

تخمین دمای هوا و سطح زمین با استفاده از GLDAS و NCEP/NCAR

مژگان احمدی^۱، عباس کاویانی^{۲*}، پیمان دانشکار آراسته^۳، زهره فرجی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۵

چکیده

دمای هوا و سطح زمین از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که در تخمین بسیاری از پارامترهای هیدرولوژیکی در سطح حوزه آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرند. این پارامترها با حضور باند‌های حرارتی در سنجنده‌ها قابل اندازه‌گیری هستند. در این پژوهش به ارزیابی دمای سطح زمین مدل GLDAS با سنجنده MODIS و همچنین ارزیابی دمای هوای مدل GLDAS و پایگاه NCEP/NCAR با داده‌های ایستگاهی در استان‌های البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان پرداخته شد. در ارزیابی داده‌های دمای سطح زمین مدل GLDAS با سنجنده MODIS نتایج خوبی حاصل شد. داده‌های دمای هوای GLDAS و NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که GLDAS و NCEP-NCAR دقت خوبی دارند. به عنوان مثال در مقایسه NCEP-NCAR با میانگین ایستگاه‌های آق کهریز، سد اکباتان، وسج، ورآینه، خدابنده، سنج، بیجار و قروه در سال ۲۰۰۸ ضریب تبیین (R2)، ضریب کارایی مدل (EF)، خطای اریب میانگین (MBE)، میانگین مطلق خطا (MAE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب برابر ۰/۹۹۴، ۰/۹۸۷، ۰/۳۱۹، ۰/۹۸۷ و ۱/۱۷۳ درجه سانتی‌گراد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: دمای هوا، دمای سطح زمین، GLDAS

مقدمه

دمای هوای نزدیک سطح زمین و دمای سطح زمین از متغیرهای کلیدی در مطالعات هیدرولوژیکی، اکولوژیکی و اقلیمی بوده و بسیاری از فرآیندهای سطح زمین مانند فتوسنتز، تنفس و تبخیر توسط دمای هوا تنظیم می‌شوند. در این راستا آگاهی از تغییرات مکانی دمای هوا در مقیاس‌های وسیع برای انجام مطالعات و بررسی‌های اقلیمی، هواشناسی، هیدرولوژیکی لازم به نظر می‌رسد. از جمله روش‌های مرسوم برای بررسی تغییرات مکانی دمای هوا، استفاده از روش‌های رگرسیون و درون‌یابی (از جمله کریجینگ) است. بررسی نتایج حاصل از روش‌های بیان شده حاکی از محدودیت روش‌های مورد استفاده در پایش تغییرات مکانی دمای هواست چرا که این روش‌ها بیشتر در مناطق با وسعت کم و هموار (عدم تغییرات ارتفاعی) از کارایی قابل توجهی برخوردار هستند. واضح است که در

بررسی دمای هوا در مقیاس‌های وسیع عوامل دیگری مانند پوشش گیاهی، تغییرات کاربری اراضی و غیره دخیل هستند (پرویز و همکاران، ۱۳۹۰). بنابراین تکنیک سنجش از دور به علت جمع‌آوری داده‌های مکانی در مقیاس وسیع، قابلیت تکرار اخذ داده‌های ماهواره-ای به فاصله زمانی چند ساعت تا چند روز در طول ماه یا سال (بروز بودن داده‌ها)، از توانایی چشمگیری در استفاده از اطلاعات حاصل جهت تفسیر پدیده‌های زمینی در مقیاس زمانی و مکانی بالا، برخوردار است (پرویز و همکاران، ۱۳۹۰).

داده‌های استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای توسط پژوهشگران زیادی واسنجی و اعتبار سنجی شده است. به عنوان مثال در سال‌های اخیر محصولات دمای MODIS با داده‌های اندازه‌گیری شده در بیش از ۵۰ شرایط آسمان صاف در دامنه دمایی ۱۰- الی ۵۸ درجه سلسیوس و محتوای بخار آب ۴-۰/۴ سانتی‌متر اعتبار سنجی شده است (Chen et al., 2014, Coll et al., 2005, Wan et al., 2002, 2004, 2008, Wan and Li, 2008, 2014, Terra عنوان مثال، در اعتبار سنجی سطح تصاویر ماهواره MODIS سنجنده MODIS در کشور بولیوی و ایالت کالیفرنیا آمریکا به دقت ± 1 درجه سلسیوس رسیدند (Wan et al., 2002).

فرجی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی داده‌های دمای هوای حاصل از مدل سطح زمین (GLDAS) با استفاده از داده‌های مشاهداتی در استان قزوین پرداختند. با استفاده از داده سنجنده MODIS به

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد منابع آب، گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)

۴- دانشجوی دوره دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)

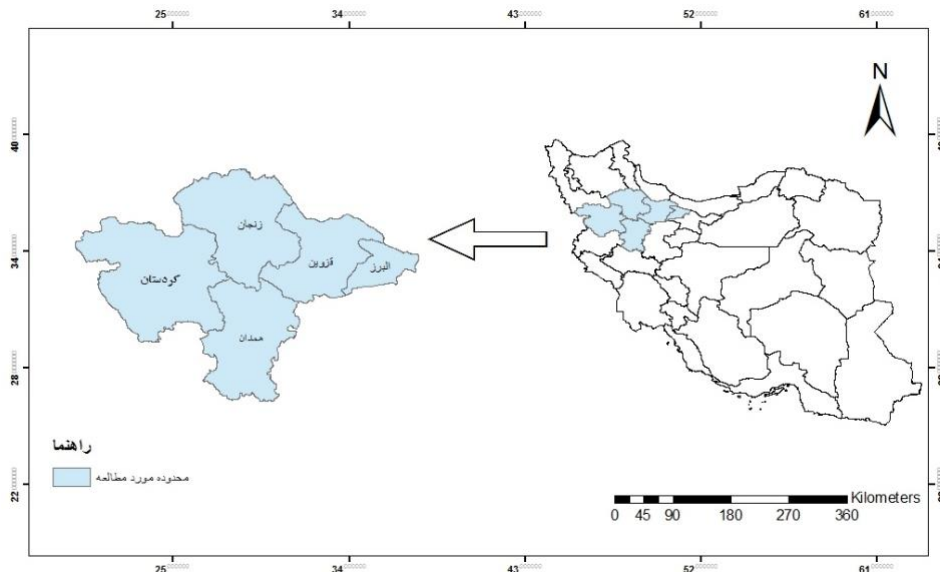
*- نویسنده مسئول: (Email: Kaviani@eng.ikiu.ac.ir)

مقایسه‌ای که بین داده‌های مدل GLDAS و مشاهدات زمینی انجام شد، ضریب همبستگی ۰/۹۹ برای پارامترهای دمای هوای نزدیک سطح زمین بدست آمد (Wan et al., 2011). مدل سیستم اطلاعات جهانی سطح زمین (GLDAS) از جمله مدل‌هایی است که تاکنون محققان زیادی در سطح جهان به مطالعه آن پرداختند. مدل‌های سطح زمین بروز شده با مشاهدات ماهواره‌ای به دلیل ارائه پارامترهای هیدرولوژیکی در مقیاس جهانی از اهمیت بالایی در مناطق فاقد آمار برخوردار می‌باشند. قبل از استفاده از داده‌های سنجش از دور لازم است با داده‌های زمینی مقایسه شده و دقت آنها مشخص شود. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی امکان استفاده از نتایج مدل‌های GLDAS و NCEP-NCAR انجام شد و برای این منظور از داده‌های دمای هوا و دمای سطح زمین مدل GLDAS، NCEP-NCAR و MODIS در استان‌های زنجان، قزوین، البرز، کردستان و همدان استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده در شکل ۱ و جدول ۱ آورده شده است.

تخمین دمای هوای نزدیک سطح زمین پرداختند (Vancutsem et al, 2010). زاکسک و همکاران با استفاده از ترکیب داده‌های سنجنده‌های MODIS و SEVIRI به محاسبه دمای زمین با تفکیک مکانی در مناطقی از فرانسه و جنوب آلمان در سال ۲۰۰۵ پرداخته شد. نتایج تحقیق با ضریب همبستگی ۰/۹۵ حاکی از عملکرد بالای این روش به خصوص در مقیاس‌های مکانی و زمانی بالا (۱۰۰۰ متر و مقیاس زمانی ۳۰ دقیقه) بود (Zaksek et al, 2009). توزیع دمای سطح زمین برای منطقه جنوبگان بر مبنای دمای سطح زمین (LST) محاسباتی حاصل از سنجنده MODIS بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS امکان پهنه‌بندی وضعیت دما در ماه‌های مختلف وجود دارد (Meyer et al, 2016). توزیع زمانی- مکانی نوسانات دمای سطح دریاچه در فلات تبت با استفاده از خروجی دمای سطح زمین MODIS بررسی شد. بررسی وضعیت دمای سطح دریاچه در زمان روز و شب مشخص کرد که تصاویر ماهواره‌ای نقش موثری در تعیین بیلان انرژی ایفا می‌کند (Song et al, 2016). برآورد تجربی دمای سطح زمین در چین براساس داده‌های سنجنده MODIS توسط لی و همکاران انجام شده است و مناطق دمایی چین را ارزیابی کردند (Li et al, 2013). به ارزیابی مدل GLDAS/Noah طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ در حوضه سانگوا (Songhua) واقع در کشور چین پرداخته شد. بر اساس



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

جدول ۱- ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	طول دوره آماری
قزوین	۵۰/۰۳	۳۶/۱۵	۱۲۹۷/۲	۲۰۰۰-۲۰۱۱
رشت	۴۹/۳۷	۳۷/۱۹	-۸/۶	۲۰۰۰-۲۰۱۰
سیاه‌بیشه	۵۱/۱۸	۳۶/۱۵	۱۸۵۵/۴	۲۰۰۰-۲۰۱۰
خمیگان	۴۹/۰۲	۳۵/۳۷	۱۸۶۹	۲۰۰۵-۲۰۱۴
سداکاتان	۴۸/۶	۳۴/۷۶	۱۹۵۷	۲۰۰۵-۲۰۱۴
وسج	۴۸/۲۲	۳۴/۳۲	۱۵۶۶	۲۰۰۵-۲۰۱۴
ورآینه	۴۸/۴	۳۴/۰۸	۱۷۹۵	۲۰۰۵-۲۰۱۴
آق کهریز	۴۸/۳۳	۳۴/۹۹	۱۸۴۴	۲۰۰۵-۲۰۱۴
قهاوند	۴۸/۹۹	۳۴/۸۶	۱۵۵۴	۲۰۰۵-۲۰۱۴
نوشهر	۵۱/۳	۳۶/۳۹	-۲۰/۹	۲۰۰۰-۲۰۱۰
شمال تهران	۵۱/۲۹	۳۵/۴۸	۱۵۴۹/۱	۲۰۰۰-۲۰۱۰
خلخال	۴۸/۳۱	۳۷/۳۸	۱۷۹۶	۲۰۰۰-۲۰۱۰
میانه	۴۷/۴۲	۳۷/۲۷	۱۱۱۰	۲۰۰۰-۲۰۱۰
سقز	۴۶/۱۶	۳۶/۱۵	۱۵۲۲/۸	۲۰۰۰-۲۰۱۰
مریوان	۴۶/۱۲	۳۵/۳۱	۱۲۸۶/۸	۲۰۰۰-۲۰۱۰
قروه	۴۷/۴۸	۳۵/۱	۱۹۰۶	۲۰۰۰-۲۰۱۰
بیجار	۴۷/۳۷	۳۵/۵۳	۱۸۸۳/۴	۲۰۰۰-۲۰۱۰
سنندج	۴۷	۳۵/۲	۱۳۷۳/۴	۲۰۰۰-۲۰۱۰
مهاباد	۴۵/۴۳	۳۶/۴۵	۱۳۵۱/۸	۲۰۰۰-۲۰۱۰
سردشت	۴۵/۲۹	۳۶/۹	۱۵۵۶/۸	۲۰۰۰-۲۰۱۰
ماه‌نشان	۴۷/۴۱	۳۶/۴۴	۱۲۸۲	۲۰۰۲-۲۰۱۰
زنجان	۴۸/۳۱	۳۶/۳۹	۱۶۶۳	۲۰۰۰-۲۰۱۰
خدابنده	۴۸/۳۵	۳۶/۰۸	۱۸۸۷	۲۰۰۰-۲۰۱۰
کرج	۵۰/۵۷	۳۵/۴۸	۱۲۹۲/۹	۲۰۰۰-۲۰۱۴

سنجنده MODIS

محصولات دمای سطح زمین (LST/E) از سنجنده MODIS، مقادیر دمای سطح اراضی و ضریب گسیلندگی را در هر پیکسل نمایش می‌دهند. LST سنجنده MODIS از داده‌های مادون قرمز حرارتی باند ۳۱ (۱۰/۷۸-۱۱/۲۸ میکرومتر) و ۳۲ (۱۱/۷۷-۱۲/۲۷ میکرومتر) به دست می‌آید (Wan and Dozier, 1996). سنجنده MODIS بر روی دو ماهواره Terra و Aqua قرار دارد. با توجه به چرخش این دو ماهواره حول زمین، محصولات ماهواره Terra در ساعت ۱۰:۳۰ صبح و ۱۲ شب به وقت محلی و محصولات ماهواره Aqua در ساعت ۱ شب و ۳ بعد از ظهر به وقت محلی ارائه می‌شود (Wan et al., 2004).

NCEP - NCAR

امروزه توسعه مراکز پیش‌بینی و مدل‌سازی داده‌های اقلیمی

مدل GLDAS

سیستم تحلیل و شبیه‌سازی زمین در پوشش جهانی یا همان GLDAS^۱، به طور مشترک توسط دانشمندان سازمان ملی هوانوردی و فضا (NASA)^۲، مرکز پرواز فضایی گودارد (GSFC)^۳، سازمان ملی اقیانوسی و جوی (NOAA)^۴ و مراکز ملی پیش‌بینی محیط‌زیست (NCEP)^۵ در برخی زمینه‌ها توسعه داده شده است. GLDAS سیستم مدل‌سازی جهانی سطح زمین است که از داده‌های مشاهده‌ای ماهواره‌ای و همچنین تحقیقات هیدرولوژیکی برای شبیه‌سازی پیشرفت آب‌وهوا استفاده می‌کند. این سیستم مجموعه‌ای از محصولات را تولید می‌کند که توسط چهار مدل سطح زمین (CLM, Mosaic, Noah and VIC) شبیه‌سازی شده‌اند.

- 1- Global Land Data Assimilation System
- 2- The Nation Aeronautics and Space Administration
- 3- Goddard Space Flight Center
- 4- The National Oceanic and Atmospheric Administration
- 5- The National Center for Environmental Prediction

6- MODIS Land Surface Temperature and Emissivity

بر مبنای داده‌های ماهواره‌ای برای استان گلستان استفاده گردید (محمدزاده، ۱۳۹۳). علاوه بر این برای تعیین نواحی دمایی ایران در بازه زمانی ماهانه، از محصولات دمایی ماهانه MODIS با نام اختصاری MOD11C3 استفاده گردید (قویدل و همکاران، ۱۳۹۴). در این پژوهش نیز از تصویر تولید شده دمایی سطح زمین Terra MODIS (MOD11C3) استفاده شد. داده‌های دمایی سطح زمین حاصل از MODIS (کلوین) با توان تفکیک مکانی ۰/۰۵ درجه و توان تفکیک زمانی ماهانه از وبگاه Giovanni دریافت شد. دمایی سطح زمین برای مناطق دارای پوشش گیاهی محاسبه شد. محدوده‌های شامل پوشش گیاهی توسط نقشه NDVI حاصل از سنجنده MODIS مشخص شد.

آماره‌های ارزیابی

فرجی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی دمایی هوای حاصل از GLDAS با استفاده از داده‌های مشاهداتی در استان قزوین پرداختند و در این ارزیابی از آماره‌های ریشه میانگین توان دوم خطا^۱، میانگین قدر مطلق خطا^۲، میانگین خطا یا اریبی^۳ و ضریب تبیین استفاده کردند. در این تحقیق نتایج حاصل از مدل‌ها با داده‌های مشاهداتی توسط معیارهای آماری خطا شامل ریشه میانگین توان دوم خطا، میانگین قدر مطلق خطا، ضریب کارایی مدل^۴ میانگین خطا یا اریبی و ضریب تبیین مقایسه شدند. این آماره‌ها بیشترین کاربرد را در تجزیه و تحلیل‌های مقایسه‌ای دارند و از آنها برای مقایسه نتایج پیش‌بینی‌های یک مدل در برابر داده‌های مشاهده‌ای استفاده می‌شود (Moriasi et al., 2007). به دلیل محدودیت تعداد صفحات از ارائه فرمول‌های این بخش خودداری شده است.

فلوچارت مراحل ارزیابی داده‌های دما در شکل ۲ آورده شده است. داده‌ها از لینک‌های معرفی شده دانلود و محدوده مورد مطالعه در بازه زمانی مورد نظر از تصاویر اصلی جدا و سپس ارزیابی آماری انجام شد.

نتایج و بحث

شکل ۳ نقشه NDVI سنجنده MODIS را برای سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. محدوده این شاخص بین ۱ و -۱ است که مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده افزایش پوشش گیاهی می‌باشد. مقادیر مربوط به آب و ابر معمولاً کمتر از صفر است (Allen et al., 2003).

محدوده‌های سبز رنگ که شاخص NDVI بالاتری داشتند به

مانند NCEP-NCAR^۱ و ECMWF منابعی از داده‌های تقریباً روزآمد هواشناسی را در اختیار پژوهشگران قرار داده است که میزان خطای آن در مقایسه با داده‌های ایستگاه‌های زمینی در بسیاری از نقاط جهان اندک و قابل چشم‌پوشی است و به همین علت می‌توان از این داده‌ها در کنار داده‌های زمینی و یا حتی در حکم جایگزینی برای داده‌های مشاهده‌ای در مناطق بدون ایستگاه استفاده کرد. کیفیت و اعتبار این داده‌ها برای نقاط گوناگون جهان با روش‌های متنوعی مانند هماهنگی با نتایج مدل‌های پیچیده جوی کنترل شده است (رضیئی و ستوده، ۱۳۹۶).

داده‌های بازتحلیل شده نتیجه بر هم کنش پیچیده میان داده‌های موجود و نتایج مدل‌های جوی است که به داده‌های بازتحلیل شده بر هم کنش میان داده‌های موجود و نتایج مدل‌های جوی است که به صورت داده‌های شبکه‌بندی شده با پوشش سیاره‌ای داده می‌شوند. داده‌های بازتحلیل شده (NCEP-NCAR) و (ECMWF) از آغاز دهه گذشته تا کنون در دسترس پژوهشگران قرار گرفته و شتاب گسترده‌ای را در پژوهش‌های هواشناسی، آب و هواشناسی و اقیانوسی موجب شده‌اند (رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰).

آماده‌سازی داده‌ها

داده‌های دمایی هوا از سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۰ برای ایستگاه‌های هواشناسی و دمایی سطح زمین برای محدوده‌های پوشش گیاهی مدل NOAA با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵×۰/۲۵ درجه به صورت ماهانه (GLDAS_NOAH025_M.2.1)، از سایت Giovanni تهیه شد واحد داده‌ها کلوین بود که به درجه سانتی‌گراد تبدیل شد.

داده‌های دمایی هوای مرکز NCEP-NCAR با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵×۲/۵ درجه به صورت ماهانه دریافت شد. فرمت این داده‌ها به صورت NetCDF است که توسط نرم افزار MATLAB قابل مدیریت هستند. پس از فراخوانی در نرم‌افزار MATLAB منطقه مورد مطالعه و بازه زمانی ۲۰۰۶-۲۰۰۱ از تصویر اصلی جدا و ذخیره شد.

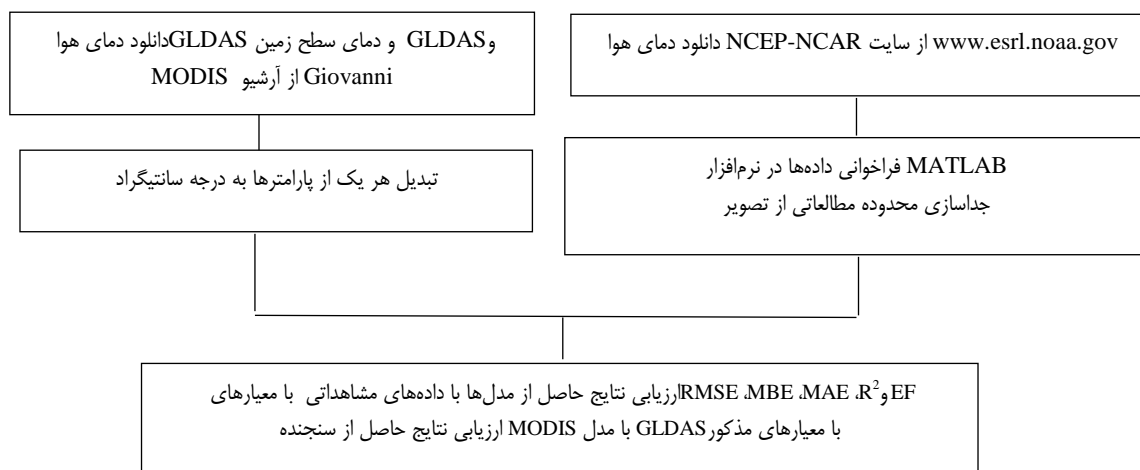
به دلیل عدم دسترسی به داده‌های دمایی سطح زمین ایستگاهی و با استناد به نتایج تحقیق دیگر محققان که از محصولات دمایی سطح زمین سنجنده MODIS استفاده کرده‌اند، کمک گرفته شد. به عنوان مثال برای ارزیابی روند جهانی شاخص‌های گیاهی و دمایی سطح زمین MODIS Terra بین سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱، از محصول MOD11C3 سنجنده MODIS استفاده کردند (Julien and Sobrino, 2013). از داده‌های دمایی سطح زمین محصول MOD11C3 سنجنده MODIS برای مدل‌سازی خطر آتش‌سوزی

2- RMSE
3- MAE
4- MBE
5- EF

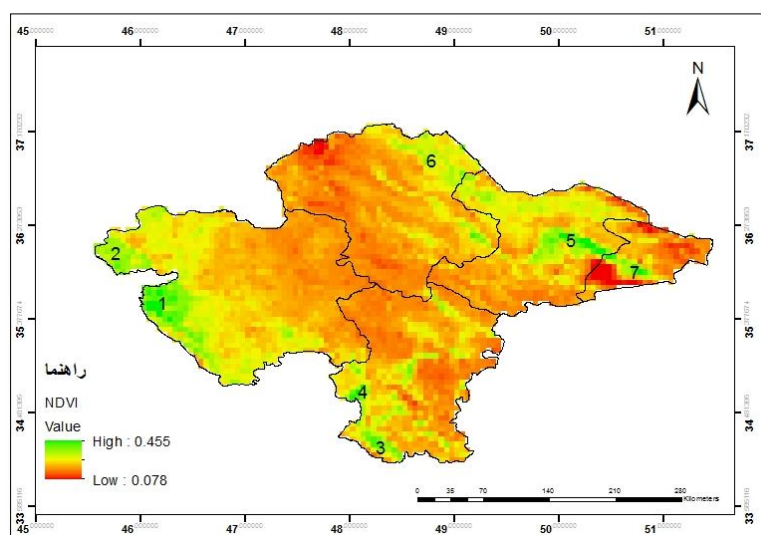
1- National Centers for Environmental Prediction – National Center for Atmospheric Research

دمای سطح زمین مدل GLDAS با تصویر تولید شده دمای سطح زمین MODIS برای بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۶ برای محدوده‌هایی که در شکل ۳ مشخص شده است ارزیابی شد.

عنوان محدوده‌هایی با پوشش گیاهی در نظر گرفته شد و دمای سطح زمین برای این مناطق با استفاده از سنجنده MODIS و مدل تخمین زده شد.



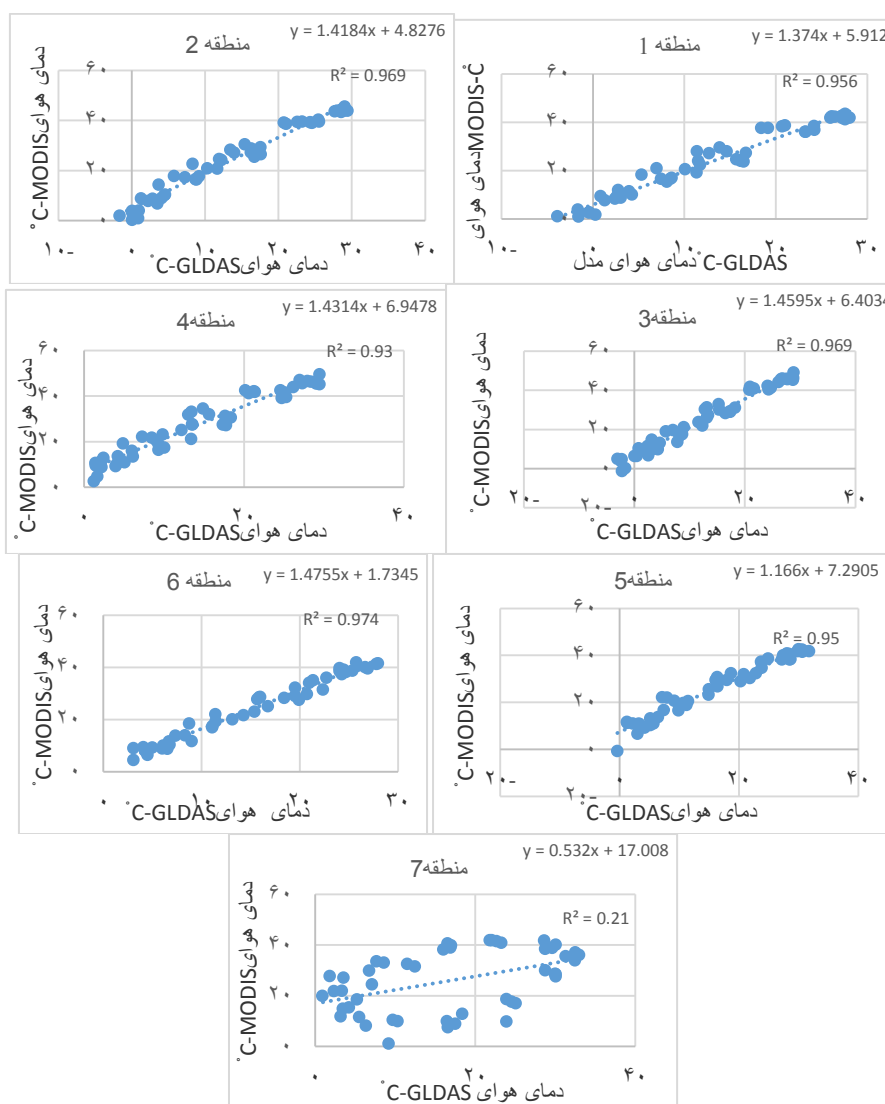
شکل ۲- مراحل ارزیابی داده‌های دمای هوا و سطح زمین



شکل ۳- شاخص NDVI سال ۲۰۱۶

منطقه ۶ بین ۴۸/۶۶ تا ۴۸/۸۶ طول جغرافیایی و ۳۶/۸۶ تا ۳۷/۱ عرض جغرافیایی قرار دارد. منطقه ۷ بین ۵۰/۶ تا ۵۰/۷۵ طول جغرافیایی و ۳۵/۸ تا ۳۵/۹ عرض جغرافیایی قرار دارد. به منظور کالیبراسیون داده‌ها رابطه خطی همبستگی بین داده‌های دمای هوای حاصل از مدل GLDAS و داده‌های سنجنده MODIS، میانگین دمای ماهانه طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ استخراج گردید (شکل ۴) سپس به منظور صحت‌سنجی رابطه مذکور، از داده‌های سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ کمک گرفته شد.

ارزیابی آماری دمای سطح زمین برای محدوده‌های ۱ تا ۷ که در شکل ۳ نشان داده شده است در جداول ۲ تا ۶ آورده شده است. منطقه ۱ بین ۴۶ تا ۴۶/۴ طول جغرافیایی و ۳۵/۳ تا ۳۵/۷ عرض جغرافیایی قرار دارد. منطقه ۲ نیز بین ۴۵/۵۵ تا ۴۵/۸۵ طول جغرافیایی و ۳۵/۸۱ تا ۳۶/۱۰ عرض جغرافیایی قرار دارد. منطقه ۳ بین ۴۸/۱ تا ۴۸/۳ طول جغرافیایی و ۳۴/۱۶ تا ۳۴/۳۱ عرض جغرافیایی قرار دارد. منطقه ۴ نیز بین ۴۸ تا ۴۸/۱۵ طول جغرافیایی و ۳۴/۶۱ تا ۳۴/۷۵ عرض جغرافیایی قرار دارد. منطقه ۵ بین ۴۹/۸ تا ۵۰/۱۹ طول جغرافیایی و ۳۶ تا ۳۶/۲۰ عرض جغرافیایی قرار دارد.



شکل ۴- نمودار همبستگی میانگین دمای هوای مدل GLDAS با سنجنده MODIS برای مناطق مورد مطالعه

جدول ۲- ارزیابی آماری دمای سطح زمین منطقه ۱

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS*	
۱۲,۱۳	۲,۲۶	۱۱,۴۷	۱,۷۲	۱۱,۴۷-	۰,۵۷-	۰,۱۶	۰,۹۷	۲۰۱۴
۱۱,۰۳	۱,۹۵	۱۰,۳۹	۱,۴۷	۱۰,۲۹-	۰,۹۳	۰,۳۶	۰,۹۸	۲۰۱۵
۱۱,۷۱	۲,۴۷	۱۰,۷۹	۱,۹۵	۱۰,۷۹-	۰,۰۷	۰,۲۶	۰,۹۷	۲۰۱۶

جدول ۳- ارزیابی آماری دمای سطح زمین منطقه ۲

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	
۱۲,۳۹	۲,۴۰	۱۱,۴۲	۲,۰۵	۱۱,۴۲-	۰,۵۲-	۰,۲۳	۰,۹۷	۲۰۱۴
۱۰,۱۲	۲,۷۶	۹,۳۰	۲,۳۳	۹,۳۰-	۱,۹۷	۰,۴۹	۰,۹۶	۲۰۱۵
۱۱,۸۹	۲,۰۰	۱۱,۰۱	۱,۸۳	۱۱,۰۱-	۰,۱۸-	۰,۳۰	۰,۹۸	۲۰۱۶

جدول ۴- ارزیابی آماری دمای سطح زمین منطقه ۳

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	
۱۳,۱۸	۲,۵۲	۱۲,۳۰	۲,۱۴	۱۲,۳۰-	۰,۲۲	۰,۲۹	۰,۹۷	۲۰۱۴
۱۴,۲۴	۱,۹۵	۱۳,۰۸	۱,۷۰	۱۳,۰۸-	۰,۱۷-	۰,۱۹	۰,۹۸	۲۰۱۵
۱۴,۰۱	۲,۴۹	۱۲,۹۸	۲,۰۰	۱۲,۹۸-	۰,۳۷-	۰,۰۷	۰,۹۷	۲۰۱۶

جدول ۵- ارزیابی آماری دمای سطح زمین منطقه ۴

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	
۱۳,۸۶	۲,۷۰	۱۳,۰۲	۲,۳۷	۱۳,۰۲-	۰,۲۰	۰,۰۹	۰,۹۷	۲۰۱۴
۱۴,۸۸	۲,۱۲	۱۴,۰۱	۱,۹۰	۱۴,۰۱-	۰,۶۲-	۰,۰۸-	۰,۹۸	۲۰۱۵
۱۴,۵۴	۳,۶۴	۱۳,۷۸	۲,۷۴	۱۳,۷۸-	۰,۶۱-	۰,۳۸-	۰,۹۱	۲۰۱۶

جدول ۶- ارزیابی آماری دمای سطح زمین منطقه ۵

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	
۱۱,۸۴	۲,۹۰	۱۱,۵۶	۲,۳۶	۱۱,۵۶-	۱,۴۸-	۰,۰۵-	۰,۹۴	۲۰۱۴
۱۱,۱۷	۱,۸۱	۱۰,۸۳	۱,۶۰	۱۰,۸۳-	۰,۷۲-	۰,۲۱	۰,۹۸	۲۰۱۵
۱۱,۶۶	۲,۱۷	۱۱,۳۵	۱,۸۵	۱۱,۳۵-	۱,۲۸-	۰,۰۱-	۰,۹۷	۲۰۱۶

جدول ۷- ارزیابی آماری دمای سطح زمین منطقه ۶

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	
۱۰,۱۶	۲,۰۲	۹,۴۶	۱,۵۷	۹,۴۶-	۰,۰۱-	۰,۲۶	۰,۹۷	۲۰۱۴
۱۰,۵۸	۱,۰۶	۹,۵۸	۰,۸۵	۹,۵۸-	۰,۵۲-	۰,۳۳	۰,۹۹	۲۰۱۵
۱۰,۵۷	۱,۳۲	۹,۷۲	۰,۸۸	۹,۷۲-	۰,۷۶-	۰,۲۵	۰,۹۹	۲۰۱۶

جدول ۸- ارزیابی آماری دمای سطح زمین منطقه ۷

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	GLDAS	C-GLDAS	
۱۶,۳۶	۱۱,۱۳	۱۳,۹۵	۱۰,۲۲	۱۰,۳۸-	۱,۴۲-	۰,۹۴-	۰,۱۰	۲۰۱۴
۱۵,۹۳	۱۱,۷۱	۱۳,۷۴	۱۰,۱۷	۹,۳۲-	۰,۶۵-	۰,۵۸-	۰,۱۴	۲۰۱۵
۱۳,۷۱	۹,۷۵	۱۱,۷۵	۸,۷۴	۹,۱۱-	۰,۵۳-	۰,۴۰-	۰,۲۹	۲۰۱۶

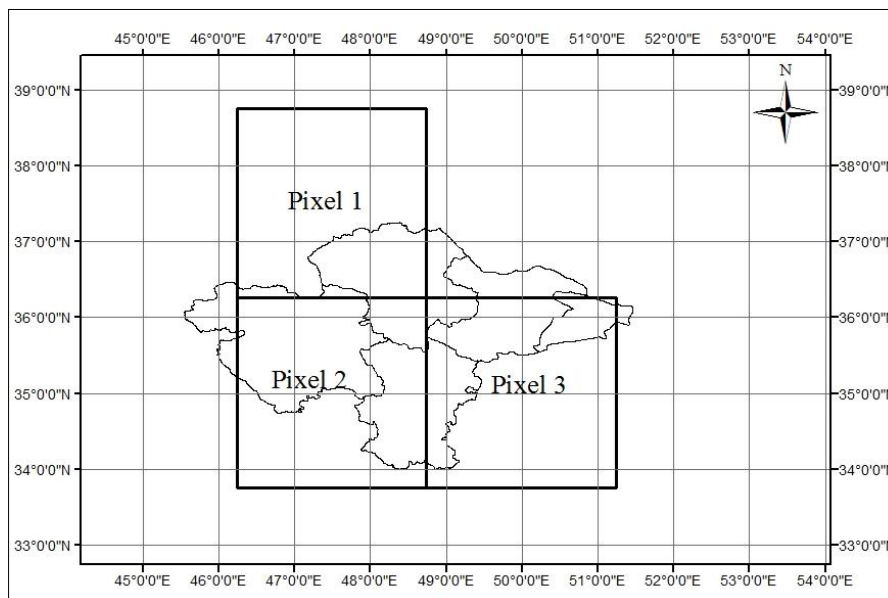
مدل (GLDAS) کالیبره شده

ضریب کارایی مدل نتایج خوبی را نشان نمی‌دهد به طوری که بالاترین مقدار آن برابر ۰/۴۹ (درجه سانتی‌گراد) برای منطقه ۲ بدست آمد. نتایج شاخص ارزیابی MBE در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد که مدل GLDAS در بازه زمانی مذکور کمی برآورد داشته است. ارزیابی شاخص آماری MAE و RMSE نتایج خوبی را نشان نمی‌دهند. یکی از دلایلی که نتایج خوبی حاصل نشد اقلیم این مناطق می‌باشد. به عنوان مثال وجود مناطق کوهستانی در بعضی از مناطق مورد مطالعه مانند استان کردستان باعث شد که نتایج خوبی حاصل نشود. عوامل مختلفی دقت داده LST (Land Surface

Temperature) را تحت تأثیر قرار می‌دهند، که از آن جمله می‌توان به غلظت ستون بخار آب موجود در جو، ذرات موجود در اتمسفر، پوشش ابری و ذرات معلق و هندسه تصویربرداری اشاره نمود (Wan et al, 2002). جریان‌های گرمایی به شدت متاثر از دمای سطح هستند و تقسیم انرژی بین آنها با محتوای رطوبت، نوع سطح، سرعت باد و گسیلمندی کنترل می‌گردد. تنوع در عوارض سطح زمین، به شدت روی اتمسفر اثر گذاشته و در تغییرات دمای هوا مؤثر می‌شود، که منجر به تغییرات LST به ویژه در روزهای آسمان صاف خواهد شد (Czajkowski et al, 2000). پردازش‌های مکانی دمای سطح زمین روز هنگام ایران نشان داد که دمای سطح زمین به شدت متاثر از

درجه و برای بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰ برای مقایسه با داده‌های ایستگاهی مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های ایستگاهی در ۳ پیکسل قرار گرفت. میانگین ایستگاه‌ها محاسبه شد و ارزیابی آماری صورت گرفت. موقعیت جغرافیایی پیکسل‌ها در شکل ۵ آورده شده است.

عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا است و شرایط توپوگرافیکی نقش مهمی در توزیع زمانی-مکانی LST ایفا میکند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).
داده دمای هوای NCEP-NCAR با تفکیک مکانی ۲/۵×۲/۵



شکل ۵- موقعیت جغرافیایی پیکسل‌های دمای هوا NCEP-NCAR

خمیگان، قهاوند، کرج، قزوین و سیاه‌بیشه قرار گرفتند. میانگین ایستگاه‌ها در هر پیکسل محاسبه و ارزیابی آماری انجام شد. نتایج آن در جدول ۹ آورده شده است.

در پیکسل ۱ با مرکز مختصات ۳۷/۵-۴۷/۵ ایستگاه‌های زنجان، ماه‌نشان، خلخال و میانه، در پیکسل ۲ با مرکز مختصات ۳۵-۴۷/۵ ایستگاه‌های آق‌کهریز، سداکباتان، وسج، ورآینه، خدابنده، سنندج، بیجار و قره‌و در پیکسل ۳ با مرکز مختصات ۳۵-۵۰ ایستگاه‌های

جدول ۹- ارزیابی آماری دمای هوا NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی

سال	R ²			EF			MBE-C			MAE-C			RMSE-C		
	پیکسل ۱	پیکسل ۲	پیکسل ۳	پیکسل ۱	پیکسل ۲	پیکسل ۳	پیکسل ۱	پیکسل ۲	پیکسل ۳	پیکسل ۱	پیکسل ۲	پیکسل ۳	پیکسل ۱	پیکسل ۲	پیکسل ۳
۲۰۰۵	-۰.۹۹	-۰.۹۸	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۶	-۰.۹۵	-۰.۳۱	-۰.۶۷	-۰.۶۷	۱.۷۵	۱.۹۹	۱.۷۷	۲.۰۰	۱.۹۳	۲.۲۸
۲۰۰۶	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۶	-۰.۹۴	-۰.۱۹	-۰.۶۶	-۰.۶۶	۲.۰۵	۱.۹۳	۱.۹۳	۲.۲۸	۱.۹۳	۲.۲۸
۲۰۰۷	-۰.۹۸	-۰.۹۸	-۰.۹۸	-۰.۹۸	-۰.۹۶	-۰.۹۴	-۰.۰۱	-۰.۶۶	-۰.۶۶	۲.۰۴	۲.۱۸	۱.۸۹	۲.۱۳	۱.۸۹	۲.۱۳
۲۰۰۸	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۳	-۰.۳۲	-۰.۶۶	-۰.۶۶	۲.۰۲	۲.۱۰	۱.۸۶	۲.۵۴	۱.۱۷	۲.۵۴
۲۰۰۹	-۰.۹۹	-۰.۹۷	-۰.۹۹	-۰.۹۹	-۰.۹۶	-۰.۹۱	-۰.۱۹	-۰.۶۶	-۰.۶۶	۲.۱۱	۲.۲۷	۱.۸۶	۲.۴۷	۱.۸۶	۲.۴۷
۲۰۱۰	-۰.۹۸	-۰.۹۹	-۰.۹۷	-۰.۹۸	-۰.۹۶	-۰.۹۳	-۰.۰۳	-۰.۶۶	-۰.۶۶	۱.۶۱	۱.۷۰	۱.۶۵	۲.۰۷	۱.۶۵	۲.۰۷

داشته است. آماره MAE نتایج خوبی را نشان داد به طوری که بیشترین مقدار آن ۲/۲۷۲ درجه سانتیگراد بدست آمد. آماره RMSE نتایج خوبی داشت و بیشترین مقدار آن ۲/۲۷۶ درجه سانتیگراد دست آمد. به طور کلی نتایج نشان داد که NCEP-NCAR برای منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی مذکور نتایج خوبی را داشته است.
داده‌های دمای هوای مدل GLDAS با تفکیک مکانی ۲/۵×۲/۵ درجه از سایت Giovanni دریافت و با داده‌های

ارزیابی آماری برای بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۵ انجام شد. آماره ارزیابی ضریب تبیین نشان می‌دهد که بین داده‌های دمای هوای NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی در منطقه مورد مطالعه همبستگی بالایی دارد. ضریب کارایی مدل نتایج خوبی داشت به طوری که کمترین مقدار آن ۰/۹۰۵ بدست آمد. نتایج آماره ارزیابی MBE نشان داد که NCEP-NCAR در پیکسل‌های ۱ و ۳ کم-برآورد داشته و در پیکسل ۲ در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ بیش برآورد

نتایج ارزیابی آماری ایستگاه‌های قروه، بیجار و مریوان در جدول ۱۰ آورده شده است.

ایستگاهی مقایسه شد. در استان کردستان ایستگاه‌های سنندج، بیجار، قروه، سفز و مریوان در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰ استفاده شد. به دلیل محدودیت صفحات نتایج ارزیابی تمام ایستگاه‌ها آورده نشده است و

جدول ۱۰- ارزیابی آماری دمای هوای ایستگاه‌های قروه، بیجار و مریوان

سال	R ²		EF		MBE-C		MAE-C		RMSE-C	
	مریوان	قروه	بیجار	مریوان	قروه	بیجار	مریوان	قروه	بیجار	مریوان
۲۰۰۰	۰,۹۸	۰,۹۹	۰,۹۸	۰,۹۳	۰,۹۱	۰,۸۶	۱,۶۹-	۲,۷۱-	۳,۴۲-	۲,۴۷
۲۰۰۱	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۲	۰,۸۵	۰,۸۲	۱,۷۵-	۲,۹۸-	۳,۷۶-	۲,۲۸
۲۰۰۲	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۶	۰,۹۲	۰,۸۷	۱,۲۰-	۲,۴۹-	۳,۱۹-	۲,۷۰
۲۰۰۳	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۷	۰,۸۶	۰,۸۸	۰,۷۹-	۲,۱۳-	۳,۲۵-	۲,۲۳
۲۰۰۴	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۵	۰,۸۹	۰,۹۰	۰,۷۴-	۲,۷۹-	۲,۷۹-	۲,۸۴
۲۰۰۵	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۸	۰,۹۶	۰,۹۶	۰,۰۱	۱,۷۸-	۱,۷۸-	۱,۸۹
۲۰۰۶	۰,۸۴	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۸۰	۰,۹۷	۰,۹۶	۱,۲۲	۱,۵۳-	۱,۶۳-	۱,۸۹
۲۰۰۷	۰,۹۸	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۳۶-	۱,۰۰-	۱,۳۱-	۱,۵۷
ادامه جدول ۱۰										
۲۰۰۸	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۷	۰,۹۸	۰,۲۶-	۱,۴۴-	۱,۴۶-	۱,۶۵
۲۰۰۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۸	۰,۹۷	۰,۹۷	۰,۳۲-	۱,۴۵-	۱,۳۶-	۱,۵۴
۲۰۱۰	۰,۹۸	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۷	۰,۹۵	۰,۹۵	۰,۸۷-	۱,۷۹-	۱,۸۴-	۱,۹۵

را داشته است که بیانگر هماهنگی خوب داده‌های GLDAS با داده‌های زمینی در این ایستگاه‌ها است. مقدار RMSE در برخی از سال‌ها کمتر از ۴/۷ درجه سانتیگراد است که بیانگر انحراف کم دمای پیش‌بینی شده با GLDAS در مقایسه با دمای واقعی است. نتایج ارزیابی آماری MBE نشان داد که مدل GLDAS در کلیه ایستگاه‌های مذکور کم برآورد داشته است.

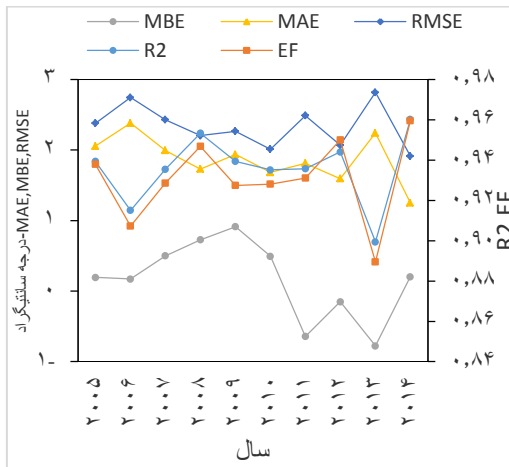
ایستگاه‌های زنجان، ماه‌نشان و خدابنده در استان زنجان و ایستگاه‌های رشت، میانه و خلخال استفاده شد. نتایج ارزیابی ایستگاه‌های میانه، خلخال و خدابنده در جدول ۱۱ آمده است.

بررسی مقادیر ضریب تبیین بین دمای هوای برآورد شده با GLDAS و داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه‌ها، بیانگر دقت مناسب بارش برآوردی با این پایگاه در منطقه مورد مطالعه است. مقدار ضریب در بیشتر سال‌های مورد بررسی بیش از ۰/۸۳۹ به دست آمد که این نشان دهنده دقت قابل قبول داده‌های GLDAS در برآورد دمای هوا در منطقه مورد مطالعه است. بیشترین ضریب تبیین برابر ۰/۹۸ مشاهده شد. مقدار ضریب تبیین بیش از ۰/۹۰ در برخی از سال‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های دمای این ایستگاه‌ها با داده‌های GLDAS توصیف می‌شود. مقدار ضریب کارایی مدل (EF) کلیه ایستگاه‌های مذکور نتایج خوبی

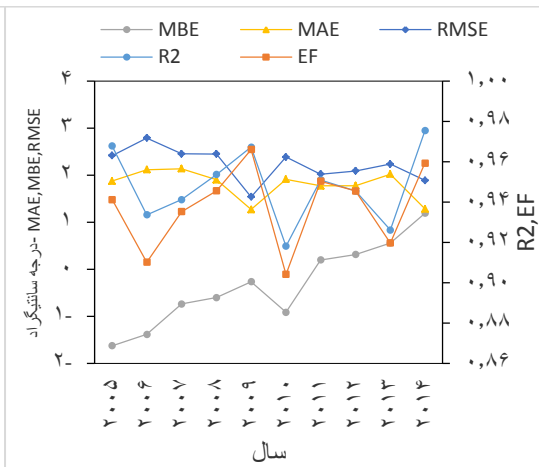
جدول ۱۱- ارزیابی آماری دمای هوای ایستگاه‌های میانه، خلخال و خدابنده

سال	R ²		EF		MBE-C		MAE-C		RMSE-C	
	میان	خدابنده	خلخال	خدابنده	خلخال	میان	خدابنده	خلخال	میان	خدابنده
۲۰۰۰	۰,۹۹	۰,۹۸	۰,۹۹	۰,۵۵	۰,۹۰	۰,۲۸-	۶,۵۸-	۰,۷۴	۳,۰۹	۶,۷۱
۲۰۰۱	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۹۸	۰,۳۹	۰,۷۶	۰,۵۱-	۷,۰۵-	۰,۸۹	۴,۰۹	۷,۲۰
۲۰۰۲	۰,۹۸	۰,۹۹	۰,۹۸	۰,۶۲	۰,۸۸	۰,۲۹	۵,۹۹-	۰,۹۰	۳,۱۷	۶,۱۶
۲۰۰۳	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۹۷	۰,۶۴	۰,۹۱	۰,۵۷	۵,۵۲-	۱,۲۰	۲,۵۸	۵,۶۲
۲۰۰۴	۰,۸۷	۰,۹۳	۰,۸۵	۰,۵۱	۰,۹۲	۰,۱۱-	۶,۲۵-	۱,۹۲	۲,۱۱	۶,۸۴
۲۰۰۵	۰,۹۰	۰,۹۹	۰,۷۹	۰,۸۱	۰,۹۸	۲,۵۲	۴,۳۰-	۳,۰۳	۱,۰۹	۴,۴۴
۲۰۰۶	۰,۹۱	۰,۹۹	۰,۷۳	۰,۸۲	۰,۹۹	۳,۲۵	۰,۷۹-	۳,۷۷	۰,۹۳	۴,۵۱
۲۰۰۷	۰,۹۹	۰,۹۷	۰,۸۷	۰,۸۴	۰,۹۹	۲,۹۶	۰,۶۴-	۴,۰۹	۳,۱۹	۴,۲۲
۲۰۰۸	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۸۶	۰,۸۶	۰,۹۹	۳,۲۸	۰,۹۰-	۳,۲۸	۱,۱۵	۴,۰۲
۲۰۰۹	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۸۳	۰,۷۳	۰,۹۸	۲,۸۶	۰,۸۱-	۱,۶۹	۲,۰۹	۴,۴۱
۲۰۱۰	۰,۹۹	۰,۹۹	۰,۸۵	۰,۸۰	۰,۹۷	۲,۷۰	۱,۲۲-	۲,۷۰	۲,۸۰	۳,۹۷

و در ایستگاه خلخال در بیشتر سال‌ها بیش برآورد داشته است. نتایج ارزیابی میانگین مطلق خطا (MAE) و RMSE برای ایستگاه‌های زنجان، خدابنده، رشت و خلخال نتایج خوبی داشت. ایستگاه‌های ورآینه، وسج، خمیگان، سد اکباتان، آق‌کهریز و قهاوند در استان همدان استفاده شد. نتایج ارزیابی در ایستگاه‌های وسج و ورآینه در شکل‌های ۶ و ۷ آمده است.



شکل ۷- ارزیابی آماری دمای هوای ایستگاه ورآینه



شکل ۶- ارزیابی آماری دمای هوای ایستگاه وسج

سال ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ کم برآورد داشته است. ایستگاه قزوین برای استان قزوین و ایستگاه کرج برای استان کرج و ایستگاه‌های نوشهر، سیاه‌بیشه و شمال تهران استفاده شد. نتایج ارزیابی ایستگاه‌های شمال تهران و نوشهر در جدول ۱۲ آورده شده است.

نتایج ارزیابی آماری ضریب تبیین نشان داد که داده‌های دمای هوای مدل GLDAS با داده‌های ایستگاه‌های فوق در بازه زمانی مذکور همبستگی بالایی دارد. ضریب کارایی مدل برای کلیه ایستگاه‌های مذکور به جز سیاه‌بیشه و نوشهر نتایج خوبی داشته است. نتایج ارزیابی آماری MBE نشان داد که مدل GLDAS در ایستگاه‌های مذکور الگوی خاصی را نداشته و کم برآورد و بیش برآورد داشته است. به طوری که ایستگاه قزوین از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸، کرج از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰، شمال تهران از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲، ایستگاه‌های سیاه‌بیشه و نوشهر در این پژوهش کم برآورد داشته است. نتایج ارزیابی میانگین مطلق خطا (MAE) و RMSE برای ایستگاه‌های نوشهر و سیاه‌بیشه نتیجه خوبی را نداشته است. یکی از دلایلی که این مناطق نتایج خوبی به دست نیامده است اقلیم این مناطق می‌باشد.

بررسی مقادیر ضریب تبیین بین دمای هوای برآورد شده با GLDAS و داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه‌ها، بیانگر دقت مناسب بارش برآوردی با این پایگاه در منطقه مورد مطالعه است. مقدار ضریب در بیشتر سال‌های مورد بررسی بیش از ۰/۸۹۹ به دست آمد که این نشان دهنده دقت قابل قبول داده‌های GLDAS در برآورد دمای هوا در منطقه مورد مطالعه است. بیشترین ضریب تبیین برابر ۰/۹۸ مشاهده شد. مقدار ضریب تبیین بیش از ۰/۹۰ در برخی از سال‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های دمای این ایستگاه‌ها با داده‌های GLDAS توصیف می‌شود. مقدار ضریب کارایی مدل (EF) کلیه ایستگاه‌های مذکور نتایج خوبی را داشته است که بیانگر هماهنگی خوب داده‌های GLDAS با داده‌های زمینی در این ایستگاه‌ها است. مقدار RMSE در برخی از سال‌ها کمتر از ۲/۹ درجه سانتیگراد است که بیانگر انحراف کم دمای پیش‌بینی شده با GLDAS در مقایسه با دمای واقعی است. نتایج ارزیابی آماری MBE نشان داد که مدل GLDAS در ایستگاه‌های مذکور الگوی خاصی را نداشته و کم برآورد و بیش برآورد داشته است. به طوری که ایستگاه‌های خمیگان و وسج از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰، ورآینه از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳، سد اکباتان از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۰، آق‌کهریز از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۳ و ایستگاه قهاوند در

جدول ۱۲- ارزیابی آماری دمای هوای ایستگاه‌های شمال تهران و نوشهر

RMSE-C		MAE-C		MBE-C		EF		R ²		سال
شمال تهران	نوشهر	شمال تهران	نوشهر	شمال تهران	نوشهر	شمال تهران	نوشهر	شمال تهران	نوشهر	
۲,۷۵	۱۰,۳۴	۲,۳۴	۱۰,۱۳	۱,۴۲-	۱۰,۱۳-	۰,۹۰	۱,۴۲-	۰,۹۹	۰,۹۹	۲۰۰۰
۲,۵۲	۹,۹۷	۱,۴۷	۹,۷۷	۱,۴۵-	۷,۷۱-	۰,۹۱	۰,۹۳-	۰,۹۷	۰,۴۲	۲۰۰۱
۱,۰۹	۹,۴۲	۰,۸۸	۹,۳۳	۰,۲۴-	۹,۳۳-	۰,۹۹	۰,۹۲-	۰,۹۹	۰,۹۹	۲۰۰۲
۱,۵۳	۷,۷۱	۱,۳۳	۷,۵۵	۰,۹۰	۷,۵۵-	۰,۹۷	۰,۴۸-	۰,۹۹	۰,۹۹	۲۰۰۳
۱,۴۸	۷,۸۶	۱,۰۸	۷,۷۰	۰,۸۶	۷,۷۰-	۰,۹۷	۰,۶۸-	۰,۹۹	۰,۹۹	۲۰۰۴
۲,۶۸	۷,۴۲	۲,۳۸	۷,۲۱	۱,۹۱	۷,۲۱-	۰,۹۱	۰,۲۵-	۰,۹۹	۰,۹۸	۲۰۰۵
۲,۶۶	۷,۱۳	۲,۲۷	۶,۷۳	۱,۹۴	۶,۷۳-	۰,۹۲	۰,۰۴-	۰,۹۹	۰,۹۶	۲۰۰۶
۲,۶۷	۷,۸۱	۲,۳۴	۷,۵۰	۲,۲۷	۷,۵۰-	۰,۹۳	۰,۱۶-	۰,۹۹	۰,۹۷	۲۰۰۷
۲,۵۶	۷,۳۰	۲,۳۰	۶,۸۵	۲,۲۳	۶,۸۵-	۰,۹۴	۰,۰۲-	۰,۹۹	۰,۹۶	۲۰۰۸
۲,۴۹	۶,۹۴	۱,۵۱	۲,۶۰	۲,۲۹	۶,۷۸-	۰,۹۲	۰,۲۰-	۰,۹۹	۰,۹۶	۲۰۰۹
۲,۴۵	۷,۰۳	۲,۲۰	۶,۸۱	۲,۰۹	۶,۸۱-	۰,۹۱	۰,۰۱	۰,۹۹	۰,۹۴	۲۰۱۰

بپردازد. در طولانی مدت، با استفاده از این داده‌ها می‌توان نیاز به داده زمینی را بسیار کاهش داد، هرچند نمی‌توان به طور کامل از آنها صرف‌نظر نمود. داده‌های دمای سطح زمین مدل GLDAS با سنجنده MODIS و دمای هوای مدل GLDAS و NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی در استان‌های البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان مقایسه و ارزیابی شدند. در ارزیابی داده‌های دمای سطح زمین مدل GLDAS با سنجنده MODIS نتایج خوبی حاصل نشد. داده‌های دمای هوای مدل GLDAS و NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که مدل GLDAS و NCEP-NCAR دقت خوبی دارند. در کل می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که مدل GLDAS و NCEP-NCAR برای نقاطی که دسترسی به داده‌های زمینی در آنها دشوار است، می‌تواند بسیار کاربردی و مفید باشد زیرا امکان بررسی مناطق وسیع و غیر قابل دسترس با هزینه‌ی کم را فراهم می‌آورد.

نتایج پژوهش‌های مویو و همکاران و ونگ و همکاران نشان می‌دهد که بین داده‌های دمای هوای GLDAS و ایستگاه هواشناسی Wang et al, (۲۰۰۹) تا $R^2 = ۰/۷۶$ و $RMSE = ۳/۴۳$ می‌باشد (Ji et al, 2015). نتایج پژوهش‌های جی و همکاران نشان می‌دهد که بین داده‌های دمای هوای GLDAS و داده‌های ایستگاه هواشناسی همبستگی خوبی وجود دارد (Ji et al, 2015). بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش‌های سایر پژوهشگران همخوانی دارد. عزیززی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی دمای هوا با استفاده از مدل GLDAS پرداختند. مقایسه‌های آماری انجام شده نشان داد که داده‌های این مدل در سطح ایران از دقت بسیار مناسبی برخوردار می‌باشد و میزان خطای این مدل در برآورد متوسط دمای ایستگاه‌های مورد بررسی بسیار اندک و قابل چشم پوشی است.

نتیجه گیری

استفاده از ایستگاه‌های زمینی در محاسبه و بررسی داده‌های هواشناسی علیرغم دقت مناسب آنها، محدودیت‌هایی به همراه دارد. از جمله مهمترین این محدودیت‌ها می‌توان به گسسته بودن این اطلاعات اشاره کرد که باعث می‌شود در محاسبه دما، خطای درون‌یابی برای بخش‌هایی از سطح زمین که با ایستگاه هواشناسی فاصله دارند به بیش از 5 درجه سانتیگراد برسد. بعلاوه در بخش‌های عظیمی از سطح زمین امکان ایجاد ایستگاه هواشناسی به راحتی فراهم نیست، یا دسترسی به داده‌های این ایستگاه به راحتی امکان پذیر نخواهد بود. با توجه به مشکلات فوق، به کارگیری داده‌های سنجنده‌های دوری می‌تواند تا حدودی مشکلات ناشی از ایستگاه‌های زمینی را کاهش دهد و در بخش‌های عظیمی از سطح زمین به تخمین پارامترهای هواشناسی

منابع

- احمدی، م.، داداشی رودباری، ع.، احمدی، ح. ۱۳۹۷. واکاوی دمای روزهنگام سطح زمین ایران مبتنی بر برون‌داد سنجنده MODIS. فصلنامه علوم جغرافیای طبیعی، ۱۶: ۴۷-۶۸.
- پرویز، ل.، خلقی، م.، ولیزاده، خ. ۱۳۹۰. تخمین دمای هوا با استفاده از روش شاخص پوشش گیاهی- دما (TVX). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۵: ۲۱-۳۰.
- رضیعی، ط.، ستوده، ف. ۱۳۹۶. بررسی دقت مرکز اروپایی پیش-بینی‌های میان‌مدت جوی (ECMWF) در پیش‌بینی بارش مناطق گوناگون اقلیمی ایران. فیزیک زمین و فضا، ۴۳: ۱-۱۴۷-۱۳۳.

- Hydrometeorology. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-14-0230.1>.
- Julien, Y., Sobrino J. A. 2013. Trend analysis of global MODIS-Terra vegetation indices and land surface temperature between 2000 and 2011, *Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 6.5: 2139-2145.
- Li, Z.L., Tang, B.H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z. and Sobrino, J.A., 2013. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*. 131, 14-37.
- Meyer, H., Katurji, M., Appelhans, T., Müller, M.U., Nauss, T., Roudier, P. and Zawar-Reza, P., 2016. Mapping Daily Air Temperature for Antarctica Based on MODIS LST. *Remote Sensing*. 8(9), 732.
- Moiwo, J.P., Yang, Y., Tao, F., Wenxi, L., and Shumin, H. 2011. Water storage change in the Himalayas from the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) and an empirical climate model. *Water Resources Research*, vol, 47, W07521, doi: 10.1029/2010WR010157.
- Moriasi, D. N., Arnold, M. W., Van Liew, R. L., Harmel, R. D. and T. L. Veith., 2007, Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations, *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
- Song, K., Wang, M., Du, J., Yuan, Y., Ma, J., Wang, M. and Mu, G., 2016. Spatiotemporal Variations of Lake Surface Temperature across the Tibetan Plateau Using MODIS LST Product. *Remote Sensing*. 8(10), 854.
- Vancutsem, C., Ceccato, P., Dinku, T., & Connor, S. J. 2010. Evaluation of MODIS land surface temperature data to estimate air temperature in different ecosystems over Africa. *Remote Sensing of Environment*, 114(2), 449-465.
- Wan, Z., Zhang, Y., Li, Z. L., Wang, R., Salomonson, V. V., Yves, A., Bosseno, R., Hanocq, J. F. 2002. Preliminary estimate of calibration of the moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared data using Lake Titicaca. *Remote Sensing of Environment*. 80.3: 97-515.
- Wan, Z., Zhang, Y., Li, Z. L. 2004. Quality assessment and validation of the MODIS global land surface temperature. *Inter. J. Rem. Sens*. 25.1: 261-274.
- Wan, Z. 2008. New refinements and validation of the MODIS land-surface temperature/emissivity products. *Remote Sensing of Environment*. 112:1 59-74.
- Wan, Z., Li, Z. L. 2008. Radiance-based validation of the V5 MODIS land-surface temperature products. *Remote Sensing of Environment*. 29: 17-18. 5373-5395.
- Wan, Z. 2014. New refinements and validation of the رضیئی، ط، فتاحی، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی کاربرد داده‌های NCEP/NCAR در پایش خشکسالی ایران. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۷: ۲: ۲۴۷-۲۲۵.
- عزیزی، ق، میری، م، محمدی، ح، پورهاشمی، م. ۱۳۹۶. معرفی و ارزیابی مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی با داده‌های مشاهده‌ای در ایران. *فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی*، ۲۶: ۱۰۴: ۱۷-۵.
- فرجی، ز، کاویانی، ع، شکیبا، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی داده‌های تبخیر- تعرق، بارش و دمای هوای حاصل از مدل سطح زمین (GLDAS) با استفاده از داده‌های مشاهداتی در استان قزوین. ۲۴: ۳: ۲۹۷-۲۸۳.
- قویدل رحیمی، ی، رضایی، م، قاسمی‌فر، ا. ۱۳۹۴. کاربرد محصولات سنجش از دور در شناسایی نواحی بحرانی ناشی از دماهای فرین ماهانه در ایران. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، ۸: ۳۰: ۸۹-۹۸.
- محمدزاده، ع، جعفری گلدرق، ی، سرکارگر اردکانی، ع. ۱۳۹۳. مدل سازی خطر آتش‌سوزی با استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره بر مبنای شاخص‌های ماهواره‌ای. *پژوهش‌های محیط زیست*، ۵: ۱۰: ۱۳۴-۱۲۱.
- Allen, R., Bastiaanssen, W., Tasumi, M. and Trezza, R. 2002. SEBAL, Surface Energy Balance Algorithms for Land Idaho Implementation, Advanced Training and Users Manual.
- Benali, A., Carvalho, A. C., Nunes, J. P., Carvalhais, N., & Santos, A. 2012. Estimating air surface temperature in Portugal using MODIS LST data. *Remote Sensing of Environment*, 124, 108-121.
- Czajkowski, K. P.; Goward, S. N.; Stadler, S. J.; Walz, A. 2000. Thermal remote sensing of near surface environmental variables: application over the Oklahoma Mesonet. *The Professional Geographer*. 52(2), 345-357.
- Chen, J., Liang, S., Dong, L., Ren, B., and Shi, L. 2014. Validation of the moderate resolution imaging Spectroradiometer land surface emissivity products over the Taklimakan Desert. *J. Appl. Rem Sens*. 8 .1: 083675-083675.
- Coll, C., Caselles, V., Galve, J. M., Valor, E., Niclos, R., Sanchez, J. M., Rivas, R. 2005. Ground measurements for the validation of land surface temperatures derived from AATSR and MODIS data. *Remote Sensing of Environment*. 97. 3: 288-300.
- Ji, L.; Senay, G.B.; Verdin, J.P. 2015. Valuation of the Global Land Data Assimilation System (GLDAS) air temperature data products, *Journal of*

mesoscale river basin with a distributed biosphere hydrological model, *Journal of Geophysical Research* Vol. 116.

Zaksek, K. and M. Schroedter-Homscheidt. 2009. Parameterization of Air Temperature In High Temporal and

Spatial Resolution from a Combination of the SEVIRI and MODIS Instruments. *ISPRS J. Photogram. And Remote Sens.* 64: 414-421.

collection-6 MODIS land-surface temperature /emissivity product. *Remote Sensing of Environment.* 140:36-45.

Wang, W., Liang, S., Meyers, T. 2008. Validating MODIS land surface temperature products using long-term night time ground measurements. *Remote Sensing of Environment.* 112. 3: 623-635.

Wang, F., Wang, L., Koike, T., Zhou, H., Yang, K., Wang, A., Li, W. 2011. Evolution and application of a fine-resolution global data set in a semiarid

Air and Ground Temperature Estimation Using GLDAS and NCEP / NCAR

M. Ahmadi¹, A. Kaviani^{2*}, P. Daneshkar³, Z. Faraji⁴

Received: Nov.19, 2019

Accepted: Jan.25, 2019

Abstract

Air temperature and land surface are among the most important factors used in estimating many hydrological parameters at the catchment area. These parameters are measurable by the presence of thermal bands in sensors. In this study, GLDAS model with MODIS sensor and GLDAS model and NCEP / NCAR temperature estimation with station data in Alborz, Qazvin, Zanjan, Kurdistan and Hamadan provinces were evaluated. The GLDAS model with MODIS sensor did not achieve good results in assessing land surface temperature data. GLDAS and NCEP-NCAR air temperature data were evaluated with station data. The results showed that GLDAS and NCEP-NCAR have a good accuracy. For example, in comparing NCEP-NCAR with the average of Agkhiriz stations, Ekbatan Dam, Washj, Varineh, Khodabandeh, Sanandaj, Bijar and Ghorveh in 2008, the coefficient of explanation (R^2), the efficiency coefficient of the model (EF), the mean error error (MBE) Mean absolute error (MAE) and root mean square error (RMSE) were 0.984, 0.987, 0.979, 0.979, and 1.173 degrees Celsius, respectively.

Keywords: Air temperature, Ground surface temperature, GLDAS

1- M.Sc. Graduated Water Resource Engineering, Water Engineering. Department., Imam khomeini international university

2- Assistance Professor Water Engineering. Department., Agricultural and Natural Resources Faculty, Imam Khomeini International University

3- Associate Professor of Water Engineering. Department., Imam Khomeini International University

4- Ph.D Candidate of Irrigation and Drainage of Water Engineering. Department., of Imam Khomeini International University

(*- Corresponding Author Email: Kaviani@eng.ikiu.ac.ir)