\varepsilon_0$  از فیلتر استفاده می‌شود.

$$\text{رابطه‌ی (۱۲)} \quad NDVI < 0, \alpha < 0.47 \rightarrow \varepsilon_{NB} = 0.99, \omega_0 = 0.985 \quad (\text{برای آب})$$

$$\text{رابطه‌ی (۱۳)} \quad NDVI < 0, \alpha < 0.47 \rightarrow \varepsilon_{NB} = 0.99, \varepsilon_0 = 0.985 \quad (\text{برای برف})$$

که در رابطه‌ی فوق؛  $NDVI$ : شاخص تفاضل نرمال شده‌ی گیاهی؛  $LAI$ : شاخص سطح برگ و  $\alpha$ : آلبیدوی سطحی است. شاخص تفاضل نرمال شده‌ی گیاهی ( $NDVI$ ) به میزان و وضعیت پوشش گیاهی حساسیت دارد از رابطه‌ی (۱۴) به دست می‌آید.

$$\text{رابطه‌ی (۱۴)} \quad NDVI = \frac{B_4 - B_3}{B_4 + B_3}$$

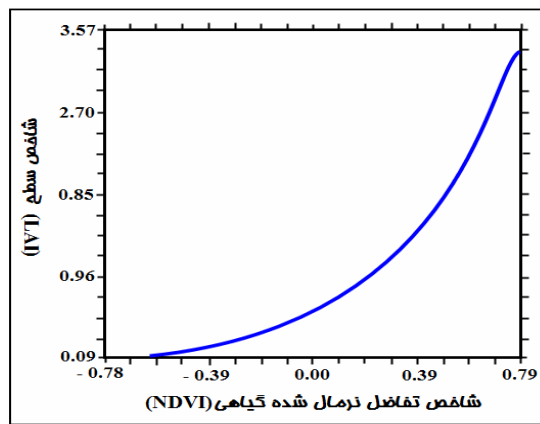
1- Surface emissivity

2- Leaf Area Index

که در آن؛  $B_3$  و  $B_4$  مقادیر بازتابندگی در باندهای ۴ و ۳ می‌باشند. مقادیر NDVI در محدوده‌ی ۱- تا ۱+ قرار دارند. شاخص سطح برگ (LAI)، شاخصی از بیوماس و مقاومت تاج پوشش گیاهی است و به صورت نسبت سطح کل برگ‌های گیاه به سطح زمین پوشانده شده توسط آن گیاه تعریف می‌شود. شاخص سطح برگ (LAI) با استفاده از رابطه‌ی تجربی (۱۵) به دست می‌آید.

$$\text{رابطه‌ی (۱۵)} \quad \text{LAI} = 0.57 \exp(2.33 \times \text{NDVI})$$

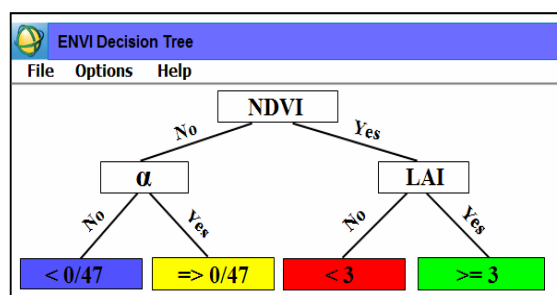
شاخص سطح برگ (LAI) بستگی به نوع محصول و موقعیت جغرافیایی محل مورد مطالعه دارد و براساس میانگین رابطه‌ی LAI-NDVI در ناحیه‌ی جمهوری سزچ در آمریکا به دست آمده است (اکبری و کوه‌بنانی، ۱۳۸۹: ۵۹). بدیهی است که مناطق با درجه‌ی NDVI بالاتر با مناطق با LAI بیشتر متناسب است (شکل ۳).



شکل (۳) رابطه‌ی دو پارامتر LAI-NDVI

به‌دلیل وجود شروط و حدود آستانه برای برآورد گسیل‌مندی سطحی از طبقه‌بندی از نوع درخت تصمیم‌گیری بهره گرفته شد. با تعریف حدود آستانه و پیاندهای مورد نظر ( $\alpha$ , LAI, NDVI)، از گزینه‌ی درخت تصمیم‌گیری در محیط

نرم افزار ENVI4.8 استفاده شد. این طبقه‌بندی در شکل (۴) مشاهده می‌شود. بعد از تبدیل به فرمت برداری، تصویر حاصل از طبقه‌بندی وارد محیط ArcGIS 9.3 شد. با انجام مراحل ادغام<sup>۱</sup>، تبدیل به رستر<sup>۲</sup> و کلاس‌بندی مجدد<sup>۳</sup>، مقادیر هر کلاس را در یک تصویر جداگانه به صورت تابع بولین (اختصاص مقدار ۱ به خود کلاس و صفر به کلاس‌های دیگر در هر کلاس جداگانه و تولید سه تصویر) ذخیره شد. با ورود این تصاویر به محیط ENVI4.8 و محاسبه مقادیر گسیل‌مندی سطحی در هر کلاس و در نهایت جمع این سه تصویر، مقدار گسیل‌مندی سطحی در کل تصویر برآورد شده است.



شکل (۴) درخت تصمیم‌گیری برای محاسبه‌ی گسیل‌مندی سطح

#### رادیانس حرارتی تصحیح شده<sup>۴</sup> ( $R_c$ )

رادیانس حرارتی تصحیح شده، رادیانس واقعی گسیل شده از سطح است که برای اثرات اتمسفری تصحیح شده باشد. رابطه‌ی (۱۶) توسط کلیک و همکاران<sup>۵</sup> (۱۹۸۹) جهت تصحیح رادیانس حرارتی گسیل شده از سطح ارائه گردیده است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۲):

- 1- Dissolve
- 2- Polygon to raster
- 3- Reclassify
- 4- Corrected Thermal Radiance
- 5- Wukelic et al.,

$$R_c = \frac{L_{NB} - R_p}{\tau_{NB}} - (1 - \epsilon_{NB}) R_{sky} \quad \text{رابطه‌ی (۱۶)}$$

که در رابطه‌ی (۱۶)  $L_{NB}$ : رادیانس باند حرارتی؛  $R_p$ : رادیانس مسیر در باند حرارتی؛  $R_{sky}$ : تابش آسمان صاف در باند حرارتی و  $\tau_{NB}$ : قابلیت عبور جوی در باند حرارتی می‌باشد.  $R_{sky}$  را می‌توان از رابطه‌ی تجربی (۱۷)، محاسبه کرد (آلن و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۳).

رابطه‌ی (۱۷)

$$R_{sky} = (1.807 \times 10^{10}) T_a^4 \left[ 1 - 0.26 \times \exp(-7.77 \times 10^4) [273.15 - T_a]^2 \right]$$

که رابطه‌ی (۱۷)  $T_a$  دمای هوای نزدیک سطح (برحسب کلوین) در لحظه‌ی گذر می‌باشد. برای محاسبه‌ی پارامترهای مقادیر  $\tau_{NB}$  و  $R_p$  احتیاج به داده‌های زمینی می‌باشد که در صورت نبود این اطلاعات می‌توان از آن‌ها صرف نظر نمود. جهت حذف این پارامترها، مقادیر  $\tau_{NB}$  و  $R_p$  به ترتیب برابر ۱ و صفر قرار داده شدند (احمد و همکاران، ۲۰۰۶: ۸۵). مقادیر  $R_{sky}$  هم به اندازه‌ای کوچک است که می‌توان آن را نادیده گرفت ( $R_{sky} \approx 0$ )، بدین ترتیب  $R_c$  معادل با  $L_{NB}$  می‌شود. دمای هوای نزدیک سطح در تاریخ تصویربرداری مورد نظر ۸/۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

دمای سطحی<sup>۱</sup> ( $T_s$ )

قانون استفان بولتزمن<sup>۲</sup> رابطه‌ی بین دما و تابش یک جسم را به صورت رابطه‌ی (۱۸) نشان می‌دهد.

$$B = \sigma T^4 \quad \text{رابطه‌ی (۱۸)}$$

1- Surface Temperature

2- Stefan Boltzman Law

که در رابطه‌ی (۱۸) B: تابش جسم سیاه؛ T: دمای سطحی جسم سیاه؛  $\sigma$ : مقدار ثابت استفان- بولتزمن که معادل  $5/67 \times 10^{-8}$  ( $W/m^2/K^4$ ) می‌باشد. با این وجود عرض باندهای حرارتی تصاویر ماهواره‌ای کمتر از آن است که بتوانند معرف تابش جسم سیاه (B) در معادله فوق باشند. محدوده‌ی تابش استفاده شده در رابطه‌ی استفان- بولتزمن ۳ تا ۳۰۰ میکرومتر است؛ در حالی که محدوده‌ی باندهای حرارتی تصاویر ماهواره‌ای عموماً بین ۱۰/۵ تا ۱۲/۵ میکرومتر می‌باشد. بنابراین روش سبال از رابطه‌ی پلانک (رابطه‌ی ۱۹) استفاده می‌کند.

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB} \times K_1}{RC} + 1\right)} \quad \text{رابطه‌ی (۱۹)}$$

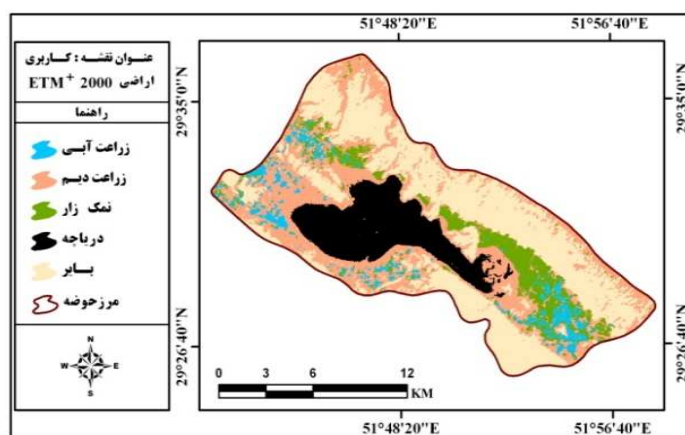
که در رابطه‌ی (۱۹)  $R_c$ : رادیانس باند حرارتی تصحیح شده؛  $\epsilon_{NB}$  ( $W/m^2/\mu m$ ): گسیل‌مندی سطحی باند حرارتی و  $k_1$ ,  $k_2$  مقادیر ثابت معادله هستند. که به ترتیب برابر ۶۶۶/۰۹ و ۱۲۸۲/۷۱ می‌باشند که واحد  $k_2$  درجه‌ی کلون و واحد  $K_1$  ( $W/m^2$ )  $\mu m$  می‌باشد.

تمام مراحل محاسباتی دمای سطح زمین به جزء بخشی از مرحله‌ی درخت تصمیم‌گیری با استفاده از گزینه‌ی Band Math در نرم‌افزار Envi4.8 انجام شد. مرحله نهایی، محاسبه دمای سطحی، در نرم‌افزار ArcGIS9.3 صورت پذیرفت. به دلیل عدم یکسانی پیکسل سایزهای تصاویر باند حرارتی و باندهای انعکاسی از گزینه‌ی Resize Data استفاده گردید.

## بحث و نتایج

شکل‌های (۵ و ۶) نقشه‌های کاربری اراضی و شکل‌های (۸ و ۹) نقشه‌ی دمای سطح زمین حوضه‌ی آبخیز پریشان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ را با استفاده از

روش‌های SVM و سبال نشان می‌دهد. در تحقیق حاضر برای نقشه‌ی کاربری اراضی استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۰ ضریب کاپا برابر ۰/۸۷ و برای نقشه‌ی کاربری اراضی استخراج شده از تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۱۳ برابر ۰/۹۱ برآورد شده است. دقت کلی طبقه‌بندی که بیانگر میزان اعتبار طبقه‌بندی انجام شده است، در نقشه‌های کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای بایستی بیش از ۸۵٪ باشد (آندرسون و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۷۶: ۸۵). در این تحقیق، دقت کلی برای نقشه‌ی کاربری اراضی استخراج شده از تصویر ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۰۰ معادل ۸۶/۱۱ درصد و برای نقشه‌ی کاربری اراضی استخراج شده از تصویر ETM<sup>+</sup> سال ۲۰۱۳ برابر ۹۰/۵۶ درصد محاسبه شده است. از طرفی براساس روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM)، تغییرات کاربری اراضی در فاصله زمانی مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفته است.

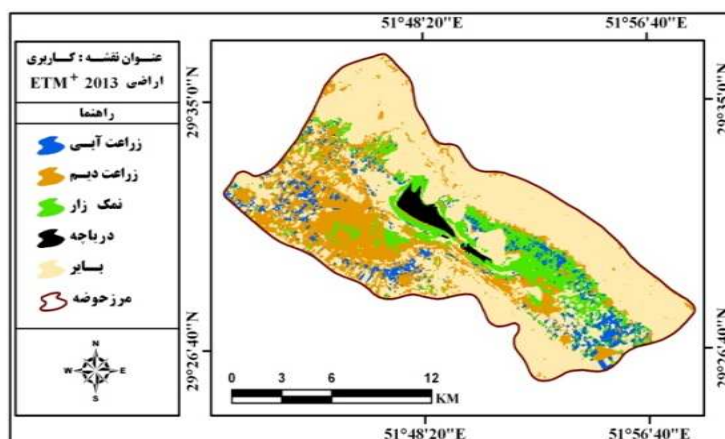


شکل (۵۷) نقشه‌ی کاربری اراضی حاصل از روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) در حوضه‌ی آبخیز پریشان، سال ۲۰۰۰

1- Anderson et al.,



با استخراج نقشه‌ی تغییرات کاربری اراضی و با محاسبه‌ی درصد تغییرات هر یک از کلاس‌های کاربری، نتایج به شرح جدول (۱) استخراج گردید.



شکل (۶) نقشه‌ی کاربری اراضی حاصل از روش الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) در حوضه‌ی آبخیز پریشان، سال ۲۰۱۳

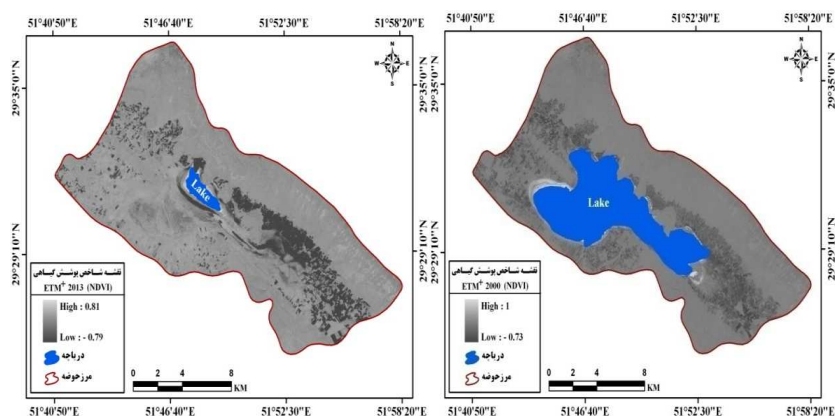
جدول (۱) درصد تغییرات کاربری بر اساس طبقه‌بندی الگوریتم ماشین بردار پشتیبان‌کننده‌ی (SVM)، سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۰

تصویر $ETM^+$ (۲۰۰۰)					
بایر	دریاچه	نمک‌زار	زراعت دیم	زراعت آبی	
۱۰/۳۹	۱۱/۶۵	۲۴/۸۱	۱۵/۰۵	۴۱/۱۲	زراعت آبی
۱/۹۹	۷/۰۲۴	۱۷/۱۴۹	۵۱/۸۵	۴/۳۶	زراعت دیم
۱۳/۵۵	۷/۲۲	۲۵/۶۰	۱۲/۳۸	۷/۳۸	نمک‌زار
۵۷/۷۷	۹۸/۸۵	۹/۸۵	۱۴/۸۲	۱۰/۱۷	دریاچه
۸۱/۶۴۸	۱۲/۰۴	۳۵/۷۹	۶/۳۹	۱۱/۱۸	بایر
۴۹/۴۸	۹۷/۳۵	۳۱/۵۸	۶۹/۳۶	۷۱/۵۹	تغییرات کلاس

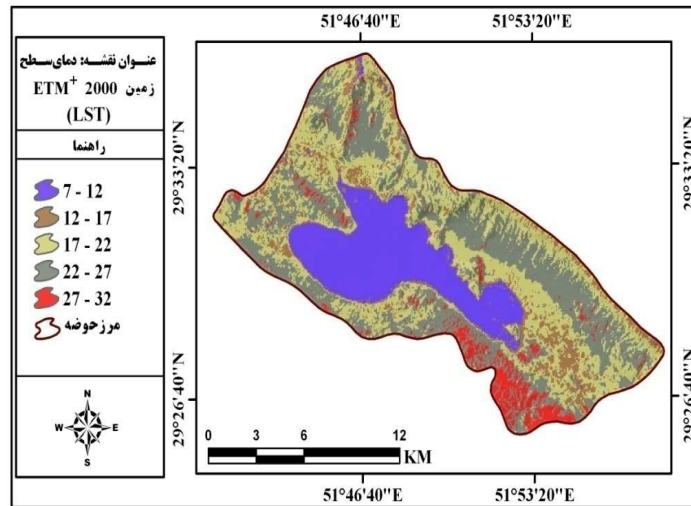
تصویر  $ETM^+$  (۲۰۱۳)

باتوجه به نتایج فوق، بیشترین تغییرات کاربری مربوط به کاربری دریاچه می‌باشد. حدود ۹۷/۳۵ درصد وسعت دریاچه در این دوره‌ی ۱۳ ساله، تخریب شده و بخش عمده‌ی آن به زمین‌های بایر و اراضی کشاورزی تغییر کاربری داده است. علاوه بر این کمترین نسبت تغییرات کاربری اراضی در این منطقه‌ی مربوط به تغییر زراعت آبی و بایر به اراضی با کلاس کاربری زراعت دیم (به ترتیب با مقادیر ۵/۳۶ و ۱/۹۹ درصد) است. نقشه‌های دمای سطح زمین در این بازه‌ی زمانی (شکل‌های ۸ و ۹)، مقدار دقیق دمای سطحی را بین ۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۰۰ و ۲۳ تا ۴۸ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۳ برآورد نموده‌اند. برای ارزیابی دقت نقشه‌های دمای سطح زمین برآورد شده به روش سبال، از مقدار LST اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک منطقه استفاده شده است. در زمان و تاریخ برداشت تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> (۹:۵۶ صبح ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۲)، دمای سطح زمین (LST) اندازه‌گیری شده در این ایستگاه ۲۸/۳۱ درجه سانتی‌گراد بوده، در حالی که LST برآورد شده از تصویر ماهواره‌ای به روش سبال ۳۰/۱۱ می‌باشد، در این بین با تخمین بیشتری به اندازه‌ی ۱/۰۸ مواجه است. بنابراین با در نظر گرفتن تنها ایستگاه سینوپتیک منطقه (ایستگاه سینوپتیک کازرون با مختصات جغرافیایی ۱۵° ۳۶' ۲۹" عرض شمالی و ۵۱° ۳۹' طول شرقی) و نیز عدم دسترسی به دیگر داده‌های LST زمینی، مقدار خطای برآورد شده قابل قبول ارزیابی گردید. در بخش دوم مطالعه، برای مقایسه و ارزیابی دمای سطح زمین در هر کاربری اراضی، طبقات متفاوت کاربری/ پوشش اراضی انتخاب و میانگین دمای سطحی پیکسل‌های متناظر با هر طبقه محاسبه گردید. جدول (۲) اختلاف دمای سطحی در هر طبقه کاربری اراضی را ارائه می‌دهد. مطابق این جدول، کمترین میانگین دمایی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ در کاربری دریاچه به ترتیب به میزان ۱۳/۵۶ و ۲۰/۸۶ درجه سانتی‌گراد به چشم می‌خورد. در حالی که بیشترین میانگین دمای سطحی در

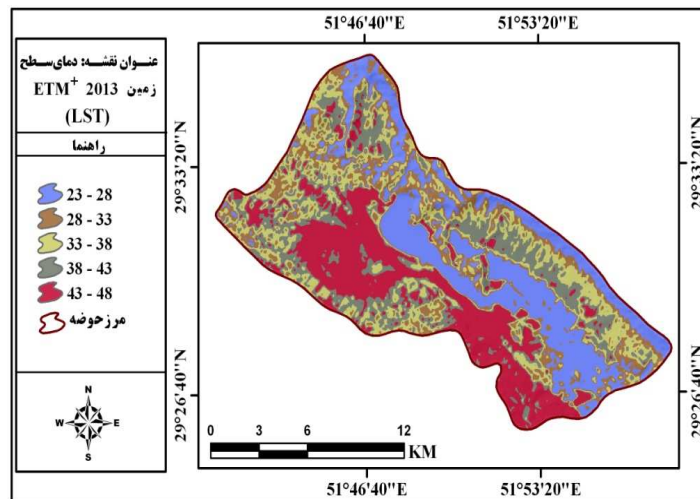
کاربری بایر به میزان  $27/57$  و  $31/32$  درجه سانتی‌گراد در این سال‌ها مشاهده می‌شود. مناطقی با پوشش گیاهی متراکم‌تر دارای دمای سطحی کمتری در طول روز می‌باشند. گرم‌ترین پیکسل‌ها در کاربری‌های نمک‌زار و اراضی بایر به ترتیب با رنج دمایی  $28/60 - 19/44$  و  $21/98 - 33/07$  در سال  $2000$  و  $19/44 - 28/60$  و  $25/45 - 37/19$  در سال  $2013$  وجود دارند. در فاصله زمانی مورد بررسی، حداقل دمای کاربری‌های زراعت دیم، زراعت آبی، دریاچه و اراضی بایر به میزان  $2/03$ ،  $0/91$ ،  $9/18$  و  $3/47$  درجه سانتی‌گراد افزایش یافته‌اند، در حالی که حداکثر دمای آن‌ها به ترتیب به میزان  $2/54$ ،  $4/8$ ،  $3/41$  و  $4/12$  درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است. در میانگین دمای سطح زمین در کاربری‌های تحت بررسی می‌توان تغییرات افزایشی به میزان  $3/03$ ،  $3/66$ ،  $7/03$ ،  $3/75$ ،  $5/35$  و به ترتیب در کاربری‌های زراعت دیم، زراعت آبی، دریاچه، اراضی بایر و کاربری نمک‌زار مشاهده کرد. بنابراین ارتباط آشکاری بین کاربری اراضی و دمای سطح زمین (LST) مشهود است. شکل (۱۰)، نمودار نسبت تغییرات دمای سطح زمین در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در بازه‌ی زمانی  $2000-2013$  را نشان می‌دهد.



شکل (۷) شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، در حوضه‌ی آبخیز پریشان



شکل (۸) نقشه‌های دمای سطح زمین به دست آمده به روش سبال (SEBAL) در سال ۲۰۰۰ در حوضه‌ی آبخیز پریشان (برحسب درجه سانتی‌گراد)

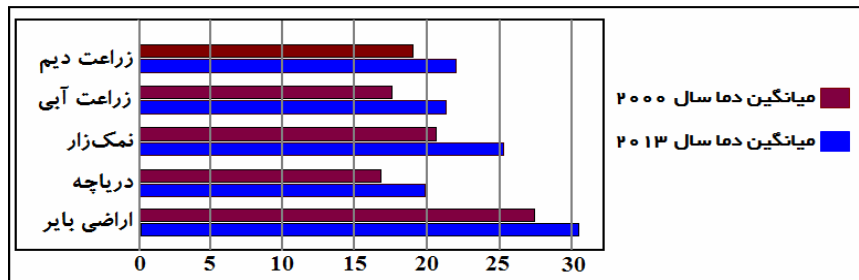


شکل (۹) نقشه‌های دمای سطح زمین به دست آمده به روش سبال (SEBAL) در سال ۲۰۱۳ در حوضه‌ی آبخیز پریشان (برحسب درجه سانتی‌گراد)

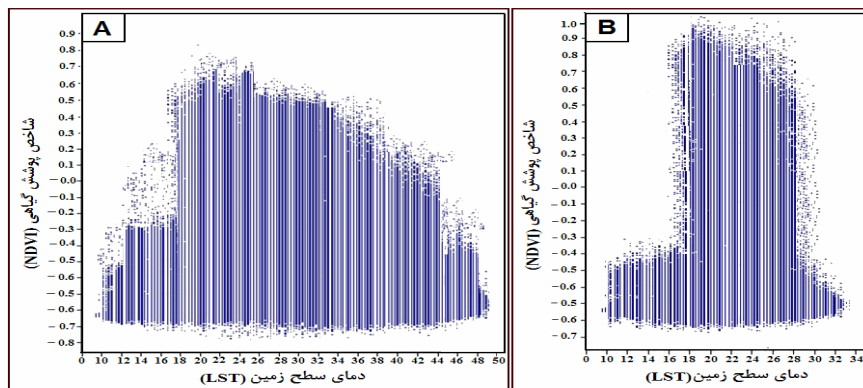
جدول (۲) مقادیر دمای سطح زمین برای کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳

اراضی	دمای سطح زمین در سال ۲۰۰۰			دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۳		
	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
زراعت دیم	۱۴/۱۱	۳۳/۶۲	۱۹/۸۴	۲/۱۱	۱۶/۱۴	۳۶/۱۴
زراعت آبی	۱۵/۶۷	۳۱/۴۰	۱۸/۵۳	۲/۰۶	۱۶/۵۸	۳۵/۸
نمک‌زار	۱۹/۴۴	۲۸/۶۰	۲۱/۰۲	۱/۳۷	۱۳/۵۷	۳۳/۱۸
دریاچه	۱۲/۸۹	۲۶/۲۵	۱۳/۵۶	۲/۵۵	۲۲/۰۷	۲۹/۶۶
اراضی بایر	۲۱/۹۸	۳۳/۰۷	۲۷/۵۷	۱/۹۳	۲۵/۴۵	۳۷/۱۹

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که جذب و از دست دادن حرارت در LST بسیار به LULC وابسته است. هر جزء سطح در چشم‌انداز (به عنوان مثال اراضی کشاورزی، زمین بایر، مناطق شهری، آب و غیره) خاصیت تابش منحصر به فردی دارد. شکل (۱۱)، نمودار همبستگی بین رسترهای دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. این نمودارها با در نظر گرفتن ۵۷۲۵۸۷ پیکسل نمونه در نرم‌افزار Pci-Geomatica تولید شده، این در حالی است که در سال ۲۰۰۰، ارتباط چندانی بین این دو پارامتر (با ضریب همبستگی  $R = -0.053$ ) مشاهده نشده است. اما شایان ذکر است که در سال ۲۰۱۳، ارتباط معنی‌دار و غیرمستقیم بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین ( $R = -0.783$ ) به چشم می‌خورد. این بدان معناست که با افزایش پوشش گیاهی، روند گرم شدن سطح زمین رو به کاهش خواهد رفت.



شکل (۱۰) نمودار نسبت تغییرات دمای سطح زمین در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۳



شکل (۱۱) نمودار همبستگی بین دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) شکل A: همبستگی مربوط به سال ۲۰۱۳ و شکل B: همبستگی سال ۲۰۰۰ را نشان می‌دهد.

برای تجزیه و تحلیل بهتر ارتباط بین دمای سطح زمین (LST) و کاربری/پوشش اراضی (LULC)، ضرایب همبستگی بین دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، بر اساس نوع (LULC)، در سال ۲۰۱۳ به دلیل وجود ارتباط معنی‌دار بین پارامترهای مذکور محاسبه شده است (جدول ۳). بیشترین ضریب همبستگی به ترتیب به میزان  $-0/973$  و  $-0/881$  در اراضی زراعت آبی، زراعت دیم به‌دست آمده است. حداقل وابستگی منفی نیز مربوط به اراضی بایر و

دریاچه و نمکزار است که این امر مؤید این مطلب است که در این مناطق میزان پوشش گیاهی نسبت به سایر طبقات LULC کمتر است. با مقایسه مقادیر LST سال ۲۰۱۳ (جدول ۲) و مقادیر همبستگی آن با NDVI (جدول ۳) می‌توان بیان کرد که در کلاس‌های کاربری/پوشش اراضی (LULC) که در آن‌ها میانگین درجه حرارت بالاتر است، وابستگی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی کمتر می‌باشد و این امر بیانگر تراکم پایین پوشش گیاهی در این طبقات است. بنابراین، تأثیر کاربری/پوشش اراضی (LULC) در دمای سطح زمین (LST) با تجزیه و تحلیل تغییرات در شاخص پوشش گیاهی (NDVI) قابل ارزیابی می‌باشد.

جدول (۳) ضرایب همبستگی بین LST و NDVI بر اساس نوع LULC

کاربری اراضی / پوشش زمین	تعداد پیکسل‌های نمونه برداری شده	ضرایب همبستگی در سال ۲۰۱۳
زراعت آبی	۵۶۲۸	- ۰/۹۳۷
زراعت دیم	۳۳۲۸۱	- ۰/۷۸۱
نمکزار	۷۹۵۶۲۱	- ۰/۱۷۵
دریاچه	۲۵۶۴	- ۰/۲۵۱
اراضی بایر	۸۷۹۴۱	- ۰/۰۹۸

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه، پویایی فضایی و زمانی دمای سطح زمین (LST) در ارتباط با کاربری/پوشش اراضی (LULC)، در حوضه‌ی پریشان، از طریق پایش داده‌های ماهواره لندست بررسی شده است. درجه حرارت به دست آمده از دمای سطح زمین (LST) بسیار مشابه داده‌های به دست آمده از هواشناسی است. روش سبال (SEBAL) برای استخراج دمای سطح زمین از داده  $ETM^+$ ، نشان داده است که تفاوت بین درجه حرارت واقعی در ایستگاه هواشناسی کازرون و دمای سطح برآورد شده با

تخمین بیشتری به مقدار ۱/۰۸ مواجه است. نقشه‌های دمای سطح زمین در این بازه‌ی زمانی، مقدار دقیق دمای سطحی را بین ۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۰۰ و ۲۳ تا ۴۸ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۳ برآورد نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که دمای سطح زمین (LST) حساسیت زیادی به پوشش گیاهی و رطوبت خاک دارد، به طوری که، کاربری‌های اراضی با تراکم پوشش گیاهی بیشتر، دمای سطحی پایین‌تری را به همراه دارند، از این رو، این امر می‌تواند برای تشخیص تغییرات در کاربری اراضی در طول زمان مورد استفاده قرار گیرد. البته دمای سطح زمین به فعالیت‌های بشری نیز مرتبط است. با توجه به اثرات تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ی مورد مطالعه به ویژه شهرنشینی، ایجاد راه‌های ارتباطی و فرسایش خاک در این منطقه، می‌توان پیش‌بینی نمود که دمای سطح زمین در منطقه‌ی مورد مطالعه در آینده افزایش خواهد یافت، کاملاً مشهود است که تغییرات در کاربری/پوشش اراضی (LULC) منجر به تغییرات در دمای سطح زمین (LST) خواهد شد. علاوه بر این، تغییرات در LULC بر تغییرات در تنوع زیستی، میزان بهره‌وری واقعی و بالقوه، کیفیت خاک، رواناب و میزان رسوب تأثیرگذار است. در تحقیقات آتی توجه به مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین در خصوص فاکتورهای اقلیمی دیگر و آشکارسازی تغییرات با انواع تصاویر دیگر می‌تواند تا حدی عدم قطعیت‌ها را به منظور پشتیبانی از تصمیمات مدیریتی کاهش دهد. همچنین، مدل‌سازی و آشکارسازی میزان آثار تغییر اقلیم در منطقه‌ی مورد مطالعه و در عناصر مرتبط با تالاب، از جمله میزان بودجه‌ی برفی، آبدهی چشمه‌ها و سایر اکوسیستم‌های مرتبط با تالاب می‌تواند در برنامه‌ریزی کاهش آثار این پدیده روی تالاب کمک کند. نتایج به دست آمده به طور بالقوه برای کاربردهای مختلف، از جمله اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی، اکولوژی، زمین‌شناسی، طراحی و بهبود شبکه‌ی حمل و نقل و کشاورزی بسیار مفید است.



## منابع

- دانش کارآراسته، پیمان؛ تجریشی، مسعود و بهرام ثقفیان (۱۳۹۰)، تعیین دمای سطح با استفاده از فناوری سنجش از دور در منطقه سیستان، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره ۳، صص ۶۷-۷۷.
- رضایی بنفشه، مجید؛ جهانبخش، سعید و خلیل ولیزاده کامران (۱۳۹۲)، برآورد تبخیر- تعرق واقعی در حوضه سفیدرود با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، مجله فضای جغرافیایی اهر، شماره ۱۳ (۴۴)، صص ۲۴۱-۲۶۲.
- کاویانی، عباس؛ سهرابی، تیمور؛ دانش کار آراسته، پیمان (۱۳۹۲)، تخمین دمای سطح زمین با استفاده از شاخص اختلاف نرمال شده (NDVI) در تصاویر سنجنده‌های MODIS و Landsat ETM<sup>+</sup>، مجله هواشناسی کشاورزی، شماره ۱ (۱)، صص ۲۱-۱۰.
- ملک‌پور، پیمان؛ طالعی، محمد؛ رضائی، یوسف و مهدی خوش‌گفتار (۱۳۸۹)، بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش - کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌ی سنجنده ETM<sup>+</sup>، مطالعه‌ی موردی شهر تهران، همایش ملی ژئوماتیک ۱۳۸۹، اردیبهشت ۱۳۸۹، سازمان نقشه‌برداری کشور.
- Ahmad, M.D., Biggs, T., Turrall, H., Scott, C.A. (2006), **Application of SEBAL Approach and MODIS Time-Series to Map Vegetation Water Use Patterns in the Data Scarce Krishna River Basin of India**, Journal of Water Science & Technology, Vol. 53(10), PP. 83-90.
- Alavipanah, S.K., Saradjian, M., Savaghebi, G.h.R., Komaki, Ch.B., Moghimi, E., Karimpour Reyhan, M. (2007), **Land Surface Temperature in the Yardang Region of Lut Desert (Iran) Based on Field Measurements and Landsat Thermal Data**, Journal of Agricultural Science and Technology (JAST), Vol. 9, PP. 287-303.
- Bastiaanssen, W.G.M., Noordman, E.J.M., Pelgrum, H., Davids, G.,

- Correia, A.M., Souza, W.M., Silva, R.F., Albuquerque, F.J.A., Freitas, R.M. (2014), **Use of Satellite Images Landsat 5 TM in Identification of Islands of Heat in the City of Recife-PE**, Journal of Hyperspectral Remote Sensing, Vol. 4(2). PP. 45- 53.
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E., Kohbanani, H.R. (2012), **Monitoring Land Surface Temperature Relationship to Land Use/Land Cover from Satellite Imagery in Maraqeh County**, Journal of Environmental Planning and Management, Vol. 56(9), PP. 1290-1315.
- Feldhake, C.M., Glenn, D.M., Peterson, D.L. (1996), **Pasture Soil Surface Temperature Response to Drought**, Agronomy Journal, Vol. 88(4), PP.652-656.
- Herb, W.R., Janke, B., Mohseni, O., Stefan, H.G. (2008), **Ground Surface Temperature Simulation for Different Land Covers**, Journal of Hydrology, Vol. 356, PP. 327-343.
- Huang, C., Davis, L.S., Townshend, J.R.G. (2002), **An Assessment of Support Vector Machines for Land Cover Classification**, Int. J. Remote Sens., Vol. 23, PP. 725-749.
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G., Panov, N. and Goldberg, A. (2010), **Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations**, Journal of Climate, Vol. 23, PP. 618-633.
- Kavzoglu, T. Colkesen I. (2009), **A Kernel Functions Analysis for Support Vector Machines for Land Cover Classification**, Int. J. Appl. Earth Obs, Vol. 11, PP. 352-359.
- Keuchel, J., Naumann, S., Heiler, M., Siegmund, A. (2003), **Automatic Land Cover Analysis for Tenerife by Supervised Classification Using Remotely Sensed Data**, Remote Sens, Environ., Vol. 86, PP. 53-541.
- Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V. C., Kuemmerle, T., Kozak, J., Horstert, P. (2009), **Land Cover Mapping of Large Areas Using Chain Classification of Neighboring Landsat satellite images**,

- Remote Sens**, Environ., Vol. 113, PP. 957-964.
- Mallick, J., Kant, Y., Bharath B.D. (2008), **Estimation of Land Surface Temperature over Delhi Using Landsat-7 ETM<sup>+</sup>**, Journal of the Indian Geography Union, Vol. 12(3), PP. 131-140.
- Nduati, E.W., Mundia, C.N., Ngigi, M.M. (2013), **Effects of Vegetation Change and Land Use/ Land Cover Change on Land Surface Temperature in the Mara Ecosystem**, International Journal of Science and Research (IJSR), India Online, Vol. 8(2), PP. 22-28.
- Opoku-Duah, S., Donoghue, D.N.M., Burt, T.P. (2008), **Intercomparison of Evapotranspiration over the Savannah Volta Basin in West Africa Using Remote Sensing Data**, Sensors, Vol. 8 (4), PP. 2736-2761.
- Petroopoulos, G.P., Kontoes, C. Keramitsoglou, I. (2011), **Burnt Area Delineation from a Uni-Temporal Perspective Based on Landsat TM Imagery Classification Using Support Vector Machines**, International Journal of Applied Earth Observation and
- Srivastava, P.K., Majumdar, T.J., Bhattacharya, A.K. (2009), **Surface Temperature Estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM<sup>+</sup> Thermal Infrared Data**, Advances in Space Research, Vol. 4, PP. 1563-1574.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q. Li, Z.L. (2002), **Validation of the Land-Surface Temperature Products Retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data**, Remote Sensing of Environment, Vol.83, PP.163-180.
- Weng, Q., Liu, H., Lu, D. (2007), **Assessing the Effects of Land Use and Land Cover Patterns on Thermal Conditions Using Landscape Metrics in City of Indianapolis**, United States, Urban Ecosyst, Vol. 10, PP. 203-219.
- Zhang, Q., Ban, Y. (2011), **Evaluation of Urban Expansion and its Impact on Surface Temperature in Beijing, China**, Joint Urban Remote Sensing Event Munich, Germany, 11-13 April, PP. 357-360.