

معرفی و ارزیابی مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی با داده‌های مشاهده‌ای در ایران

مرتضی میری^۱

حسین محمدی^۲

قاسم عزیزی^۳

مهدی پورهاشمی^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۰/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۲/۰۷

چکیده

پژوهش پیش‌رو با هدف معرفی مدل همسان‌سازی داده‌های زمینی و ارزیابی دقت داده‌های این مدل در مقابل داده‌های اندازه‌گیری شده ایستگاه‌های همدیدی سطح کشور به انجام رسیده است. مدل همسان‌سازی داده‌های زمینی بطور مشترک توسط مراکز ناسا و نوآ با هدف شبیه‌سازی دقیق متغیرهای جریان و شرایط چرخه آب و انرژی توسعه داده شد. پوشش جهانی، قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا به‌همراه سیستم مدلسازی ترکیبی داده‌های سنجش از دوری و مشاهدات زمینی از ویژگی‌های منحصر بفرد این مدل است. این مدل متغیرهای سیستم جو - زمین را در مقیاس‌های زمانی ماهانه و ۳ ساعته با قدرت تفکیک مکانی ۱ و ۰/۲۵ درجه جغرافیایی برآورد می‌کند، که خروجی آن نتیجه شبیه‌سازی چهار مدل سطحی CLM، Mosaic، Noah و VIC می‌باشد. برای ارزیابی مدل GLDAS، داده‌های متوسط دمای ماهانه ۶۶ ایستگاه همدیدی با پراکنش مناسب در سطح ایران و نیز داده‌های مدل GLDAS با دقت مکانی ۰/۲۵×۰/۲۵ درجه جغرافیایی از سایت‌های مربوطه دریافت و پردازش شد. برای ارزیابی آماری داده‌های نام برده از آماره‌های ضریب تعیین (R^2)، مجذور میانگین مربع خطا (Rmse)، شیب خط (Slope)، اریب (Bias) و ضریب کارایی مدل (EF) استفاده شد. 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 چشم‌پوشی است. با وجود این در برخی مناطق بویژه در ایستگاه‌های شمالی کشور مقدار برآورد مدل بیشتر از مقدار مشاهده‌ای و در تعداد محدودی از ایستگاه‌ها مانند کاشان و سنندج کمتر از مقدار مشاهده‌ای برآورد شده است. با توجه به پوشش جهانی، متغیرهای زیاد اقلیم - هیدرولوژی و نتایج این تحقیق که بیانگر دقت مناسب برآوردهای مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های سطح زمین در پهنه ایران است، پیشنهاد می‌شود دقت متغیرهای دیگر این مدل نیز برای مناطق مختلف ایران مورد ارزیابی و واسنجی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آزمون آماری، شاخص کارایی، متوسط دما، GLDAS، ایران.

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. mmiri@ut.ac.ir

۲- دانشیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول). ghazizi@ut.ac.ir

۳- استاد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. hhmohammadi@ut.ac.ir

۴- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران.

pourhashemi@rifr-ac.ir

۱- مقدمه

دما در مقیاس وسیع را فراهم آورند. امروزه مراکز پیش‌بینی و مدلسازی حجم قابل توجهی از داده‌های اتمسفر-زمین را در مقیاس جهانی و منطقه‌ای با قدرت تفکیک مکانی و زمانی متفاوت در اختیار کاربران قرار داده است. برای مثال مراکز مانند NCEP/NCAR و ECMWF و سنجنده‌های TRMM و CMORPH، و PERSIAN برآوردهای مناسبی از بارش در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی ارائه می‌کنند (کیم و همکاران، ۲۰۱۴). مدل GLDAS^۴ از جمله پایگاه داده‌هایی است که با استفاده از روش‌های ترکیبی مدلسازی و استفاده از داده‌های سنجش از دوری، مشاهدات ایستگاهی و میدانی اقدام به ارائه داده‌ها با دقت مکانی مناسب برای کل کره زمین می‌کند. پوشش جهانی، قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا به همراه سیستم مدلسازی ترکیبی داده‌های سنجش از دوری و مشاهدات زمینی، ویژگی منحصر بفرد این مدل است (لیو، ۲۰۰۹).

از این رو طی سال‌های اخیر داده‌های مدل GLDAS در بسیاری از مطالعات اقلیمی و هیدرولوژی در سطح جهان مورد ارزیابی و استفاده قرار گرفته است. ژانگ و همکاران^۵ (۲۰۰۸)، با ارزیابی داده‌های رطوبت خاک مدل جهانی همسان سازی داده‌های زمینی بیان کردند که داده‌های این سیستم از دقت مناسب برخوردار است.

دو و سان^۶ (۲۰۱۲) با استفاده از داده‌های سنجنده مادیس و داده‌های GLDAS مقدار تبخیر و تعرق را برای منطقه فاقد آمار رودخانه تک‌سیسی واقع در شمال غرب چین برآورد کردند. نتایج بیانگر ارتباط مناسب بین داده‌های تبخیر و تعرق GLDAS و داده‌های مشاهده‌ای در حوضه رودخانه تک‌سیسی است. زاودکی و کدزیر^۷ (۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های GLDAS تغییرات رطوبت خاک اروپای مرکزی را طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۷۹ بررسی و بیان کردند که میزان آب منطقه در حال کاهش است. جی و همکاران^۸ (۲۰۱۵)

در بسیاری از مناطق جهان بویژه در کشورهای در حال توسعه (جی و همکاران، ۲۰۱۵: ۹۳)، دسترسی به داده‌های جوئی و زمینی همچون بارش، دما، رطوبت و دمای خاک همواره با مشکلات متعددی همراه می‌باشد. همچنین تراکم پائین ایستگاه‌های هواشناسی در نواحی کوهستانی و بیابانی جهان به دلیل محدودیت‌های اقتصادی و یا جغرافیایی، استفاده از داده‌های این ایستگاه‌ها را در مقیاس جهانی و منطقه‌ای با محدودیت مواجه کرده است (گیرولا و همکاران، ۲۰۱۵، میشر و همکاران، ۲۰۱۱). از این رو در بسیاری از تحقیقات انجام شده در چنین مناطقی متغیرهای اقلیمی و زمینی با استفاده از ایستگاه‌های همسایه که ممکن است با نقطه مورد نظر فاصله زیادی داشته باشد برآورد می‌شود که طبیعتاً مقدار برآوردی برای این مناطق با مقدار واقعی فاصله زیادی دارد (واگنر و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه بر دسترس نبودن داده‌ها، وجود داده‌های گم شده فراوان در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی یکی از اساسی‌ترین مشکلاتی است که پژوهشگران کشورهای مختلف با آن روبه رو هستند. از این رو در سال‌های اخیر داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های دورسنجی و مدلسازی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است، چرا که با پیشرفت‌های بدست آمده در زمینه فن آوری ماهواره‌ها، سنجش از دور، رایانه و بانک اطلاعاتی، نسل جدیدی از داده‌های هواشناسی پدید آمده است که برخی از مشکلات موجود در داده‌های مشاهده‌ای مانند عدم دسترسی آسان به داده‌ها، هزینه خرید داده‌ها، وجود داده‌های گم شده، پراکنش نامناسب ایستگاه‌ها، متفاوت بودن طول دوره داده برداری در بین ایستگاه‌ها و نیز به هنگام نبودن داده‌ها را ندارند (میری و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های تولید شده به وسیله مراکز تولید داده‌های اقلیمی و همچنین داده‌های برآوردی به وسیله ماهواره‌ها می‌توانند توزیع فضایی مناسبی از داده‌های اقلیمی همچون بارش و

4- Kim et al

5- Global Land Data Assimilation System

6- Liu

7- Zhang et al

8- Du and Sun

9- Zawadzki and Kdzior

10- Ji et al

1- Gairola et al

2- Mishra et al

3- Wagner

همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی داده‌های پتانسیلی گریس برای تعیین تغییرات میدان گرانی و ارزیابی ایده خود از داده‌های مدل GLDAS استفاده کردند. پاکدل خسمخی و همکاران (۱۳۹۳) با ارزیابی محصولات بارش و رواناب این مدل در مقابل داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه پلرود استان گیلان طی یک دوره ۳ ساله بیان کردند که خروجی‌های این مدل از دقت مناسبی برخوردار است. فرجی و همکاران (۱۳۹۳) با ارزیابی اجزا بیلان آب سطحی حاصل از مدل GLDAS بر اساس ضریب همبستگی طی دوره آماری دو ساله (۱۳۸۹ و ۱۳۹۰) نشان دادند که دقت داده‌های این مدل مناسب است. هرچند استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های شبکه‌بندی شده جهانی یک منبع جایگزین مناسب برای مناطق فاقد ایستگاه و مناطق با توزیع ناهمگن ایستگاه‌ها می‌باشد، در عین حال این منابع نیز با چالش‌هایی مواجه می‌باشند. برآورد غیر مستقیم متغیر مورد نظر شاخص‌ترین نقص تکنیک‌های استخراج داده از تصاویر ماهواره‌ای است و انجام اصلاحات لازم به هنگام استفاده از این تکنیک‌ها (ترولا و جورج، ۲۰۰۳)، بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان مانند ایران که از تیپ‌های اقلیمی متفاوتی برخوردار است، اهمیت زیادی دارد. بنابراین قبل از اینکه داده‌ها و نتایج این منابع به عنوان ابزار تصمیم‌گیری در یک منطقه بکار رود، باید داده‌های حاصل از سنجنده‌ها و مراکز اقلیمی در مقیاس محلی و کشوری مورد ارزیابی قرار گیرد. از اینرو در این تحقیق سعی بر این است که ضمن معرفی مدل همسان سازی داده‌های سطح زمین، با استفاده از آماره‌های مختلف دقت داده‌های مدل GLDAS برای مناطق مختلف ایران با استفاده از یک دوره آماری طولانی مدت مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲- داده‌ها و روش کار

۲-۱ معرفی مدل جهانی همسان سازی داده‌های زمینی
مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی (GLDAS)

داده‌های دمای روزانه حاصل از مدل جهانی GLDAS را با استفاده از داده‌های ۱ کیلومتری آمریکا و داده‌های تاریخی شبکه اقلیم جهانی ارزیابی و بیان کردند که هرچند دقت کلی این داده‌ها مناسب است اما برای مناطق کوهستانی و نواحی فاقد ایستگاه‌های هواشناسی باید با احتیاط بکار گرفته شود. پارک و چوی^۱ (۲۰۱۵) با استفاده از داده‌های ایستگاهی و داده‌های مدل همسان سازی جهانی مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع را در سیزده سایت شبه جزیره کره برآورد و با استفاده از آزمون‌های آماری نتایج را ارزیابی کردند. نتایج حاصل از هر دو روش تغییرات فصلی مشابهی را نشان داد. اسپنمن و همکاران^۲ (۲۰۱۵) با مقایسه رطوبت خاک حاصل از داده‌های GLDAS، شاخص بارش استاندارد و یک محصول جدید حاصل از چند ماهواره نشان دادند که داده‌ها برای توصیف خاک جنوب آمریکای جنوبی مناسب است. چی و همکاران^۳ (۲۰۱۵) در پژوهشی به بررسی داده‌های بارش، TRMM، GLDAS، APHRODITE، و عدم قطعیت آنها در شبیه‌سازی خروجی رودخانه‌های حوضه بلیو چین پرداختند و نشان دادند که داده‌های APHRODITE در مقیاس ماهانه نسبت به سایر محصولات از دقت بیشتری برخوردار است. همچنین می‌توان به تحقیقات برگ و همکاران^۴ (۲۰۰۵)، روی و همکاران^۵ (۲۰۱۰)، فنگ و فو^۶ (۲۰۱۳)، سیدی^۷ و همکاران (۲۰۱۳، ۲۰۱۴)، شیائو و همکاران^۸ (۲۰۱۵) نیز اشاره کرد. همانطور که در بالا اشاره شد دقت داده‌های مدل جهانی همسان سازی داده‌های زمینی برای بسیاری از نقاط جهان مورد ارزیابی قرار گرفته است، ولی بررسی مطالعات انجام شده در داخل ایران بیانگر تحقیقات محدود در ارتباط با این مدل می‌باشد که از جامعیت لازم برخوردار نیست. صفری و

- 1- Park and Choi
- 2- Spennemann
- 3- Qi et al
- 4- Berg et al
- 5- Rui
- 6- Feng and Fu
- 7- Seyyedi
- 8- Xiao et al

(بنجامین و همکاران^۳، ۲۰۱۰، ۴، روی و بیدوینگ^۳، ۲۰۱۵، ۳). در حال حاضر داده‌های این سیستم جهانی در دو نسخه ۲،۰ و ۲،۱ با طول دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۴۸ و ۲۰۱۵-۲۰۰۰ در دسترس می‌باشد که داده‌های این سیستم از چهار مدل سطحی شامل: VIC، Mosaic، Noah، CLM و حاصل می‌شود (رادل و همکاران، ۲۰۰۴، و لیانگ و همکاران^۵، ۱۹۹۴). ویژگی‌های اصلی داده‌های این مدل در جدول ۱ ارائه شده است.

داده‌هایی که بعنوان ورودی در این مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند، دربرگیرنده دو دسته کلی اطلاعات هواشناسی و شرایط سطح زمین می‌باشد. داده‌های خروجی این مدل با فرمت اصلی GRIB منتشر می‌شود و تمامی برنامه‌هایی (*WGRIB, GRADS, etc*) که قابلیت خواندن این فایل‌ها را دارند، می‌توانند داده‌های مربوط به GLDAS را باز کنند. با وجود این برخی از تارنماهای ارائه کننده داده‌های این مدل، فرمت‌های دیگری همچون NC را برای کاربران فراهم کرده‌اند. داده‌های این مدل از مراکز و تارنماهای HDISC و Giovanni در فرمت‌های مختلف حاصل از خروجی‌های مدل‌های نام برده شده با قدرت تفکیک مکانی و زمانی متفاوت قابل دریافت می‌باشند (روی و بیدوینگ، ۲۰۱۵، فانگ و همکاران، ۲۰۰۹). در جدول ۲ تغییرهای تولید شده توسط مدل GLDAS همراه با مشخصات آنها نشان داده شده است.

۲-۲ روش کار

به منظور استفاده از مدل GLDAS فایل‌های راهنمای موجود در ارتباط با این مدل و همچنین تحقیقات انجام شده در خارج و داخل از کشور مورد بررسی و استفاده قرار گرفت.

با توجه به اینکه هدف اصلی این تحقیق معرفی و ارزیابی اولیه داده‌های این مدل در پهنه ایران زمین است، از اینرو از بین محصولات این مدل داده‌های متوسط دمای ماهانه انتخاب و با داده‌های ایستگاهی مقایسه شد.

بطور مشترک توسط دانشمندان سازمان ملی هوانوردی و فضا (ناسا)، مرکز فضایی پروازهای گودارد، سازمان ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی و مرکز بین المللی پیش‌بینی محیط زیست به منظور تولید محصولات مختلف توسعه داده شده است (رادل و همکاران^۴، ۲۰۰۴، ۳۸۱).

جدول ۱: ویژگی‌های اساسی داده‌های GLDAS

فهرست	مؤلفه‌های آب و انرژی
محدوده عرض جغرافیایی	۶۰ درجه جنوبی - ۹۰ درجه شمالی
محدوده طول جغرافیایی	۱۸۰ درجه غربی - ۱۸۰ درجه شرقی
قدرت تفکیک مکانی	۱ درجه، ۰/۲۵ درجه و ۰/۱۲ درجه
قدرت تفکیک زمانی	۳ ساعته و ماهانه
پوشش زمانی	GLDAS 2.0: ۱ ژانویه ۱۹۴۸ - ۲۱ دسامبر ۲۰۱۰ GLDAS 2.1: ۱ مارس ۲۰۰۱ تا زمان حاضر برای داده‌های با دقت مکانی ۱ درجه جغرافیایی GLDAS 2.1: ۲۴ فوریه ۲۰۰۰ تا زمان حاضر برای داده‌های با دقت مکانی ۰/۲۵ درجه جغرافیایی
ابعاد	۳۶۰ درجه جغرافیایی (طول) * ۱۵۰ درجه جغرافیایی (عرض) برای داده‌های با دقت مکانی ۱ درجه جغرافیایی ۱۴۴۰ (طول) * ۶۰ (عرض) برای داده‌های ۰/۲۵ درجه
شبکه اصلی	(179.5W, 59.5S) برای داده‌های ۰/۱ درجه (179.875W, 59.875S) برای داده‌های ۰/۲۵ درجه
مدل‌های سطح زمین	CLM 2.0 (1.0°) MOSAIC (1.0°) NOAH 2.7.1 (1.0°) VIC water balance (1.0°) NOAH 2.7.1 (0.25°)

منبع: روی و بیدوینگ، ۲۰۱۵، فانگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۹

این مدل در واقع با هدف ادغام محصولات ماهواره‌ای و مشاهدات زمینی با استفاده از مدلسازی و تکنیک‌های پیشرفته همسان سازی به منظور برآوردهای مطلوب از شار سطح زمین و منابع آب و انرژی طراحی شده است

3- Benjamin et al

4- Rui and Beauding

5- Liang and et al

1- Rodell et al

2- Fang et al

در پژوهش پیش رو به منظور مقایسه‌ی آماری متوسط دمای ماهانه GLDAS با دمای ماهانه مناطق مختلف ایران، داده‌های متوسط دمای ماهانه GLDAS با قدرت تفکیک مکانی ۲۵×۲۵/۰ درجه خروجی مدل NOHA از تارنمای Giovanni و داده‌های متوسط دمای ماهانه ۶۶ ایستگاه همدیدی کشور با پراکنش مناسب (نگاره ۱) برای یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۴-۱۹۸۵) دریافت و استفاده شد. قابل ذکر است که داده‌های این مدل بصورت ماه به ماه برای هر سال در اختیار کاربر قرار می‌گیرد که پردازش آنها برای یک دوره ۳۰ ساله و یا بیشتر نشان دهنده حجم زیاد کار می‌باشد که حوصله و دقت زیاد محقق برای پردازش آنها مورد نیاز است. در این پژوهش، محققان پس از دریافت داده‌ها، با استفاده از برنامه‌نویسی در نرم‌افزارهای Matlab و سیستم اطلاعات جغرافیایی داده‌های مورد نیاز به یک فایل واحد تبدیل و سپس پردازش‌های لازم انجام گردید.

در تحقیق حاضر از پنج آزمون آماری برای مقایسه و ارزیابی دقت داده‌های GLDAS در برابر داده‌های متوسط دمای مشاهده‌ای ۶۶ ایستگاه سینوپتیک کشور استفاده گردید. پس از دریافت و پردازش داده‌ها، به صورت سری زمانی برای نقاط مختلف شبکه (نگاره ۱) آماده سازی شدند. از آنجائی که هدف از انجام این پژوهش ارزیابی دقت داده‌های دما GLDAS در پیش‌بینی دمای این ۶۶ نقطه بوده است، مقدار دمای هر یک از این دو پایگاه در نزدیکترین نقطه به هر ایستگاه استخراج و برای مقایسه مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب دو ماتریس به ابعاد ۶۶×۳۶۰ تشکیل و مورد استفاده قرار گرفت. در این ماتریس‌ها عدد ۳۶۰ تعداد مشاهده‌ها در ماه‌های پیاپی از ۳۰ سال مورد مطالعه را نشان می‌دهد (۳۰×۱۲) و عدد ۶۶ نیز معرف تعداد ایستگاه‌ها یا نقاطی است که مقایسه‌های آماری برای آنها به انجام رسیده است. برای ارزیابی دقت برآورد متوسط دمای GLDAS در محل هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه (نگاره ۱) از آماره‌های ضریب تعیین (r²)، مجذور میانگین مربع خطا (Rmse)، شیب خط (Slope)، اریب (Bias) و

جدول ۲: پارامترهای ژئوفیزیکی تولید شده از پروژه GLDAS

کد محصول	نام کامل محصول	واحد اندازه گیری
001	فشار سطح زمین	پاسکال (Pa)
011	دمای هوا در ۲ متری	کلوین (K)
032	سرعت باد در ۲ متری	متر بر ثانیه (m/s)
051	رطوبت ویژه در ۲ متری	کیلوگرم (kg/kg)
057	مجموع تبخیر و تعرق	کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²)
065	آب معادل برف	کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²)
071	مجموع ذخیره آب تاج پوشش	کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²)
085	میانگین دمای لایه‌های خاک	کلوین (K)
086	میانگین رطوبت لایه‌های خاک	کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²)
099	ذوب برف	کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه (kg/m ² /s)
111	تابش خالص طول موج کوتاه	وات بر متر مربع (W/m ²)
112	تابش خالص طول موج بلند	وات بر متر مربع (W/m ²)
121	شار گرمای نهان	وات بر متر مربع (W/m ²)
122	شار گرمای محسوس	وات بر متر مربع (W/m ²)
131	نرخ بارش برف	کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه (kg/m ² /s)
132	نرخ بارش باران	کیلوگرم بر متر مربع بر ثانیه (kg/m ² /s)
138	میانگین دمای سطح زمین	کلوین (K)
155	شار حرارت زمین	وات بر متر مربع (W/m ²)
204	تابش موج کوتاه سطح	وات بر متر مربع (W/m ²)
205	تابش موج بلند سطح	وات بر متر مربع (W/m ²)
234	رواناب زیر سطحی	کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²)
235	رواناب سطحی	کیلوگرم بر متر مربع (kg/m ²)

منبع: روی و بیدوینگ، ۲۰۱۵، فانگ و همکاران، ۲۰۰۹

از آن برای ارزیابی دقت پیش‌بینی‌های یک مدل در برابر مشاهده‌ها استفاده می‌شود. این آماره در واقع واریانس خطای مدل را در پیش‌بینی مقادیر واقعی نشان می‌دهد. بنابراین هر چه مقدار این آماره به صفر نزدیکتر باشد نشان‌دهنده خطای کمتر مدل در پیش‌بینی مقادیر مشاهده‌ای است.

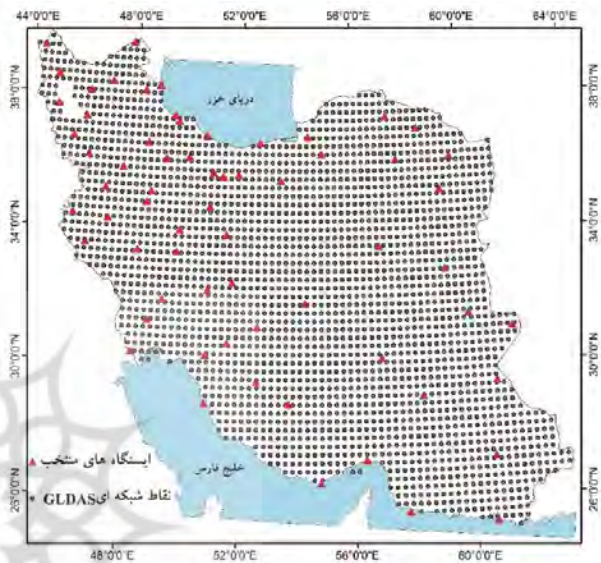
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (o_i - p_i)^2} \quad (2)$$

ضریب کارایی (EF) که از رابطه ۳ بدست می‌آید یکی از مهمترین و دقیق‌ترین آماره‌هایی است که بیشترین محبوبیت را در بین پژوهشگران پیدا کرده است و به همین علت بیشترین کاربرد را در مقایسه مدل‌ها با مقادیر مشاهده‌ای دارا می‌باشد. ضریب کارایی (EF) در واقع بزرگی نسبی واریانس باقیمانده‌ها را در مقایسه با واریانس داده‌های مشاهده‌ای نشان می‌دهد. با توجه به رابطه ۳، این آماره از تقسیم میانگین مربع خطای مدل بر واریانس داده‌های مشاهده‌ای بدست می‌آید. از اینرو، چنانچه واریانس باقیمانده‌ها برابر با واریانس داده‌های مشاهده‌ای باشد، مقدار ضریب کارایی برابر با یک خواهد بود. در مقابل، وقتی که مقدار EF برابر با صفر یا به سمت منفی گرایش پیدا کند، نشان‌دهنده این است که میانگین مشاهدات پیش‌بینی بهتری از مدل بدست می‌دهد (رضیعی و پریرا، ۲۰۱۳). ضریب کارایی به صورت بی بعد نشان داده می‌شود و مقدار آن بین منفی بی‌نهایت و مثبت یک است. مقدار منفی این ضریب نشان‌دهنده دقت بسیار پایین مدل در پیش‌بینی مقادیر مشاهده‌ای است و هر چه به یک نزدیکتر باش بیانگر دقت بسیار بالای مدل است.

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (o_i - p_i)^2}{\sum_{i=1}^N (o_i - \bar{o})^2} \quad (3)$$

در روابط بالا P_i مقدار پیش‌بینی شده، O_i مقدار مشاهده شده، \bar{O} میانگین مقادیر مشاهده شده، \bar{P} میانگین مقادیر پیش‌بینی شده و N تعداد داده‌ها یا طول سری زمانی می‌باشد. آماره دیگری که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است آماره اربیب (BIAS) است (رابطه ۴) که میانگین تمایل مدل را در بیش برآورد کردن یا کم برآورد کردن مقادیر

راندمان یا کارایی مدل (EF) استفاده شده است. این آماره‌ها بیشترین کاربرد را در تجزیه و تحلیل‌های مقایسه‌ای دارند و از آنها برای مقایسه پیش‌بینی‌های یک مدل در برابر داده‌های مشاهده‌ای استفاده می‌شود (عساکره، ۱۳۹۰).



نگاره ۱: پراکنش نقاط شبکه‌بندی GLDAS با دقت

۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه جغرافیایی (دایره‌های سیاه کوچک) و

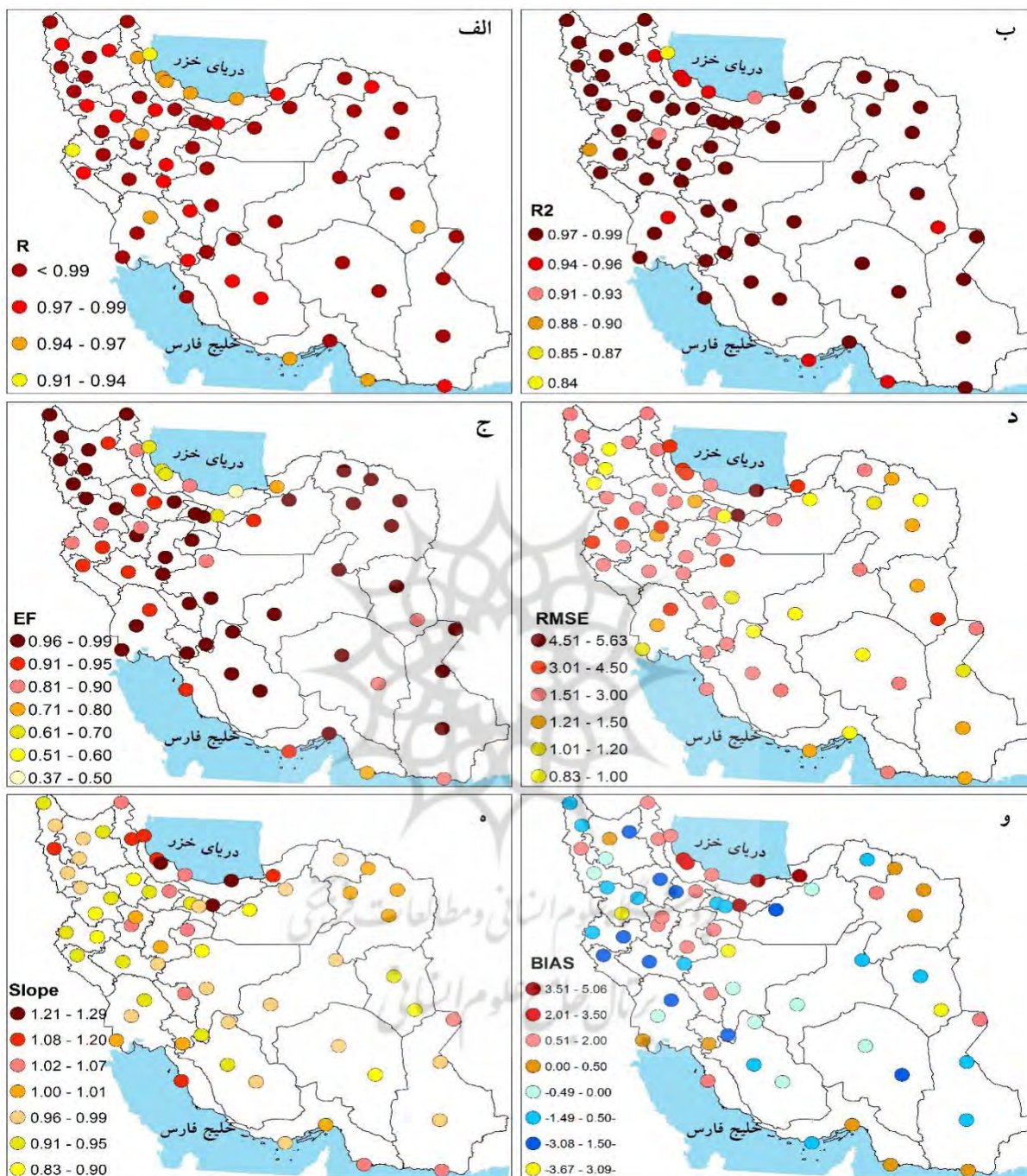
ایستگاه‌های سینوپتیک کشور بر روی نقشه ایران

(مثلث‌های قرمز رنگ).

ضریب تعیین که به شکل رابطه ۱ بیان می‌شود یکی از مهمترین معیارهای ارزیابی ارتباط میان دو متغیر x و y است که به صورت بی بعد نمایش داده می‌شود. این ضریب ارتباط مستقیمی با ضریب همبستگی دارد؛ به این ترتیب که با جذر گرفتن از ضریب تعیین می‌توان ضریب همبستگی میان دو سری مورد بررسی را بدست آورد. همانند ضریب همبستگی هر چه مقدار ضریب تعیین به یک نزدیکتر باشد نشان‌دهنده ارتباط قوی‌تر میان دو متغیر است.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N o_i p_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N o_i^2 \sum_{i=1}^N p_i^2}} \quad (1)$$

ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) که به شکل رابطه ۲ نشان داده می‌شود یکی دیگر از آماره‌هایی است که معمولاً



نگاره ۲: مقایسه داده‌های میانگین دما GLDAS با میانگین دمای واقعی ایستگاه‌های هم‌دید منتخب در سطح کشور با استفاده از شاخص‌های آماری: الف) ضریب همبستگی (R)، ب) ضریب تعیین (R2)، ج) کارایی مدل (EF)، د) معذور میانگین مربع خطا (RMSE)، د) شیب خط (Slope)، ه) شاخص اریب (BIAS).

مشاهده‌ای نشان می‌دهد. مقدار اریب برابر با صفر نشان دهنده برآورد کردن و کم برآورد کردن مدل است.

این است که مدل به خوبی توانسته است مقادیر مشاهده‌ای را

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - o_i)$$

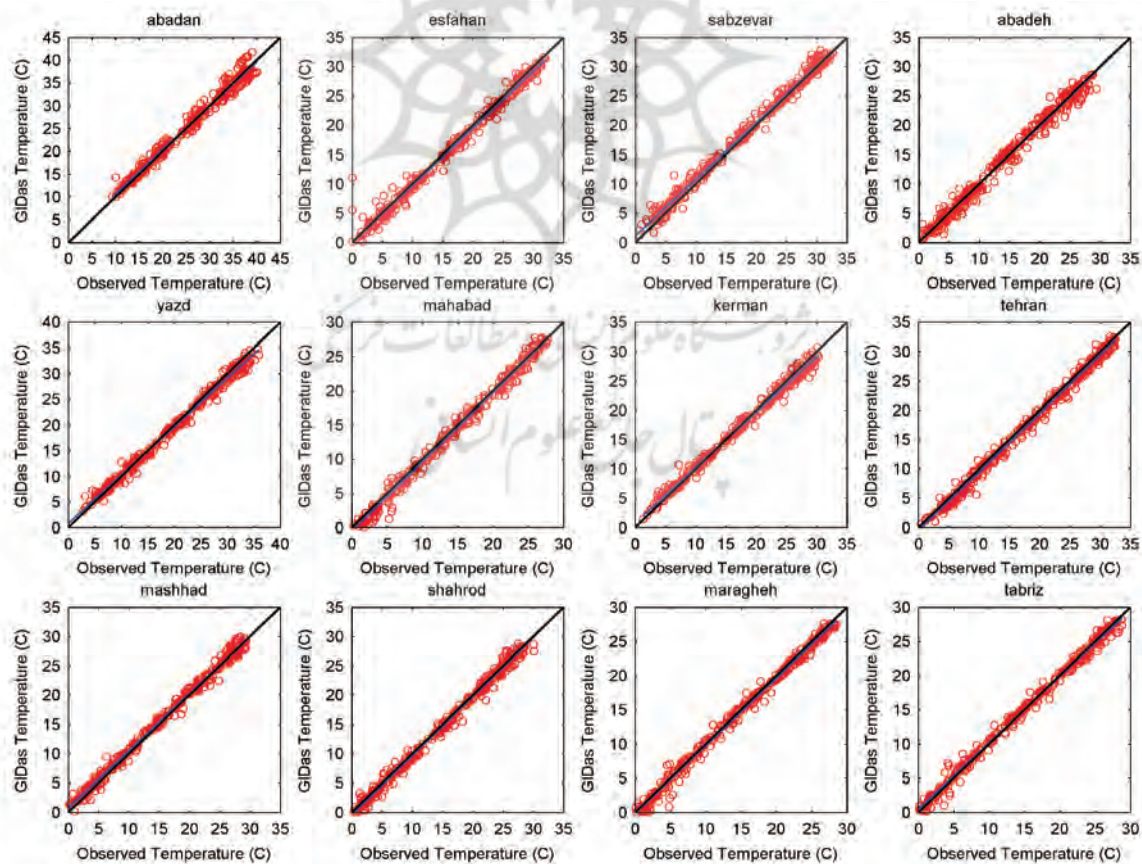
پیش‌بینی کند. مقادیر مثبت و منفی نیز به ترتیب بیانگر بیش

۳- نتایج

۳-۱ ارزیابی داده‌های دمای GLDAS

و بیشتر برخوردارند که ۶۰ درصد از ایستگاه‌های منتخب را در برمی‌گیرند و این ایستگاه‌ها در قسمت‌های مختلف کشور پراکنده‌اند (نگاره ۲، الف). بررسی مقادیر ضریب تعیین (R^2) بین داده‌های GLDAS و داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه‌ها همانند آماره همبستگی بیانگر دقت مناسب دمای برآوردی توسط این مدل در بخش‌های مختلف ایران است. با توجه به نگاره ۲ ب، ملاحظه می‌شود که مقدار R^2 در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش از ۰/۹۵ است که ۸۷ درصد از ایستگاه از این ویژگی برخوردارند. بر اساس این شاخص نیز تنها ایستگاه‌های آستارا و سرپل ذهاب از کمترین ضریب همبستگی برخوردارند. مقدار R^2 فراتر از ۰/۹ برای بیشتر ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های دمای این ایستگاه‌ها به وسیله داده‌های GLDAS توصیف می‌شود. بنابراین می‌توان گفت

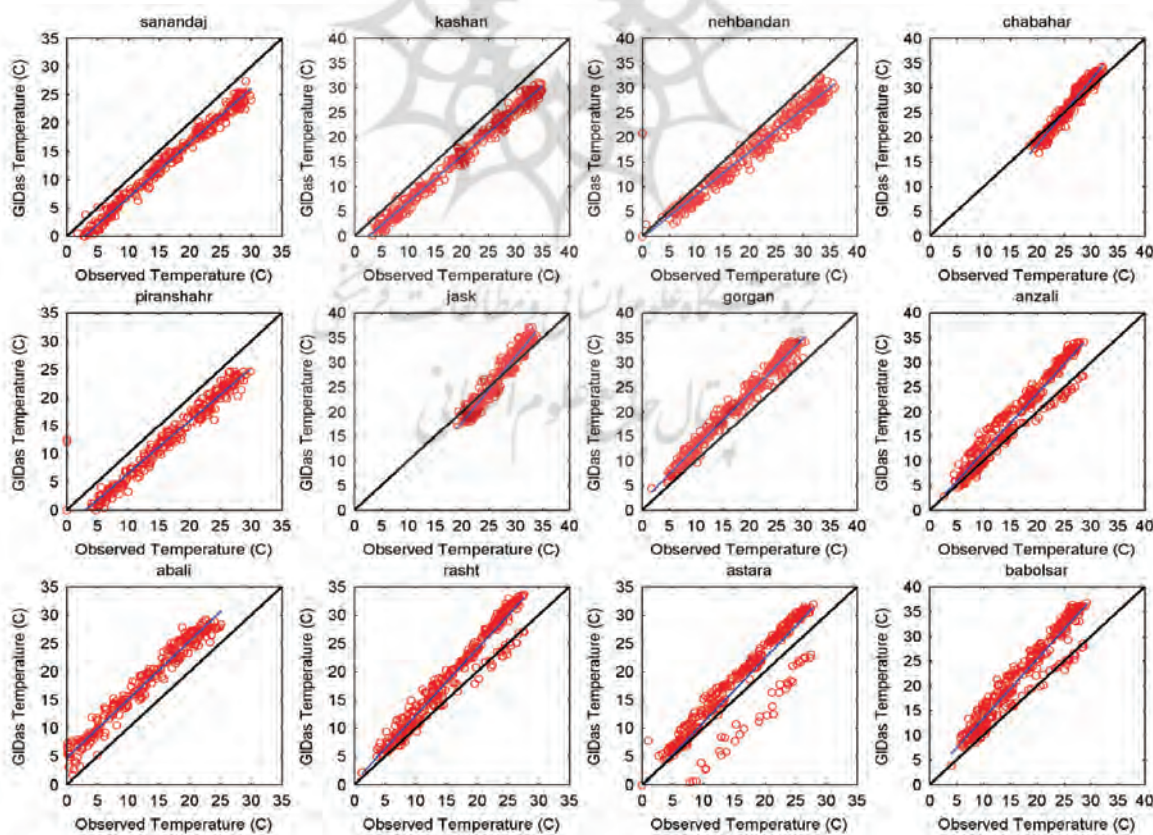
نگاره ۲ دقت داده‌های دمای بدست آمده از تصاویر مدل همسان سازی داده‌های زمینی (GLDAS) را در مقایسه با داده‌های دمای مشاهده‌ای در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور نشان می‌دهد. بررسی مقادیر همبستگی بین دمای شبیه‌سازی شده توسط GLDAS و دمای ثبت شده در ایستگاه‌های منتخب نشان دهنده دقت مناسب این داده‌ها برای پهنه ایران است. زیرا میزان همبستگی در نگاه کلی برای تمامی ایستگاه بیش از ۰/۹ می‌باشد. بطوری که کمترین میزان همبستگی با ۰/۹۱ و ۰/۹۴ به ترتیب برای ایستگاه‌های آستارا و سرپل ذهاب بدست آمد و سایر ایستگاه از همبستگی بیش از ۰/۹۵ درصد برخوردارند. نکته قابل توجه در بررسی این آماره فراوانی قابل توجه ایستگاه‌هایی است که از ضریب همبستگی ۰/۹۹



نگاره ۳: پراکنش نقاط پیرامون خط رگرسیون در ایستگاه‌های با بالاترین ضریب کارایی (EF).

به سایر نواحی کمتر است. نگاره (د) نیز نشان می‌دهد که مقدار RMSE در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه کمتر از ۲ درجه سانتی گراد است که بیانگر انحراف بسیار ناچیز دمای پیش‌بینی شده به وسیله GLDAS در مقایسه با دمای واقعی در این دسته از ایستگاه‌ها است. تنها در برخی از ایستگاه‌های ساحلی و کوهپایه‌ای البرز مانند آستارا و تهران مقدار RMSE رقم‌های بالاتر از ۳ درجه را نشان می‌دهد که با توجه به رقم بالای ضریب تعیین و EF در این ایستگاه‌ها (نگاره‌های ۲ ب و ۲ ج) می‌توان گفت که بالا بودن مقدار RMSE در این ایستگاه‌ها دلیل بر پائین بودن دقت مدل در پیش‌بینی بارش نیست. نگاره ۲د نیز نشان می‌دهد که اکثر ایستگاه‌ها خط رگرسیون به خوبی از میان داده‌ها عبور کرده و فاصله نقاط از خط رگرسیون (خط ۱:۱) در سطح قابل قبولی قرار دارد. با توجه به نگاره ۲ه ملاحظه می‌شود

که دقت داده‌های GLDAS در اکثر مناطق ایران در سطح بسیار خوبی قرار دارد و از این داده‌ها می‌توان در کنار داده‌های واقعی دمای ایستگاه‌ها استفاده نمود. نگاره (۲ ج) نیز گواه بر کارایی مدل همسان‌سازی داده‌های زمینی در پیش‌بینی قابل قبول دما در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه است. با توجه به نگاره (۲ ج) مقدار EF در بیشتر ایستگاه‌ها (بیش از ۷۵ درصد ایستگاه‌ها) بالاتر از ۰/۹ است که بیانگر هماهنگی خوب داده‌های GLDAS با داده‌های زمینی در این ایستگاه‌ها می‌باشد. زیرا هر مقدار که نتایج این شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده دقت بالای مدل در پیش‌بینی است که این ویژگی برای بیشتر ایستگاه‌های منتخب قابل مشاهده می‌باشد. مقدار EF کمتر از ۰/۵ تنها در ایستگاه رامسر در سواحل شمالی کشور دیده می‌شود و تنها در این منطقه از کشور است که دقت پیش‌بینی مدل نسبت



نگاره ۴: توزیع نقاط پیرامون خط رگرسیون در ایستگاه‌های با پائین‌ترین ضریب کارایی

ایستگاه‌ها به وضوح دیده می‌شود. در ایستگاه‌های سواحل شمالی کشور مانند آستارا، انزلی، رشت، بابلسر، گرگان و ایستگاه آبدلی خط رگرسیون بالاتر از خط ۱:۱ قرار گرفته است که بیانگر بیش برآورد شدن مقدار واقعی متوسط دما در این ایستگاه‌ها است. در مقابل برای ایستگاه‌هایی مانند سنندج، کاشان، پیرانشهر خط رگرسیون پایین‌تر از خط ۱:۱ قرار گرفته است که این شرایط بیانگر کم برآورد شدن مقدار واقعی متوسط دما در این ایستگاه‌ها است. هرچند در تعداد محدودی از ایستگاه‌ها بیش برآوردی و کم برآوردی مشاهده می‌شود، ولی با توجه به اینکه این کم برآورد و بیش برآوردی در راستای خط ۱:۱ قرار دارد و تمامی نقاط در راستای خط همبستگی قرار دارند، از اینرو می‌توان با استفاده از یک ضریب آماری بین داده‌های ایستگاهی و مدل، این مشکل را مرتفع نمود. از طرف دیگر خطای مدل در نواحی ساحلی با توجه به ویژگی‌های پیچیده توپوگرافی و شرایط جوی روی آب و روی خشکی چندان دور از انتظار نیست و بیشتر داده‌های برآوردی در این قسمت همراه با خطا هستند.

۴- بحث

با توجه به یافته‌های تحقیق، دقت داده‌های دمای هوای مدل GLDAS در پهنه ایران بسیار مناسب است. زیرا نتایج همه مدل‌های آماری مورد استفاده، در درصد قابل توجهی از نقاط انتخابی گویای ارتباط بسیار نزدیک داده‌های مدل و داده‌های مشاهداتی است. با وجود این در برخی از مناطق بویژه در نواحی ساحلی خزر برآوردهای حاصل از این مدل نسبت به داده‌های مشاهده‌ای بیش برآوردی دارد. یکی از دلایل اصلی این بیش برآوردی، ویژگی‌های اقلیمی و فیزیوگرافی خاص منطقه است که امکان معرفی جزئیات کامل به منابع داده‌ای مدل همسان‌سازی داده‌های زمینی وجود ندارد. کم برآوردی مدل در سطح ایران بصورت موردی برای برخی از ایستگاه‌ها مانند کاشان نیز قابل مشاهده است. با توجه به پراکندگی ایستگاه‌های دارای

که در تعداد قابل توجهی از ایستگاه‌ها مقدار شیب خط بین ۰/۹۵ تا ۱/۰۵ است که نشان‌دهنده ارتباط خوب میان هر دو داده و خطای اندک GLDAS در برآورد دمای این ایستگاه‌ها می‌باشد. با توجه به نگاره ۲ همچنین مشاهده می‌شود که اریب مقادیر پیش‌بینی شده در بیشتر ایستگاه‌ها بین ۱/۵ و ۱-۱/۵ است که حاکی از دقت خوب مدل در پیش‌بینی مقدار واقعی بارش در این ایستگاه‌ها می‌باشد. تنها در برخی ایستگاه‌های ساحلی شمالی (گرگان، رامسر) مقدار زیاد اریب نشان از بیش برآوردی محدود دما بوسیله مدل در این ایستگاه‌ها می‌باشد. بنابر نتایج بدست آمده از آماره‌های نام برده شده می‌توان گفت که داده‌های مدل همسان‌سازی داده‌های زمینی از دقت بسیار مناسبی برخوردار می‌باشند و از این داده‌ها می‌توان برای نقاط مختلف کشور استفاده کرد. در نگاره ۳، رابطه رگرسیونی بین متوسط دمای برآوردی بوسیله GLDAS و متوسط دمای مشاهده‌ای برای ۱۲ ایستگاه که بالاترین ضریب کرائی (نگاره ۲ج) را دارند، نمایش داده شده است. پراکنش نقاط پیرامون خط رگرسیون در همه ایستگاه‌ها بیانگر ارتباط بسیار مناسب بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های GLDAS در ۱۲ ایستگاه مورد نظر است. با توجه به اینکه این ایستگاه‌ها (نگاره ۳) در نواحی مختلف کشور با ویژگی‌های متفاوت طبیعی و انسانی پراکنده هستند و از بهترین ارتباط بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های برآوردی مدل برخوردارند، می‌توان گفت که مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی، برآورد بسیار خوبی از متوسط دما در مناطق مختلف کشور دارد.

رابطه رگرسیونی بین متوسط دمای برآوردی بوسیله GLDAS و متوسط دمای مشاهده‌ای برای ۱۲ ایستگاه که پایین‌ترین ضریب کرائی (نگاره ۲ج) را دارند در نگاره ۴ نمایش داده شده است. همانطور که بر روی نگاره ۴ مشخص است در تمامی ایستگاه‌های مورد نظر توده نقاط پیرامون خط رگرسیون پراکنده شده‌اند، که نشان‌دهنده همبستگی خوب میان داده‌های مشاهده‌ای و GLDAS است. با این حال فاصله خط رگرسیون و توده نقاط از خط ۱:۱ در همه این

بیشتر ایستگاه‌های سواحل شمالی کشور داده‌های مدل GLDAS نسبت به داده‌های ایستگاهی بیش برآوردی دارد. البته خطای مدل در نواحی ساحلی با توجه به ویژگی‌های پیچیده توپوگرافی و اقلیمی چندان دور از انتظار نیست، زیرا گذر سریع از مناطق هموار ساحلی به نواحی مرتفع، درهم تنیدگی شرایط جوئی دریا و خشکی در این مناطق و ترکیب آنها، برآورد دقیق متغیرهای اقلیمی را بسیار سخت می‌کند. در برخی از ایستگاه‌های دیگر چون کاشان و سنندج مقدار برآوردی GLDAS تا حدودی کمتر از مقدار واقعی است. در این نواحی هرچند برآورد مدل با اندکی خطا همراه می‌باشد ولی کم برآوردی و بیش برآوردی در راستای خط همبستگی قرار دارند و پراکندگی زیادی در داده‌ها مشاهده نمی‌شود که این امر، بیانگر همبستگی مناسب GLDAS و داده‌های مشاهده‌ای در این مناطق است. در نتیجه این شرایط می‌توان با استفاده از یک ضریب آماری بین داده‌های مدل و ایستگاهی به راحتی این مشکل را در نواحی مختلف کشور برطرف کرد. از اینرو شرایط سواحل خزر مشکل عمده‌ای برای این پایگاه داده محسوب نمی‌شود.

به طور کلی می‌توان گفت که داده‌های دمای مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی برآورد خوب و با دقت مناسب از میانگین دمای مناطق مختلف کشور بدست می‌دهد که از آن می‌توان به ویژه برای مناطق فاقد آمار و همچنین مناطق با داده‌های گم شده استفاده کرد.

با توجه به طول دوره آماری مناسب، دقت مکانی بسیار خوب و نیز به روز بودن این داده‌ها می‌توان با اطمینان از این داده‌ها در کنار داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی برای مطالعات مختلف اقلیم‌شناسی، آبشناسی و مطالعات محیطی در مناطق مختلف کشور استفاده نمود.

با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق پیشنهاد می‌شود که سایر محصولات این مدل نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا اصلاح و بهینه کردن مدل و داده‌های آن با دقت بیشتری انجام شود و در مطالعات مختلف با اطمینان بیشتری مورد استفاده قرار گیرد.

شرایط کم برآوردی، مقایسه ماهانه و فصلی داده‌های مدل با ایستگاه‌های زمینی بطور جداگانه می‌تواند دلیل کم برآوردی را بهتر مشخص کند. با توجه به دقت مکانی و زمانی بالای این مدل، از داده‌های آن می‌توان به عنوان ابزاری قدرتمند در مطالعات آب‌شناختی و اقلیم‌شناختی نواحی مختلف کشور بویژه در نواحی کوهستانی و بیابانی ایران که تراکم ایستگاه‌های سنجش زمینی پایین است، استفاده نمود. همچنین با توجه به اینکه درصد زیادی از ایستگاه‌های زمینی سنجش عناصر آب و هوایی در کشور، تازه تأسیس بوده و داری اطلاعات کوتاه مدت می‌باشند، داده‌های مدل GLDAS می‌تواند جایگزینی مناسب برای مطالعات مختلف تغییر اقلیم به حساب آیند. دلیل دقت بالای داده‌های این مدل در فرآیند تولید آن‌ها نهفته است. زیرا مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی، حاصل ادغام محصولات ماهواره‌ای و مشاهدات زمینی و استفاده از مدلسازی و تکنیک‌های پیشرفته همسان‌سازی است.

۵- نتیجه‌گیری

امروزه پیشرفت‌های روز افزون در فناوری سنجش از دور و پایگاه‌های تولید داده‌های جهانی به همراه ترکیب آنها با داده‌های مشاهداتی و همسان‌سازی مجموعه داده‌ها، سبب ایجاد پایگاه‌هایی از داده‌های دقیق با پوشش مکانی - زمانی مناسب شده است. در پژوهش حاضر ضمن معرفی مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی، داده‌های متوسط دمای ماهانه این مدل با استفاده از پنج آماره مختلف در برابر داده‌های مشاهده‌ای ۶۶ ایستگاه همدید در سطح ایران ارزیابی شد. نتایج ارزیابی نشان داد که تطابق مکانی بسیار مناسبی بین متوسط دمای برآوردی GLDAS و دمای مشاهده‌ای در ایستگاه‌های مختلف کشور وجود دارد. زیرا محاسبه آماره‌های نام برده شده نشان داد که برای تعداد قابل توجهی از ایستگاه‌ها (۸۰ درصد) خطای برآوردی توسط این مدل بسیار اندک است. با وجود این در برخی نواحی این مدل همراه با کم برآوردی و بیش برآوردی است. برای

System (GLDAS) Products, Services and Application from. NASA Hydrology Data and Information Services Center (HDISC), ASPRS 2009 Annual Conference Baltimore, Maryland - March 8-13.

9- Feng, S., and Fu, Q., 2013, Expansion of global drylands under a warming climate, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol.13, pp. 81-94.

10- Gairola, R.M., Prakash, S., Pal, P.K., 2015, Improved rainfall estimation over the Indian monsoon region by synergistic use of Kalpana-1 and rain gauge data, *Atmospheric sciences*, Vol.28, pp. 51-61.

11- Ji, L., Senay, G.B., and Verdin, J.P., 2015, valuation of the Global Land Data Assimilation System (GLDAS) air temperature data products, *Journal of Hydrometeorology*, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-14-0230.1>.

12- Kim, S, and Brubaker, L, 2014, Comparison of gauge and MPE precipitation data for the Chesapeake Bay Watershed Model, *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol. 19, pp. 1042-1047.

13- Liang, X., D. P. Lettenmaier, E. F. Wood, and S. J. Burges, 1994, A simple hydrologically based model of land surface water and energy fluxes for GSMs, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 99 (7), pp. 415-428.

14- Liu, Y. Y., M.F. McCabe, J.P. Evans, A.I.J.M. Van Dijk, R.A.M. de Jeu and H. Su., 2009, Comparison of soil moisture in GLDAS model simulations and satellite observations over the Murray Darling Basin, Newham (eds) 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation, 2798-2804. ISBN: 978-0-9758400-7-8.

15- Mishra, A.K., Gairola, R.M., Varma, A.K., Agarwal, V.K., 2011, Improved rainfall estimation over the Indian region using satellite infrared technique, *Advances in Space Research*, Vol. 48, pp. 49-55.

16- Park, J., and Choi, M., 2015, Estimation of evapotranspiration from ground-based meteorological data and global land data assimilation system (GLDAS), *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, Vol 29, pp. 1963-1992.

17- Qi, W., Zhang, C., Fu, G. T., Sweetapple, C., and H. C. Zhou., 2015, Evaluation of global fine-resolution precipitation products and their uncertainty quantification

منابع و مأخذ

۱- پاکدل خسمخی، طاهری تیزرو، معروفی، وظیفه دوست؛ حدیث، عبدالله، صفر، مجید؛ ۱۳۹۳؛ ارزیابی محصول بارش و رواناب از سیستم جهانی همگون سازی داده های زمینی GLDAS، در حوضه پلرود، دومین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی و محیط زیست و منابع طبیعی پایدار، تهران مرکز همایش های بین المللی دانشگاه شهید بهشتی.

۲- صفری، شریفی، باقری، توکلی؛ عبدالرضا، محمدعلی، حمیدرضا، یحیی؛ ۱۳۹۲؛ پالایش داده های پتانسیلی گریس (GRACE) برای تعیین تغییرات میدان گرانی با استفاده از روش پایدارسازی تیخونوف تعمیم یافته در زیر فضای سوبولف، مجله فیزیک زمین، دوره ۳۹، صص. ۵۱-۷۷.

۳- عساکره، حسین، ۱۳۹۰، اقلیم شناسی آماری، انتشارات دانشگاه اصفهان.

۴- فرجی، وظیفه دوست، شکیب، کاویانی؛ زهره، مجید، علیرضا، عباس؛ ۱۳۹۳؛ ارزیابی اجزای بیلان آب سطحی در مناطق فاقد آمار با استفاده از مدل جهانی سطح زمین GLDAS (مطالعه موردی: دشت نیشابور، خراسان رضوی)، دومین همایش ملی بحران آب، دانشگاه شهرکرد.

5- Benjamin, F.Z., Matthew, R., and Francisco, O., 2010, Evaluation of the Global Land Data Assimilation System using global river discharge data and a source to sink routing scheme, *Water Resources Research*, 46, W06507, doi:10.1029/2009WR007811.

6- Berg, A. A., Famiglietti, J. S., Rodell, M., Reichle, R. H., Jambor, U., Holl, S. L., and Houser, P. R., 2005, Development of a hydrometeorological forcing data set for global soil moisture estimation, *International Journal of Climatology*, Vol.25, pp.1697-1714.

7- Du, J.P., Sun, R., 2012, Estimation of evapotranspiration for ungauged areas using MODIS measurements and GLDAS data, *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 8, pp. 1718 - 1727.

8- Fang, H., Beaudoin, H.K., Rodell, M., Teng, W.L., and Vollmer, B.E., 2009, Global Land Data Assimilation

regions, *Journal of Hydrology*, Vol. 464, pp.388 – 400.

27- Xiao, R., He, X., Zhang, Y., Ferreira, V.G., and Chang, L., 2015, Monitoring Groundwater Variations from Satellite Gravimetry and Hydrological Models: A Comparison with in-situ Measurements in the Mid-Atlantic Region of the United, *Remote Sensing*, Vol. 7, pp.686-703; doi:10.3390/rs70100686.

28- Zawadzki, J., and Kdzior, M.A., 2014, Statistical analysis of soil moisture content changes in Central Europe using GLDAS database over three past decades, *Central European Journal of Geosciences*, Vol. 6, Issue 3, pp.344-353.

in ensemble discharge simulations, *Hydrology and Earth System Sciences*, doi:10.5194/hessd-12-9337.

18- Raziei, T., Pereira, L.S., 2013, Spatial variability analysis of reference evapotranspiration in Iran utilizing fine resolution gridded datasets, *Agricultural Water Management*, Vol. 126, pp.104–118.

19- Rodell, M., P. R. Houser, U. Jambor, J. Gottschalck, K. Mitchell, C.-J. Meng, K. Arsenault, B. Cosgrove, J. Radakovich, M. Bosilovich, J. K. Entin, J. P. Walker, D. Lohmann, and D. Toll, 2004. The Global Land Data Assimilation System, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 85(3), pp. 381-394.

20- Rui, H., and Beaudoin, H., 2015. Global Land Data Assimilation System Version 2 (GLDAS-2) Products, Last revised, National Aeronautics and space administration.

21- Rui, H., Beaudoin, H., Mako, D.M., Rodell, M., Teng, W.L., and Vollmer, B., 2010, New and Improved GLDAS and NLDAS data sets and data services at HDISC/NASA, American Geophysical Union, Fall Meeting 2010.

22- Seyyedi, H., Beighley, E., McCollum, J., and E. Anagnostou., 2013, Hydrologic Evaluation of TRMM-3B42 and GLDAS-CLM Precipitation Products over a Mid-size Basin, 27th Conference on Hydrology.

23- Seyyedi, H., Anagnostou, E.N., Beighley, V., and McCollum, J., 2014, Satellite-driven downscaling of global reanalysis precipitation products for hydrological applications, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 18, pp. 5077–5091.

24- Spennemann, P.C., Rivera, J.A., Saulo, A.C., Penalba, O.C., 2015. A Comparison of GLDAS Soil Moisture Anomalies against Standardized Precipitation Index and Multisatellite Estimations over South America, *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 16(1), pp.158-171.

25- Tarruella, R., and Jorge, j., 2003, comparison of three infrared satellite techniques to estimate accumulated rainfall over the iberian peninsula, *International Journal of Climatology*, Vol. 23, pp.1757–1769.

26- Wagner, P. D., Finer, P., Wilken, F., Kumar, SH., Schneider, K., 2012, Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce



پرویشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی