

## بررسی تأثیر رطوبت و دما در تالاب گاوخونی بر خرداقلیم منطقه

مرضیه حکمتی<sup>۱</sup>، کامران شایسته<sup>۲\*</sup>، حمید نوری<sup>۳</sup>، شیوا غریبی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۳

### چکیده

تالاب‌ها سرمایه ملی و بین‌المللی هستند که تأثیرات فراوانی بر خرداقلیم و اکوسیستم‌های اطراف دارند؛ لذا بررسی روند تغییرات آن‌ها امری مهم و ضروری است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر تالاب گاوخونی بر خرداقلیم منطقه توسط الگوریتم توازن انرژی در سطح زمین (سبال)، با ترکیب همزمان دو سنجنده مادیس و لندست است. در این پژوهش، ۱۰ تصویر مربوط به دوره‌های ترسالی و خشکسالی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ انتخاب شد. داده‌های هواشناسی از ایستگاه سینوپتیک نائین به دست آمد. به‌منظور محاسبه رطوبت از شاخص خیسی برای سال‌های ۲۰۰۸ (خشکسالی) و ۲۰۱۶ (ترسالی) استفاده و با شاخص ارزیابی تغییرات دمای منطقه، میزان دمای ۴ محدوده مورد مطالعه (تالاب، پوشش گیاهی، کل پهنه، زمین‌های بایر) به‌صورت جداگانه بررسی شد. نتایج نشان داد که میانگین شاخص برآوردشده به‌طور کلی در زمان خشکسالی و ترسالی، به‌ترتیب ۰/۷۳ و خشکسالی ۰/۰۴- و در زمان ترسالی ۰/۰۵- است؛ به‌عبارتی میانگین برآوردشده در زمان ترسالی کمتر است. بررسی رطوبت منطقه نشان داد که تراکم پوشش گیاهی اطراف تالاب در ترسالی بیشتر است. به‌طور کلی، خرداقلیم اطراف تالاب تحت تأثیر مستقیم ترسالی و خشکسالی تالاب گاوخونی است.

**کلیدواژه‌ها:** تصاویر لندست، تصاویر مادیس، دمای سطحی (LST)، رطوبت، SEBAL.

۱. کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر

۲. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ka\_shayesteh@yahoo.com

۳. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر

۴. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر

\* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه ملایر است.

## مقدمه

پدیده تغییرات اقلیمی از دهه‌های اخیر به‌عنوان تهدیدی مهم برای بقای گونه‌ها و سلامت اکوسیستم‌های جهانی به‌شمار می‌رود (سیاری و همکاران، ۲۰۱۱). تغییرات اقلیمی به‌خصوص در کشور ایران با اقلیم گرم و خشک، تأثیر چشمگیری بر منابع آبی (دهقانی و همکاران، ۲۰۱۷) از جمله تالاب‌ها دارد. از این رو انتظار می‌رود که به‌واسطه دگرگونی رژیم‌های هیدرولیکی با تغییرات گسترده جهانی، تغییر اقلیم اثر قابل توجهی بر روی تالاب‌ها داشته باشد (سیمونک<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). پوشش گیاهی نیز دارای ارتباطی مستقیم با خصوصیات رطوبتی، تابشی و حرارتی زمین دارد که نشان‌دهنده دمای سطحی زمین<sup>۲</sup> است (وانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طور کلی، اندازه‌گیری دما در سطح زمین، توسط ایستگاه‌های هواشناسی، اعم از سینوپتیک و کیلماتولوژی انجام می‌شود. این نکته را نیز باید مدنظر قرار داد که ایستگاه‌های هواشناسی فقط قادر به اندازه‌گیری دما در نقاط خاصی هستند که قبلاً در آنجا نصب شده‌اند. آنچه به‌عنوان نقص اساسی در پایش دمای سطح زمین به‌شمار می‌آید، نبود ایستگاه‌های هواشناسی کافی برای آگاهی از مقادیر دمایی در نقاط فاقد ایستگاه است که امروزه توسط تکنولوژی سنجش از دور تا حدی این کمبودها برطرف شده است (خسروی و همکاران، ۲۰۱۳). درجه حرارت سطح زمین به میزان پوشش گیاهی و رطوبت خاک، حساس است و می‌تواند در شناسایی تغییرات کاربری زمین، گسترش شهر و ایجاد بیابان مورد استفاده قرار گیرد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۴). واقع شدن تالاب‌ها در نقطه تمرکز حوزه‌های آبخیز باعث شده که هرگونه عملکرد مثبت یا منفی، اثر خود را روی تالاب بگذارد تنوع فعالیت‌های انسانی نیز در حوزه‌های آبخیز به‌قدری زیاد و از نظر تأثیرگذاری پیچیده است که شاید نتوان با شفافیت تمام، سهم هرکدام را در سرنوشت تالاب تعیین کرد. اگر در این میان، نقش خشکسالی را نیز در نظر بگیریم، مدیریت تالاب‌ها پیچیده‌تر می‌شود (منعم و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهش‌های

فراوانی در زمینه ارزش و اهمیت تالاب‌ها، تأثیرات دما و رطوبت تالاب بر محدوده اطراف آن و همچنین ارتباط بین شاخص دمای سطحی (LST) و همچنین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از الگوریتم سبال انجام شده است. روش سبال<sup>۴</sup> (الگوریتم تعادل سطوح انرژی سطح زمین) اولین بار به‌منظور برآورد میزان تبخیر و تعرق در مناطق هموار و نواحی کشاورزی ارائه شد. الگوی سبال میزان تبخیر و تعرق را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و حداقل داده‌های زمینی لازم، بر اساس معادله توازن انرژی محاسبه می‌کند. از آنجا که تصویر ماهواره‌ای فقط می‌تواند اطلاعاتی در زمان گذر ماهواره ارائه دهد، بال می‌تواند مقدار شار تبخیر و تعرق لحظه‌ای را در زمان تصویر محاسبه کند؛ به عبارتی می‌توان گفت که الگوریتم سبال در نقاط مختلف با استفاده از تصاویر مربوط به سنجنده‌های متفاوت اجرا شده و نتایج مطلوبی را ارائه داده است (سان<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۱؛ تاسومی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین ظرفیت الگوریتم سبال برای تخمین LST، NDVI و تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مختلف در مناطق متفاوت بررسی شده است؛ به طوری که نتایج حاصل از این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم سبال از دقت بسیار زیادی برخوردار بوده و دارای کمترین میزان خطاست (امیدوار و همکاران، ۲۰۱۲؛ باستیاانسن<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ ژنگ<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). نوری و فرامرزی (۲۰۱۵) در پژوهشی میزان دقت برآورد تبخیر-تعرق واقعی با استفاده از الگوریتم سبال را در مقایسه با روش FAO-Penman-Monteith در تصاویر لندست مادیس در شهرستان ملایر بررسی کردند. در این مطالعه، تصاویر لندست ۸ و تصاویر ۲۰۱۳-مادیس استفاده شد. نتایج نشان داد که تفاوت بین روش‌های سبال و FAO Penman-Monteith در تخمین تبخیر-تعرق وجود ندارد. با توجه به هدف مطالعه، نتایج نشان داد که حسگر مادیس با دقت بالا، تبخیر-تعرق را دقیق‌تر از Landsat 8 با RMSE = 1.004 و MBE = 0.0033 به‌ترتیب در تخمین دمای سطح محاسبه

4. SEBAL  
5. Sun  
6. Tasumi  
7. Bastiaanssen  
8. Zheng

1. Simunek  
2. LST : Land Surface Temperature  
3. Weng

همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی در پایش تغییرات تالاب بین‌المللی گاوخونی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+، TM، MSS طی ۳۲ سال (۱۳۵۵-۱۳۸۷) نشان دادند که در این بازه زمانی در منطقه تالاب گاوخونی، میزان تپه‌های ماسه‌ای ۵۰۸۶ هکتار افزایش داشته است. از پژوهش‌های دیگر می‌توان به پژوهش ژان<sup>۴</sup> همکاران (۲۰۱۹) اشاره کرد؛ آن‌ها برای بهبود رویکرد انعطاف‌پذیری هیدرولوژیکی اکوسیستم تالابی در منطقه کارولینای شمالی نسبت به تغییرات آب‌وهوا، رفتارهای آستانه‌ای جریان آب زیرزمینی و آب شور را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات چندمتغیره عمق آب‌های زیرزمینی<sup>۵</sup> تحت شرایط آب‌وهوایی خشک، شاخص خوبی برای نشان دادن شرایط خشکسالی است. صادق‌زاده پوده و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی، میزان رطوبت خاک را در منطقه جرقویه سفلی در مجاورت پلایای گاوخونی با استفاده از الگوریتم سبیل بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که همبستگی بین متغیرهای بهره‌گیری‌شده در سبیل و اندازه‌گیری زمینی رطوبت خاک بالاست. یعقوب‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی، میزان تبخیر و تعرق را با سه نوع روش مختلف سنجش از دور، مدل آگرو هیدرولوژیکی و روش‌های محاسباتی برای مزرعه ذرت واقع در دشت نیشابور محاسبه کردند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که الگوریتم سبیل قابلیت بالایی در تخمین تبخیر و تعرق دارد. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که می‌توان از الگوریتم سبیل برای تعیین تبخیر و تعرق در مناطق با کمبود داده و برای ارزیابی روش‌های محاسباتی و مدل‌های هیدرولوژیکی استفاده کرد.

کشور ایران با وجود آنکه در محدوده خشک و نیمه‌خشک کره زمین قرار دارد، دارای منابع آبی مختلفی از جمله دریاچه تالاب، رودخانه و... است که از این میان تالاب‌ها به لحاظ ارزش منحصر به فرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. تالاب‌ها در مجاورت شهرهای پرجمعیت به‌عنوان یک خنک‌کننده عمل می‌کنند و باعث تعدیل دمای شهری می‌شوند. تالاب‌های قسمت مرکزی ایران، به دلیل قرار گرفتن در شرایط آب‌وهوایی

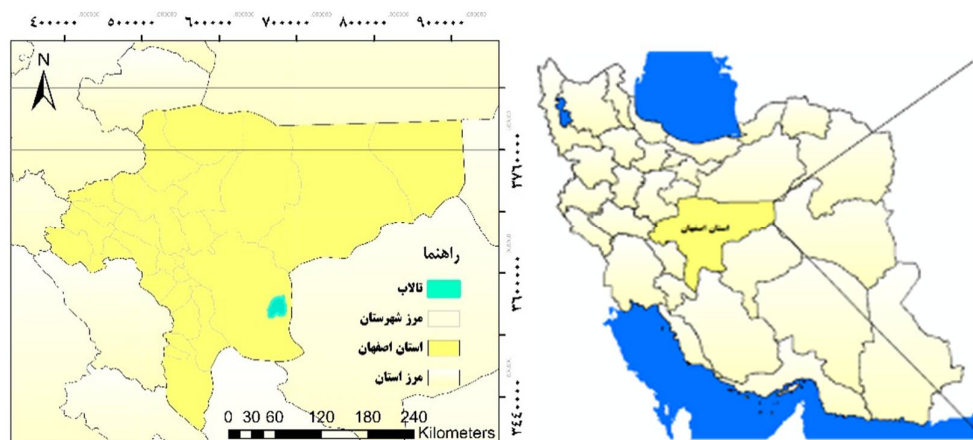
می‌کند که تأثیر زیادی بر برآورد شار تابشی خالص، شار حرارتی و رطوبت دارد. از سوی دیگر، با توجه به تفکیک فضایی کم سنسور مادیس، می‌توان نتیجه گرفت که این سنسور برای مقیاس تبخیر-تعرق از تصویر لندست ۸ با توجه به توپوگرافی منطقه و استفاده از زمین‌های ناهمگن کمتر است. نتایج پژوهش روهوف<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) با هدف ارزیابی دقت الگوریتم سبیل برای برآورد شار گرمایی متلاطم سطح در مقیاس‌های ناحیه‌ای با استفاده از ۲۸ تصویر سنجنده مادیس نشان داد که در تبخیر و تعرق نقش مهمی در اقلیم دینامیک جهان دارد. ساموئل<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۸) نیز برای بررسی میزان تبخیر و تعرق واقعی در بخش‌های خشک و نیمه‌خشک آواش میانی در اتیوپی از داده‌های ماهواره‌ای تابشی طیف‌سنج‌های رادیوگرافی ماتریس تصحیح و سنسورهای زمین عملیاتی لندست (OLI) استفاده کردند. نتایج نشان داد که این روش می‌تواند در مدیریت آبیاری و حفاظت از آب، کمک‌کننده خوبی باشد. سیمسک و ادول<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) نیز در پژوهشی با اطلاعات کاربری اراضی، خرداقلیم را در داخل مرزهای استان سیواس بررسی کردند؛ نتایج به‌دست‌آمده از آزمون آماری در فاصله اطمینان ۹۵٪ تست شد که با کمک این مطالعه، ضرورت برنامه‌ریزی استفاده از حساسیت به آب‌وهوا مورد تأکید قرار گرفت. قهرودی و خسروی (۲۰۱۲) در پژوهشی پدیده کویرزایی در تالاب میقان را بررسی کردند؛ این تالاب به دلیل زهکشی و کاهش ورود آب با پدیده کویرزایی روبه‌رو شده است. نقشه‌های مورد استفاده شامل نقشه‌های توپوگرافی، نقشه زمین‌شناسی و داده باندهای انعکاسی از تصویر ETM و IRS سال ۲۰۰۷ است. نتایج نشان داد که میزان کویرزایی در تالاب میقان بسیار وابسته به عوامل انسانی و سوء مدیریت است. سیف (۲۰۱۱) در پژوهشی، قابلیت داده‌های سنجنده ETM ماهواره لندست و سیستم اطلاعات جغرافیایی را برای شناسایی واحدها و تهیه نقشه مورفولوژی زمین‌های اطراف گاوخونی به اثبات رساند و از ترکیب رنگی باندهای ۷-۴ و ۱ و سنجنده مذکور برای تهیه نقشه مورفولوژی استفاده کرد. جباللی و

4. Zhan  
5. Water table depth

1. Ruhoff  
2. Samuel  
3. Simsek

بر خرداقلیم منطقه از جمله بررسی شرایط اقلیمی در محدوده تالاب و همچنین بررسی اثرات خشکسالی و ترسالی تالاب بر مناطق اطراف صورت گرفته است. همچنین در این پژوهش این فرضیه که خشک شدن کامل تالاب بیش از خشکسالی‌ها بر تغییرات دما و رطوبت منطقه مؤثر است، مطرح شده که از شاخص ارزیابی تغییرات نیز برای اولین بار در این تحقیق طرح شده و تا به حال برای پژوهشی انجام نشده است.

گرم و خشک و تأثیرپذیری از کاربری‌های اطراف بیشتر در معرض تهدید و نابودی قرار دارند. همچنین شهرهای واقع شده در اطراف نیز بیشتر در معرض گرم شدن قرار دارند. با توجه به این که تالاب گاوخونی در ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرق اصفهان و همچنین در محدوده خشک و کویری قسمت مرکزی ایران قرار گرفته است، می‌تواند به عنوان یک منبع آبی مهم در تعدیل دمای اطراف تأثیر بسزایی داشته باشد (نجاری، ۲۰۰۳). لذا این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر تالاب گاوخونی



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه  
Figure (1): Geographic location of the studied area

### روش انجام پژوهش

در این پژوهش با توجه به ترسالی و خشکسالی بودن تالاب گاوخونی، اقدام به جمع‌آوری تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز از منطقه شد و سپس تصحیحات لازم روی آن‌ها انجام گرفت. با استفاده از الگوریتم توازن انرژی سطح زمین<sup>۱</sup> میزان دمای سطحی زمین<sup>۲</sup>، میزان رطوبت پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI<sup>۳</sup>، میزان آلبیدو و همچنین میزان رطوبت تالاب و محیط پیرامون آن محاسبه شد. اطلاعات آماری به دست آمده از تحلیل هر تصویر با داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک تالاب مقایسه و تحلیل شد. در نهایت، نتایج به دست آمده در محیط نرم‌افزار ArcGis و ENVI تجزیه و تحلیل شد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در زیر حوضه گاوخونی، در جنوب شرقی استان اصفهان و در مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در فاصله ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرق اصفهان قرار دارد (نجاری، ۲۰۰۳) که در انتهای ترین حوزه آبخیز زاینده‌رود قرار گرفته است. تالاب به شکل یک گلابی در مرکز آن با مساحت ۴۷۶ کیلومتر مربع، از شمال به جنوب کشیده شده است که در غرب آن تپه‌های ماسه‌ای، در شرق کوه‌های شیرکوه و ندوشن و در بخش جنوبی آن پهنه وسیعی از اراضی نمک وجود دارد. وسعت این تالاب متغیر است و به ۷۱۹ کیلومتر مربع نیز می‌رسد. ارتفاع تالاب از سطح دریا ۱۴۷۵ متر و نوسانات آب به نیم متر می‌رسد. حداکثر عمق این تالاب در فصل پربابی، یک متر است.

1. SEBAL

2. LST

3. Normalized difference vegetation index: NDVI

– دریافت داده‌های سنجش از دور

برای مشاهده تغییرات میزان آب در تالاب نیاز به بررسی حداقل یک دهه از تغییرات مورد نظر است؛ به همین دلیل در این پژوهش از سری ۲۰ ساله تصاویر ماهواره‌ای (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹) استفاده شد که به دلیل در دسترس نبودن تصاویر لندست برای تمام ۲۰ سال اخیر، از تصاویر سنجنده مادیس به عنوان مکمل استفاده شد. تصاویر از سایت USGS دانلود شدند. ۱۰ تصویر از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ با توجه به میزان سطح آب تالاب انتخاب شد (۵ تصویر مربوط به سال‌هایی که تالاب خشک و ۵ تصویر مربوط به سال‌هایی که تالاب دارای آب است). تصاویر ماهواره لندست ۸ با سنجنده OLI مربوط به ماه می در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۹ و تصاویر لندست ۷ با سنجنده ETM در سال ۲۰۰۰ و تصاویر لندست ۶ با سنجنده TM مربوط به سال ۲۰۰۸ است. همچنین تصاویر مربوط به سنجنده مادیس با ماهواره ترا<sup>۱</sup> مربوط به ماه می سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ است. مشخصات داده‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول (۱) آمده است. هدف از انتخاب ماه می در این پژوهش، حداکثر مقدار رشد پوشش گیاهی در این ماه است که با توجه به این نکته می‌توان میزان پوشش گیاهی را بررسی و تجزیه و تحلیل کرد.

جدول (۱): مشخصات تصاویر مورد استفاده در پژوهش

Table (1): Characteristics of the images used in the research

ماهواره	سنجنده	تاریخ تصاویر (به میلادی)	زمان تصویربرداری	قدرت تفکیک (متر)	تعداد باندها
لندست ۸	OLI	۲۰۱۹/۰۵/۰۵	۰۷:۰۲:۳۴	۳۰	۱۱
لندست ۸	OLI	۲۰۱۶/۰۵/۱۲	۰۷:۰۲:۳۸	۳۰	۱۱
لندست ۸	OLI	۲۰۱۵/۰۵/۱۰	۰۷:۰۲:۱۱	۳۰	۱۱
لندست ۸	OLI	۲۰۱۳/۰۵/۲۰	۰۷:۰۵:۰۸	۳۰	۱۱
لندست ۷	ETM	۲۰۰۰/۰۵/۰۸	۰۶:۵۵:۱۶	۳۰	۸
لندست ۶	TM	۲۰۰۸/۰۵/۰۶	۰۶:۵۱:۵۲	۳۰	۷
ترا	MODIS	۲۰۰۷/۰۵/۲۵	۰۷:۲۰:۰۰	۲۵۰	۳۶
ترا	MODIS	۲۰۰۶/۰۵/۲۶	۰۷:۰۰:۰۰	۲۵۰	۳۶
ترا	MODIS	۲۰۰۵/۰۵/۲۶	۰۷:۱۵:۲۰	۲۵۰	۳۶
ترا	MODIS	۲۰۰۴/۰۵/۲۴	۰۷:۳۰:۳۲	۲۵۰	۳۶

– الگوریتم سبال

دمای سطح زمین به عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، یکی از عناصر اصلی شناخت آب و هواست. الگوریتم توازن انرژی سبال، فرایند توازن انرژی را بر اساس میزان شارش گرما و بخار آب انتقال یافته در هر پیکسل محاسبه می‌کند؛ به عبارتی می‌توان گفت که سبال یکی از الگوریتم‌های سنجش از دوری است که تبخیر و تعرق گیاه را بر اساس تعادل لحظه‌ای انرژی در سطح هر پیکسل از یک تصویر ماهواره‌ای محاسبه می‌کند (رابطه ۱) (آلن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

$$\lambda ET = R_n - H - G \quad (1)$$

در معادله فوق،  $\lambda ET$  شار گرمای نهان،  $R_n$  تابش خالص،  $H$  شار گرمای محسوس و  $G$  شار گرمای خاک است. تمامی واحدها بر حسب  $W/m^2$  است.

– شار تابش خالص خورشیدی

نخستین گام در حل معادله توازن انرژی سطحی در الگوریتم سبال، بر اساس رابطه (۲)، محاسبه شار خالص تابش سطحی ( $R_n$ ) با استفاده از شارهای ورودی و خروجی است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲).

$$R_n = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \epsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (2)$$

که در آن  $R_{s\downarrow}$  تابش طول موج کوتاه ورودی (۰/۳ تا ۳ میکرومتر)،  $R_{L\downarrow}$  تابش طول موج بلند ورودی (۴ تا ۱۰ میکرومتر)،  $R_{L\uparrow}$  تابش طول موج بلند خروجی (۴ تا ۱۰۰ میکرومتر)،  $\alpha$  آلیبدوی سطحی و  $\epsilon_0$  گسیلندگی سطحی باند پهن است. واحدها بر حسب  $W/m^2$  می‌باشد ( $R_{L\uparrow} = \epsilon_0 \times \sigma$ ). (آلن و همکاران، ۲۰۰۲).

– آلیبدوی سطحی

آلیبدوی سطحی به صورت نسبت تابش الکترومغناطیس منعکس شده از سطح، به تابش موج کوتاه رسیده از خورشید تعریف می‌شود. افزایش آلیبدو منجر به کاهش انرژی جذب شده توسط سطح و به دنبال آن کاهش میزان تبخیر-تعرق می‌شود (رابطه ۳) (آلن و همکاران، ۲۰۰۲).

1. Allen

1. Terra

از سطح زمین به اتمسفر به صورت رابطه (۷) است (آلن و همکاران، ۲۰۰۲).

$$R_{\uparrow} = \epsilon_0 \times \sigma \times T_s^4 \quad (7)$$

که  $\epsilon_0$  توان تشعشع باندهای حرارتی،  $\sigma$  ثابت استفان بولتزمن ( $5/67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ ) و  $T_s^4$  دمای سطح زمین است. توان تشعشعی سطحی ( $\epsilon_0$ ) به صورت میانگین توان تشعشعی دو باند ۳۱ و ۳۲ سنجنده مادیس و به صورت رابطه (۸) تعریف می شود.

$$\epsilon_0 = \frac{\epsilon_{31} + \epsilon_{32}}{2} \quad (8)$$

به منظور برآورد  $\epsilon_0$ ، از روش آستانه شاخص NDVI استفاده می شود (سوبرینو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۲) که با استفاده از رابطه (۹) به دست می آید و مقدار توان تشعشعی برای هر پیکسل محاسبه می شود.

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (9)$$

که  $\rho_1$  انعکاس طیفی باند ۱ (باند قرمز) و  $\rho_2$  انعکاس طیفی باند ۲ (باند مادون قرمز نزدیک) سنجنده مادیس است. NDVI شاخصی است که میزان پوشش گیاهی را نشان می دهد و مقادیر آن بین ۱- تا ۱+ متغیر است؛ به طوری که مقدار آن برای سطح خاک عریان صفر، برای سطوح به طور کامل پوشیده شده از گیاه یک و برای سطح آب و ابرها کمتر از صفر است.

### – آماده سازی و پیش پردازش تصاویر

برای آماده سازی تصاویر جهت تبدیل DN به رادیانس و تبدیل به باندهای حرارتی از نرم افزار ENVI استفاده شد. تصاویر مورد نظر با در نظر گرفتن شرایط پوشش ابر و همچنین شرایط زمانی مطلوب انتخاب و پس از انجام تصحیحات رادیومتریکی و هندسی، مورد استفاده قرار گرفتند. در انجام تصحیحات از روش Reflectance استفاده شد.

### – محاسبه شاخص ارزیابی تغییرات دما

شاخص ارزیابی تغییرات این شاخص برای اولین بار در این تحقیق طرح شده است که میزان دمای منطقه با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه می شود و ارتباط بین میزان رطوبت و خشکسالی را

$$\alpha = \frac{\alpha_{\text{toa}} - \alpha_{\text{path-Radiance}}}{\tau_{\text{sw}}^2} \quad (3)$$

که  $\alpha_{\text{toa}}$  آلبیدوی بالای جو،  $\alpha_{\text{path-Radiance}}$  آلبیدوی ناشی از رادیانس مسیر، مقدار آن بین ۰/۰۴ تا ۰/۲۵ است؛ باستانسن<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) مقدار آن را به صورت کلی ۰/۰۳ بیان کرد.  $\tau_{\text{sw}}^2$  شفافیت جوی است. مؤلفه ضریب شفافیت اتمسفر ( $\tau_{\text{sw}}$ ) نیز با فرض هوای صاف و بدون ابر از رابطه مبتنی بر ارتفاع بر اساس نشریه فائو محاسبه می شود.

### – محاسبه مقدار آلبیدوی بالای اتمسفر یا $\alpha_{\text{toa}}$

مقدار آلبیدوی بالای اتمسفر ( $\alpha_{\text{toa}}$ ) برای تصحیح اثرات ناشی از عبور جو محاسبه می شود. برای محاسبه  $\alpha_{\text{toa}}$  باید  $D_n$  تصویر مورد نظر به  $L_n$  و سپس به  $\rho_\lambda$  تبدیل شود.  $\alpha_{\text{toa}}$  مقدار انرژی رسیده در بالای جو زمین است که برابر عدد ثابت ۱۳۶۷ وات بر متر مربع است (رابطه ۴) (آلن و همکاران، ۲۰۰۲).

$$\alpha_{\text{toa}} = \sum (\omega_\lambda \times \rho_\lambda) \quad (4)$$

که  $\rho_\lambda$  باندهای Reflect شده،  $\omega_\lambda$  ضریب وزنی تک تک باندهاست که از طریق رابطه (۵) محاسبه می شود.

$$\omega_\lambda = \frac{ESUN_\lambda}{\sum ESUN_\lambda} \quad (5)$$

### – تابش موج کوتاه ورودی ( $R_{s\downarrow}$ )

تابش موج کوتاه ورودی، شار تابش خورشیدی است که به صورت تابش مستقیم و پراکنده به سطح زمین می رسد و مقدار آن برای تصویر و شرایط صاف و بدون ابر، به صورت رابطه (۶) محاسبه می شود (لیانگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱).

$$R_{s\downarrow} = G_{sc} \times \cos \theta \times d_r \times \tau_{sw} \quad (6)$$

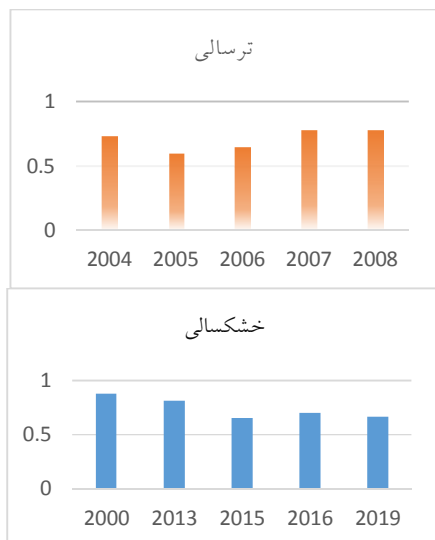
که در آن،  $G_{sc}$  ثابت خورشیدی ( $\text{W/m}^2$ )،  $\cos \theta$  زاویه خورشید،  $d_r$  معکوس فاصله زمین تا خورشید و  $\tau_{sw}$  ضریب شفافیت اتمسفر است. مقدار  $R_{s\downarrow}$  بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ( $\text{W/m}^2$ ) بسته به زمان و مکان تصویر متغیر است.

### – تابش موج بلند خروجی ( $R_{\uparrow}$ )

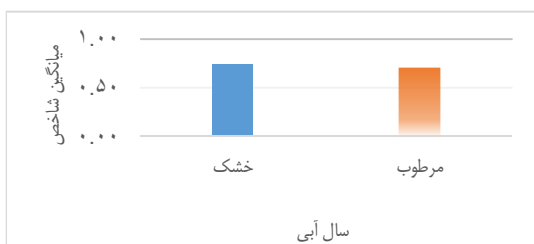
رابطه تابش موج بلند خروجی، شار تابش حرارتی گسیل شده

خرداقلیم بیان می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که میانگین دمای اندازه‌گیری شده در محدوده تالاب به وسیله شاخص ارزیابی تغییرات دما مربوط به سال‌های مرطوب کمتر از سال‌های خشک است؛ به عبارتی می‌توان گفت که میزان دما در زمانی که تالاب مرطوب بوده، ۰/۷۰ و میانگین دمای مربوط به سال‌های خشک ۰/۷۴ است. نتایج در شکل (۲) نشان داده شده است. همچنین میانگین این شاخص به تفکیک در سال‌های خشکسالی و ترسالی در شکل (۳) آمده است.



شکل (۲): شاخص ارزیابی تغییرات برای تالاب در زمان مورد مطالعه (سمت راست: ترسالی) و (سمت چپ: خشکسالی)  
Figure (2): Indicator of change assessment for the Wetland area in time (Right: wet) and (Left: drought)



شکل (۳): شاخص میانگین سال‌های ترسالی و خشکسالی  
Figure (3): Average index for wet and drought

نتایج حاصل از برآورد شاخص LST نیز در محدوده تالاب نشان داده شده است. شکل (۴) نتایج حاصل شده از نقشه‌ها به وسیله الگوریتم سبال در تصاویر مادیس و شکل (۵) برای تصاویر لندست، در ۱۰ سال مورد مطالعه برای محدوده تالاب آمده است.

بیان می‌کند. در این شاخص، T میانگین دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک نائین و LST میانگین دمای اندازه‌گیری شده به وسیله الگوریتم سبال در تصاویر مورد نظر است.

$$Tem = \frac{T}{LST} \quad (10)$$

### - محاسبه میزان رطوبت

به منظور محاسبه میزان رطوبت منطقه از شاخص Tasseled cap در نرم‌افزار ENVI استفاده شد. در این شاخص، تصاویر مورد نظر به گونه‌ای تبدیل می‌شوند که خروجی‌ها در بردارنده Brightness و Greenness برای مشاهده و تشخیص بهتر پوشش گیاهی و ارزیابی تراکم پوشش گیاهی در نواحی مختلف و همچنین شاخص خیسی<sup>۱</sup> برای شناسایی آب و رطوبت باشند (جنتی و همکاران، ۲۰۱۴). شاخص wetness در نرم‌افزار به صورت رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود.

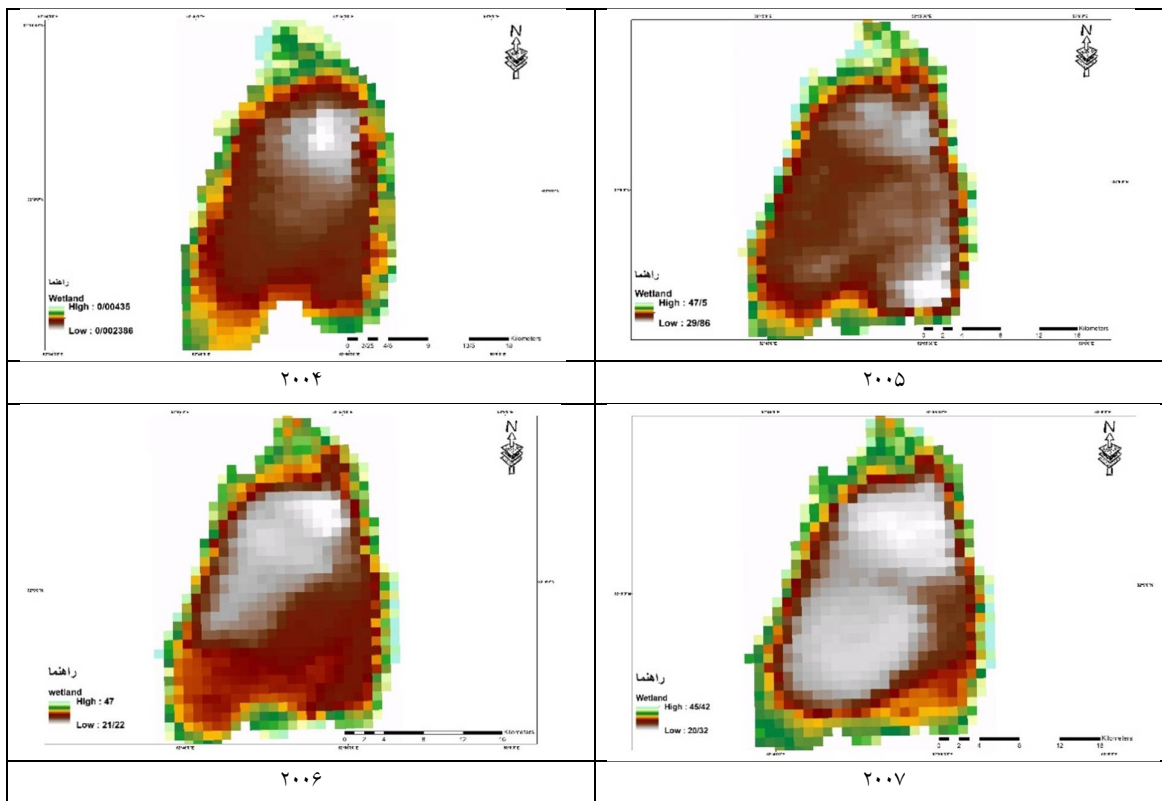
$$Wetness = (b1 * 0.1511) + (b2 * 0.1973) + (b3 * 0.3283) + (b4 * 0.3407) + (b5 * (-0.7117)) + (b6 * (0.4559)) \quad (11)$$

در محاسبه شاخص Tasseled cap تصاویر سال ۲۰۱۶ از لندست ۸ (ترسالی) و تصاویر سال ۲۰۰۸ از لندست ۶ (خشکسالی) استفاده شد. تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری برای هر دو تصویر انجام و شاخص محاسبه شد. شایان ذکر است که این شاخص برای تبدیل تصاویر لندست ۸ وجود نداشت؛ لذا با تصحیح داده‌ها و همچنین اعمال کدهای مورد نظر برای اجرای این دستور اقدام شد. در نهایت مدل سیال اعتبارسنجی شد.

### نتایج

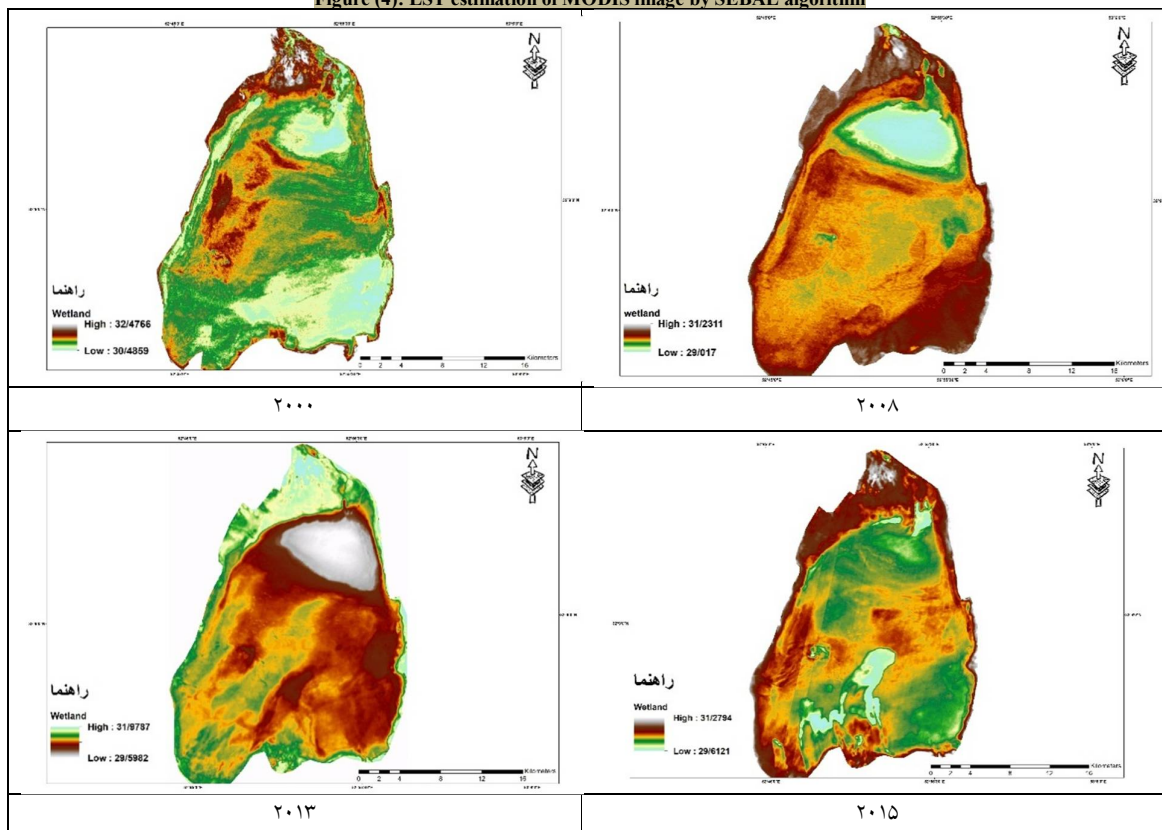
با توجه به اینکه پارامترهای زیادی در محاسبه مدل سبال به کار رفته است و همچنین ظرفیت محدود مقاله، در اینجا به نتایج حاصل از بررسی دما و رطوبت در محدوده تالاب پرداخته می‌شود. نظر به اینکه برآورد دمای سطح زمین وابسته به میزان رطوبت و میزان خشکی و همچنین پوشش موجود در منطقه است، با ذکر حداقل، حداکثر و میانگین دمای به دست آمده در الگوریتم سبال و همچنین با استفاده از شاخص ارزیابی، تغییرات میزان دمای منطقه و تأثیر آن بر



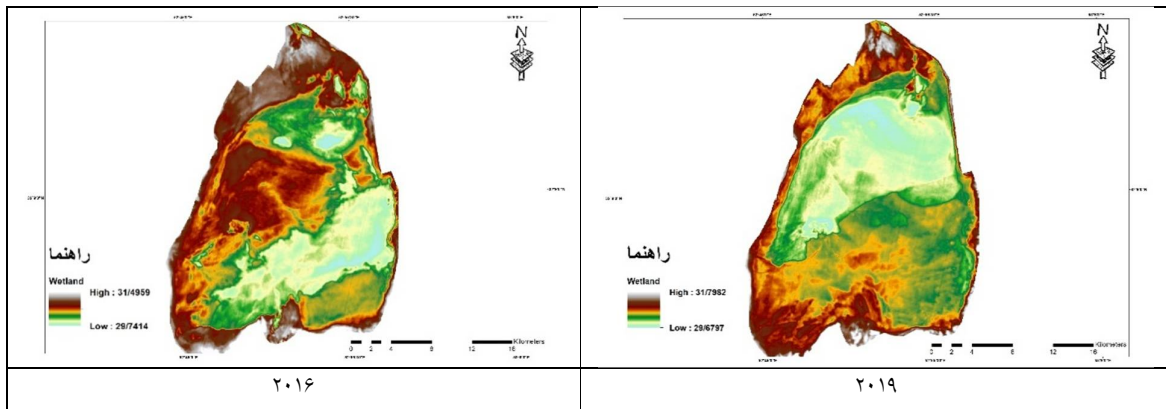


شکل (۴): برآورد دمای سطح زمین (LST) تصاویر مادیس توسط الگوریتم سبال

Figure (4): LST estimation of MODIS image by SEBAL algorithm

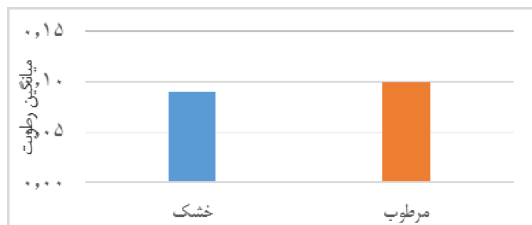






شکل (۵): برآورد دمای سطح زمین تصاویر لندست توسط الگوریتم سبال  
Figure (5): LST estimation of LANDSAT image by SEBAL algorithm

میانگین شاخص رطوبت برآوردشده برای تالاب گاوخونی نشان می‌دهد که میانگین رطوبت برآوردشده در زمان پربابی تالاب، برابر ۰/۱۰ و در زمان خشکسالی برابر ۰/۰۹ است. در شکل (۶) نمودار میانگین شاخص رطوبت در سال‌های مورد مطالعه برآوردشده در تالاب به وسیله Tasseled cap و در شکل (۷) این شاخص بر روی تصاویر لندست در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ نشان داده شده است.



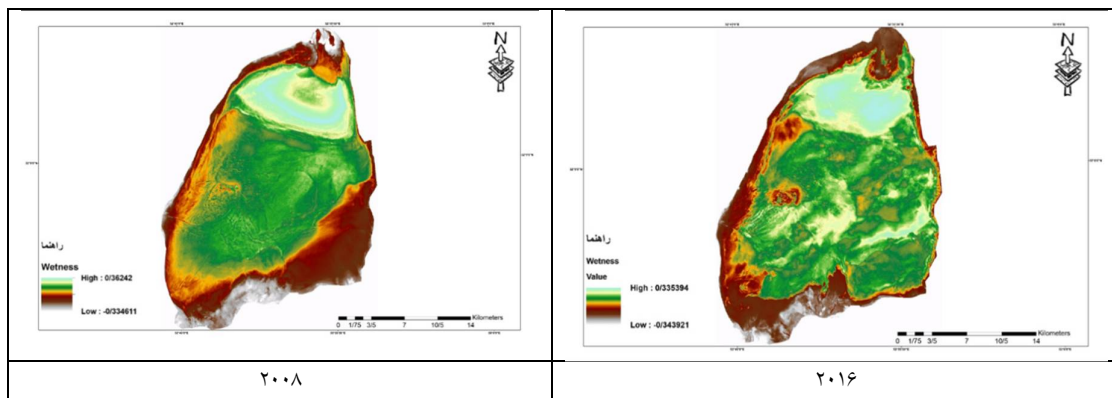
شکل (۶): میانگین شاخص رطوبت برآوردشده با استفاده از Tasseled cap  
Figure (6): Estimated average moisture content using the Tasseled cap

با بررسی میزان رطوبت منطقه با استفاده از شاخص wetness در دو تصویر از سال‌های مرطوب (سال ۲۰۰۸) و خشک (سال ۲۰۱۶)، میزان شاخص رطوبت تالاب گاوخونی در این دو سال به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۹ درصد است. همچنین، نتایج حاصل از میزان رطوبت برآوردشده در ۴ منطقه تالاب، مناطق دارای پوشش گیاهی، زمین‌های بایر و کل پهنه‌های اطراف تالاب بررسی شد و در اینجا تنها نتایج برای محدوده مطالعاتی (تالاب) در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول (۳): رطوبت برآوردشده برای پهنه تالاب

Table (3): Estimated humidity for the wetland area

تاریخ	رطوبت حداقل	رطوبت حداکثر	میانگین رطوبت	شرایط خشکسالی
۲۰۱۶/۵/۱۲	-۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۰۹	خشک
۲۰۰۸/۵/۶	-۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۰۱	مرطوب



شکل (۷): برآورد Wetness تصاویر لندست  
Figure (7): Estimated Wetness of LANDSAT images

همچنین تغییرات رطوبت با توجه به تغییرات پوشش گیاهی بررسی شد. نتایج حاکی از آن است که میزان پوشش گیاهی منطقه با توجه به رطوبت تالاب متغیر بوده و هرچه میزان رطوبت تالاب بیشتر، میزان پوشش گیاهی اطراف تالاب نیز بیشتر و دارای نسبت مستقیم بوده است.

### بحث و نتیجه گیری

نتایج برآوردشده از تالاب گاوخونی و پوشش اطراف تالاب نشان می‌دهد که این تالاب به صورت مستقیم دارای تأثیر قابل توجهی بر میزان دمای منطقه اطراف و همچنین تراکم پوشش گیاهی اطراف آن است؛ به عبارت دیگر می‌توان گفت که هرچه میانگین رطوبت برآوردشده برای تالاب بیشتر باشد، میانگین شاخص تغییرات دمای منطقه اطراف کمتر است و هرچه میانگین رطوبت به دست آمده از شاخص Wetness در تالاب کمتر باشد، دمای اطراف افزایش یافته و تأثیر بسزایی بر ایجاد جزایر حرارتی دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مدل سبال در بیان میزان دمای سطحی زمین دقت بسیار بالایی داشته و دارای کمترین خطاست؛ زیرا با توجه به شاخص در نظر گرفته شده، اختلاف دمای به دست آمده توسط شاخص و الگوریتم سبال با زمان‌هایی که تالاب دچار خشکسالی یا رطوبت بوده است همخوانی دارد؛ لذا می‌توان گفت که اختلاف دما قابل توجیه و مدل سبال و شاخص در نظر گرفته شده برای این پژوهش کارایی لازم را داشته است. با توجه به اینکه تالاب در چند سال مورد بررسی کاملاً خشک و در چند سال مرطوب بوده، اختلاف دمای دوره مطالعاتی ۲۰ ساله و با توجه به محیط کویری که تالاب در آن قرار گرفته، قابل توجیه است. همچنین نتایج مربوط به شاخص رطوبت در منطقه تالاب گاوخونی نشان داد که تغییرات رطوبت منطقه، تأثیرات بسزایی را در منطقه اطراف تالاب و دمای آن‌ها می‌گذارد؛ نتایج حاصل از بررسی میزان بارش و شاخص‌های تأثیرگذار بر آن نشان داد که شاخص LST و همچنین شاخص NDVI به میزان بارش و رطوبت در منطقه بسیار وابسته هستند؛ به طوری که بررسی میزان بارش با توجه به اطلاعات به دست آمده از ایستگاه نائین که در ۹۷ کیلومتری تالاب گاوخونی قرار دارد، نشان داد که زمانی که میزان بارش بدون

روند است، میانگین رطوبت در منطقه کاهش پیدا کرده و همچنین زمانی که میزان بارش اندازه‌گیری شده در ایستگاه دارای روند مثبت بوده، به همان میزان میانگین رطوبت افزایش داشته است؛ این روند تغییرات بر میزان دمای منطقه و همچنین میزان پوشش گیاهی تأثیر مستقیم داشته است. همچنین بررسی خشکسالی در محدوده تالاب در دوره زمانی ۲۰ ساله بیانگر این نکته بود که تالاب گاوخونی در دوره خشکسالی می‌تواند مناطق اطراف تالاب را تحت تأثیر قرار دهد؛ به عبارتی می‌توان گفت که در زمان ترسالی میزان رطوبت در مناطق اطراف تالاب بیشتر و پوشش گیاهی افزایش داشته است؛ که با پژوهش جبالیو همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. نتایج حاصل شده از بررسی درصد تأثیرگذاری تالاب گاوخونی بر خرداقلیم نشان داد که تالاب گاوخونی از نواحی اطراف به طور مستقیم تأثیر می‌پذیرد؛ به عبارتی این خشکسالی خود عامل اصلی در ایجاد پدیده کویرزایی است؛ که با پژوهش قهرودی و خسروی (۲۰۱۲) مطابقت دارد. نتایج حاصل از بررسی و استفاده از تصاویر سنجنده‌های مختلف نشان داد که استفاده از تصاویر سنجنده مادیس در کنار سنجنده لندست در محدوده تالاب بسیار کارآمد است و به عبارتی سنجنده مادیس می‌تواند تصاویر مربوط به سال‌هایی را که در سنجنده لندست موجود نیست، در اختیار ما بگذارد. از ترکیب تصاویر این دو سنجنده نتایج قابل قبولی به دست می‌آید که با نتایج حاصل از انتخاب این دو ماهواره در پژوهش سان و همکاران (۲۰۱۱) و سیف (۲۰۱۱) مطابقت دارد. نقشه‌های LST به دست آمده با استفاده از الگوریتم توازن انرژی سبال برای ۴ محدوده مورد نظر، در دوره زمانی ۲۰ ساله، نشان داد که میانگین شاخص برآوردشده برای کل محدوده‌ها در زمان خشکسالی ۰/۸۶ و در زمان ترسالی ۰/۷۳ است. نتایج LST حاکی از آن است که میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در زمان ترسالی کمتر از زمان خشکسالی است؛ به عبارتی می‌توان گفت که دمای محدوده‌های بررسی شده بسیار تحت تأثیر شرایط خشکسالی و ترسالی منطقه است. نتایج حاصل از تغییرات دمایی منطقه نشان داد که میزان دمای یک منطقه بسیار تحت تأثیر عواملی چون رطوبت

خشکسالی و افزایش آن در زمان ترسالی است. نتایج حاصل از بررسی رابطه پوشش گیاهی با رطوبت در منطقه نشان‌دهنده آن بود که هرچه رطوبت در منطقه بیشتر باشد، تراکم پوشش گیاهی در منطقه افزایش و هرچه میزان رطوبت کاهش پیدا می‌کند. تراکم پوشش گیاهی اطراف تالاب نیز روندی نزولی دارد. به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که با توجه به هدف پژوهش حاضر، می‌توان گفت که مدل سبال به‌خوبی توانسته است میزان دمای سطحی را برای ۴ منطقه مورد نظر (تالاب، منطقه دارای پوشش گیاهی، زمین‌های بایر و کل پهنه اطراف تالاب) به‌خوبی نشان دهد و همچنین روش Tasseled cap و شاخص wetness به‌خوبی گویای رطوبت منطقه و ارتباط آن با دمای مناطق مختلف در پهنه است؛ به‌عبارتی می‌توان گفت که تالاب‌ها، به‌عنوان منبع مهم آبی در مناطق مختلف و به‌خصوص مناطق کویری و خشک مثل مناطق مرکزی ایران می‌تواند به‌عنوان یک خنک‌کننده در تعدیل دمای مناطق اطراف نقش بسزایی داشته باشد که در این پژوهش به این نتیجه رسیده شد. لذا با توجه به اهمیت محیط‌زیستی تالاب‌ها محافظت از این منابع مهم، بسیار حائز اهمیت است.

و پوشش گیاهی منطقه است و خرداقلیم منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به‌عبارتی نتایج گویای آن است که اگر میزان رطوبت در تالاب گاوخونی بیشتر باشد، دمای مناطق اطراف کاهش پیدا می‌کند که این کاهش دما می‌تواند در کاهش دادن جزایر حرارتی نقش بسزایی داشته باشد. همچنین نتایج حاصل از بررسی میزان پوشش گیاهی در مناطق اطراف تالاب گاوخونی و همچنین مقایسه درصد پوشش گیاهی در زمان خشکسالی و ترسالی نشان داد که در زمان خشکسالی میزان پوشش گیاهی کاهش داشته و همچنین میزان رطوبت در پوشش گیاهی در زمان ترسالی نشان داد که پوشش گیاهی روندی رو به رشد داشته و رطوبت نیز در این مناطق افزایش داشته است. این تغییرات رطوبت به‌نوبه خود بر میزان دمای محدوده اطراف بسیار تأثیرگذار است همچنین نقشه‌های WETNESS برآوردشده به‌وسیله شاخص Tasseled cap نشان داد که میانگین شاخص ارزیابی تغییرات اندازه‌گیری شده برای هر ۴ محدوده در زمان ترسالی،  $-0/05$  و در زمان خشکسالی،  $-0/04$  است. همچنین نقشه‌های WETNESS به‌دست‌آمده نیز حاکی از کاهش میزان رطوبت در زمان

## منابع

- Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R. and Bastiaanssen, W., 2002. SEBAL: Surface Energy Balance Algorithms for Land. Idaho Implementation, Advanced Training and User's Manual, Version 1.0, Funded by a NASA EOSDIS/Synergy Grant from the Raytheon Company through The Idaho Department of Water Resources.
- Bastiaanssen W.G.M. Ahmad M. D. and Chemin Y. 2002. Satellite surveillance of evaporative depletion across the Indus Basin. Water Resource Research, 38 (12), 1273.
- Dehghani, N., Ghasemieh, H., Sadatinejad, S. J. and Ghorbani, K., 2017. Evaluating the impact of climate change on runoff using hydrological model (Case study: Bazoft-Samsami Watershed). Ecohydrology, 4(1), 89-102.
- Ghahroodi Tali, M. and Khosravi, S., 2012. Application of Thermal Bands in Evaluating Temperature Changes of Lineaments (Case Study: North of Tehran). 31st Symposium of Geosciences, Tehran.
- Jabali, A., Jafari, R. and Khajeadin, S.J. 2013. Monitoring of sand dunes changes in Gavkhuni international wetland using satellite imagery, 5(3), 33-48.
- Jannati, M., Niroumand Jadidi, M., Valadan Zoej, M. and Mohammad Zadeh, A., 2014. Extraction of Pure Pixels Using the Feature Space Based on Physical Parameters in Order to Obtain Sub-pixel Land Cover Information. MJSP. 17 (4), 1-20.
- Khosravi, M., Bostani, M., Azizoghli, M. and Goodarzifar, M. 2013. 'Comparison of the Sistine and Baluchistan Province Precipitation Zones Using Satellite Data and Ground Stations', Journal of Climate Research, 1392(13), pp. 97-110.
- Liang, S. 2001. Narrowband to Broadband Conversions of Land Surface Albedo I: Algorithms. Remote Sensing of Environment. 76(2): 213-238.
- Monem, M.J., Nasser, M. and Bagherzadeh, M., 2010. Principles of wetland's identification, modelling, and delineation. Nab Negar Publication, pp 200.
- Najari, H.A., 2003. Isfahan Gavkhuni International Wetland. Department of Environment Publication, pp. 164.
- Noori, H. and Faramarzi, m. 2015. Investigating

- Actual Evapotranspiration in Different Land Uses in Mountainous Areas using Sebal Algorithm and a Combination of MODIS and Landsat8 Satellite Images. 39-56.
12. Omidvar, J., Davari, K., arshad, S., mousavi bayegi, M., Akbari, M., Farid hosseini, A. 2012. 'Estimation of Evapotranspiration Actual Using Sensor Aster and Model Metric', *Irrigation and Water Engineering*, 3(1), pp. 38-49.
  13. Ruhoff, A.L., Paz, A.R., Collischonn, W., Aragao, L.E.O.C., Rocha, H.R., Malhi, Y.S. A MODIS-Based Energy Balance to Estimate Evapotranspiration for Clear-Sky Days in Brazilian Tropical Savannas. *Remote Sens.* 2012, 4, 703-725. <https://doi.org/10.3390/rs4030703>
  14. Sadeghzadeh pude, R., Zare, M., Mokhtari, M. and Ghalibaf, M. 2015. Investigating the capability of surface energy balance model (Sabal) and biophysical variables obtained from satellite data in estimating soil moisture in arid regions. 3(6), 90-107.
  15. Samuel, A., Girma, A. and Zenebe, A., 2018. Spatio-temporal variability of evapotranspiration and crop water requirement from space. *Journal of Hydrology*. 567, 732-742.
  16. Sayari, N., Alizadeh, A., Bannayan Awal, M., Farid Hossaini, A. and Hesami Kermani, M., 2011. Comparison of Two GCM Models (HadCM3 and CGCM2) for the Prediction of Climate Parameters and Crop Water Use under Climate Change (Case Study: Kashafrood Basin). *Journal of Water and Soil*, 25(4), 1-14.
  17. Seif, Z., 2011. Estimation of Actual Evapotranspiration in Irrigation Networks by Using Remote Sensing Technique, Msc Thesis, Bu-Ali University, Hamedan, Iran.
  18. Simsek, C. and Odul, H., 2018. Investigation of the effects of wetlands on micro-climate. *Journal of Applied Geography*. 97, 48-60.
  19. Sobrino, J. A., Jimenez-Munoz J. C., Labeled-Nachbrand, J. and Nerry, F. 2002. Surface emissivity retrieval from Digital Airborne Imaging Spectrometer data, *J. Geophys. Res.*, 107(D23), 4729, doi:10.1029/2002JD002197.
  20. Sun, Z., Wei, B., Su, W., Shen, W., Wang, C., You, D. and Liu, Z. 2011. Evapotranspiration estimation based on the SEBAL model in the Nansi Lake wetland of china. *Mathematical and Computer modeling*. 54 (3-4): 1086-1092.
  21. Simunek, J., Vangenuchten, M. and Senja M., 2006. The Hidrus software package for simulating two-and tree-dimensional moment of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media, technical manual, version 1.0, PC progress, prague, Czech Republic.
  22. Tasumi, M., Trezza, R., Allen, R.G. and Wright, J.L., 2005. Operational aspects of satellite-based energy balance models for crops in the semi-arid U.S. *Journal of Irrigation and Drainage Systems*, 19, 355-376.
  23. Weng, Q., Liu, H. and Lu, D., 2007. Assessing the Effect of Land Use and Land Cover Patterns on Thermal Conditions Using Landscape Metrics in City of Indianapolis, United State. *Urban Ecosystem*, 10, 203-219.
  24. Yaghubzadeh, M., Borumandnasab, S., Izadpanah, Z. and Seyedkaboli, H. 2015. 'Investigation of Temporal and Spatial Variation of Evapotranspiration by Remote Sensing in Semi-Arid Regions', *Journal of Water Research in Agriculture*, 29.2(2), pp. 221-234. doi: 10.22092/jwra.2015.101675
  25. Zhan, Q., Meng, F. and Xiao, Y., 2019. Exploring the relationships of between land surface temperature, ground coverage ratio and building volume density in an urbanized environment. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(7), 255-266.
  26. Zheng, Ch., Wang, Q. and Li, P. 2016. Coupling SEBAL with a new radiation module and MODIS products for better estimation of evapotranspiration, *Hydrological Sciences Journal*, 61:8, 1535-1547, DOI: 10.1080/02626667.2015.1031762

## Investigating the Effect of Humidity and Temperature in Gavkhoni Wetland on the Microclimate of the Region

Marzieh Hekmati<sup>1</sup>, Kamran Shayesteh<sup>2\*</sup>, Hamid Nouri<sup>3</sup>, Shiva Gharibi<sup>4</sup>

Received: 19/01/2020

Accepted: 24/06/2021

### Extended Abstract

**Introduction:** As one of the most important national and international capitals, wetlands have a great impact on their surrounding microclimate and ecosystems. Therefore, they need to be greatly protected as the most important natural habitats. Supporting a wide range of ecosystem services, these dynamic systems can modify the temperature of urban areas by acting as a cooler in areas close to highly populated cities. This study used temperature and vegetation to investigate the impact of the Gavkhoni wetland on its surrounding areas. To this end, the temperature rates of four areas, including wetland, vegetated areas around the wetland, the whole area around the wetland, and the surrounding bare lands were examined, using the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) to illustrate those changes.

**Materials and Methods:** This study sought to investigate the effect of the Gavkhoni wetland on regional microclimate, using the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). To this end, the data collected from MODIS and LANDSAT were used. In general, this research can be divided into five general stages. First, the required meteorological data and satellite images were collected and the necessary corrections were made. It should be noted that the meteorological data (minimum and maximum temperature, relative humidity, precipitation, evaporation, wind speed) were obtained from Naein Synoptic Station, which is the nearest station to the wetland, and records accurate information. In the second stage, after analyzing the satellite images and due to the fact that the required images were not available for the study period, MODIS images were used together with the Landsat one, considering the cloudy conditions. In the third stage, the wetland's water and dry surfaces were identified.

Accordingly, ten Landsat and MODIS extracted images belonging to the 2000-2019 period were selected, out of which five images belonged to the wet years (2004-2005-2006-2007-2008) and five images belonged to the drought years (2000 -2013-2015-2016-2019). In the fourth stage, the land surface temperature was measured using the SEBAL algorithm, which is a relatively new algorithm that uses remote sensing to estimate the Land surface temperature, calculating the rate of evapotranspiration via satellite images with the minimum required ground data based on the energy balance. The algorithm finally examines temperature variations and their impact on microclimate.

Obtained from  $\left(\frac{T}{LST}\right)$  equation, the temperature variation Index of a region represents the relationship between humidity and drought. For this index, the average temperature rate of the Naein Synoptic Station, and land surface

1. M.Sc. Graduate, Department of Environmental Sciences, Faculty of natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer

2. Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer; ka\_shayesteh@yahoo.com

3. Associate Professor, Department of Rangelands and Watershed Management, Faculty of natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer

4. Ph.D. Student, Department of Environmental Sciences, Faculty of natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer

DOI: 10.22052/deej.2021.10.32.31

temperature were used, using the SEBAL algorithm. In the last stage, the wetness index was used to investigate the moisture content of the area. Then, two images belonging to the wet and dry years were selected. Landsat Image No. 8 belongs to 2016 which represents zero value for the wetland's humidity index, and Landsat image No.6 belongs to 2008 when the wetland's humidity index was 56.7.

**Results:** The LST maps generated for the four intended areas over a 20-year period through the SEBAL algorithm indicated that the average estimated index for the whole study area was 0.86 and 0.73 in the drought and wet periods, respectively. Therefore, it could be argued that the LST is lower in wet periods than in drought ones. Moreover, the wetness maps prepared by the TASSELED CAP index showed that the average variation index was -0.05 and -0.04 in wet and drought periods, respectively. In other words, increases in moisture content during the wet period and its decreases during the drought period make the index negative in the wet period. The study's results revealed that vegetation was denser around the wetland during the wet period. Therefore, it could be argued that the microclimate of the area around the wetland was directly affected by the wetness or dryness of the Gavkhuni wetland.

**Conclusions:** Considered as one of the most important natural ecosystems, wetland habitats exert a significant influence on the temperature, vegetation density, and development of their surrounding areas. This study's results indicated that the higher the average moisture of a wetland is, the lower the temperature variation index would be, and the lower the average moisture index of the wetland is, the higher the temperature of the surrounding areas and the greater its influence on the region's temperature would be, leading the decline of the surrounding area's desirability.

**Keywords:** Humidity, LST, Landsat Images, MODIS Images, SEBAL