

شناسایی ساختار مکانی دمای رویه زمین در حوضه زاینده رود با بهره گیری از داده های عددی ماهواره ای

امیرحسین حلبیان^{۱*}، محمدصادق کیخسروی کیانی^۲

^۱دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
^۲دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان
تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۱۳

چکیده

دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان یکی از مهم ترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تأثیر قرار می دهد، بلکه می توان گفت میزان و جهت کلیه فرآیندهای فیزیکی خاک به صورت مستقیم یا غیرمستقیم وابسته به دماست. دمای خاک به عوامل متعددی از جمله توپوگرافی، تابش خورشید، دمای هوا، میزان رطوبت خاک، نوع و ویژگی های حرارتی خاک نظیر ظرفیت گرمایی، ضریب هدایت حرارتی و گرمای ویژه بستگی دارد. هدف از این پژوهش شناسایی ساختار مکانی دمای رویه زمین در حوضه زاینده رود می باشد. برای این منظور داده های دمای سطح زمین سنجنده مودیس ترا برای بازه ی زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ به صورت روزانه از تارنمای سازمان فضایی ناسا دریافت گردید. داده های دمای سنجنده مودیس ترا در تفکیک مکانی ۱ × ۱ کیلومتر و با سیستم تصویر سینوسی در دسترس می باشد. با برش زدن داده ها بر روی حوضه زاینده رود تعداد ۴۸۳۴۷ یاخته در درون حوضه قرار گرفت. مبنای قضاوت ما برای بررسی دما در حوضه همین تعداد یاخته ها (۴۸۳۴۷) بود. پس از برش زدن و آماده سازی داده ها بر روی حوضه زاینده رود، میانگین بلندمدت دمای حوضه برای هر یک از ماههای سال محاسبه گردید و به طور جداگانه نقشه های هر یک از فصول در نرم افزار متلب ترسیم گردید. یافته ها نشان داد کمترین میانگین دمای رویه در ماه دی و بیشترین میانگین دمای رویه در ماه مرداد دیده می شود؛ همچنین خوشه بندی ماههای سال به روش پیوند وارد بر روی آرایه میانگین ماههای سال در ابعاد ۱۲ × ۴۸۳۴۷ نشان داد روی هم رفته سه دوره فصول از نظر دمای رویه در حوضه زاینده رود قابل شناسایی است. در مجموع یافته های این پژوهش می تواند شناخت ما را از وضعیت ساختار دمای رویه در حوضه زاینده رود بالا برد.

واژه های کلیدی: دمای رویه خاک، سنجنده مودیس، حوضه زاینده رود، خوشه بندی

مقدمه

پوشش گیاهی، میزان پوشش گیاهی، رطوبت خاک می باشد (دای و همکاران^۳، ۱۹۹۹). دمای رویه خاک، عامل بسیار مهمی برای شناسایی ترازمندی انرژی سطحی و شارهای دمایی است که به لایه مرزی رخنه می کنند (اطلس و همکاران^۴، ۱۹۹۳؛ سگال و همکاران^۵، ۱۹۸۹). دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان یکی از مهم ترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تأثیر

دمای خاک به عنوان یک عامل، به صورت نیرومند و مؤثر در فرآیندهای بحرانی مورد استفاده قرار گرفته و در توازن انرژی سطحی به عنوان یک منبع ذخیره و مؤثر بر اتمسفر نقش بسزایی دارد (سامر و همکاران^۲، ۱۹۸۱). همچنین دمای رویه فراسنج بسیار مهمی برای کاربردهای مدل سازی است؛ چرا که دمای رویه بازتابی از تابش های موج بلند و موج کوتاه، نوع

3. Dai et al
4. Atlas et al
5. Segal et al

*نویسنده مسئول: halabian_a@yahoo.com
2. Sommers and Gilmour

۲۰۰۲؛ هوک و همکاران^۷، وان^۸، ۲۰۰۸؛ کراسمن و هورل^۹، ۲۰۰۹) مزارع برنج (کول و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹؛ وان و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۴؛ گالو و همکاران^{۱۲}، ۲۰۰۷) مناطق با پوشش انبوه (وان، ۲۰۰۸)^{۱۳} بررسی و راستی‌آزمایی شده است. واکاوی‌های لانگر و همکاران^{۱۴} (۲۰۱۰) و وسترن و همکاران^{۱۵} (۲۰۱۱) نشان می‌دهد خطای دمایی سنجنده مودیس در مقایسه با اندازه‌گیری‌های میدانی دما کمتر از ۲ درجه کلوین است؛ بنابراین با به کارگیری داده‌های دورسنجی دما می‌توانیم شناخت علمی خود را از وضعیت دما در مناطق مختلف بیشتر کنیم. هدف از این پژوهش بررسی و شناسایی ساختار و پیکربندی دمایی رویه زمین در حوضه زاینده‌رود است. به دست آوردن اطلاعات و آگاهی از وضعیت دمایی رویه زمین می‌تواند از جهات بسیاری کاربردی و سودمند باشد؛ چراکه دما عامل اصلی تبخیر و تعرق در هر منطقه می‌باشد. در هیچ یک از پژوهش‌های مرتبط با دما، ساختار دمایی رویه مورد توجه قرار نگرفته است.

روش تحقیق

در پژوهش حاضر برای بررسی تغییرات دمایی رویه خاک از داده‌های عددی ماهواره تررا بهره گرفته شد. تفکیک داده‌های این سنجنده ۱×۱ کیلومتر می‌باشد. داده‌های این سنجنده به صورت روزانه از سال ۱۳۷۹ خورشیدی (۲۰۰۰ میلادی) تا به امروز را در برمی‌گیرد. سیستم تصویر داده‌های این سنجنده سینوسی بوده و با فرمت اچ دی اف^{۱۶} در دسترس است. در گام نخست، داده‌های این سنجنده برای بازه‌ی زمانی ۱۳۷۹/۱/۱ تا ۱۳۹۳/۱۲/۲۹ به صورت روزانه از تارنمای سازمان فضایی ناسا به نشانی (<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>) دریافت

قرار می‌دهد، بلکه می‌توان گفت میزان و جهت کلیه فرآیندهای فیزیکی خاک به صورت مستقیم یا غیرمستقیم وابسته به دماست. دمای خاک به عوامل متعددی از جمله توپوگرافی، تابش خورشید، دمای هوا، میزان رطوبت خاک، نوع و ویژگی‌های حرارتی خاک نظیر ظرفیت گرمایی، ضریب هدایت حرارتی و گرمای ویژه بستگی دارد. علاوه بر فرآیندهایی مانند تبخیر و تعرق، فرآیندهای دیگری نظیر، تهویه خاک، جوانه‌زنی، رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها و فعالیت‌های میکروبی درون خاک نیز تابع دمای آن هستند؛ بنابراین داشتن اطلاعات و آگاهی‌های بهنگام و دقیق از دمای رویه خاک نقش بسزایی دارد. با توجه به اینکه در مناطق مرتفع و دورافتاده شبکه اندازه‌گیری وجود ندارد و یا این که بسیار محدود است؛ بنابراین نیاز به منبع جایگزین برای به دست آوردن اطلاعات دمایی می‌باشد. در همین راستا داده‌های دورسنجی می‌تواند راهکار جایگزینی باشد. یکی از سنجنده‌هایی که اطلاعات دمایی را در اختیار می‌گذارد سنجنده مودیس تررا است. داده‌های این سنجنده به‌طور گسترده و وسیعی راستی‌آزمایی و واسنجی شده است (جین^۱، ۲۰۰۴؛ جین و دیکینسون^۲، ۱۹۹۹؛ جین^۳، ۲۰۰۰). برای برآورد و اندازه‌گیری دمایی رویه زمین سنجنده مودیس الگوریتم پنجره‌ی تکی را به کار می‌گیرد (پرایس^۴، ۱۹۸۵؛ وان و دوزیر^۵، ۱۹۹۶). سنجنده مودیس باندهای ۳۱ و ۳۲ از ۳۶ باند موجود را به کار می‌گیرد. داده‌های سطح سه در سنجنده مودیس به صورت کاشی در ابعاد ۱۲۰۰ × ۱۲۰۰ با تفکیک ۱ کیلومتری تولید می‌گردند. داده‌های دمایی رویه سنجنده مودیس در سیستم تصویر سینوسی تولید می‌گردند. داده‌های دمایی رویه زمین که توسط سنجنده مودیس ماهواره تررا اندازه‌گیری می‌شود بر روی رویه‌های مختلفی مانند دریاچه (وان و همکاران^۶،

7. Hook et al
8. Wan
9. Crosman and Horel
10. Coll et al
11. Wan et al
12. Galve et al
13. Wan
14. Langer et al
15. Westermann et al
16. HDF

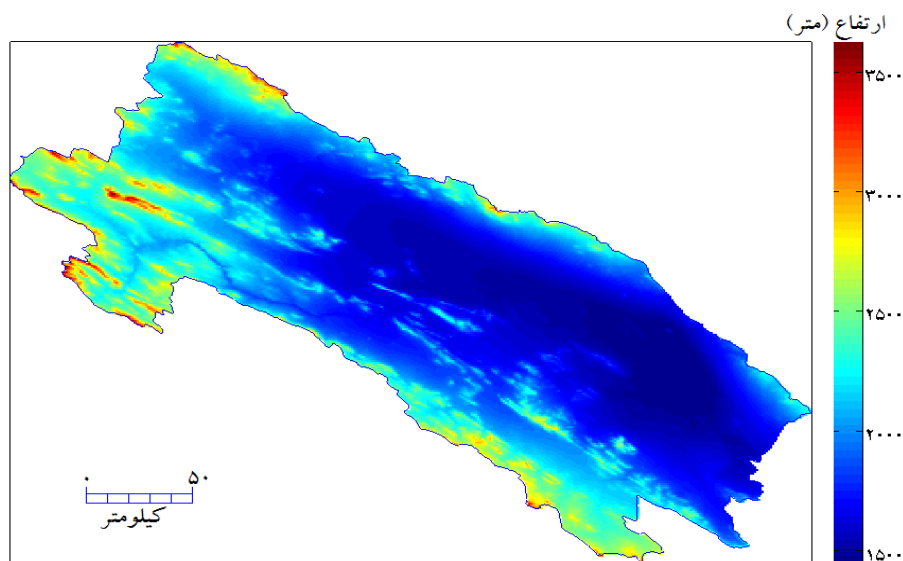
1. Jin
2. Jin and Dickinson
3. Jin
4. Price
5. Wan and Dozier
6. Wan et al

مرحله بعدی برای اطمینان از صحت داده‌های این فرآورده ماهواره‌ای، داده‌های دمای رویه خاک و دمای هوای ۱۳ ایستگاه همدید در بازه زمانی مورد بحث در حوضه زاینده‌رود به کار گرفته شد. در جدول ۱ مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه آورده شده است. در مرحله بعدی، مختصات نزدیک‌ترین یاخته داده‌های ماهواره‌ای دما به‌عنوان نماینده انتخاب شد و با داده‌های ایستگاهی مقایسه گردید. به این ترتیب که میانگین بلندمدت ماهانه دما، مقایسه و ارزیابی شد. محاسبات نشان می‌دهد ضریب همبستگی میان داده‌های ایستگاهی و داده‌های ماهواره‌ای دما بسیار چشم‌گیر می‌باشد. همچنین در مرحله بعدی برای بررسی رابطه‌ی دمای رویه زمین-ارتفاع در هر یک از فصول سال یک کُد برنامه در محیط نرم‌افزار متلب نوشته شد که طی آن از روی مدل رقومی ارتفاع حوضه رابطه دما و ارتفاع برای هر یک از کمربندهای ارتفاعی با گام‌های ارتفاعی یک متری محاسبه گردید. همچنین برای بررسی رابطه دمای هر یک از ماه‌های سال در حوضه زاینده‌رود، واکاوی خوشه‌ای به روش ادغام وارد بر روی ماتریس بلندمدت دمای ماهانه حوضه زاینده‌رود انجام پذیرفت. هدف از این کار بررسی همانندی میان دما در ماه‌های مختلف سال بود.

گردید. همچنین مدل رقومی ارتفاع حوضه زاینده‌رود از تارنمای سازمان فضایی ناسا به نشانی ftp://landsc1.nascom.nasa.gov/pub/outgoing/c6_de-m/sin_<res بر روی منطقه استخراج گردید. داده‌هایی که در این پژوهش به منظور ارزیابی دما بکار گرفته شد داده‌های سطح سوم می‌باشد. داده‌های سطح سوم به صورت عددی در دسترس است. شیوه تولید داده‌های دمای سطح زمین و نیز معادلات تبدیل باندهای طیفی در متون گزارش‌های فنی ناسا به آدرس و نشانی http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/land_atbd.ph موجود است. در گام بعدی، برای ساختن مؤقعیات طول و عرض جغرافیایی یاخته‌ها از تابع مشگردد در محیط نرم‌افزار متلب بهره گرفته شد. در مرحله بعدی لازم بود تا داده‌هایی که تنها در درون مرز حوضه زاینده‌رود قرار می‌گیرد پردازش و واکاوی شود. برای برش زدن داده‌ها در درون حوضه زاینده‌رود از تابع اینپولیگون در محیط نرم‌افزار متلب بهره گرفته شد. با نوشتن یک برنامه در نرم‌افزار متلب داده‌های هر روز مورد بررسی، یعنی از روز ۱۳۷۹/۱/۱ تا ۱۳۹۳/۱۲/۲۹ در نرم‌افزار متلب، تبدیل به ماتریس‌های جداگانه شد. پس از این مرحله با نوشتن برنامه‌ای در نرم‌افزار متلب میانگین بلندمدت هر یک از ماه‌های سال محاسبه و نقشه‌های میانگین بلندمدت هر یک از فصول سال محاسبه و ترسیم گردید. در

جدول ۱: مشخصات ایستگاههای به کار گرفته شده در حوضه زاینده‌رود (ماخذ: سازمان هواشناسی کشور)

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
بروجن	۳۱.۹۷۹۰۰۳	۵۱.۲۹۹۲	۲۲۵۰
داران	۳۲.۹۸۷۶۴	۵۰.۴۰۶۵۳۶	۲۳۹۰
اصفهان	۳۲.۵۱۷۸۹۶	۵۱.۷۰۶۶۱۸	۱۵۷۵
کیوترا باد	۳۲.۵۱۴۶۶	۵۱.۸۳۳۷۳۷	۱۵۴۵
کوه‌رنگ	۳۲.۴۵۶۹۱۷	۵۰.۱۲۵۲۵۵	۲۳۰۰
میمه	۳۳.۴۵۱۸۹۱	۵۱.۱۷۴۹۸۷	۱۹۵۰
مورچه خورت	۳۳.۰۷۸۹۲۴	۵۱.۴۸۱۱۷۱	۱۶۷۰
نابین	۳۲.۸۵۱۱۲۴	۵۳.۰۷۸۸۴۶	۱۵۴۵
نجف‌آباد	۳۲.۶۰۴۳۴۳	۵۱.۳۸۸۶۲۴	۱۶۴۹
نطنز	۳۳.۴۸۹۶۹۵	۵۱.۹۳۱۰۹۹	۱۶۵۰
شهرضا	۳۱.۹۸۱۶۱۸	۵۱.۸۰۹۸۹۲	۱۸۰۰
زرین‌شهر	۳۲.۳۹۹۱۵۴	۵۱.۳۷۷۴۵۶	۱۷۵۰



شکل ۱: مدل رقومی ارتفاع حوضه زاینده رود (Dem) در تفکیک مکانی ۱×۱ کیلومتری در سیستم تصویر سینوسی

بحث

ایستگاهی و ماهواره‌ای دیده می‌شود. چرا که در هیچ ایستگاهی میزان همبستگی به کمتر از ۰/۹۳۳ نمی‌رسد. همان گونه که در بخش مقدمه نیز اشاره شد مطالعات بسیاری نیز در ارتباط با دقت داده‌های دمای مودیس انجام گرفته که این مطالعات گویای دقت بسیار داده‌های سنجنده مودیس ترا است.

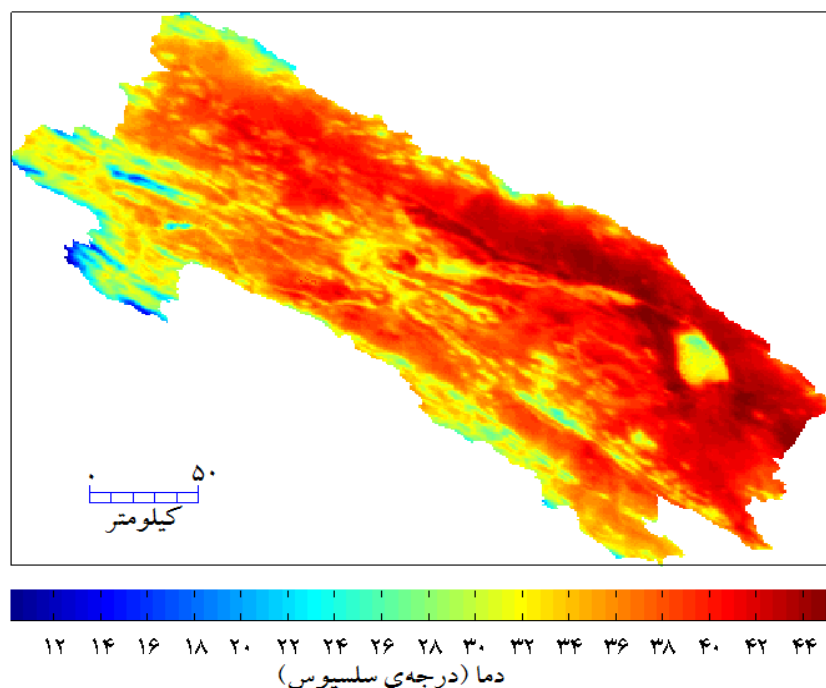
ارزیابی دقت داده‌های ماهواره‌ای به کمک داده‌های ایستگاهی گویای همبستگی بسیار بالا میان آن‌ها بود. در جدول ۲ میزان همبستگی میان داده‌های سنجنده و ایستگاه برای دو متغیر دمای هوا و دمای رویه نشان داده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد همبستگی نیرومندی میان میانگین بلندمدت ماهانه داده‌های

جدول ۲: همبستگی دمای رویه خاک و دمای هوا با داده‌های ماهواره‌ای (ماخذ: مطالعات نگارنده)

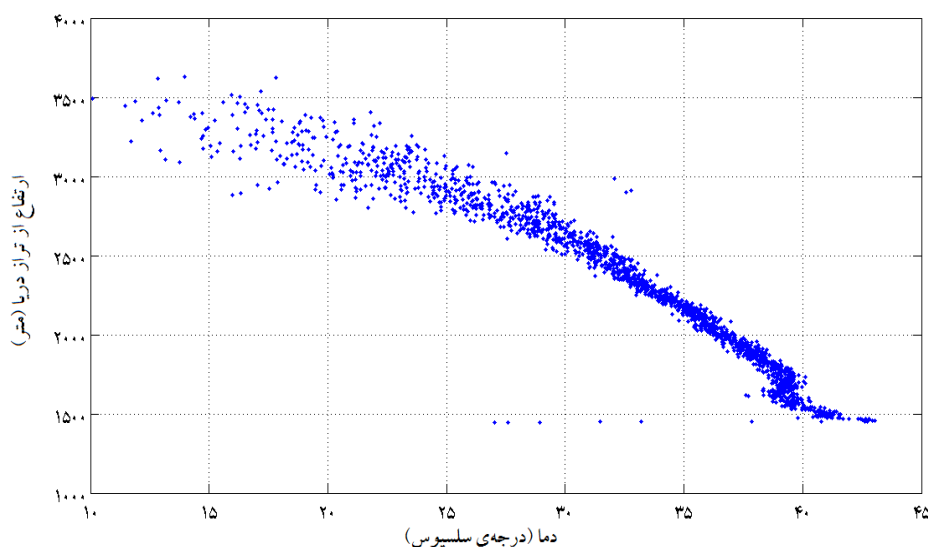
نام ایستگاه	همبستگی دمای رویه	همبستگی دمای هوا
سامان	۰/۹۳۳	۰/۹۹۵
بروجن	۰/۹۸۶	۰/۹۹۲
داران	۰/۹۸۷	۰/۹۹۰
اصفهان	۰/۹۹۰	۰/۹۹۶
کیوترا باد	۰/۹۸۴	۰/۹۹۳
کوه‌رنگ	۰/۹۸۱	۰/۹۹۵
میمه	۰/۹۸۰	۰/۹۹۰
مورچه خورت	۰/۹۹۱	۰/۹۹۲
نابین	۰/۹۸۷	۰/۹۹۲
نجف‌آباد	۰/۹۸۹	۰/۹۹۰
نطنز	۰/۹۹۰	۰/۹۹۴
شهرضا	۰/۹۸۶	۰/۹۹۲
زرین‌شهر	۰/۹۸۴	۰/۹۹۲

در این مناطق از ارتفاعات بالاتر از خود سردتر می‌باشند. به نظر می‌رسد یک نوع ناهنجاری منفی دمایی در این مناطق دیده می‌شود. برای بررسی ریشه و چرایی این مسئله، مناطق مزبور (مناطق میان ۱۴۴۶ تا ۱۴۵۰ متر) از روی مدل رقومی حوضه زاینده رود استخراج گردید. و با فرمت کی ال ام برای نمایش در نرم‌افزار گوگل ارث ذخیره گردید. بررسی جنس رویه زمین برای این مناطق نشان داد، این مناطق درست بر روی تالاب گاوخونی قرار گرفته‌اند و وجود آب و حالت باتلاقی این منطقه سبب شده تا ماهواره هنگام گذر از روی این مناطق دمای این مناطق را پایین‌تر ثبت نماید و این مناطق نسبت به ارتفاعات بالاتر از خود سردتر باشند.

دمای رویه زمین به شدت تابع ارتفاع است. به همین سبب ساختار مکانی دمای رویه زمین با پیکربندی ناهموازی‌ها هماهنگی بسیار زیادی نشان می‌دهد. در فصل بهار، کمترین دمای رویه زمین در مناطق کم‌ارتفاع‌تر مناطق شرقی حوضه دیده می‌شود. بیشترین دمای ثبت شده در این مناطق حدود ۴۰ درجه سلسیوس می‌باشد. کمترین دمای رویه نیز در ارتفاعات شمالی و به ویژه مناطق غربی حوضه دیده می‌شود. کمترین دما نیز در فصل بهار در این مناطق به حدود ۱۲ درجه سلسیوس می‌رسد. بررسی نمودار تغییرات دمای رویه به ازاء افزایش ارتفاع در این فصل نشان می‌دهد در مناطق ارتفاعی میان ۱۴۴۶ تا ۱۴۵۰ یک نوع وارونگی دمایی دیده می‌شود و دمای رویه خاک



شکل ۲: میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در فصل بهار در حوضه زاینده رود در سیستم تصویر سینوسی



شکل ۳: نمودار تغییرات دمای رویه زمین با افزایش ارتفاع در فصل بهار در حوضه زاینده‌رود.



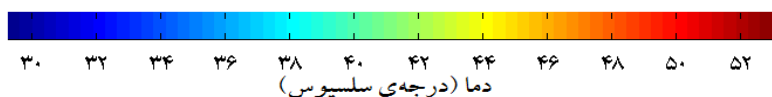
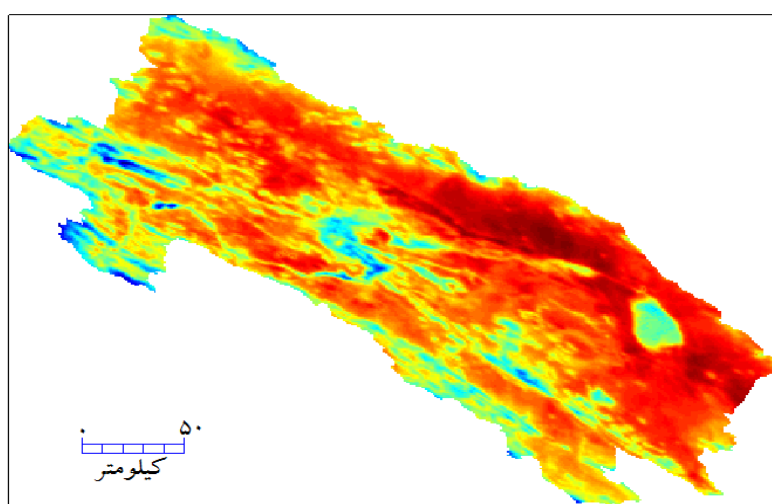
شکل ۴: مناطقی از حوضه زاینده‌رود که دارای ارتفاع ۱۴۴۶ تا ۱۴۵۰ متر می‌باشند.

حوضه می‌باشند. به عبارت دیگر دمای رویه در مناطق دارای پوشش گیاهی هم‌اندازه دما در مناطق مرتفع فاقد پوشش گیاهی مناسب است؛ بنابراین دمای رویه زمین در حوضه افزون بر تأثیرپذیری از ارتفاع، از جنس رویه زمین نیز تأثیر می‌گیرد. برای روشن‌تر شدن این موضوع صدک دهم دمای حوضه برای فصل تابستان محاسبه گردید. محاسبات نشان داد در این فصل صدک دهم دما حدود ۳۷ درجه سلسیوس است بنابراین دامنه تغییرات ارتفاع به کمک مدل رقومی ارتفاع حوضه زاینده‌رود برای دامنه دمایی ۳۰ تا ۳۶ درجه سلسیوس (پایین‌تر از صدک دهم دما) که جزء

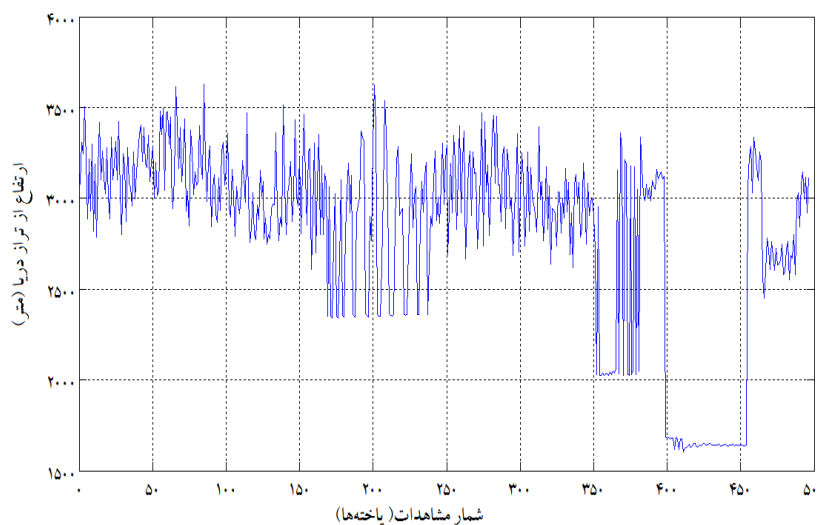
بررسی میانگین بلندمدت دمای رویه در حوضه زاینده‌رود در فصل تابستان نشان می‌دهد مناطق کم-ارتفاع داخلی دارای بالاترین دما می‌باشند. در برخی از این مناطق دمای رویه به حدود ۵۲ درجه سلسیوس نیز می‌رسد. این در حالی است که در مناطق پرارتفاع حوضه دمای رویه نزدیک به ۳۰ درجه سلسیوس است (شکل ۵). اما نکته جالبی که در ارتباط با فصل تابستان دیده می‌شود آن است که دمای رویه در مناطق مرکزی حوضه زاینده‌رود به سبب داشتن پوشش گیاهی (به علت جاری بودن رودخانه زاینده-رود) دارای دمایی همانند با دمای مناطق پر ارتفاع

واقع این مناطق نماینده مناطقی است که در فصل تابستان دارای پوشش گیاهی می‌باشند، چراکه این مناطق در میانه‌های حوضه زاینده‌رود قرار گرفته‌اند و در این موقع از سال پوشش گیاهی مناطق میانی حوضه زاینده‌رود به سبب جاری بودن رودخانه زاینده‌رود و مناسب بودن شرایط دمایی چشم‌گیرتر از دیگر فصول است. در فصل تابستان نیز مانند فصل بهار در طبقات پایین ارتفاعی در حوضه زاینده‌رود وارونگی دمایی دیده می‌شود (شکل ۷) که ریشه این مسئله در بالا واکاوی گردید.

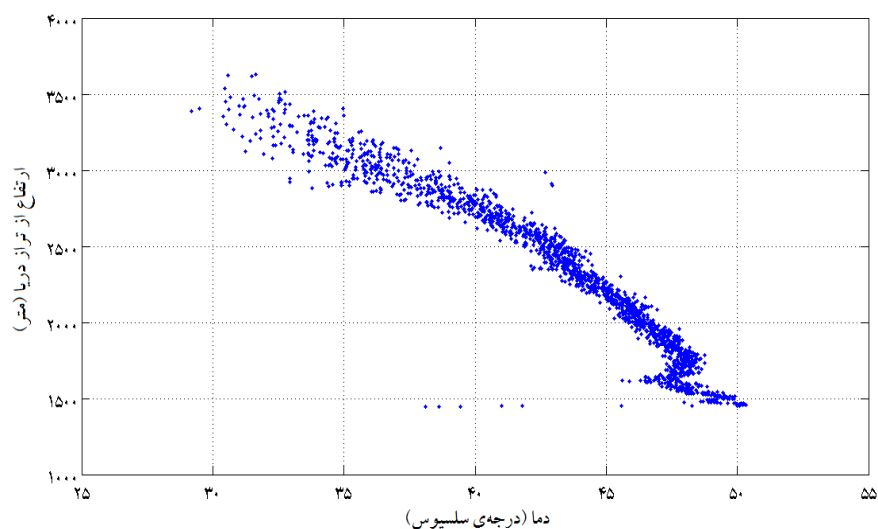
دماهای پایین حوضه در این فصل به شمار می‌آیند استخراج گردید (شکل ۶). بررسی تغییرات ارتفاع برای دامنه دمایی ۳۰ تا ۳۶ درجه سلسیوس نشان می‌دهد که در فصل تابستان افزون بر تغییرات ارتفاع که نقش بسیار مهمی در تغییرات دمای رویه بازی می‌کند، جنس رویه زمین نیز نقش برجسته‌ای دارد؛ چرا که این آستانه دمایی (۳۰ تا ۳۶ درجه سلسیوس) افزون بر مناطق بلند حوضه در ارتفاعات پایین‌تر نیز به آشکارا دیده می‌شود. برای نمونه ارتفاعات نزدیک به ۲۰۰۰ متر نیز دارای دماهای خنک می‌باشند که در



شکل ۵: میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در فصل تابستان در حوضه زاینده‌رود در سیستم تصویر سینوسی



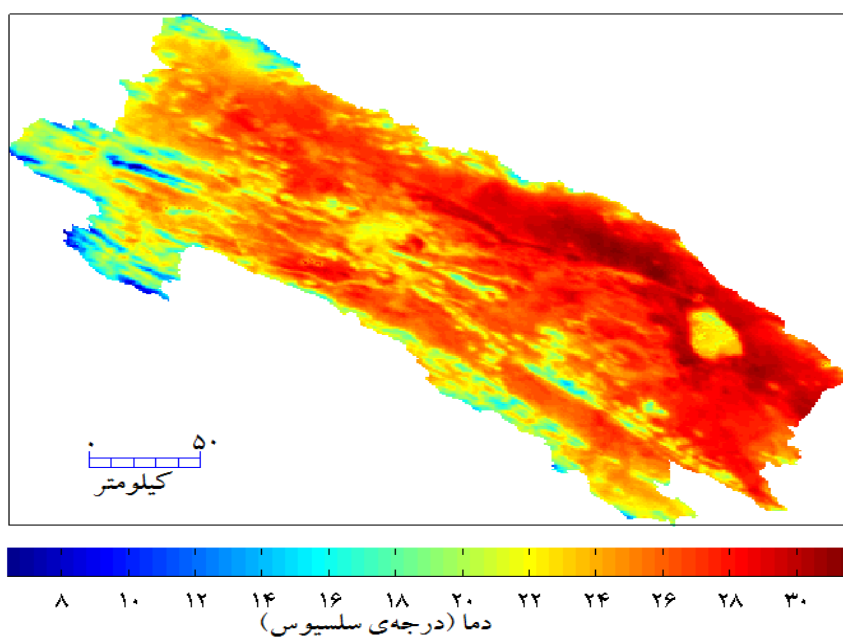
شکل ۶: دامنه تغییرات ارتفاع در دامنه دمایی (۳۰ تا ۳۶ درجه سلسیوس).



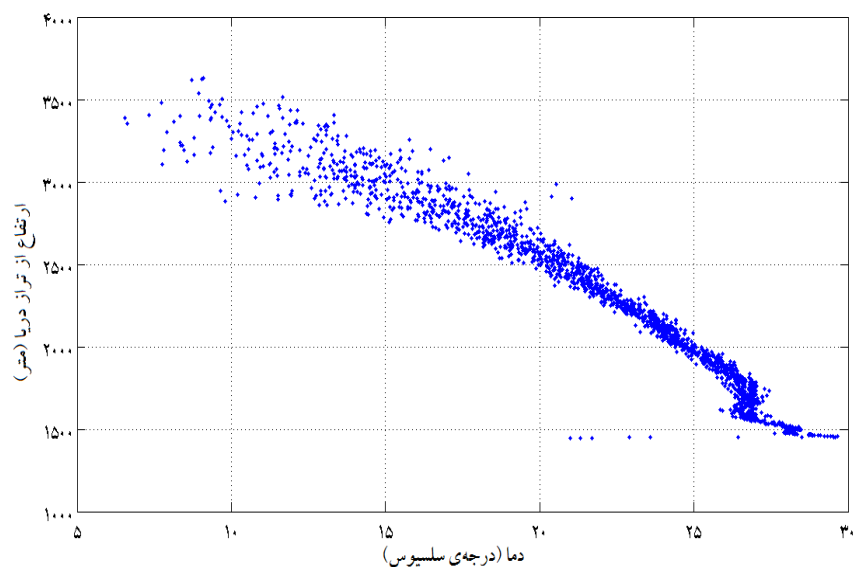
شکل ۷: نمودار تغییرات دمای رویه زمین با افزایش ارتفاع در فصل تابستان در حوضه زاینده رود.

مناطق پرارتفاع حوضه دیده می‌شود. کمترین دما در این مناطق به حدود ۸ درجه سلسیوس می‌رسد (شکل ۸). وارونگی دمایی در طبقات پایین حوضه در فصل پاییز نیز به روشنی دیده می‌شود (شکل ۹).

در فصل پاییز مانند ماههای گذشته، بیشترین دمای رویه در مناطق کم ارتفاع تر شرقی دیده می‌شود. در این مناطق دمای رویه به ۳۰ درجه سلسیوس نیز می‌رسد. این در حالی است که کمترین دمای رویه در



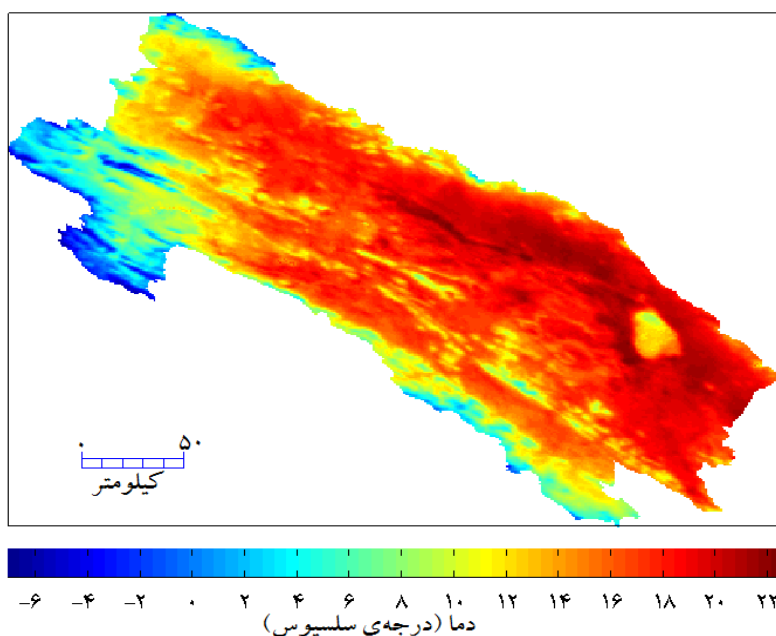
شکل ۸: میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در فصل پاییز در حوضه زاینده رود در سیستم تصویر سینوسی



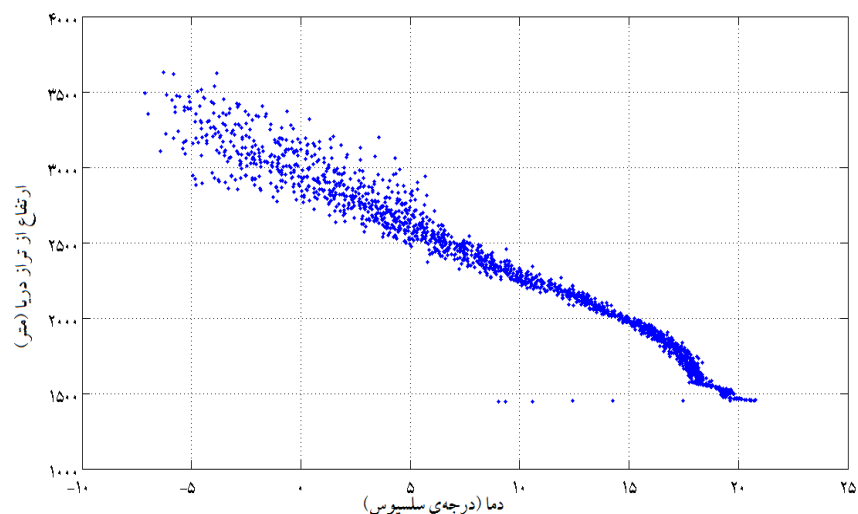
شکل ۹: نمودار تغییرات دمای رویه زمین با افزایش ارتفاع در فصل پاییز در حوضه زاینده‌رود.

داد همبستگی میان دما- ارتفاع در حوضه زاینده‌رود در فصل زمستان به ۰/۹۶ می‌رسد و در مقایسه با دیگر فصول بیشتر است (جدول ۳).

به نظر می‌رسد در فصل زمستان با از میان رفتن پوشش گیاهی حوضه که نقش برجسته‌ای در تغییرات دمایی بازی می‌کند الگوی تغییرات دمای رویه از تغییرات ارتفاع پیروی بیشتری می‌کند. بررسی‌ها نشان



شکل ۱۰: میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در فصل زمستان در حوضه زاینده‌رود در سیستم تصویر سینوسی



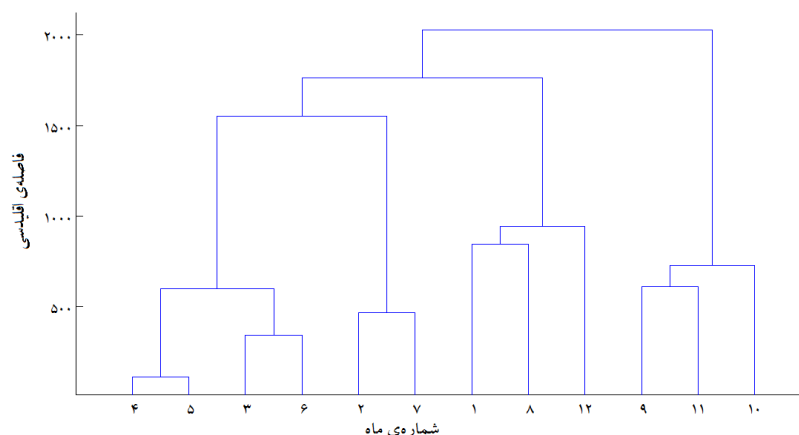
شکل ۱۱: نمودار تغییرات دمای رویه زمین با افزایش ارتفاع در فصل زمستان در حوضه زاینده‌رود.

جدول ۳: بررسی ویژگی‌های دمایی و ارتفاعی در حوضه زاینده‌رود

فصول سال	میانگین دما	افتاهنگ محیطی دما به ازای هر ۱۰۰ متر (درجه سلسیوس)	همبستگی دمای رویه زمین-ارتفاع
بهار	۳۶/۱۷	۱/۲	۰/۹۲
تابستان	۴۵/۸۶	۰/۸۵	۰/۹۱
پاییز	۲۴/۳۸	۰/۹۲	۰/۹۳
زمستان	۱۳/۴۴	۱/۳۶	۰/۹۶

زمستان به میزان ۰/۹۶ دیده می‌شود. کمترین همبستگی نیز در فصل تابستان دیده می‌شود. این اعداد در واقع گویای این موضوع هستند که در فصل تابستان به سبب وجود پوشش گیاهی همبستگی دما-ارتفاع کاهش می‌یابد و دمای رویه نیز متأثر از پوشش گیاهی می‌شود. همین مسئله سبب شده تا کمترین همبستگی میان دما-ارتفاع در این فصل دیده شود.

بررسی وضعیت دمای رویه زمین در فصول مختلف سال نشان می‌دهد بیشترین افتاهنگ محیطی دمای رویه زمین به ازاء افزایش ارتفاع در فصل زمستان به میزان ۱/۳۶ درجه سلسیوس دیده می‌شود. پس از آن فصل بهار با ۱/۲، فصل پاییز با ۰/۹۲ و فصل تابستان با ۰/۸۵ درجه سلسیوس قرار دارد. بیشترین همبستگی میان دمای رویه زمین-ارتفاع نیز در فصل



شکل ۱۲: نمودار خوشه‌بندی دمایی ماه‌های سال در حوضه زاینده‌رود

بشمار می‌رود. در دهه‌های اخیر با ورود مساله تغییر اقلیم و به تبع آن گرمایش جهانی به محافل علمی، تحلیل الگوهای رفتاری دما به سبب اهمیت و تاثیر این نهاد مهم اقلیمی بر شرایط محیطی و نقش آن در برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان در کانون توجه پژوهشگران و برنامه‌ریزان قرار گرفته است. از این رو، هدف از این پژوهش شناسایی ساختار مکانی دمای رویه زمین در حوضه زاینده‌رود می‌باشد. برای این منظور داده‌های دمای رویه خاک از سنجنده مودیس ترا در تفکیک مکانی 1×1 کیلومتری دریافت گردید؛ همچنین برای بررسی دمای رویه زمین در کمربندهای ارتفاعی در حوضه زاینده‌رود مدل رقومی حوضه زاینده‌رود (Dem) هماهنگ با تفکیک و سیستم تصویر داده‌های دما از تارنمای ناسا دریافت گردید. بررسی‌ها نشان داد دمای رویه زمین در حوضه به خوبی از تغییرات ارتفاع پیروی می‌کند؛ اما در این میان پوشش گیاهی نیز نقش برجسته‌ای در پراکنش دما در حوضه بازی می‌کند. همچنین یافته‌های این پژوهش نشان داد ماه دی دارای کمترین دما به میزان $8/5$ درجه‌ی سلسیوس و ماه تیر دارای بیشترین دمای رویه به میزان $47/01$ درجه سلسیوس می‌باشد. همچنین برای هر یک از فصول سال افتاهنگ دمای رویه زمین با افزایش ارتفاع محاسبه گردید. بررسی‌ها نشان داد در ماه زمستان بیشترین افتاهنگ محیطی دما دیده می‌شود، در این فصل نرخ کاهش دما به ازاء هر صد متر افزایش ارتفاع $1/36$ درجه سلسیوس است، این در حالی است که کمترین نرخ کاهش دما به ازاء افزایش ارتفاع در فصل تابستان به میزان $0/85$ درجه سلسیوس است. همچنین بررسی همبستگی دمای رویه زمین - ارتفاع نشان می‌دهد در فصل زمستان بیشترین همبستگی میان این دو متغیر ($0/96$) دیده می‌شود. کمترین همبستگی نیز به میزان $0/91$ در فصل تابستان دیده می‌شود. روی هم رفته یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد ساختار دمای رویه زمین در حوضه زاینده‌رود افزون بر ارتفاع از جنس زمین شامل پوشش آبی و باتلاقی، پوشش گیاهی نیز به شدت تأثیرپذیر می‌باشد. در مجموع یافته‌های این پژوهش

همچنین برای بررسی همانندی‌ها و تفاوت‌ها میان ماههای سال در حوضه زاینده‌رود، واکاوی خوشه‌ای به روش پیوند وارد بر روی ماتریس بلندمدت دمای ماهانه رویه زمین در حوضه زاینده‌رود انجام گرفت (شکل ۱۲). همان‌گونه که این نمودار نشان می‌دهد کمترین تفاوت دمایی میان ماه‌های مرداد و تیر دیده می‌شود و به عبارت دیگر فاصله اقلیدسی میان این دو ماه نسبت به دیگر ماهها کمینه می‌باشد. به بیان روشن‌تر این دو ماه کمترین تفاوت دمایی را نسبت به یکدیگر دارا می‌باشند. پس از این دو ماه، ماههای خرداد و شهریور دارای بیشترین همانندی هستند. پس از این دو ماه، بیشترین نزدیکی میان ماههای اردیبهشت و مهر وجود دارد. نکته جالبی که در نمودار شکل ۱۲ دیده می‌شود تطابق و نزدیکی ماه‌ها از نظر ترتیب تقویمی است. همان‌طور که دیده می‌شود ماه‌های فروردین، آبان و اسفند نیز خود در یک خوشه قرار گرفته‌اند که در واقع نشان‌دهنده ماههای معتدل در حوضه زاینده‌رود هستند. ماههای آذر، بهمن و دی نیز در یک خوشه قرار دارند که این خوشه نیز نقش ماههای سرد در حوضه را بازی می‌کنند. از یک دیدگاه می‌توانیم حوضه زاینده‌رود را از منظر دمای رویه خاک به سه فصل متمایز بخش کنیم. ۱- فصل سرد که شامل ماههای آذر، دی و بهمن می‌شود. ۲- فصل معتدل که ماههای فروردین، آبان و اسفند را در بر می‌گیرد. ۳- فصل گرم که دربردارنده ماه‌های تیر، مرداد، خرداد، شهریور، اردیبهشت و مهر است (شکل ۱۲).

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به تاثیر دما در شرایط اقلیمی هر منطقه و اهمیت آن در آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی‌های محیطی، واکاوی رفتار دما در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف ضرورتی انکارناپذیر است. در واقع، دما اثر انکارناپذیری بر فعالیت‌های انسانی و فرایندهای طبیعی از جمله تامین منابع آبی هر ناحیه دارد و تغییرات آن در آمایش و برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی عامل تعیین‌کننده‌ای

- می‌تواند شناخت و آگاهی ما از وضعیت ساختار دمای رویه زمین در حوضه زاینده‌رود را بالا برده؛ در آمایش و برنامه‌ریزی‌های محیطی مبتنی بر دانسته‌های اقلیمی، مدیریت منابع آبی و کشاورزی این حوضه آبی مورد استفاده قرار گیرد.
- منابع**
1. Atlas, R, Wolfson, N, Terry, J 1993. The effect of SST and soil moisture anomalies on GLA model simulations of the 1988 U.S. summer drought. *Journal of Climate*, Vol 6, No, 8, America
 2. Coll, C, Caselles, V, Galve, J, Valor, E, Niclos, R, Sanchez, J, Rivas, 2005. Ground measurements for the validation of land surface temperatures derived from AATSR and MODIS data, *Remote Sensing of Environment*, 97, No, 3, Netherlands
 3. Coll, C, Wan, Z, and Galvem, M, 2009. Temperature-based and radiance-based validations of the V5 MODIS land surface temperature product, *Journal of Geophysical Research*, Vol,114, No, 20, America
 4. Crosman, T, Horel D, 2009. MODIS-derived surface temperature of the Great Salt Lake, *Remote Sensing of Environment*, Vol, 113, No, Netherlands
 5. Dai, A, Trenberth, K, Karl, T, 1999. Effects of clouds, soil moisture, precipitation, and water vapor on diurnal temperature range. *Journal of Climate*, Vol, 12, 8, America
 6. Galve, M, Coll, C, Caselles, V, Valor, E, Niclos, R, Sanchez, M., Mira, M, 2007. Simulation and validation of land surface temperature algorithms for MODIS and AATSR data, *Tethys*, Vol,4, Spain
 7. Jin, M. 2004. Analysis of land skin temperature using AVHRR observations. *American Meteorological Society*, 85: 4, America
 8. Jin, M. and Dickinson, R. 1999. Interpolation of surface radiative temperature measured from polar orbiting satellites to a diurnal cycle 1. Without clouds. *Journal of Geophysical Research*, 104: D2, America
 9. Jin, M, 2000. Interpolation of surface radiative temperature measured from polar orbiting satellites to a diurnal cycle 2. Cloudy-pixel treatment. *Journal of Geophysical Research*, Vol, 105, No, D3, America
 10. Hook, S, Vaughan, R, Tonooka, H, Schladow, G, 2007. Absolute radiometric inflight validation of mid infrared and thermal infrared data from ASTER and MODIS on the Terra Spacecraft using the Lake Tahoe, CA/NV, USA, automated validation site, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol, 45, No, 6, America
 11. Langer, M, Westermann, S, Boike, J, 2010. Spatial and temporal variations of summer surface temperatures of wet polygonal tundra in Siberia – implications for MODIS LST based permafrost monitoring, *Remote Sensing of Environment*, Vol, 114, No, 9, Netherlands
 12. Price, J, 1984. Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA 7 advanced very high resolution radiometer. *Journal of Geophysical Research*, Vol, 89, No, D5, America
 13. Segal, M, Garratt, R, Kallos, G, Pielke, R, 1989. The impact of wet soil and canopy temperatures on daytime boundary-layer growth. *Journal of Atmospheric Science*, Vol, 46, No, 24, America
 14. Sommers, LE, Gilmour, CM, Wildung, RE, Beck, SM,
 15. 1981. The effect of water potential on decomposition processes in soils, *Water Potential Relations in Soil Microbiology*, America
 16. Wan, Z. and Dozier, J. 1996. A generalized split-window algorithm for retrieving landsurface temperature from space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34: 4, America
 17. Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q. and Li, Z.L. 2004. Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature, *International Journal of Remote Sensing*, 25: 1, United Kingdom

- monitoring, Remote Sensing of Environment, 115: 3, Netherlands
20. ftp://landsc1.nascom.nasa.gov/pub/outgoing/c6_dem/sin_<res
21. http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/land_atbd.php
22. <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>
18. Wan, Z. 2008. New refinements and validation of the MODIS land surface temperature/emissivity products, Remote Sensing of Environment, Vol, 112, No, 1, Netherlands
19. Westermann, S., Langer, M. and Boike, J. 2011. Spatial and temporal variations of summer surface temperatures of high-arctic tundra on Svalbard – Implications for MODIS LST based permafrost

