نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال دوم، شماره نخست، بهار ۱۳۹۳

Vol.2, No.1, Spring 2014

۷۵-۸۸

برآورد خرد-پیکسلی دمای آب دریاچه ارومیه به کمک روش جداسازی طیفی باندهای مادون قرمز حرارتی تصاویر ماهواره‌ای

پرویز ضیاییان فیروزآبادی[۱*]، منوچهرفرج‌زاده[۲]، علی‌جعفر موسیوند[۳]، محمود امیدعلی[۴]

۱- دانشیار دانشگاه خوارزمی،

۲- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشجوی دکتری-دانشگاه صنعتی دلفت-هلند

۴- دانش آموخته کارشناس ارشد دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۰۵

چکیده

دمای آب یک شاخص مهم محیطی در مطالعه آبراهه ها، رودخانه ها ودریاچه هاست، همچنین اهمیت زیادی در مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست دارد. هرچند با استفاده از تصاویر با توان تفکیک بالا، امکان برآورد دقیق تر دمای سطح آب ممکن است، ولی به دلیل دوره بازگشت زمانی زیاد، این داده ها قابلیت کاربردی بالایی ندارند. در عوض، تصاویری با توان تفکیک مکانی پایین تر مانند MODIS، به دلیل دوره بازگشت کوتاه (چندین بار در روز) برای برآورد پارامترهای پدیده‌هایی پویا مانند آب مناسب‌تر هستند. به منظور بهره‌گیری کامل از تصاویر با قدرت تفکیک پایین، یک روش خلوص زیر پیکسل بسط داده شده و بر روی دریاچه ارومیه بررسی شد. این رویکرد صحت نقشه های دمای آب تصاویر با قدرت تفکیک پایین را بهبود داد که این امر از مرزهای آبی استخراج شده از عوارض آب برداری بدست آمد. با استخراج سهم هر جزء تصویر(آب و خشکی) و محاسبه گسیلمندی مربوط به هر جزء تصویر در نهایت با استفاده از الگوریتم split window دمای آب استخراج شد و نقشه دمایی زیر پیکسل آب دریاچه ارومیه با نقشه دمایی حاصل از باندهای حرارتی ASTER مقایسه شد و خطای میانگین بین دو تصویر ۵۸/ درجه سانتیگراد بدست آمد که این نشان می دهد نتیجه مطلوبی حاصل شده است.

کلیدواژه‌ها: دمای آب، ASTER، MODIS ، پیکسل مبنا، جداسازی طیفی.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان شهید مفتح، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی تلفن: ۰۰۹۸۹۱۲۳۹۰۳۶۲۱

Email: emails:rsgis1000@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

۱- مقدمه

یکی از مسائلی که امروزه پایش و برآورد دقیق آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است اندازه گیری دمای آب است. دمای آب یک شاخص مهم محیطی در مطالعه آبراهه ها، رودخانه ها ودریاچه هاست، همچنین اهمیت زیادی در مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست دارد. با توجه به اهمیت دمای سطح آب استخراج شده از داده های مادون قرمز حرارتی ماهواره ای در گسترهٔ وسیعی از مطالعات، بر آن شدیم تا در این پژوهش با استفاده از تصاویر استر[1] که دارای قدرت تفکیک مکانی بالا و قدرت تفکیک زمانی پایین، و بالعکس تصاویر مدیس[2] با قدرت تفکیک مکانی پایین اما در عوض دارای قدرت تفکیک زمانی بالا (یک یا دو بار در روز) است، بهره‌برداری کامل و مطلوب را از تصاویر ماهواره های ترا[3], آکوا[4] ببریم، زیرا در این مطالعه هم از قدرت تفکیک مکانی بالای سنجنده استر و هم از قدرت تفکیک زمانی بالای سنجنده مدیس بهره می‌بریم.

و به منظور چنین مطالعه‌ای از تکنیک خلوص طیفی در مطالعهٔ دمای آب داخل خشکیها (نظیر آبراهه‌ها، رودخانه ها ودریاچه‌ها) استفاده می‌کنیم.

در استخراج داده های دمای سطح آب از تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های دمای سطح دریا و کاربرد آن در توسعه صنعت ماهیگیری تحقیقی بوسیله گودا و همکاران در سازمان تحقیقات فضایی هند انجام شد. آنها در تحقیق خود ضمن استخراج داده‌های دمای سطح دریا، دیگر پارامترهای دریایی مثل تغییر رنگ آب را نیز به وسیله تصاویر ماهواه ای استخراج کردند. [۳]

در دریای خزر سر و همکاران با استفاده از داده‌های ماهواره ای سنجنده AVHRR[5] به شناسایی فرآیندهای دینامیکی در سطح دریا پرداخته و الگوی جریانات چرخندی در منطقه را نشان دادند. [۴]

اوزچ وهمکاران توزیع میانگین سالیانه دمای سطح دریاچه‌های متفاوتی که در آلپ واقع شدند را بررسی کردند. در این تحقیق ۲۲ دریاچه با اندازه‌های ۲۳ تا ۵۷۸ کیلومتر مربع و با حجم ۰/۵ تا ۸۹ کیلومتر مکعب و میانگین عمق ۵ تا ۱۷۱ متر وخصوصیات مورفولوژی گوناگون مورد بررسی قرار گرفتند. [۵]

زبیری و مجد (۱۳۷۸) با استفاده از باند حرارتی TM (باند ۶) درجه حرارت سطح آب دریاچه مهارلو را محاسبه کردند. در این مطالعه با توجه به باند مادون قرمز حرارتی سنجنده TM جهت طبقه‌بندی دمای سطح دریاچه مهارلواز فرمول پیشنهادی متخصصین دانشگاه پردو، استفاده شده است. [۶]

با استفاده از سنجنده AVHRR نقشه دمای سطح دریا، در منطقه خلیج فارس بررسی و بین نقشه حاصله از داده‌های ماهواره‌ای با داده‌های اندازه گیری شده بر روی دریا رابطه ای معنی درای به دست آمده است. در این تحقیق رابطه عمق با تغییرات دمایی در خلیج فارس مورد بررسی قرار گرفت[۷]. سراجیان و انصاری (۱۳۸۱) با استفاده از تصاویر نوآ[6] و روش پنجره مجزا[7] با دقت ۵/ درجه سانتیگراد به محاسبه بیلان آبی دریای خزر وبررسی روند تبخیر در سطح دریاچه پرداختند.

هدف از این تحقیق بررسی امکان تهیه نقشه خرد پیکسلی دمای آب با استفاده از روش جداسازی طیفی[8]، و امکان تهیه نقشه دمای آب با دقت زیر پیکسل در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. و دقت نقشه‌های

1 ASTER
2 MODIS
3 TERRA
4 AQUA

5 Advanced Very High Resolution Radiometer
6 NOAA
7 spilt window
8 sub-pixel spectral unmixing

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

بدست آمده از تصاویر با قدرت تفکیک فضایی پایین با نقشه‌های حاصل از تصاویر با قدرت تفکیک بالا مقایسه می‌شود. برای انجام تحقیق حاضر ابتدا داده‌های مورد نیاز که عبارتست از تصاویر باندهای حرارتی مدیس از ماهواره ترا مربوط به منطقه مورد نظر تهیه می‌شود . سپس برای اینکه بتوان برای تهیه نقشه دمای سطحی آب مورد استفاده قرار داد باید بر روی داده‌ها پیش پردازش اعمال شود، دماهای استخراج شده از با ند های حرارتی را نمی‌توان مستقیماً به‌عنوان دمای اجسام سنجش شده قرار داد. این دما متأثر از ضریب گسیلمندی، دمای اجسام، اتمسفر وخطاهای مربوط به سیستم سنجش است. لذا پیش پردازش‌های لازم تصحیح هندسی، رادیومتریکی و اتمسفری بسیار ضروری می‌باشد[۱]. به‌طور کلی تعیین دمای آب شیرین به علت ترکیب طیفی مواد زمینی و آب درون پیکسل مشکلتر از آبهای اقیانوسی می‌باشد. اگر اثرات ترکیب طیفی نادیده گرفته شود خطای غیر قابل قبولی را در تخمین دما خواهیم داشت، پژوهشگرانی اثبات کرده اند که تخمین دماهای زیر پیکسل ممکن است بوسیله تکنیک‌های تحلیل طیفی با حل معادله رادیانس پیکسل مختلط بهبود یابد [۲،۱]

در این تحقیق، اطلاعات پیکسل خالص[1] با کیفیت بالا را با تکنیک‌های جداسازی طیفی برداری جدید ترکیب می‌کنیم. این روش تصاویر مادون قرمز حرارتی با قدرت تفکیک مکانی پایین(یک کیلومتر) را به فراوانی در دسترس عموم برای استفاده در مطالعات لیمونولوژیک دریاچه های باریک و رودخانه‌ها قرار می‌دهد.

مسلم است که چندین الگوریتم معتبر برای جداسازی گسیلمندی و درجه حرارت و همچنین الگوریتم تصحیح اتمسفری برای پیکسلهای خالص وجود دارد. در اینجا از گسیلمندی پیکسل‌های خالص و ارزشهای دمایی ذخیره شده به‌عنوان ورودی در الگوریتم مناسب برای استخراج اطلاعات دمای زیر پیکسل استفاده می‌شود.

با استفاده از داده های مدیس که دارای قدرت تفکیک زمانی روزانه و کوتاه و همچنین قدرت تفکیک مکانی پایین می باشد، تصاویر دمایی با قدرت تفکیک بالاتر در امتداد ساحل و برای پیکسلهای آب خالص تولید شده و در نهایت تصاویر زیر پیکسل نه تنها با تصاویری با قدرت تفکیک مکانی بالاتر استر اخذ شده همزمان با تصاویر مدیس مقایسه می‌شوند بلکه با نقشه‌های حرارتی که از روش پیکسل مبنا[2] تهیه شده مقایسه می‌شود.

۲- محاسبه دمای سطح زمین

داشتن دمای سطح زمین و نقشه پوشش زمینی، ما را در تفسیر و شناسایی رفتار پدیده های زمینی کمک می‌کند. محاسبه این پارامتر از طریق باندهای حرارتی امکان پذیر است. در سنجنده استر/ترا پنج باند حرارتی با قدرت تفکیک ۹۰ متر و قدرت تفکیک رادیومتریک ۱۲بیت (توزیع درجات روشنایی از صفر تا ۴۰۹۶) برای این مهم وجود دارد که این از قابلیتهای ویژه تصاویر این سنجنده می‌باشد. در سنجنده مدیس سه باند برای اندازه‌گیری دمای سطح آب با یک NEΔT در حدود ۰/۲ کلوین در نظر گرفته شده است. اندازه‌گیری دمای آب که شاخص محیطی بسیار مهمی در دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و نهرها است، اهمیت زیادی در مدیریت منابع محیطی ومحیط زیست دارد. برای مطالعه تغییرات اقلیمی، هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و بیوشیمیایی مورد نیاز است. ابزارهای رایج برای اندازه‌گیری دما در دریاچه‌ها و رودخانه‌ها سنجنده‌های هستند که در موقعیتهای خاصی

1 Pure pixel

2 pixel base

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

نصب شده‌اند که تنها دماهای محلی را گزارش می‌کنند. از طرفی دستیابی به یک تعادل مناسب مابین پوشش مکانی و زمانی در اندازه‌گیری دما به وسیله تصاویر مادون قرمز حرارت ماهواره ای می تواند مشکل باشد. سنجنده های ماهواره ای با یک دید مجدد کوتاه غالباً قدرت تفکیک مکانی مناسبی را برای اندازه گیری دمای دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و آبراهه‌ها را فراهم نمی‌کنند. (برای مثال تصاویر حرارتی سنجنده مدیس) همچنین قدرت تفکیک مکانی پایین (یک کیلومتر) برای تهیه‌ی پیکسل خالص دما در توده های آب داخل خشکیها نامناسب است لذا در این تحقیق یک روش برای استخرج دمای زیر پیکسل با استفاده از عوارض برداری آب و تکنیک خلوص طیفی استفاده می‌شود.

الگوریتمهایی متفاوتی برای بدست آوردن دما پیشنهاد شده است که از جمله می‌توان روش تک باندی، روش پنجره مجزا و روش چند زاویه‌ای[1] را نام برد[۶،۸]. در این تحقیق استخراج الگوریتم پنجره مجزا استفاده شده برای بازیابی دما بر اساس الگوریتم پیشنهادی براساس مدل کوین و دیگران[2] (۲۰۰۱) می‌باشد. این الگوریتم فقط به دو پارامتر (گذر جوی و گسیلمندی) نیازمند است وصحت این الگوریتم خیلی بالا ست. [۸]

۳- تئوری استخراج دمای زیر پیکسل

چندین جزء رادیانس سنجنده با رابطه (۱) مدل شده‌اند.

بازتابندگی جزء j ام، $(1-\varepsilon j\lambda)F\lambda d\pi-1$ رادیانس رو به پایین بازتاب شده جزء j ام و $L_{\lambda u}$ رادیانس رو به بالا است.

که ε_{ok} گسیلمندی مؤثر سطح، $B_\lambda(T_0)$ تابع پلانک دمای مؤثر سطح آب است. رادیانس گسیل شده از سطح زمین همیشه ترکیبی از مواد مختلف در حرارت‌ها وگسیلمندی طیفی متفاوت است. درجه تعمیم اجزای پیکسل یا اعضای مرجع به کاربرد و منابع طیفی در دسترس می باشد (برای مثال NEΔT و تعداد کانال‌ها). برای تصاویر مدیس اگرچه سه کانال TIR[3] برای مطالعات زمین وجود دارد (کانال‌های ۳۱،۳۲ و۲۹) محصول MOD11 مادیس فقط برای دو کانال گسیلمندی را تخمین زده است (۳۱ و۳۲) لذا برای مدلسازی رادیانس سنجنده از دو عضو مرجع[4] استفاده می‌شود. به‌منظور ساده سازی روند خلوص طیفی ما فرض می‌کنیم که هر پیکسل ترکیبی از دو جزء آب وخشکی می‌باشد. که بوسیله رابطه زیر مدل شده است.

رابطه (۳)

$$L_{ks} = \tau_k[f_1\varepsilon_{k1}B_k(T_1) + f_2\varepsilon_{k2}B_k(T_2)]$$

در رابطه بالا *fj* فراوانی اجزای[5] *j* ام عضو مرجع در یک پیکسل(*j=[1,2]* برای خشکی وآب) و *k*، کانال مورد نظر است. برای استخراج فراوانی پیکسلهای آب وخشکی نقشه‌ی برداری دریاچه را به رستر تبدیل کرده و برای حل معادله بالا استفاده می‌کنیم. در نهایت با داشتن اطلاعات بالا برای استخراج حرارت زیر پیکسل استفاده می‌کنیم.

۴- استخراج دما با الگوریتم پنجره مجزا از داده‌های استر

الگوریتم پنجره مجزا قبلاً برای بهبود LST[6] برای باندهای ۴و ۵ AVHRR ماهواره نوآ مطرح شده‌است، از این روش برای بازیابی دمای سطح آب دریا با صحت ۷/. کلوین استفاده شده است. عوامل موثر زیادی نظیر: انتخاب روش انتقال رادیانس، ضریب جذب گاز (مخصوصا آب) وضریب پخش که متغییر هستند وجود دارد.

1 Multi Angle Method
2 Qin et al

3 Thermal infra red
4 Endmember
5fraction
6land surface temprature

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

$$L_{ks} = \int_0^{\infty} \phi_{k,\lambda} \left[\tau_\lambda \left(\sum_j^n \varepsilon_{j\lambda} B_\lambda (T_j) + \frac{(1-\varepsilon_{j\lambda}) F_{\lambda d}}{\pi} \right) + L_{\lambda u} \right] d\lambda$$

رابطه (۱)

که L_{KS} رادیانس سنجنده در کانال K است، λ طول موج، Φ_K پاسخ طیفی نرمال شده در باند K $\tau\lambda$ عبور جوی، $\varepsilon_{j\lambda}$ گسیلمندی جزء J ام،$B_\lambda(T_J)$ دمای جزء J ام،$F_{\lambda d}$ رادیانس رو به پایین، (1-εjλ)

اگر فرض کنیم که یک پیکسل همگن باشد رابطه زیر را برای آن در نظر می‌گیریم

$$L_{ks} = \int_0^{\infty} \phi_{k,\lambda} \left[\tau_\lambda \left(\varepsilon_{0\lambda} B_\lambda (T_0) + \frac{(1-\varepsilon_{0\lambda}) F_{\lambda d}}{\pi} \right) + L_{\lambda u} \right] d\lambda$$

رابطه (۲)

اغلب در بعضی الگوریتم های استخراج دما برای محاسبه پارامترهای جوی از مدتران[1]، 6S ،و لوتران[2] استفاده می‌شود. تاکنون، حداقل ۱۸ الگوریتم پنجره مجزا انتشار یافته است. الگوریتم پنجره مجزا می‌تواند بصورت زیر نوشته شود:

$T_S = T_4 + A\,(T_4 - T_5) + B$ رابطه (۴)

T_S = دمای سطح زمین، A,B = مقادیر ثابت در معادله، T_4 , T_5 = دمای درخشندگی برای باندهای ۴و۵ AVHRR به علت تغییرات مکانی - زمانی زیاد در گسیلمندی سطح زمین و بخار آب جو، بدست آوردن دما در سطح زمین به مراتب مشکل تر از محاسبه دمای سطح دریاست. از محاسن روش پنجره مجزا اینست که می‌تواند اثرات جوی را حذف کند زیرا LST به صورت خطی به دمای درخشندگی دو باند حرارتی وابسته است. [۹]

تخمین گسیلمندی سطح زمین و پدیده‌های آن در مقیاس کلی و جهانی برای استفاده در الگوریتم پنجره مجزا خیلی راحت نیست . روشهای چندی برای این موضوع وجود دارد که یکی از این روشها گسیلمندی را به NDVI[3] مرتبط می‌کند [۹].

روش دیگر، گسیلمندی را در ارتباط با اطلاعات پوشش زمین بررسی می‌کند که به هر یک از گونه‌های پوشش زمین، گسیلمندی خاص آن پوشش تعلق می‌گیرد. در واقع خطایی که ناشی از تصحیح گسیلمندی حادث می‌شود، دو برابر بیشتر از خطای ناشی از تصحیح جوی است. یک راه عملی برای تخمین دقیق گسیلمندی طیفی استفاده از تصاویر مادون قرمز حرارتی می‌باشد. برای این کار احتیاج به چندین باند حرارتی است که تصاویر سنجنده‌هایی چون ترا /مدیس و ترا / استر این قابلیت را دارند[۹].

در روش پنجره مجزا از داده‌های ۲ باند حرارتی برای تعیین دمای سطح استفاده می‌شود با توجه به ضرایبی که با داده‌های سنجنده کالیبره شده‌اند، روابط تعریف شده‌ای وجود دارد که باید با توجه به آنها دمای سطح را محاسبه کرد. روش پنجره مجزا نیاز به قابلیت عبور جوی شار تابشی دارد[۹]

برای استفاده از روش پنجره مجزا در سنجنده استر به داده‌های حرارتی باند ۱۳ و ۱۴ که با قدرت تفکیک رادیومتری ۱۲ بیتی برداشت می‌شود، نیاز است و مراحل زیر بایستی انجام شود.

۱.محاسبه تابش طیفی رسیده به سنجنده $W/M2.sr.\mu$ بر حسب با استفاده از داده‌های استر سطح B۱ برای هر دو باند ۱۳ و ۱۴ که به کمک رابطه انجام می‌شود.

رابطه (۵)

$L13 = (DN13 - 1) \,.\, 0.005693$, W/m2.sr. mμ

رابطه (۶)

$L14 = (DN14 - 1) \,.\, 0.005225$, W/m2.sr. mμ

1 MODTRAN
2 LOWTRAN
3 Normalized Difference Vegetation Index

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

۲.محاسبه دمای درخشندگی برای هر دو باند ۱۳ و ۱۴ طبق رابطه

رابطه (۷)

$$T13=\frac{C_2}{\left(0.0000106\cdot\ln\left(\frac{C_1}{0.0000106^5\cdot L_{13}\cdot 10^6}+1\right)\right)}$$

رابطه (۸)

$$T14=\frac{C_2}{\left(0.0000113\cdot\ln\left(\frac{C_1}{0.0000113^5\cdot L_{14}\cdot 10^6}+1\right)\right)}$$

که ضرایب *C1,C2* به صورت زیر تعریف می‌شوند

رابطه (۹)

$C1 = 1.19104356.\ 10\text{-}16$ (wm2)

رابطه (۱۰)

$C2 = 1.43876869.\ 10\text{-}2$ (wK)

۳. محاسبه مقادیر A13, B13, C13,D13, A14,B14, C14,D14

مقادیر محاسبه شده برای *T13, T14* را در روابط زیر وارد کرده تا ضرایب A13, B13, C13,D13, A14,B14, C14,D14 حاصل شود.a_{13} , b_{13} , a_{14} , b_{14} ضرائب ثابتی هستند که مقادیر آنها در زیر آورده شده است.

رابطه (۱۱)

$A13 = a_{13}\ .\ \varepsilon_{13}.\tau_{13}$
$B13= a_{13}.\ T_{13} + b_{13}\ .\varepsilon_{13}\ .\ \tau_{13} - b_{13}$
$C13 = (1\text{-}\tau_{13}).\ [1+(1\text{-}\varepsilon_{13}).\tau_{13}].a_{13}$
$D13 = (1\text{-}\tau_{13}).\ [1+(1\text{-}\varepsilon_{13}).\tau_{13}].b_{13}$

رابطه (۱۲)

$A14 = a_{14}\ .\ \varepsilon_{14}\ .\tau_{14}$
$B14= a_{14}.\ T_{14} + b_{14}\ .\varepsilon_{14}\ .\ \tau_{14} - b_{14}$
$C14 = (1\text{-}\tau_{14}).\ [1+(1\text{-}\varepsilon_{14}).\tau_{14}].a_{14}$
$D14 = (1\text{-}\tau_{14}).\ [1+(1\text{-}\varepsilon_{14}).\tau_{14}].b_{14}$

مقادیر ثابتهای a13,b13 ,a14 ,b 14 به صورت زیر می‌باشند.

a_{13}=*0.146162*
b_{13}= 33.428610
a_{14}=*0.132836*
b_{14}=30.219316

۴. با محاسبه ضرائب رابطه ۱۲ وداشتن رابطه ۱۳ می‌توان دمای سطح T_S را محاسبه کرد.

رابطه (۱۳)

$$TS=\frac{[\,C_{14}.(B_{13}+D_{13})-C_{13}.(D_{14}+B_{1}}{(C_{14}.A_{13}-C_{13}.A_{14})}$$

سایر مقادیر مورد نیاز برای محاسبه دمای سطحی شامل گسیلمندی و قابلیت عبور جو می باشد. در مورد گسیلمندی از آنجایی که هدف ما تخمین دمای سطح دریاچه است و گسیلمندی آب در باندهای مختلف متفاوت است از میانگین گسیلمندی آب در باند ۱۳ و۱۴ استفاده کردیم و ۹۹/. برای تمام تصویر در نظر گرفته شد. قابلیت عبور جو با استفاده از روابط بدست آمده از نرم افزار مدتران-۴ برای مدل جوی تابستانهای عرضهای میانه با میزان فشار بخار آب ۱/۷ گرم بر سانتیمتر مربع با رابطه:

رابطه (۱۴)

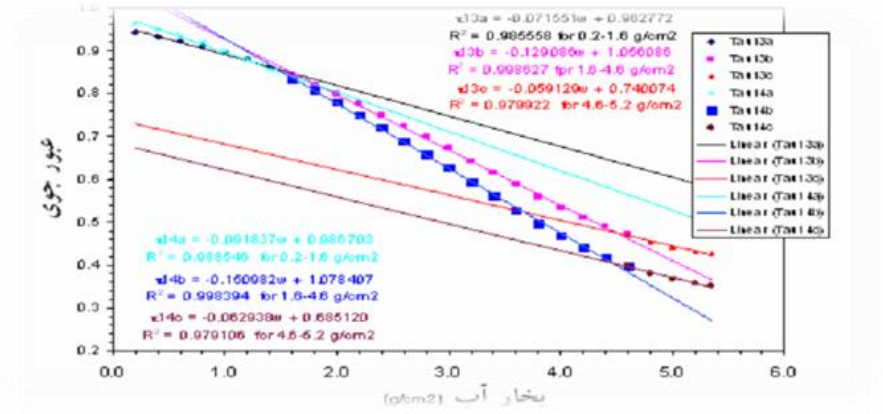
τ13= -0.129086W + 1.056086

رابطه (۱۵)

τ14 = -0.150892W +1.078407

محاسبه شد و مقادیر τ_{13} = .8366398 و τ_{14}= 8217376. بدست آمده در دو باند۱۳و۱۴ وارد مدل گردید. به‌طور کلی، پارمترهای محاسبه شده برای ورود به این مدل شامل دمای درخشندگی، قابلیت عبور جو و گسیلمندی می‌باشد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]



شکل ۱: نمودار میزان قابلیت عبور جو برای مقادیر مختلف بخار آب جو

۵- استخراج دما با الگوریتم پنجره مجزا از داده‌های مدیس

برای استفاده از روش پنجره مجزا در سنجنده مدیس به داده‌های حرارتی باند ۳۱ و ۳۲ که با قدرت تفکیک رادیومتری ۱۲ بیتی برداشت می شود، نیاز است و مراحل زیر بایستی انجام شود. [۱۰]

رابطه (۱۶)

$$B_{31}(T_{31}) = \tau_{31}(\theta)\varepsilon_{31}B_{31}(T_S) + \left[1-\tau_{31}(\theta)\right]\left[1+(1-\varepsilon_{31})\tau_{31}(\theta)\right]B_{31}(T_a)$$

$$B_{32}(T_{32}) = \tau_{32}(\theta)\varepsilon_{32}B_{32}(T_S) + \left[1-\tau_{32}(\theta)\right]\left[1+(1-\varepsilon_{32})\tau_{32}(\theta)\right]B_{32}(T_a)$$

برای اینکه معادله را حل کنیم بایستی آنرا ساده کنیم. در این تحقیق ما از روش مطرح شده توسط ک-ماو و دیگران برای ساده سازی تابع پلانک استفاده می‌کنیم. ما از رابطه ۱۷ به جای تابع پلانک بالا استفاده می‌کنیم، سپس:

رابطه (۱۷)

$$B_{31}(T) = 0.13787T_{31} - 31.65677,\ B_{32}(T) = 0.11849T_{32} - 26.50036$$

$$0.13787\varepsilon_{31}\tau_{31}T_S = 0.13787T_{31} + 31.65677\varepsilon_{31}\tau_{31} - (1-\tau_{31})\left[1+(1-\varepsilon_{31})\tau_{31}\right](0.13787T_a - 31.65677) - 31.65677$$

$$0.11849\varepsilon_{32}\tau_{32}T_S = 0.11849T_{32} + 26.50036\varepsilon_{32}\tau_{32} - (1-\tau_{32})\left[1+(1-\varepsilon_{32})\tau_{32}\right](0.11849T_a - 26.50036) - 26.50036$$

برای راحتی محاسبه، ضرایب معادله مذکور را می‌توان به صورت زیر نوشت:

روابط (۱۸ و ۱۹)

$$A_{31} = 0.13787\varepsilon_{31}\tau_{31}$$
$$B_{31} = 0.13787T_{31} + 31.65677\varepsilon_{31}\tau_{31} - 31.65677$$
$$C_{31} = (1-\tau_{31})(1+(1-\varepsilon_{31})\tau_{31})0.13787$$
$$D_{31} = (1-\tau_{31})(1+(1-\varepsilon_{31})\tau_{31})31.65677$$
$$A_{32} = 0.11849\varepsilon_{32}\tau_{32}$$
$$B_{32} = 0.11849T_{32} + 26.50036\varepsilon_{32}\tau_{32} - 26.50036$$
$$C_{32} = (1-\tau_{32})(1+(1-\varepsilon_{32})\tau_{32})0.11849$$
$$D_{32} = (1-\tau_{32})(1+(1-\varepsilon_{32})\tau_{32})26.50036$$

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

رابطه (۲۰)

$$T_S = \left(C_{32}\left(B_{31}+D_{31}\right)-C_{31}\left(D_{32}+B_{32}\right)\right)/\left(C_{32}A_{31}-C_{31}A_{32}\right)$$

با محاسبه ضرائب رابطه(۱۸) ورابطه(۱۹) و داشتن رابطه (۲۰) می‌توان دمای سطح T_S را محاسبه کرد. [۱۰]. سایر مقادیر مورد نیاز برای محاسبه دمای سطحی شامل گسیلمندی و قابلیت عبور جو می‌باشد. در مورد گسیلمندی از آنجایی که هدف ما تخمین دمای سطح دریاچه است و در روش پنجره مجزا از دو باند برای استخراج دما استفاده می شود گسیلمندی آب را برای باند ۳۱و۳۲ به ترتیب ۹۹۱/. و ۹۸۶/. در نظر گرفته شده است.

قابلیت عبور جو با استفاده از روابط بدست آمده از نرم‌افزار مدتران-۴ برای مدل جوی تابستانهای عرضهای میانه با میزان فشار بخار آب ۱/۷ گرم بر سانتیمتر مربع با رابطه:

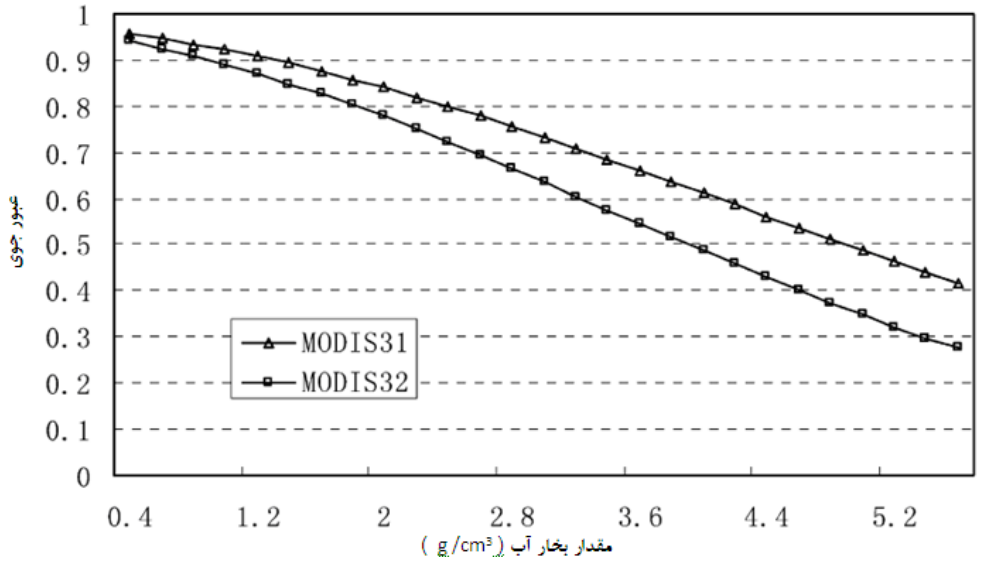
رابطه (۲۱)

$$\tau 31 = 2.89798 - 1.88366\, e^{-(w/-21.22704)}$$

رابطه (۲۲)

$$\tau 32 = -3.59289 + 4.60414\, e^{(w/-32.70639)}$$

محاسبه شد و مقادیر ۰/۸۵۷۲۳۶۹ =τ31 و۰/۷۷۸۰۵۸ =τ32 بدست آمده در دو باند۳۱و۳۲ وارد مدل گردید.به طور کلی، پارمترهای محاسبه شده برای ورود به این مدل شامل دمای درخشندگی، قابلیت عبور جو و گسیلمندی می‌باشد.



شکل ۲: نمودار میزان قابلیت عبور جوبرای مقادیر مختلف بخار آب جو

۶- موقعیت جغرافیایی

دریاچه ارومیه با وسعت متوسط حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع و در تراز متوسط ۱۲۷۵/۶ متر نسبت به سطح دریاهای آزاد با عمق متوسط حدود ۶ متر در شمال غربی کشور واقع شده است. دریاچه ارومیه دارای شکلی مستطیلی و شمالی- جنوبی می‌باشد. طول دریاچه در حدود ۱۴۰ کیلومتر و عرض متوسط آن در حدود ۴۰ کیلومتر می‌باشد. حوضه آبریز دریاچه ارومیه بین عرض‌های جغرافیائی ۳۵/۴۰ تا ۳۸/۳۰ درجه شمالی قرار دارد.

با توجه به اینکه تصاویر استر مورد استفاده در این تحقیق از نوع *سطح ب-۱* [1] می‌باشند ضروریست در این زمینه توضیحی داده شود. داده های *سطح ب-۱* در واقع همان داده‌های *سطح الف-۱* [2] می‌باشند که ضرایب و تصحیحات رادیومتریکی و هندسی بر روی

1 level 1B
2 level 1A

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

آنها اعمال شده است. بطور کلی می‌توان گفت استر به‌عنوان یک ارتقاء دهنده برای دیگر سنجنده‌های قرار گرفته بر روی ماهواره ترا می‌باشد که بویژه جهت آشکارسازی تغییرات، مطالعات کالیبراسیون و روایی نتایج اهمیت ویژه ای دارد. [۸]

تصویر مدیس مورد استفاده همزمان با تصویر استر از منطقه مورد مطالعه در تاریخ ۲۰۰۱/۷/۲۵ اخذ شده است. به خاطر پوشش گسترده تصویر مدیس که هر تصویر آن نه تنها کشور ایران بلکه تعدادی از کشورهای همسایه را در بر می‌گیرد ابتدا با به کارگیری تصویر استر در محیط نرم‌افزاری اردس ۸.۷[1] از منطقه مورد نظر ماسک گرفته شد، سپس تصویر استر مورد استفاده به جهت آن‌که از نوع سطح ب-۱ می‌باشد بر اساس ویژگیهای این سطح خود دارای سیستم مختصات می‌باشد که با توجه به مشخصات تصویر که در هدر[2] موجود است این تصاویر برای استفاده احتیاج به یک چرخش دارند که میزان این چرخش 8.201408 بود که توسط نرم‌افزار ان وی ۴.۳[3] این چرخش با استفاده از روش بازنویسی نزدیکترین همسایه اعمال گردید و تصویر زمین مرجع شد.

۷- استخراج دمای زیر پیکسل تصویر مدیس

در این تحقیق برای بدست آوردن دمای سطح آب زیر پیکسل تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک پایین از عوارض برداری دریاچه ارومیه استفاده شده است. رادیانسی که از یک پیکسل به سنجنده می‌رسد از مواد مختلفی تشکیل شده است که در این تحقیق ما اثرات این مواد را در حرارت نهایی بدست آمده بررسی کردیم و سهم حرارت هر جزء تشکیل دهنده پیکسل را دخیل و در نهایت دمای زیر پیکسل مدیس را بدست آوردیم، در زیر مراحل کار را بیان می‌کنیم.

۷-۱- عوارض برداری[4] دریاچه ارومیه

فنآوری دور سنجی به‌عنوان یک روش مقرون به صرفه جهت اخذ داده‌های مورد نیاز در زمان لازم نقش مهمی را ایفا می‌نماید. تصاویر اپتیکی در میان داده‌های دور سنجی دارای مزایای فراوانی است که تفسیر آسان و در دسترس بودن بیشتر از آن جمله‌اند. به‌همین علت اکثر تحقیقات در خصوص استخراج خط ساحلی با استفاده از تصاویر اپتیکی صورت می‌گیرد. از طرف دیگر مشخص‌های طیفی آب به گونه‌ایست که در باندهای مادون قرمز انعکاسی نسبت به باندهای مرئی تفاوت بارزی وجود دارد. وجود ذرات معلق در آب و گل آلودگی آب در مناطق ساحلی نیز یافتن خط ساحلی با استفاده از تنها یک باند را مشکل می‌سازد. به این منظور ما برای بدست آوردن خط ساحلی از روش رقومی کردن خطوط ساحلی و مرز بین آب و خشکی به صورت بصری استفاده تا دقت جداسازی مرز آب وخشکی را بالا ببریم. برای این امر از ترکیب طیفی RGB باندهای مرئی تصویر استر که همزمان با تصویر مدیس می‌باشد استفاده کردیم. نقشه خط ساحلی را به منظور استخراج فراوانی سهم هر جزء پیکسل (آب و خشکی) به سلول[5] تبدیل کردیم. [۱۱]

سه روش برای تعیین فراوانی اجزای تصویر وجود دارد.

۱- اجرای آنالیز ترکیب طیفی روی داده های رادیانس

۲- طبقه بندی همزمان داده های *VNIR* با قدرت تفکیک بالا همانند آب و خشکی و تبدیل به فضای قدرت تفکیک پایین

۳- تعیین جزء پیکسل از عوارض آب بردار شده

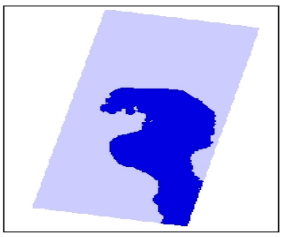
به دلایل زیر روش عوارض آب بردارشده انتخاب شد :

این روش حتی هنگامی که مواد دارای دمای متفاوت هستند قوی و مؤثر است و همچنین محدودیتی در مورد زمان تصویر برداری ندارد و می‌توانیم از تصاویر روزانه و هم تصاویر شبانه استفاده کنیم.

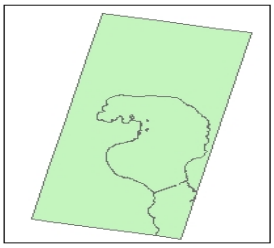
1 ERDAS IMAGINE 8.7
2 Header
3 ENVI 4.3

4 vector
5 raster

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]



الف

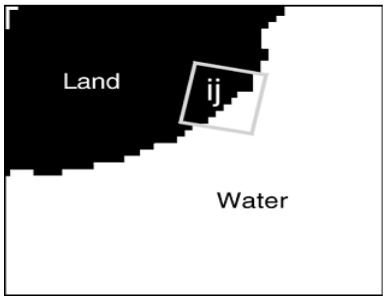


ب

شکل (۳): الف - بردارخط ساحلی سلولی شده
ب- بردار تهیه شده از خط ساحلی

یک ضرورت مهم برای استفاده از روش عوارض آبی بردار شده این است که نیاز به زمین مرجع کردن دقیق دارد. هنگامیکه فراوانی اجزای تصویر را در عوارض آب بردار شده دریاچه بدست آمد آنگاه مراحل بعدی استخراج گسیلمندی و دمای خالص پیکسل می‌باشد.

برای محاسبه دمای پیکسل‌های ناخالص تصویر مدیس به سهم اجزای تشکیل دهنده پیکسلها نیازمند هستیم که عدم دقت تصحیح هندسی تصاویر مدیس باعث بدست آمدن دقت پایین در سهم جزء هر پیکسل (آب و خشکی) می‌شود. برای استخراج فراوانی اجزای پیکسل لازم است مراحلی را انجام داد، نخست بایستی تصویر با قدرت تفکیک پایین (مدیس) را به‌طور دقیق در فضای با قدرت تفکیک بالا زمین مرجع نمود سپس بر اساس داده‌های برداری سلولی شده هر جزء پیکسل (آب و خشکی) را در پیکسل با قدرت تفکیک پایین (مدیس) بدست آورد و با شمارش تعداد پیکسلهای آب و خشکی در تصویر با قدرت تفکیک بالا در فضای پیکسل با قدرت تفکیک پایین و تقسیم بر تعداد کل پیکسل خشکی وآب موجود در پیکسل با قدرت تفکیک پایین فراوانی هر جزء پیکسل را به‌دست آورد. [۱۲] برای این امر با استفاده از بردار تهیه شده از ساحل و جزایر دریاچه و تبدیل آن به سلول، تعداد پیکسل‌های هر سهم بردار سلول شده را در هر پیکسل تصویر مدیس با ابعاد (۱۰۰۰*۱۰۰۰ متر) بدست آمد و با شمارش تعداد هر جزء در پیکسل مدیس و تقسیم بر تعداد کل پیکسلهای دو جزء تصویر (آب و خشکی)، فراوانی هر کدام در پیکسل مدیس بدست آمد. در هر پیکسل با قدرت تفکیک پایین (مدیس) که دارای ابعاد هزار متری می باشد، تعداد ۴۴۴۵ پیکسل با قدرت تفکیک بالا با ابعاد ۱۵ متری قرار می‌گیرد. در نهایت از این اطلاعات برای استخراج دما در زیر پیکسل استفاده می‌شود.



الف



ب

شکل (۴): الف) داده های برداری سلولی شده
ب) تصویر رادیا نس مدیس

۷-۲- دمای پیکسل مبنای باندهای حرارتی مدیس

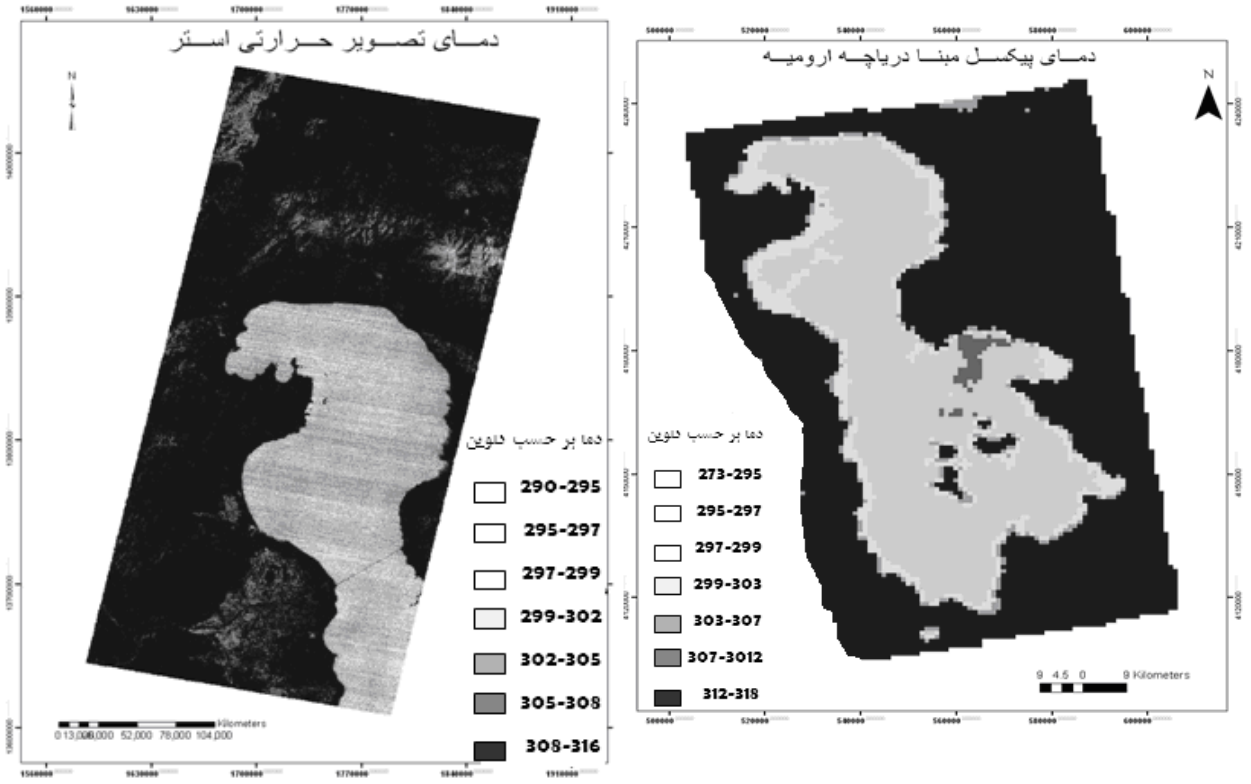
برای محاسبه دمای پیکسل مبنا از الگوریتم پنجره مجزا پیشنهادی توسط مائو[1] استفاده کردیم[۱۰].

1Mao

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

روش پیکسل مبنا در تصاویر با قدرت تفکیک پایین دما را برای تمام اجزاء موجود در پیکسل، بدون در نظر گرفتن سهم هر کدام از اجزاء پیکسل وگسیلمندی خاص آن مواد بدست می‌آید که این خود سبب دوری از دمای واقعی در نقشه دمایی حاصل می‌شود، در تصویر زیر پراکندگی دما در تمام دریاچه قابل مشاهده است. در شرق دریاچه پایین ترین دمای دریاچه وجود دارد که علت آن ورود آب رودخانه آجی چای به دریاچه می‌باشد. در تصویر حاصله حرارت ناشی از ساخت وسازهای پل شهید کلانتری در پیکسل مخلوط شده است و مستقیماً قابل مشاهده نیست اما در تصویر حرارتی استرکاملاً مشهود می‌باشد، شمال غربی دریاچه بیشترین عمق را دارا می‌باشد که در دمای سطح آب اثر گذاشته و نسبت به متوسط دمای دریاچه ۷۳/ درجه سانتیگراد خنک‌تر می‌باشد. در جنوب دریاچه به علت شیب کم زمین و عمق کم آب دمای بیشتری مشاهده شد. دمای جزایری که ابعاد کمتر از یک کیلومتر در یک کیلومتر دارند با آب اطراف آن مخلوط شده و دمای آب را افزایش داده‌اند که در روش زیر پیکسل ما این اختلاط را کاهش داده‌ایم. در زیر نقشه دمایی مدیس قابل مشاهده است.



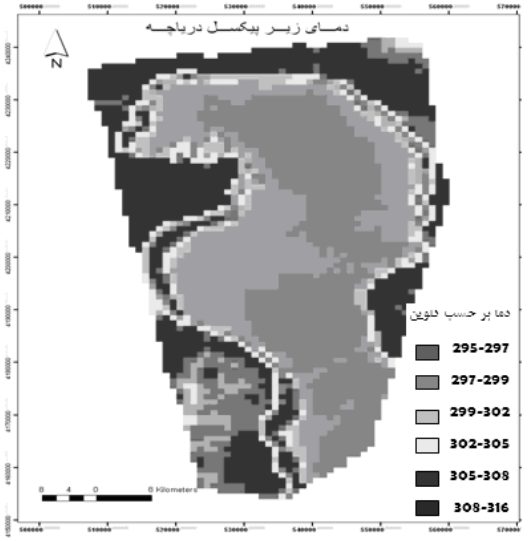
شکل (۵): دمای پیکسل مبنای تصاویر MODIS و ASTER دریاچه ارومیه

۷-۳- دمای زیر پیکسل باندهای حرارتی مدیس

در بدست آوردن دمای زیر پیکسل اثر اجزای درون پیکسل، گسیلمندی خاص هر ماده ودمای خالص آب وخشکی لحاظ شد تا بتوان دما را بطور مطلوب تر در تصاویر با قدرت تفکیک پایین بدست آوریم، به‌عنوان مثال اثر گذرگاه شهید کلانتری در شکل (۵) قابل مشاهده نیست اما می‌بینم که این اثر با اعمال روش زیر پیکسل در شکل زیر محسوس می‌باشد، در ادامه برای بررسی بهبود دمای زیر پیکسل،

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

تصاویر حاصله را با هم مقایسه می‌کنیم.



شکل (۶): دمای زیر پیکسل تصویر MODIS دریاچه ارومیه

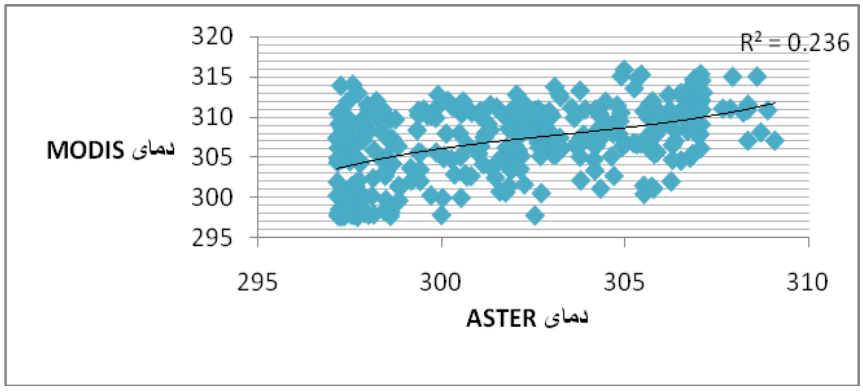
۸- نتیجه گیری

اندازه‌گیری دمای زمین متناسب با مقیاس پیکسل‌های تصویر مدیس (یک کیلومتر در یک کیلومتر) بسیار مشکل می‌باشد چون دما از نقطه به نقطه‌ی دیگر تغییر می‌کند در حالیکه در اندازه‌گیری زمینی، دمای یک نقطه به نقاط دیگر تعمیم داده می‌شود لذا از دقت واقعی برخوردار نمی‌باشد و از طرفی به خاطر عدم وجود دما در تمام ایستگاههای موجود در دریاچه در تاریخ مورد نظر، نمی‌توان از اندازه‌گیرهای زمینی دما برای ارزیابی نتایج استفاده کنیم. لذا برای برآورد دقت نتایج، از داده‌های استخراج شده دمای حاصل از تصویر استر که همزمان با تصویر مدیس منطقه است استفاده شد زیرا پیکسلهای استر محدوده ۹۰*۹۰ متر را ثبت می‌کند در حالیکه پیکسلهای مدیس محدوده ۱۰۰۰*۱۰۰۰ متر را برداشت می‌کند پس می‌توان گفت که استخراج دما از پیکسلهای با قدرت تفکیک بالا بدلیل خلوص بیشتر از پیکسلهای با قدرت تفکیک پایین مکانی دقیق‌تر می‌باشد.

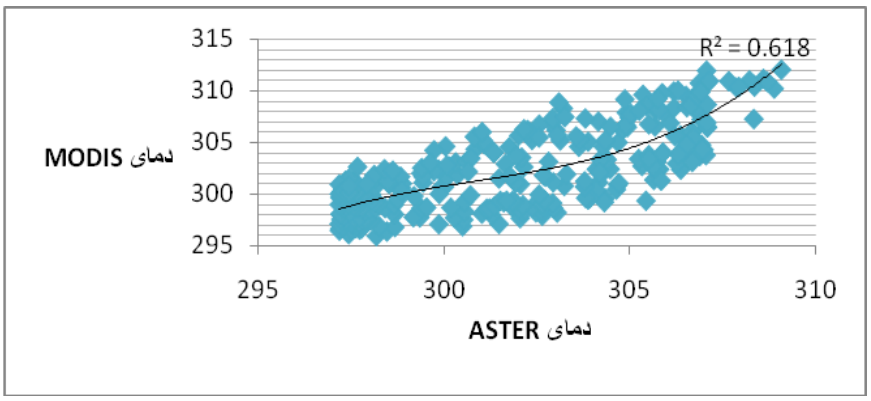
هدف این تحقیق بررسی دمای زیر پیکسل بوده لذا دمای زیر پیکسل سنجنده مدیس با دمای حاصل از تصویر حرارتی استر مقایسه شد. میانگین دما در تصویر زیر پیکسل مدیس در پیکسلهای ناخالص جزایر و ساحل دریاچه برابر ۲۹/۹۳ درجه سانتیگراد می‌باشد در صورتیکه این میانگین در تصویر دمایی استر برابر با ۲۹/۳۵ درجه سانتیگراد است. میانگین دمای پیکسل مبنای مناطق موردنظر در تصویر استر برابر با ۳۳/۸۷ درجه سانتیگراد می‌باشد. پس می‌توان گفت که خطای میانگین دمای زیر پیکسل تصویر مدیس و استر برابر با ۵۸/ درجه سانتیگراد است، اما میانگین این خطا بین دمای پیکسل مبنای تصویر مدیس و استر برابر ۴/۵۳ درجه سانتیگراد می‌باشد. مشاهده می‌شود که خطای دمای پیکسل مبنا در روش زیر پیکسل ۳/۹۵ درجه سانتیگراد بهبود یافته و به دمای واقعی منطقه نزدیک شده است. از طرفی ضریب تعیین بین داده‌های دمایی استر و زیر پیکسل مدیس برابر ۶۸ درصد می‌باشد که این نشان می‌دهد که متغییر وابسته که همان دمای زیر پیکسل است همبستگی نزدیک به ۸۳ درصد با متغییر مستقل (دمای حاصل از تصویر استر) دارد در صورتیکه این ضریب بین دمای پیکسل مبنای مدیس و استر برابر ۳۲/۶ درصد می‌باشد که همبستگی ۵۴ درصدی با متغییر مستقل (دمای حاصل از تصویر استر) را دارا است، علت این بهبود تخمین دما، برآورد سهم هر پیکسل و گسیلمندی خاص هر ماده داخل پیکسل می‌باشد. در زیر نمودار ضریب تعیین برای دماهای بدست آمده از تصاویر حرارتی آورده شده است که نشان دهنده این امر نیز می‌باشد که هر چه از سهم آب در پیکسل بیشتر باشد دماهای زیر پیکسل نسبت به استر صحت بیشتری را داراست.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]



شکل (۷): نمودار ضریب تعیین بین دمای پیکسل مبنا برحسب کلوین MODIS و ASTER



شکل (۸): نمودار ضریب تعیین بین دمای زیر پیکسل برحسب کلوین MODIS و ASTER

۹- مراجع

[1] Kay, J. E., Kampf, S. K., Handcock, R. N., Cherkauer, K. A., Gillespie, A. R., &Burges, S. J. (2005). Accuracy of lake and stream temperatures determined From atmospherically corrected thermal-infrared imagery. Journal of the American Water Resource Association, 41, 1161−1175.

[2] Szymanski, J. J., Borel, C. C., Harberger, Q. O., Smolarkiewicz, P., & Theiler, J. P. (1999). Subpixel temperature retrieval with multispectral sensors. SPIE, Vol. 3717.(pp. 38−46) Orlando, FL, USA: Algorithms for Multispectral and Hyperspectral Imagery

[3] Gowda, H., Manikiam, H. and Chandrasekhar, M.G. 1993. Remote sensing for marin fisheries development in INDIA. Journal of Remote sensing of Environment 1375–1405

[4] Sur, H. and Ozsoy, E. and Ibrayer, R2000.Satellite derived flow characteristic of the Caspian sea in: satellite oceanography and society. Vol 16, pp:294-312

[5] Oesch, D., Hauser, A. and Wunderle, S. 2003. Operational mapping of lake surface temperature in the Alps using NOAA-AVHRR data: intercompasion of different lakes. Remote sensing research group, Department of Geography, university of Bern, Switzerland.

[6] Zobeiri.M and Majd.A,1999, fundamental remote sensing and with application to natural resources, Tehran university press.

[7] Karimi.M, 2001, using images AVHRR in Preparation map temperature in SST to Gulf Persian, MS Tarbiat modares

[8] Qin Z. & Karnieli A. & Berliner P. (2001). A Mono-Window Algorithm For Retrieving Land Surface Temperature From Landsat TM Data And ItsApplication To The Israel-Egypt Border Region. International Journal Of Remote Sensing, Vol 22, No 18, Page

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

3719–3746.

[9] Liang, S. (2001). An optimization algorithm for separating land surface temperature and emissivity from multispectral thermal infrared imagery. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39(2), 264−274.

[10] K. Mao, Z. Qin, J. Shi, and P. Gong, 2005, A practical split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from MODIS data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 26, No. 15, 3181–3204

[11] Jupp, D.L.B., 1988, "Background and extensions to depth of penetration (DOP) mapping in shallow coastal waters ". Proceeding of the symposium on remote sensing of coastal zone,Gold Coast, Queensland, September 1988, IV.2.1-IV.2.19.

[12] Gabriel I.sentlinger, Simon J. Hook(2008), Sub-pixel water temperature estimation from thermal-infrared imagery using vectorized lake features. Remote Sensing of Environment 112 1678–1688

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.1, No.4, Spring 2014

Subpixel water temperature estimation of Urmia lake using un mixing approach of thermal infrared satellite images

Parvize ziaeean*[1], Manochere Faragzadeh[2], Ali Jafare mosivand[3], Mahmood omidali[4]

1. Associate professor kharazmi university
2. Associate professor tarbiat modares university
3. Dr.student,Delft industrial university, netherlands
4. Postgraduate tarbiat modares university

Abstract

Measuring water temperature is an important environmental index in order to study narrow channels, rivers, and lakes. Also, it has important role in environmental and water resources management. Although high resolution data can provide better estimation of surface water temperature, but due to their low temporal resolution, they have less applicability. In contrast, low spatial resolution data like Modis images, due to their high temporal resolution (several times a day), is more suitable for estimating parameters of dynamic phenomenon such as water temperature. In order to use low resolution images, a sub-pixel unmixing technique was developed and tried on Urmia lake waters. This approach leads an improvement in accuracy of water temperature maps derived from vectors water features. After derivation of each image fractions for water and land and calculation of emissivity of each fraction, water temperature was estimated using Split Window algorithm. Then temperature water sub-pixel was compared to the temperature map obtained from ASTER thermal bands. Standard error between the images was estimated to be 0.58 centigrade, which is a favorable result.

Key words: Water temperature, MODIS, ASTER, Pixel-base, Sub-pixel

Correspondence Address: Department of Geography kharazmi University Mofateh Ave. Tehran, Iran. Tel: +98 9123903621
Email: .emails:rsgis1000@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.75]