

## تخمین دمای سطح زمین با استفاده از شاخص اختلاف نرمال شده (NDVI) در تصاویر سنجنده‌های

### Landsat ETM+ و MODIS

عباس کاویانی<sup>۱\*</sup>، تیمور سهرابی<sup>۲</sup>، پیمان دانش کارآراسته<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۲۶

#### چکیده

دمای سطح زمین از جمله مهم‌ترین عواملی است که در تخمین بسیاری از پارامترهای هیدرولوژیکی در سطح حوزه آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر با حضور باندهای حرارتی در سنجنده‌ها قابل اندازه‌گیری است. این تحقیق با استفاده از تصاویر سنجنده‌های ETM+ و MODIS در اراضی پایین‌دست شبکه آبیاری دشت قزوین انجام گرفت. در این تحقیق چهار سناریو پیشنهاد گردید و نتایج با استفاده از داده‌های لایسیتتر حجمی موجود در منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در صورتی که پیکره‌های آبی از تصاویر ماهواره‌ای حذف گردد، یک رابطه معکوس بین شاخص گیاهی NDVI و دمای سطح در هر دو سنجنده ETM+ و MODIS مشاهده می‌گردد. با وجودی که رابطه غیرخطی انطباق بهتری را نسبت به رابطه خطی تولید می‌نماید ولی این اختلاف فاحش نیست. کاربرد روش تجمیع ساده نسبت به روش تجمیع با استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین همسایه نتایج قابل قبولی را تولید می‌نماید. از میان سناریوهای پیشنهادی، تفکیک اولیه اراضی و اعمال الگوریتم پیشنهادی در اراضی با کاربری پوشش گیاهی بهترین انطباق را بین داده‌های دمای سطح زمین و شاخص گیاهی NDVI تولید می‌نماید.

**واژه‌های کلیدی:** دمای سطح زمین، شاخص گیاهی NDVI، تجمیع، MODIS، Landsat ETM+.

#### مقدمه

ساده خطی، چندمتغیره خطی و غیرخطی را برای برآورد دمای ماکزیمم روزانه هوا در حوزه مطالعاتی آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از ۳۲ تصویر ماهواره نوا مورد ارزیابی و مقایسه قرار دادند. نتایج بررسی این محققین نشان داد که مدل همبستگی چند متغیره غیرخطی با ریشه میانگین مربعات خطا ۱/۵۷ و میانگین خطای مطلق (MAE 3/1) درجه بیشترین دقت را در برآورد ماکزیمم دمای روزانه هوا دارد. میریعقوب‌زاده و قنبرپور (۱۳۸۸) نیز به منظور برآورد دمای سطح با استفاده از الگوریتم SEBAL، تصاویر سنجنده ETM+ در حوزه آبخیز وردین از توابع شهرستان اهر در آذربایجان شرقی را مورد مطالعه قرار دادند. ارزیابی نتایج محاسبه دما توسط الگوریتم SEBAL با نتایج حاصل از دمای

دمای سطح زمین تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که به مقدار انرژی رسیده به سطح زمین، گسیلندگی سطح، رطوبت و جریان هوای اتمسفر بستگی دارد. دمای سطح زمین را می‌توان از تابش مادون قرمز ساطع شده از سطح زمین و با معادله معکوس استفان-بولتزمن برآورد نمود (رویتز و همکاران، ۱۹۹۴). رحیمی خوب و همکاران (۱۳۸۳) سه مدل همبستگی

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

(\* نویسنده مسئول: Abbass\_kaviani@yahoo.com)

<sup>۲</sup> استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران، کرج

<sup>۳</sup> دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

ثبت شده نشان داد که اختلاف بین دمای محاسباتی و مشاهداتی اندک بوده و دمای سطح برآورد شده از دورسنجی از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشد.

هرب و همکاران (۲۰۰۸) طی تحقیقی در سه منطقه مختلف در آمریکا دمای سطح زمین با کاربری های مختلف را با استفاده از شار گرمایی استخراج نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تعیین دمای سطح خاک لخت از دقت کمتری نسبت به اراضی دارای پوشش گیاهی برخوردار می‌باشد.

تصاویر سنجنده MODIS با ابعاد یک کیلومتر که مساحتی حدود ۱۰۰ هکتار را پوشش می‌دهد در روند محاسبه تبخیر و تعرق، پیش‌بینی خشکسالی، تخمین رطوبت سطح خاک و ... بصورت عمده مورد استفاده قرار می‌گیرند. (۵، ۱۳ و ۱۷) از سوی دیگر تصاویر سنجنده Landsat ETM+ دارای سلول‌هایی با توان تفکیک زمینی ۶۰ متر در باندهای حرارتی هستند هر ۱۶ روز یکبار تصویر از یک نقطه در اختیار کاربران قرار می‌دهند. کوچک بودن ابعاد سلول‌ها که باعث می‌شود مزارع کشاورزی بوضوح در تصاویر رویت گردد از یک سو و دارا بودن باند حرارتی از سوی دیگر باعث گردید تا از سال ۱۹۸۲، تصاویر این سنجنده در تحقیقات بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود پایین بودن قدرت تفکیک زمانی این سنجنده باعث شده تا فعالیت محققان را با اشکال مواجه نماید. علاوه بر آن از سال ۲۰۰۱ بدلیل بروز اختلال در سنجنده Landsat ETM+، سین‌های تصاویر آن در اکثر موارد برای محققان قابل استفاده نبوده و لذا عملاً امکان استفاده از این سنجنده از سال ۲۰۰۱ در سطح حوزه‌های آبریز در اکثر نقاط جهان و ایران با محدودیت مواجه شده است (۲). لذا تصاویر سنجنده Landsat ETM+ که به سهولت و بصورت رایگان در اختیار کاربران بود از دسترس خارج گردید. همچنین توان تفکیک زمینی تصاویر سنجنده‌هایی همچون MODIS که در حال حاضر بصورت رایگان و راحت در اختیار می‌باشد، بسیار پایین است (ابعاد سلول‌های در باندهای طیفی مادون قرمز حرارتی ۱۰۰۰ متر است). لذا هدف استخراج تصاویر با توان تفکیک زمینی بالا از تصاویر با توان تفکیک زمانی بالا و توان تفکیک زمینی پایین مورد توجه قرار گرفت.

تحقیقات وسیعی در خصوص پیدا کردن یک ارتباط منطقی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین صورت گرفته است و در نهایت نشان داده شده است که یک ارتباط منطقی بین شاخص  $NDVI^1$  (شاخص گیاهی اختلاف نرمال‌شده) و دمای سطح زمین وجود دارد (آگام و همکاران، ۲۰۰۷؛ آنیامدار و همکاران، ۲۰۰۸؛ کوستاس و همکاران، ۲۰۰۳).

در تحقیقی با استفاده از شاخص‌های گیاهی، اثرات زیان‌بار تغییرات پوشش و کاربری سطح زمین بر روی دمای سطح زمین از سه تصویر سنجنده TM و ETM+ بررسی گردید. برای این منظور جیانگ و همکاران شاخص پوشش گیاهی - دما ( $TVX^2$ ) را از تصاویر استخراج نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییر کاربری زمین یک عامل مهم برای افزایش دمای سطح زمین است. همچنین نتایج این بررسی نشان دهنده درجه حرارت بالا در مناطق با پوشش گیاهی پراکنده و درجه حرارت پایین در مناطق با پوشش گیاهی متراکم بود. در رابطه با برآورد دمای سطح با استفاده از الگوریتم‌های مختلف تحقیقات زیادی انجام شده است (۱۰). Kustas و همکاران در سال ۲۰۰۳ الگوریتمی به نام DisTrad را برای افزایش توان تفکیک زمینی در داده‌های دمای سطح زمین ارائه کردند (کوستانس و همکاران، ۲۰۰۳). علاوه بر آن طی تحقیقی که Anderson و همکاران انجام دادند ثابت شد که استفاده از الگوریتم DisTrad برای برآورد شار گرمایی در تصاویر ETM+ تنها ۱۰ درصد با مقادیر اندازه‌گیری شده انحراف ایجاد می‌نماید (آندرسون و همکاران، ۲۰۰۴). Merlin و همکاران در سال ۲۰۱۰ طی تحقیقی در استرالیا روش تجربی را برای افزایش توان تفکیک زمینی دمای سطح زمین در تصاویر ASTER ارائه نمودند. در این روش رابطه تجربی بین دمای سطح و جزء پوشش گیاهی در دو کشت آبی که گیاهان آن مسن بودند تولید شده است (مرلین و همکاران، ۲۰۱۰).

در این تحقیق هدف تولید تصاویر با توان تفکیک زمینی بالا از تصاویری که دارای توان تفکیک زمینی پایینی هستند، است. در گام اول تلاش گردید یک رابطه ساده بین دمای سطح زمین

<sup>1</sup> . Normalized Difference Vegetation Index

<sup>2</sup> . Temperature Vegetation Index

برای تامین تصاویر با توان تفکیک زمینی بالا از سنجنده Landsat ETM+ استفاده شده است. تصاویر این سنجنده هر ۱۶ روز یکبار از هر نقطه تصویر تهیه می‌کنند که ابعاد سلول‌های آن ۶۰\*۶۰ مترمربع می‌باشد. از آنجایی که تاریخ اخذ تصاویر این سنجنده مربوط به سال ۲۰۰۱ می‌باشد و خطاهای ناشی از اشکال در برداشت تصویر در آن مشاهده نشده است لذا از صحت تصاویر اطمینان کامل وجود دارد و نیازی به اعمال تصحیح نیست. البته لازم به ذکر است تصحیحات رادیومتریک و هندسی با استفاده از نرم‌افزار ENVI بر روی تصاویر انجام شد.

بطورکلی سه تصویر از هر دو سنجنده در فصل زراعی سال ۱۳۸۱ قرار می‌گیرد که دارای تطابق زمانی بوده و با ایجاد تصاویر با رنگ‌های کاذب مشخص شد که آسمان بدون ابر می‌باشد. لذا کلیه عملیات‌ها بر روی این سه تاریخ انجام می‌گردد.

کلیه عملیات پردازش و تجمیع تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI انجام گرفت. تعداد سلول‌های استخراج شده از تصاویر با توان تفکیک زمینی ۶۰ تا ۲۴۰ متر بیش از حد توان نرم‌افزار Excel می‌باشد. لذا از نرم‌افزار Grafer برای ترسیم و ایجاد برآزش خطی و غیرخطی بین داده‌های دمای سطح زمین و شاخص گیاهی و تجزیه و تحلیل آماری استفاده شده است.

### سناریوهای پیشنهادی

براساس مطالعات انجام گرفته و استفاده از تجارب محققان دیگر چهار سناریو پیشنهاد شده است. در این سناریوها با توجه به نتایج سناریوی صفر و نتیجه سناریوهای قبلی تلاش شده است تا گزینه‌هایی در سناریوهای جدید پیش‌بینی و اضافه گردد تا بتدریج در سناریوهای بعدی نتایج بهبود یابد.

### سناریوی صفر

در این سناریو ابتدا نقشه شاخص NDVI با استفاده از رابطه (۱) و تصاویر باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک سنجنده Landsat ETM+ تولید می‌گردد:

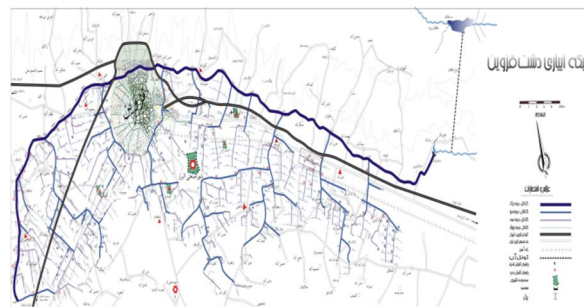
$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

و شاخص گیاهی NDVI در تصاویر MODIS و Landsat ETM+ برقرار گردد. لذا بدین ترتیب با در اختیار داشتن تصاویر غیرحرارتی که در اکثر سنجنده‌ها وجود دارد تصویر دمای سطح زمین در همان ابعاد سلول تولید می‌گردد. در گام دوم با کاهش ابعاد سلول‌های دمای سطح زمین تولید شده از تصاویر MODIS، تلاش می‌گردد توان تفکیک زمینی بهبود یافته و به سمت تصاویر با ابعاد سلول‌های Landsat ETM+ حرکت گردد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه اراضی پایین دست شبکه آبیاری دشت قزوین می‌باشد که در فاصله ۱۵۰ کیلومتری غرب تهران و در فواصل جغرافیایی بین عرض‌های شمال ۳۶° ۰۰' تا ۲۰' ۳۶° ۰۰' و طول‌های شرقی ۴۹° ۴۰' ۰۰' تا ۳۵' ۳۵' قرار گرفته است. شبکه آبیاری قزوین (شکل ۱) با هدف انتقال آب از سد انحرافی زیاران به دشت قزوین احداث گردیده و محدوده ۵۸۰۰۰ هکتار از اراضی دشت قزوین را تحت پوشش قرار داده است.



شکل ۱- محدوده مطالعاتی شبکه آبیاری قزوین

### تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

در این تحقیق از تصویر سنجنده MODIS بعنوان تصویر با توان تفکیک زمینی پایین و توان تفکیک زمانی بالا استفاده شده است. تصاویر باندهای ۳۱ و ۳۲ این سنجنده هر دو روز یکبار و با سلول‌هایی به ابعاد ۱۰۰۰\*۱۰۰۰ مترمربع که حدود ۱۰۰ هکتار را پوشش می‌دهند بصورت رایگان از طریق شبکه جهانی اینترنت در اختیار است.

سطح و شاخص گیاهی در یک مختصات دوبعدی ترسیم گردیده و معادله خطی و غیرخطی درجه دوم بین آنها تولید می‌شود (شکل ۲).

### سناریوی اول

تنها روند اصلاحی صورت گرفته در این سناریو نسبت به سناریوی صفر، اعمال تجمیع در تصویر تشعشع (تصویر خام بازتابش) و قبل از ورود به معادله پلانک است. تصویر خام تشعشع تجمیع یافته در معادله پلانک قرار داده می‌شود و نقشه تجمیع یافته دمای سطح تولید می‌شود (شکل ۳).

### سناریوی دوم

سناریوی اول مورد توجه است. مقادیر دمای سطح زمین تجمیع یافته که ضریب تغییرات آن کمتر از ۲۵ درصد است انتخاب و سپس در یک مختصات دوبعدی ترسیم و معادله خطی و غیرخطی درجه دوم تولید می‌شود (شکل ۴).

### سناریوی سوم

سناریوی اول مورد توجه است. با هدف ورود اصلاح مربوط به کاربری اراضی در تخمین‌ها، مقادیر شاخص گیاهی در سه بازه تفکیک می‌شوند. پس از عملیات تجمیع در هر بازه، معادلات خطی و غیرخطی درجه دوم تولید می‌شود (شکل ۵).

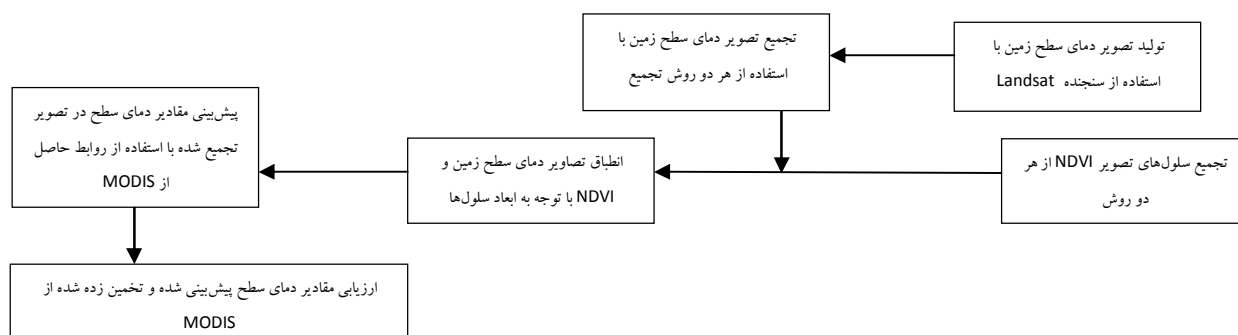
که در آن  $NDVI$ ، شاخص گیاهی اختلاف نرمال شده،  $NIR$ ، بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و  $R$ ، بازتاب باند مرئی می‌باشد.

در گام دوم نقشه دمای سطح زمین با استفاده از معادله استفان-بولتزمن (رابطه ۲) برای تصاویر سنجنده ETM+ در سلول‌های با ابعاد ۶۰ متری تولید می‌گردد.

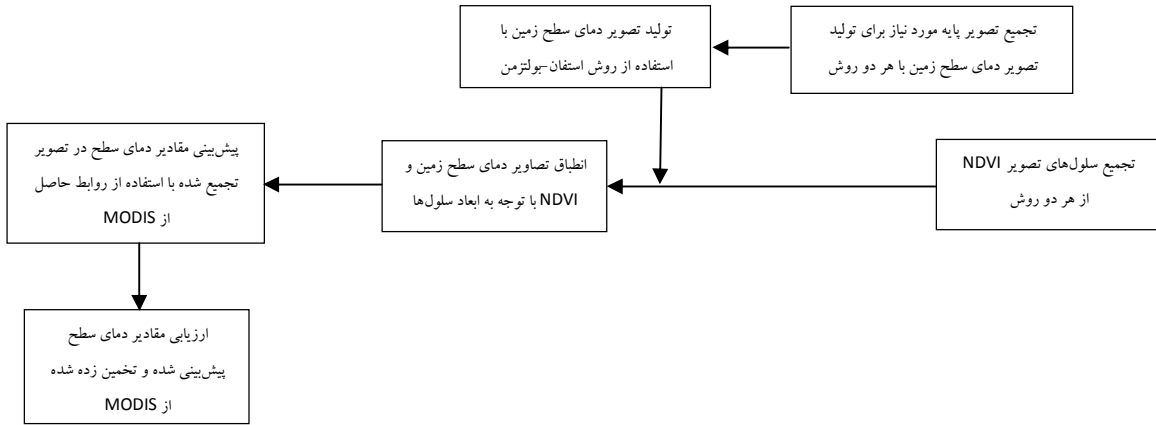
$$R_{L\downarrow} = \varepsilon_a \times \sigma \times T_a^4 \quad (2)$$

که در آن  $\sigma$ ، ثابت استفان-بولتزمن با مقدار  $5/67 \times 10^{-8}$ ،  $T_a$ ، دمای هوای نزدیک سطح زمین برحسب درجه کلوین و  $\varepsilon_a$ ، گسیلمندی جو می‌باشد.

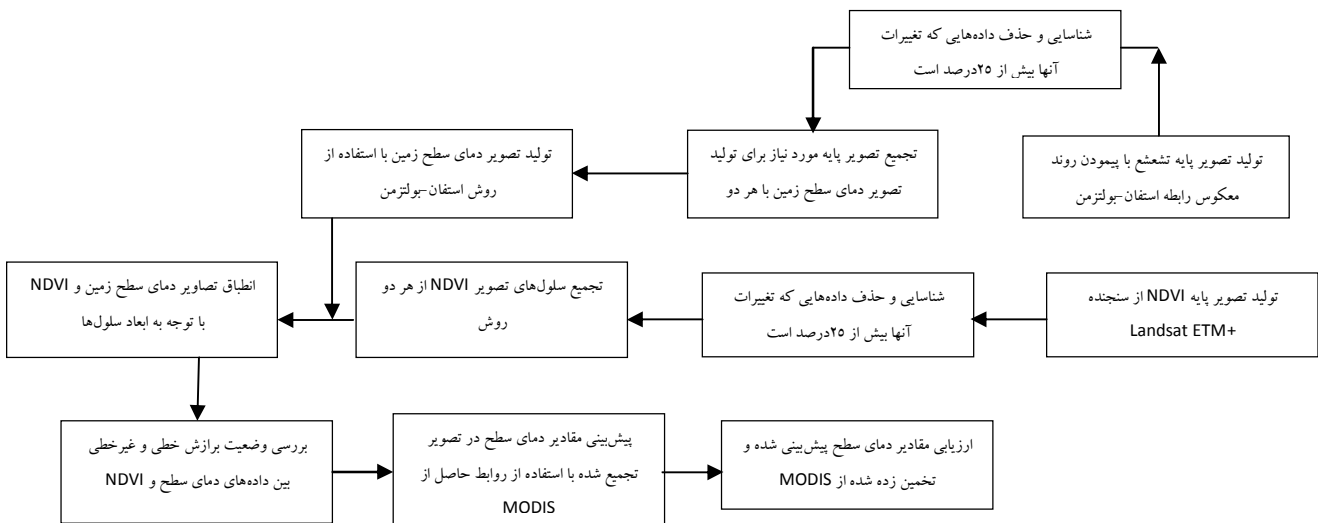
در گام دوم کلیه پیکسل‌هایی که مقادیر  $NDVI$  آنها کمتر از صفر باشد و یا عبارتی حاوی پیکره‌های آبی باشند حذف می‌گردند. در گام سوم عملیات تجمیع در سلول‌های نقشه خام دمای سطح زمین و شاخص گیاهی با استفاده از دو روش ساده و استفاده از داده‌های نزدیکترین همسایه اعمال می‌گردد. روند تجمیع با اعمال ضرایب صحیح از عدد ۶۰ تا جایی ادامه می‌یابد که ابعاد سلول‌ها به ۱۰۲۰ متر یعنی ابعادی معادل ابعاد سلول‌های نقشه MODIS تولید شود. در نهایت با ۱۶ مرتبه تکرار روند تجمیع در هر نقشه دمای سطح و شاخص گیاهی، با مدنظر قرار دادن هر دو روند تجمیع ۶۸ نقشه تولید خواهد شد. در گام چهارم و بصورت نظیر به نظیر مقادیر سلول‌های دمای



شکل ۲- فلوچارت سناریوی صفر



شکل ۳- فلوجارت سناریوی اول



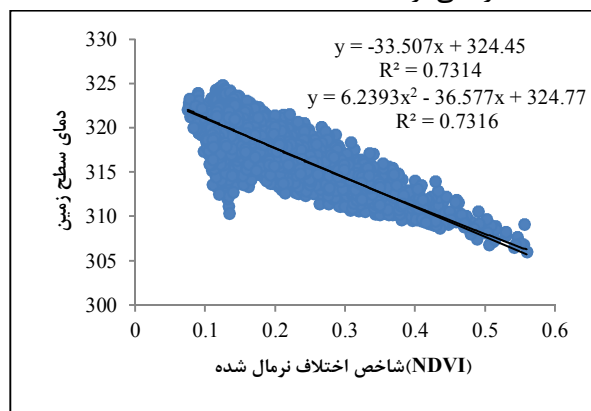
شکل ۴- فلوجارت سناریوی دوم



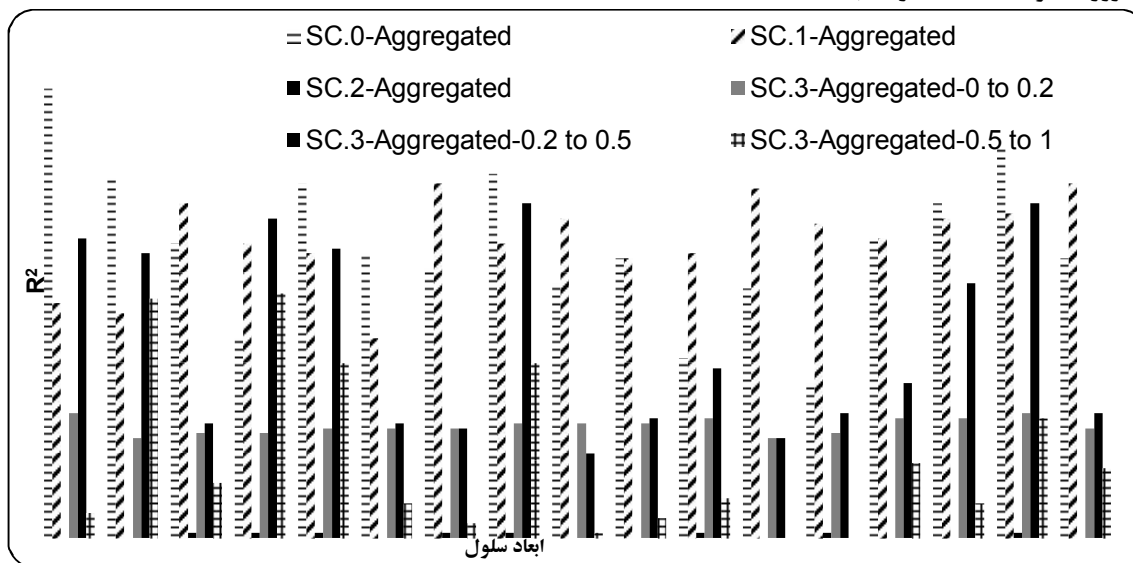
با توجه به نمودار ۲ کاملاً مشهود است که ارتباط بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI یک رابطه معکوس است. برآزش غیرخطی دارای نتایج بهتری نسبت به نتایج خطی است که البته اختلاف بین این نتایج چندان فاحش نیست. با ترسیم نمودارهای مشابه در روزهای دیگری که تصویر سنجنده MODIS موجود است و همچنین سه تصویر سنجنده ETM+ همین روند تکرار می‌شود. البته لازم به ذکر است در تصاویر خام ETM+ ضرایب همبستگی پایین‌تر از تصاویر خام MODIS حاصل می‌شوند. نکته جالب توجه در این زمینه تبعیت تمامی ۶۵۴ نمودار تولید شده از روند مشابه در نمودار ۲ می‌باشد. این نتایج با موارد بدست آمده از طریق محققان دیگر مشابهت نزدیکی دارد (میریعقوب و قنبرپور، ۱۳۸۸).

در مرحله بعدی نتایج حاصل از اعمال سناریوهای مختلف در تولید روابط خطی و غیرخطی بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI در قالب نمودارهای خلاصه‌سازی شده ۳ و ۴ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

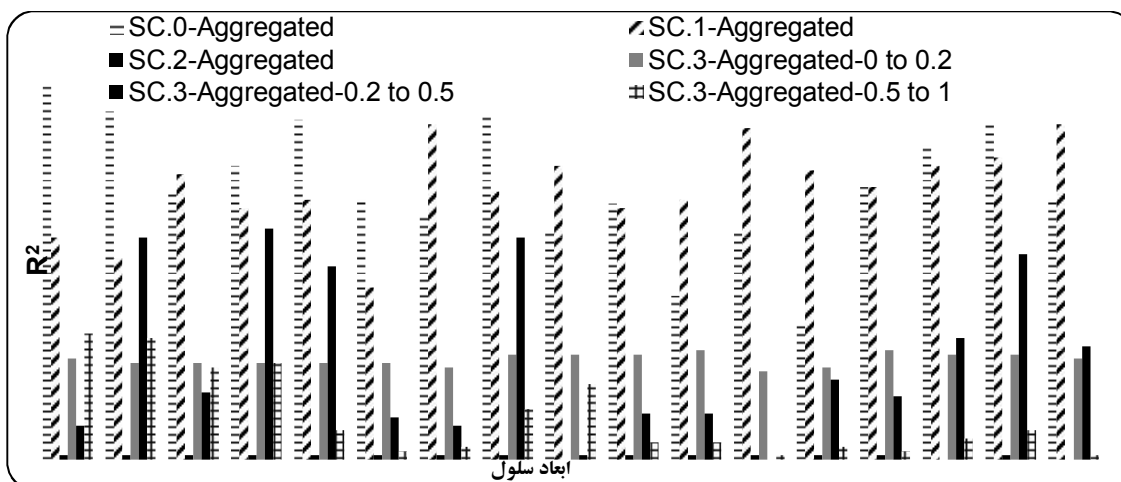
فاحش در مقدار تبخیر و تعرق گیاهان را فراهم خواهد نمود (مرلین و همکاران، ۲۰۱۰). لذا نتایج قابل قبول در محاسبه تبخیر و تعرق خود دلیلی بر صحت نتایج دمای سطح برآورد شده از تصاویر MODIS می‌باشد. با توجه به تعداد زیاد نمودارهای تولید شده در این تحقیق و محدودیت صفحات تنها یک نمونه از روابط خطی و غیرخطی ایجاد شده بین داده‌های دمای سطح زمین و شاخص گیاهی NDVI اشاره می‌گردد.



نمودار ۲- رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI در تصویر روز ۲۳ مردادماه ۱۳۸۱ در سنجنده MODIS



نمودار ۳- ضریب همبستگی حاصل از برقراری ارتباط بین داده‌های دمای سطح و شاخص NDVI در تمامی سناریوها و در روند تجمیع ساده بر روی تصاویر ETM+ در تاریخ ۲۳ مردادماه ۱۳۸۱



نمودار ۴- ضریب همبستگی حاصل از برقراری ارتباط بین داده‌های دمای سطح و شاخص NDVI در تمامی سناریوها و در روند تجمیع با استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین همسایه بر روی تصاویر ETM+ در تاریخ ۲۳ مردادماه ۱۳۸۱

می‌شود که نتایج حاصل از اعمال تجمیع ساده نتایج بهتری را نسبت به داده‌های نزدیک‌ترین همسایه تولید می‌نماید. نکته جالب توجه در مسیر روند تجمیع مشاهده بالاترین ضرایب همبستگی و کمترین انحراف‌ها در نقشه‌های تجمیع شده در ابعاد ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰ و ۹۶۰ متر حاصل از تصاویر ETM+ می‌باشد. این روند در روزهای سه‌گانه (۲۱ خردادماه و هفتم و بیست و سوم تیرماه سال ۱۳۸۱) نیز مشاهده می‌شود و در هر دو روند تجمیع مشاهده می‌شود. لذا در مسیر روند تجمیع به نظر می‌رسد که رابطه زیر:

$$f(n) = 60 \times 2^n, n = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (3)$$

که در آن  $f(n)$ ، ابعاد سلول‌های تجمیع شده برحسب متر می‌باشد نتایج بهینه را تولید می‌کند و توصیه می‌شود در صورت نیاز به تجمیع سلول‌ها از تصاویر تجمیع یافته‌ای استفاده شود که از رابطه (۳) تبعیت نماید. البته مجدداً تأکید می‌گردد از روند تجمیع ساده در آن استفاده شود. سلول‌های دمای سطح زمین تجمیع یافته در سلول‌های ۱۰۲۰ متری از تصاویر ETM+ با سلول‌های MODIS بصورت نظیر به نظیر مورد مقایسه قرار گرفتند. علت این انتخاب نیز بدلیل وجود بیشترین مشابهت بین ابعاد سلول‌های تجمیع یافته با ابعاد سلول‌های MODIS است. نتایج تحلیل‌های آماری در جدول ۱ آورده شده است.

مقایسه نتایج نشان می‌دهد که استفاده از روند تجمیع ساده نتایجی به مراتب بهتر از کاربرد روش تجمیع با استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین همسایه را بدنبال دارد. نتایج سناریوی اول نسبت به سناریوی صفر در یک جهش بلند اصلاح گردیده است. این مورد نیز به دلیل روند اصلاحی صورت گرفته در روند تجمیع در سلول‌های خام می‌باشد. لذا در تولید سناریوهای دوم و سوم همواره تجمیع سلول‌های خام تشعشع قبل از استفاده از رابطه استفان-بولتزمن مدنظر قرار گرفته است. ضعیف‌ترین نتایج در سناریوی دوم مشاهده می‌شود. این مورد نیز بدلیل خالی شدن بسیاری از سلول‌ها می‌باشد. زیرا در سناریوی دوم تمامی سلول‌هایی که ضریب تغییرات آنها نسبت به کل نقشه تولید شده بیش از ۲۵ درصد بوده است حذف گردیده‌اند. نکته دیگری که در سناریوی دوم مورد توجه است، مشاهده نتایج بهتر در هنگام استفاده از روند تجمیع با استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین همسایه است. علت نیز در رفع نسبی خلاء سلول‌های دارای ضریب تغییرات بالاتر از ۲۵ درصد می‌باشد.

از میان تمامی سناریوهای مطرح شده بهترین نتایج مربوط به سناریوی سوم و بازه دوم ( $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$ ) می‌باشد. علت این اصلاح در تفکیک کاربری اراضی می‌باشد. از آنجا که بازه مذکور بسیار نزدیک به کاربری اراضی دارای پوشش گیاهی می‌باشد لذا نتایج بهتری را تولید نموده است. مجدداً مشاهده



تجمیع ساده تولید می‌شود. این بازه از شاخص NDVI مربوط به کاربری اراضی پوشیده از سبزینه گیاهی است. به نظر می‌رسد یکی از علل ایجاد انحراف در تمامی سناریوها عدم انطباق کامل ابعاد سلول‌های تجمیع شده (۰.۲۰ متر) با ابعاد سلول‌های نظیر به نظیر آنها در تصویر سنجنده MODIS (۱۰۰۰ متر) است.

براساس جدول ۱ بیشترین انطباق بین داده‌های پیش‌بینی شده دمای سطح مربوط به سناریوی اول و بکارگیری از روند تجمیع ساده است. علت این امر نیز در اصلاح صورت گرفته در سلول‌های خام است. کمترین انحراف ایجاد شده بین داده‌های پیش‌بینی شده و مقادیر شاهد در سناریوی سوم و بخش‌های دوم و سوم ( $0.2 \leq NDVI \leq 1$ ) و کاربرد روند

جدول ۱- ارزیابی آماری دمای سطح زمین پیش‌بینی شده در سلول‌های ۱۰۲۰ متری تجمیع یافته با مقادیر دمای سطح زمین در تصاویر MODIS در روزهای دارای انطباق

پارامتر	صفر- صفر-ن	اول- اول-ن	دوم- دوم-ن	سوم- سوم-ن	سوم-ج- سوم-س	سوم- الف- الف-ن	سوم- ب- ب-ن	سوم- ج- ج-ن
ضریب همبستگی	۰/۵۶	۰/۷۱	۰/۳۵	۰/۱	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱۴	۰/۱۷
انحراف از معیار	۴/۴۲	۶/۳۳	۴/۴۵	۶/۳۴	۳/۱۹	۵/۵۴	۱/۵۴	۳/۱
RMSE	۵/۶۸	۷/۳۶	۵/۳۹	۶/۹۵	۸/۷	۹/۶	۶/۳۲	۴/۲۴
ME	۴/۸۷	۴/۸۶	۴/۸۳	۴/۸۹	۳/۲۹	۳۵/۴	۵/۸۳	۳/۱
توضیحات	ن: نزدیک‌ترین همسایه		الف: ب: ج:		س: تجمیع ساده			
	$0.2 \leq NDVI \leq 0.5$		$0 \leq NDVI \leq 0.2$		$0.5 \leq NDVI \leq 1$			

Landsat ETM+، همواره بین داده‌های دمای سطح زمین و شاخص گیاهی NDVI رابطه معکوس خطی و غیرخطی وجود دارد. در صورت نیاز به تجمیع نقشه دمای سطح زمین حاصل از سنجنده ETM+ بکارگیری از روش تجمیع ساده نتیجه بهتری نسبت به تجمیع با استفاده از داده‌های نزدیک‌ترین همسایه را تولید می‌نماید. برازش غیرخطی بین داده‌های دمای سطح زمین و شاخص گیاهی NDVI نتایج مطلوبتری را نسبت به برازش خطی تولید می‌نماید که البته اختلاف فاحش نبوده و قابل چشم‌پوشی است. در روند تجمیع با استفاده از هر دو روند ساده و استفاده از داده‌های

## نتیجه‌گیری

دمای سطح زمین از جمله مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار در اجزاء بیلان آبی در سطح حوزه آبریز می‌باشد. تولید نقشه‌های دمای سطح زمین نیاز به باندهای حرارتی دارد که توان تفکیک زمینی پایین داشته و یا در فواصل زمانی طولانی در اختیار محققان قرار می‌گیرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت حذف پیکره‌های آبی در تصاویر سنجنده‌های MODIS و

آنها انجام شده و دارای کاربری با پوشش گیاهی هستند. البته لازم است تا عملیات تجمیع بر روی سلول‌های تشعشع انجام شود و سپس با استفاده از رابطه استفان-بولتزمن مقدار دمای سطح زمین در سلول تجمیع شده تعیین گردد. بهترین انطباق سلول‌های تجمیع شده همتراز با سلول‌های MODIS در سناریوهای اول و سوم و بازه‌هایی از شاخص گیاهی که دارای سبزینه است مشاهده می‌شود.

نزدیک‌ترین همسایه انطباق داده‌های دمای سطح زمین و شاخص گیاهی در ابعادی از سلول‌ها که از ضرایب صحیح عدد ۶۰ تشکیل شده باشند نتایج بهتری را تولید نموده و این ابعاد توصیه می‌گردند. نتایج بیانگر این موضوع است که بهتر است در روند تجمیع کاربری اراضی مشخص گردد و با توجه به کاربری‌ها عملیات تجمیع صورت پذیرد. بهترین نتایج در مسیر تجمیع در سناریویی مشاهده شده است که عملیات تفکیک کاربری در

## منابع

- رحیمی خوب، ع. م.، کوچک زاده، ف.، شریفی، ج. م.، سامانی، س. م.، ر.، بهبهانی. ۱۳۸۳. برآورد ماکزیمم دمای هوا با استفاده از تصاویر ماهواره نوا-مطالعه موردی حوزه آبریز دریاچه ارومیه، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۴۵(۴): ۴۵-۵۴.
- علوی پناه، ک.، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). ۱۳۸۵، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- میریعقوب زاده، م. م.، قنبرپور. ۱۳۸۸. بکارگیری داده‌های سنجش از دور در برآورد دمای سطح اراضی (مطالعه موردی حوزه آبخیز وردین، آذربایجان شرقی). مجله علمی پژوهشی مرتع، ۴: ۷۲۳-۷۳۴.
- Agam, N., Kustas, W. P., Anderson, M. C., Li, F., Neale, C. M. U. 2007. A vegetation index based technique for spatial sharpening of thermal imagery. *Remote Sens. Environ.*, 107, 545-558.
- Anderson, M. C., Norman, J. M., Mecikalski, J. R., Torn, R. D., Kustas, W.P., Basara, J. B. 2004. A multi-scale remote sensing model for disaggregating regional fluxes to micrometeorological scales. *J. Hydromet.*, 5: 343-363.
- Anderson, M. C., Norman, J. M., Mecikalski, J. R., Otkin, J. A., Kustas, W. P. 2007. A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental united state based on thermal remote sensing: 2. Surface moisture climatology. *J. Geophys. Res.* 112(D11112), doi: 10.1029/2006JD007507.
- Herb, W. R., Janke, B., Mohseni, O., Stefan, H. G. 2008. Ground surface temperature simulation for different land covers. *J. Hydrol.*, 356: 327- 343.
- Hong, S., M. H., Borchers, B. 2009. Up-scaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from Landsat (30m) to MODIS (250m) scale. *J. Hydrol.*, 370 (5): 122-138.
- Inamdar, A. K., French, A., Hook, S., Vaughan, G., Luckett, W. 2008. Land surface temperature retrieval a high spatial and temporal resolution over the southwestern United States. *J. Geophys. Res.* 113(D07107), doi: 10.1029/2007JD009048.
- Jiang, J., Tian, G. 2010. Analysis of the impact of land use/land cover change on land surface temperature with remote sensing. *Procedia Environ. Sci.*, 2: 571-575.
- Kustas, W. P., Norman, J. M., Anderson, M. C., French, A. N. 2003. Estimating subpixel surface temperatures and energy fluxes from the vegetation index-radiometric temperatures relationship. *Remote Sens. Environ.*, 85, 429-440.
- Merlin, O., Jacob, F., Wigneron, J., Walker, J., Chehbouni, G. 2010. Multidimensional disaggregation of land surface temperature using high-resolution red, near-infrared, shortwave-infrared and microwave L-band. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 1-16.
- Nishida, K., Nemani, R. R., Running, S.W., Glassy, J. M. 2003. An operational remote sensing algorithm for land surface evaporation. *J. Geophys. Res.* 108(D9), doi: 10.1029/2002JD002062.
- Reutter, H. F., Olesen, S., and Fischer, H. 1994. Distribution of the brightness temperature of land surfaces determined from AVHRR data. *Int. J. Remote Sens.*, 15: 95- 104.

- Poutean, R., Rambal, S. Ratte, J. P., Goge, F., Joffe, R., Winkel, T. 2011. Downscaling MODIS-derived maps using GIS and boosted regression trees: the case of frost occurrence over the arid Andean highlands of Bolivia. *Remote Sens. Environ.*, 115 (1):117-129
- Singh, D. 2011. Generation and evaluation of gross primary productivity using Landsat data through blending with MODIS data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 13(1):59-69
- Stisen, S., Sandholt, I., Norgaard, A., Fensholt, R., Jensen, K. H. 2008. Combining the triangle method with thermal inertia to estimate regional evapotranspiration-Applied to MSG-SEVERI data in Senegal River basin. *Remote Sens. Environ.*, 112:1242-1255.



## Estimation of land surface temperature using NDVI in MODIS and Landsat ETM+ imageries

A. Kaviani\*<sup>1</sup> – T. Sohrabi<sup>2</sup> – P. Daneshkar Araste<sup>3</sup>

Received: 5-4-2013

Accepted: 16-6-2013

### Abstract:

Land surface temperature is one of the main parameter to estimate hydrological elements in regional scale. This item was measured by thermal band. This research used ETM+ and MODIS imageries and was carried out on downstream end of Qazvin irrigation network. Four scenarios were recommended in this study and then the results were evaluated by volumetric lysimeter. Results indicated that the reverse relation can be observed between NDVI crop index and land surface temperature in both ETM+ and MODIS imageries, if water bodies are removed from satellite imageries. Even though, non-linear relation has a good result in compare to linear, but no significant differences were viewed between them. Using simple aggregation method produced acceptable result in compare to the aggregate nearest neighbour method. Finally, cells that their dimensions after integration follow  $f(n) = 60 \times 2^n$ ,  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$  produces the best results. Among recommended scenarios, initial segregation of lands and application of proposed algorithm in lands having vegetation cover produced the best coincidence between land surface temperature data and vegetation index (NDVI).

**Keywords:** Land surface temperature, NDVI crop index, Aggregation, MODIS, Landsat ETM+

---

<sup>1</sup> Assistant Professor, Water Engineering Dept., Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

<sup>2</sup> Professor, Dpartment of Irrigation & Recariation, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Water Engineering Dept., Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran  
(\*Corresponding Email Address: Abbass\_kaviani@yahoo.com)