Archive of SID

معرفی و مقایسه عملکرد دو پایگاه جهانی داده بازتحلیل در برآورد دمای هوای روزانه بیشینه، کمینه و میانگین (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه حله)

سعید شکری کوچک*[۱]، علی محمد آخوند علی [۲] و محمدرضا شریفی [۳]

[۱] دانشجوی دکتری منابع آب دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز ، ایران
[۲] استاد گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
[۳] استادیار گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷)

چکیده

تعیین دمای هوا در بسیاری از محاسبات ترازنامه آب و انرژی، مدل‌سازی هیدرولوژیکی و مطالعات هواشناسی و کشاورزی نقش مهمی دارد. پژوهش حاضر با هدف معرفی دو پایگاه بازتحلیل داده هواشناسی ECMWF و MERRA و ارزیابی عملکرد آنها در برآورد دمای هوای بیشینه، کمینه و میانگین روزانه انجام شد. به این منظور، اطلاعات روزانه دمای بیشینه، کمینه و میانگین دوازده ایستگاه اندازه‌گیری دما در سطح حوضه آبریز رودخانه حله واقع در جنوب ایران و کرانه‌های خلیج فارس برای دوره آماری ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۶ به مدت ۱۴ سال (۵۱۱۴) روز اخذ و برای ارزیابی آنها از معیارهای آماری ضریب همبستگی (CC)، میانگین خطا (ME) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد میزان انطباق اطلاعات پایگاه‌های داده بازتحلیل در هر سه پارامتر دمایی بیشینه، کمینه و میانگین مناسب است، اما پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به پایگاه داده MERRA نسخه ۲ بسیار مناسب‌تر است به‌طوری که ضریب همبستگی برای همه مؤلفه‌های دمایی بیشینه، کمینه و میانگین بیشتر از ۰/۹ است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عملکرد هر دو پایگاه داده در برآورد دمای میانگین نسبت به دمای بیشینه و کمینه بهتر است. همچنین هر دو پایگاه داده در برآورد داده‌های دمای بیشینه، کم‌برآورد و در برآورد داده‌های کمینه، بیش‌برآورد هستند. دمای هوای میانگین روزانه، ثبت شده در پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim مقداری گرم‌تر (۰/۴+ درجه سلسیوس) برآورد می‌شود درحالی‌که پایگاه داده MERRA نسخه ۲ دمای هوای میانگین را سردتر (۰/۵– درجه سلسیوس) تخمین می‌زند. درنهایت، در مقیاس روزانه، استفاده از پارامترهای روزانه دمای هوا (بیشینه، کمینه و میانگین) پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به پایگاه داده MERRA نسخه ۲ در اولویت است. همچنین پیشنهاد می‌شود با توجه به عملکرد مناسب پایگاه‌های داده بازتحلیل و بهره‌مندی از مزایای آن، سایر متغیرهای هواشناسی نیز ارزیابی شوند.

واژه‌های کلیدی: دمای هوا، ارزیابی، پایگاه داده بازتحلیل، ECMWF، MERRA، حوضه آبریز رودخانه حله، ایران

* نگارنده رابط: saeed.shokri88@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱ مقدمه

دمای هوا یکی از مؤلفه‌های اساسی شناخت آب و هوا و از پارامترهای مهم مورد نیاز برای مطالعات هیدرولوژی، هواشناسی و کشاورزی است (ریو و همکاران، ۲۰۱۳، مروتی و شکوهی، ۱۳۹۳، پرویز و همکاران ۱۳۹۰ و امامی‌فر و همکاران، ۱۳۹۳). این پارامتر نقش کلیدی در چگونگی انجام فرایندهای بیولوژیکی، فیزیکی و بیوژئوشیمیایی بین آب‌سپهر، زیست‌کره و نیوار دارد؛ درنتیجه، اطلاع از این پارامتر در بسیاری از جنبه‌ها ازجمله مدل‌های شبیه‌سازی سامانه خاک-گیاه-اتمسفر، برآورد تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان، ترازنامه آب و انرژی، اجرای مدل‌های هیدرولوژیکی، فرایند ذوب برف، اجرای مدل‌های شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان و تعیین گسترش آفات و بیماری‌ها لازم و ضروری است (اسمعیلی و همکاران، ۱۳۹۷).

به‌طور معمول، دمای هوا در ایستگاه‌های هواشناسی، داخل جعبه واقع در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین و با دقت مناسبی اندازه‌گیری و ثبت می‌شود که معرف دمای هوای پیرامون ایستگاه است (ریو و همکاران، ۲۰۱۳ و هولد و پاسکوا، ۲۰۱۵). روش‌های سنتی که برای بررسی دما استفاده می‌شوند، معمولاً مبتنی بر اطلاعات این ایستگاه-های اندازه‌گیری زمینی هستند، اما در بسیاری از مناطق جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، وجود مناطق کوهستانی و بیابانی و مناطق دور از مراکز جمعیت، کمبود ایستگاه یا تراکم ناکافی آن، مستقر نبودن دستگاه‌های ثبت‌کننده در مناطق سخت‌گذر کوهستانی و بیابانی، پراکندگی نامناسب، خرابی دستگاه‌ها و هزینه‌بر بودن از مشکلات همیشگی استفاده‌کنندگان است (لشکری و همکاران، ۱۳۹۴ و میری و همکاران، ۱۳۹۶). علاوه‌بر مشکلات گفته‌شده، داده‌های ایستگاه‌های دماسنجی در یک محدوده جغرافیایی به‌صورت نقطه‌ای برداشت می‌شود که باید به سطح تعمیم داده شود و بر مبنای داده‌های ایستگاه‌های مجاور بازسازی شوند. در این میان، انواع روش‌های درون‌یابی مکانی و رگرسیون آماری برای بازسازی داده‌های دما به کمک پژوهشگران می‌آیند (ریو و همکاران، ۲۰۱۳؛ پرویز، ۱۳۸۹ و مروتی و شکوهی، ۱۳۹۳)، اما ممکن است در بسیاری از موارد سبب ایجاد خطا در محاسبات شوند. بررسی نتایج روش‌های بیان‌شده حاکی از محدودیت این روش‌ها در پایش تغییرات مکانی دمای هوا است. دمای هوا از خصوصیات سطح زمین متأثر است و حتی در حوضه‌های کوچک هم تغییرات زیادی دارد؛ بنابراین، در مناطق فاقد ایستگاه، اطلاعات کافی و دقیق درباره میزان دما و توزیع مکانی آن وجود ندارد (هولد و پاسکوا، ۲۰۱۵؛ پرویز و همکاران، ۱۳۹۰؛ امامی‌فر و همکاران، ۱۳۹۳؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۷ و اسمعیلی و همکاران، ۱۳۹۷). علاوه‌بر در دسترس نبودن داده‌ها، وجود داده‌های گم‌شده فراوان و به‌هنگام نبودن داده‌ها در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی یکی از اساسی‌ترین مشکلاتی است که پژوهشگران کشورهای مختلف با آن روبه‌رو هستند (میری و همکاران، ۱۳۹۶)؛ ازاین‌رو، در سال‌های اخیر، داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های سنجش از دور و مدل‌سازی مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. فناوری سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای، هم‌زمان با توسعه، توانایی اندازه‌گیری دما، فشارهای بالا و پایین در اتمسفر، سرعت باد، میزان حرکت جبهه‌های هوا و میزان بارش را به‌صورت کمی امکان‌پذیر کرده‌اند؛ بنابراین در دهه‌های اخیر، یکی از اهداف اصلی مراکز پیش‌بینی و مدل‌سازی، تولید داده‌های آب و هوایی با دقت مناسب است. در همین راستا، امروزه مراکز مهم همچون ناسا (NASA)، نوآ (NOAA) و ... با استفاده از ابزارهای مختلف سنجنده‌ها، مشاهدات میدانی، داده‌های ایستگاهی، داده‌های تاریخ، روش‌های داده‌گواری و بازتحلیل (reanalysis)، مدل‌های عددی، مدل‌های سطح زمین و

www.SID.ir

Archive of SID

غیره حجم درخور توجهی از داده‌های آب و هوایی را به‌صورت شبکه‌بندی‌شده، در مقیاس جهانی و منطقه‌ای با قدرت تفکیک مکانی و زمانی متفاوت در پایگاه‌های داده مانند NCEP-NCAR، MERRA، GLDAS و ECMWF تولید می‌کنند و نسل جدیدی از داده‌های هواشناسی را موسوم به پایگاه داده بازتحلیل پدید آورده‌اند که در دسترس کاربران قرار دارد و برخی از مشکلات موجود در داده‌ها نظیر هزینه خرید داده‌ها، وجود داده‌های گم‌شده، پراکنش نامناسب ایستگاه‌ها و نیز به‌هنگام نبودن داده‌ها را ندارند (میری، ۱۳۹۵). داده‌های پایگاه‌های بازتحلیل با استفاده از ترکیب پیش‌بینی‌های مدل‌های عددی و داده‌های مشاهده‌ای تولید می‌شوند و براساس داده‌های ورودی به مدل و رابطه ریاضی تعریف‌شده برای مدل، پیش‌بینی‌های لازم صورت می‌گیرد (دی و همکاران ۲۰۱۱؛ بالسمو و همکاران، ۲۰۱۵ و رضیئی و ستوده، ۱۳۹۶). این پیش‌بینی‌ها را حدس اولیه یا داده‌های زمینه‌ای می‌نامند. پیش‌بینی‌های اولیه یا داده‌های زمینه‌ای با داده‌های مشاهده‌ای موجود از منابع مختلف کنترل می‌شوند که از سراسر جهان به مرکز پیش‌بینی در گام زمانی بعدی می‌رسند. سپس مدل بهینه می‌شود تا پیش‌بینی آن خطای کمتری داشته باشد؛ ازاین‌رو، تولید داده‌های بازتحلیل‌شده در دو مرحله صورت می‌گیرد (رضیئی و ستوده، ۱۳۹۶). مجموعه داده‌های شبکه‌بندی‌شده بازتحلیل به‌عنوان یک ابزار جدید و مؤثر می‌تواند شکاف‌های اندازه‌گیری‌های زمینی را کاهش دهد و مشکلات موجود را تا حدودی برطرف کند. اگر روش‌ها، الگوریتم‌ها یا ابزاری به‌عنوان جایگزین داده‌های ایستگاه‌های زمینی پیشنهاد شود، باید دقت آن بررسی و کیفیت ویژگی‌های خطاهای آنها در مکان‌های متفاوت ارزیابی شود؛ زیرا داده‌های پایگاه‌های داده بازتحلیل و مدل‌های عددی خطاهایی دارند که ناشی از عدم‌قطعیت در الگوریتم‌ها است. چنین تحلیل‌ها و ارزیابی‌هایی راهنمای خوبی برای استفاده‌کنندگان هستند تا بتوانند متناسب با نیاز خود، مناسب‌ترین محصول را انتخاب کنند. از طرف دیگر، اگر این بررسی‌ها به شناخت خطا و تصحیح و کاهش آن منجر شود، برای بهبود و توسعه روش تولید داده بسیار مفید خواهد بود.

در زمینه ارزیابی و مقایسه پایگاه‌های بازتحلیل، پژوهش‌های متنوعی در سطح جهان و ایران انجام شده است که به‌طور خلاصه به آنها اشاره می‌شود. لادر و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی اطلاعات بارش و دما در ارتفاع ۲ متری در دو مقیاس زمانی ماهانه و روزانه و پنج مجموعه داده بازتحلیل در منطقه آلاسکا در دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۹ پرداختند. مجموعه داده‌ها شامل NCEP–NCAR، NARR، CFSR، ERA-Interim و MERRA است. نقشه‌های بایاس و انحراف معیار نشان می‌دهد هرکدام از مجموعه داده‌های بازتحلیل چگونه با مشاهدات سازگارند. طبق نتایج آن پژوهش، در بررسی خطرهای طبیعی در آلاسکا (آتش‌سوزی جنگل و سیلاب) مجموعه داده MERRA بیشترین کارکرد را دارد. در مناطق فرسایشی ساحلی شیبدار، مجموعه داده بازتحلیل CFSR و در بارش‌های سنگین جنوب‌شرق آلاسکا، ERA-Interim مناسب است (لادر و همکاران، ۲۰۱۶). دحانیا و ویلارنی (۲۰۱۷) توانایی مجموعه داده‌های بازتحلیل را در پیش‌بینی دینامیکی دما و باران در سرتاسر ایالات متحده آمریکا بررسی کردند و چهار مدل بازتحلیل شامل ERA-Interim، JRA-55، MERRA و CPC را با هم مقایسه کردند. نتایج آن پژوهش نشان می‌دهد در بارش، مجموعه داده‌های ERA-Interim و در زمینه پارامتر دما، مجموعه داده‌های MERRA برتری دارند. جونز و همکاران (۲۰۱۶) برای درک و شبیه‌سازی فرایند عقب‌نشینی یخ از بخش غربی قطب جنوب که سریع‌ترین عقب نشینی را دارد، به بررسی و ارزیابی چهار نوع مجموعه داده بازتحلیل جهانی شامل ERA-Interim، JRA-55، CFSR

www.SID.ir

Archive of SID

و MERRA پرداختند. نتایج نشان داد در هر چهار مجموعه داده بازتحلیل که دما در ارتفاع ۲ متر را تولید می‌کنند، دما کمتر از مشاهدات AWS است و تغییرات آن تقریباً ۱/۸ درجه (ERA-Interim) تا ۶/۸ درجه (MERRA) است. شاه و میشرا (۲۰۱۴) با استفاده از اطلاعات سه مجموعه داده بازتحلیل MERRA، ERA-Interim و CFSR، به ارزیابی این اطلاعات در راستای بررسی خشکسالی فصول مانسونی هند پرداختند. طبق آن پژوهش، همه مجموعه داده‌ها خطا داشتند به‌طوری که در برآورد باران (دما)، خطای مجموعه داده بازتحلیل MERRA، ۱۰٪ (۰/۳۹°C-)، خطای مجموعه داده بازتحلیل ERA-Interim، ۳۴٪ (۰/۲۱°C-) و خطای مجموعه داده بازتحلیل CFSR، ۱۱٪ (۰/۴۴°C-) بود. ونگ و زنگ (۲۰۱۲)، محصولات مختلف شش مجموعه داده بازتحلیل MERRA، NCEP/NCAR-1، CFSR ، ERA-40، ERA-Interim و GLDAS را در منطقه فلات تبت ارزیابی هواشناسی کردند. طبق آن مطالعه، در مقایسه با اندازه گیری‌ها در شصت‌وسه ایستگاه CMA، پایگاه داده ERA-Interim بهترین عملکرد کلی را در هر دو دمای هوای روزانه و ماهانه دارد، MERRA همبستگی خوبی با مشاهدات دارد و GLDAS بهترین عملکرد کلی را در هر بارش روزانه و ماهانه دارد؛ زیرا بارش باران براساس ادغام اندازه‌گیری‌های سطح و سنجش از دور ماهواره‌ای است. همچنین ERA-40 و MERRA بیشترین ضریب همبستگی را برای بارش روزانه و ماهانه دارند و درمقابل، NCEP/NCAR-1 بدترین عملکرد را دارد. این تحقیق نشان می‌دهد هیچ محصول بازتحلیل نسبت به دیگر مجموعه‌ها در تمام متغیرها در هر دو مقیاس زمانی روزانه و ماهانه برتر نیست و محصولات مختلف بازتحلیل باید برای مطالعه آب و هوا در فلات تبت ترکیب شوند. جی و همکاران (۲۰۱۵) محصولات داده‌های دمای هوای مجموعه داده بازتحلیل و داده‌گواری جهانی اطلاعات زمین (GLDAS) را ارزیابی کردند. در آن پژوهش مشخص شد تقاضای زیادی برای استفاده از داده‌های دمای هوا در سطح زمین شبکه‌بندی‌شده جهت مدل‌های هیدرولوژیکی به‌عنوان ورودی مدل برای برآورد ترازنامه و چرخه منطقه‌ای و جهانی آب وجود دارد؛ با وجود این، محصولات دمای هوا GLDAS به‌طور جامع ارزیابی نشده است. نتایج نشان می‌دهد داده‌های روزانه دمای هوا دقت به‌نسبت زیادی دارند، اما برای همه مناطق جهان هماهنگ نیست. طبق پژوهش یادشده، تخمین دمای هوا با استفاده از مدل بازتحلیل GLDAS به‌طور کلی دقیق است، اما در استفاده برای مناطق کوهستانی یا مکان‌هایی با ایستگاه‌های کم آب و هوایی باید احتیاط کرد.

میری و همکاران (۱۳۹۵) ضمن معرفی پایگاه داده بازتحلیل GLDAS، اطلاعات دمایی این پایگاه را در سراسر ایران ارزیابی کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با توجه به معیارهای آماری، این پایگاه در سطح ایران از دقت بسیار مناسبی برخوردار است و میزان خطای این مدل در برآورد متوسط دمای ایستگاه‌های بررسی‌شده قابل چشم‌پوشی و اندک است. یاسمی (۱۳۹۶) با ارزیابی دقت برآوردهای داده‌های فرین پایگاه‌های جهانی دما نشان داد که پایگاه داده MERRA نسخه ۲ در نمایه‌های دمایی فرین مطلق و نمایه طول دوره رشد بعد از پایگاه اسفزاری دقت بیشتری نسبت به سایر پایگاه‌های داده دارد. به‌رغم استفاده گسترده از پایگاه‌های داده در جهان، این پایگاه‌ها در ایران کمتر استفاده شده‌اند؛ بنابراین، قبل از اینکه در منطقه‌ای از اطلاعات پایگاه‌های داده استفاده شود، باید در مقیاس منطقه‌ای و کشوری ارزیابی شود. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) به واکاوی و اعتبارسنجی اطلاعات دمایی پایگاه داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim در بازه زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۵ در ایران پرداختند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج اعتبارسنجی پایگاه داده ERA-Interim نشان‌دهنده توانایی و دقت زیاد آن در برآورد دمای هوا است. مروتی و شکوهی (۱۳۹۳) داده‌های دمایی شبکه‌بندی‌شده مجموعه داده‌های موسوم به بازتحلیل از پایگاه جهانی NCEP/NCAR را در حوضه‌های آبریز درجه ۲ کشور ارزیابی کردند. با استفاده از معیارهای خطاسنجی RMSE ، MBE، ضریب باقیمانده و ناش ساتکلیف؛ روش‌های نزدیک‌ترین همسایگی و اسپلاین با برتری نسبی نسبت به روش‌های دیگر، روش‌های برتر شناخته شدند. حاصل این مطالعه، تولید گره‌های اطلاعاتی مربوط به دما برای مطالعات هیدروکلیماتولوژیکی، ارائه روش برای به‌روزرسانی و درنتیجه، حذف نیاز پژوهشگران به جمع‌آوری، آزمون و استفاده از ایستگاه‌های زمینی و داده‌های موجود در منطقه است.

با توجه به استفاده روزافزون از پایگاه‌های بازتحلیل در سطح جهان، در ایران این پایگاه‌ها کمتر شناخته شده است؛ ازاین‌رو، هدف از تحقیق حاضر، ضمن معرفی دو پایگاه بازتحلیل جدید ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲، ارزیابی دقت و مقایسه آنها در برآورد اطلاعات دمای هوا (بیشینه، کمینه و میانگین) در مقیاس زمانی روزانه با استفاده از معیارهای ارزیابی آماری مختلف است.

۲ منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز حله و مسیل‌های کوچک دو طرف آن در جنوب‌غرب کشور قرار دارد. از نظر تقسیمات کشوری، ۵۶ درصد مساحت این گستره در استان بوشهر، ۴۱/۳ درصد در استان فارس، ۱/۴ درصد در استان خوزستان و ۱/۳ درصد در استان کهگیلویه و بویراحمد قرار دارد. منطقه مورد مطالعه از لحاظ جغرافیایی بین ′۵۳ °۴۹ تا ′۲۳ °۵۲ طول شرقی و ′۱۰ °۲۸ تا ′۲۲ °۳۰ عرض شمالی واقع شده است. وسعت کل حوضه ۲۱۲۷۴ کیلومتر مربع است که از کرانه‌های خلیج فارس تا رشته‌کوه زاگرس جنوبی گسترده شده است (گزارش اطلس منابع آب، ۱۳۹۰). شکل ۱ موقعیت حوضه مطالعاتی حله را نشان می‌دهد.

۳ داده‌ها

۳-۱ داده‌های ایستگاه‌های زمینی اندازه‌گیری دما

داده‌های مشاهداتی این تحقیق، داده‌های دمای بیشینه، کمینه و میانگین ایستگاه‌های سینوپتیک و تبخیرسنجی واقع در حوضه آبریز حله هستند؛ بنابراین، اطلاعات روزانه کلیه ایستگاه‌های دماسنجی سازمان هواشناسی کشوری و ایستگاه‌های وزارت نیرو شامل ایستگاه‌های سینوپتیک و تبخیرسنجی جمع‌آوری شد. بعد از بررسی صحت اطلاعات و حذف داده‌های اندازه‌گیری‌نشده، حذف شکاف در داده‌ها و حذف ایستگاه‌هایی که خطا داشتند، دوازده ایستگاه انتخاب شد. در این تحقیق با توجه به وجود اطلاعات باکیفیت ایستگاه‌ها، بازه زمانی ابتدای سال ۲۰۰۳ تا انتهای سال ۲۰۱۶ به مدت ۱۴ سال به‌صورت روزانه (۵۱۱۴ روز) جهت ارزیابی اطلاعات دمای بیشینه، کمینه و میانگین پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF و MERRA انتخاب شد. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های دماسنجی و جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد.

۳-۲ داده‌های پایگاه داده بازتحلیل

۳-۲-۱ پایگاه داده ECMWF

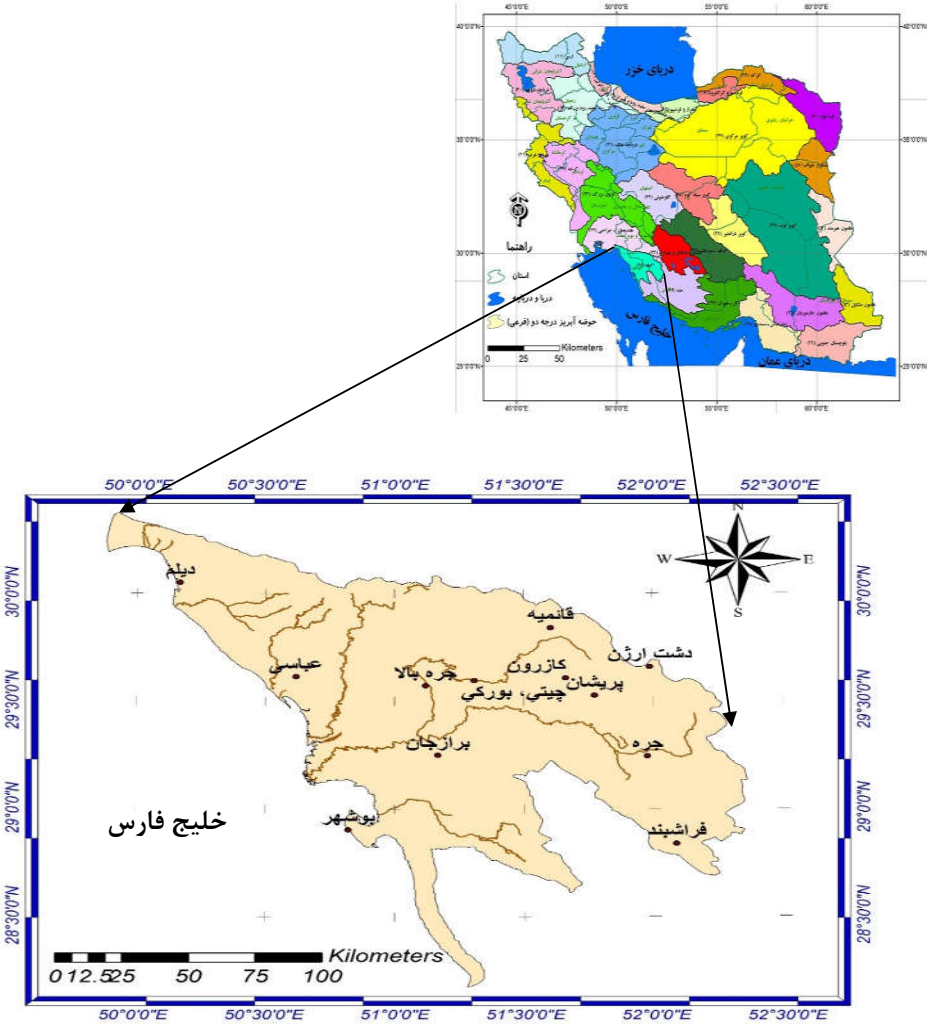
پایگاه داده بازتحلیل مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان مدت جوی ECMWF (The European Center for Medium-Range Weather Forecasts) یکی از انواع مجموعه داده‌های جهانی بازتحلیل جو زمین است که به‌تازگی تولید شده است (دی و همکاران، ۲۰۱۱ و راهنمای کاربران ECMWF، ۲۰۱۳). داده‌های این پایگاه، نتیجه ادغام پیچیده داده‌های موجود و نتایج مدل‌های

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های اندازه‌گیری دما در حوضه آبریز حله.

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع m	ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع m
۱	بندر دیلم	۵۰/۱۰	۳۰/۰۳	۳/۹	۷	قائمیه	۵۱/۶۰	۲۹/۸۴	۹۱۵
۲	عباسی	۵۰/۶۲	۲۹/۶۲	۱۱	۸	دشت ارژن	۵۱/۹۹	۲۹/۶۶	۲۰۱۳
۳	بوشهر	۵۰/۴۹	۲۸/۵۸	۸/۴	۹	کازرون	۵۱/۶۶	۲۹/۶۱	۸۵۰
۴	برازجان	۵۱/۱۴	۲۹/۱۹	۹۰	۱۰	جره	۵۱/۹۸	۲۹/۲۵	۸۶۸
۵	چیتی	۵۱/۳۱	۲۹/۶۰	۴۹۰	۱۱	فراشبند	۵۲/۰۸	۲۸/۸۴	۸۰۵
۶	جره بالا	۵۱/۱۲	۲۹/۵۷	۱۰۶	۱۲	پریشان	۵۱/۷۷	۲۹/۵۳	۸۴۴

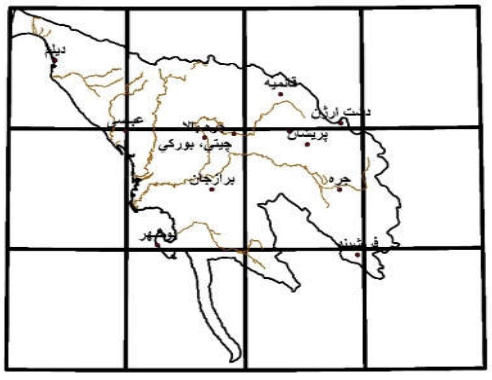


شکل ۱. موقعیت حوضه آبریز حله و ایستگاه‌های دماسنجی منتخب.

www.SID.ir

Archive of SID

جوی است که به‌صورت داده‌های شبکه‌بندی‌شده ارائه شده است. جدیدترین نسخه ارائه‌شده این پایگاه ERA-Interim است که از سال ۲۰۰۶ آغاز به کار کرده است. هدف از پروژه ERA-Interim جایگزینی با ERA-40 و برطرف کردن مشکلات داده‌های آن از قبیل درنظرنگرفتن چرخه آب در جو و همچنین ناسازگاری زمانی با دیگر داده‌ها است. این داده‌ها مجموعه‌ای از پارامترهای هواشناسی از ژانویه ۱۹۷۹ تاکنون را دربردارد. فاصلهٔ مکانی این داده‌ها ۰/۷۵ درجه است که کره زمین را به‌صورت شبکه ۰/۷۵ در ۰/۷۵ درجه در برمی‌گیرد (دی و همکاران، ۲۰۱۱؛ حاجی آقاخانی و وثوقی، ۱۳۹۵؛ یاسمی، ۱۳۹۶ و احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). در تحقیق حاضر، اطلاعات پایگاه داده بازتحلیل، ECMWF نسخه ERA-Interim با دقت ۰/۷۵ درجه در محدوده حوضه آبریز به‌صورت روزانه و در قالب NC اخذ و با استفاده از نرم‌افزارهای GIS و Panoply به قالب اکسل تبدیل شد. پس از آن مرز حوضه آبریز حله استخراج شد و با توجه به ابعاد اطلاعات پایگاه داده بازتحلیل، ECMWF نسخه ERA-Interim که ۰/۷۵ درجه در عرض و طول جغرافیایی است، یاخته‌های واقع در محدوده حوضه تعیین و انتخاب شدند. شکل ۲ موقعیت یاخته‌ها را روی حوضه نشان می‌دهد.



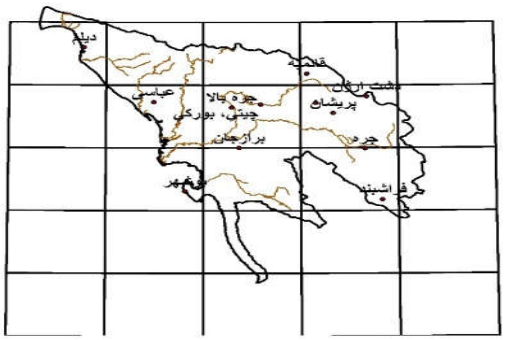
شکل ۲. نقشه موقعیت حوضه مطالعاتی رودخانه حله و شبکه متناظر پایگاه داده‌های باز¬تحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim.

۳-۲-۲ پایگاه داده MERRA

مرکز تجزیه و بازتحلیل نوین ناسا برای پژوهش‌ها و برنامه‌های کاربردی، MERRA (Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications) یک مجموعه داده‌ای اتمسفری بازتحلیل است (راینکر، ۲۰۱۱) که دفتر جهانی هماهنگ‌سازی و مدل‌سازی ناسا (GMAO) ایجاد کرده است. این پایگاه داده بازتحلیل که از نسخه ۵ سامانه مشاهدات زمین Goddard (GEOS-5) که یک مدل گردش عمومی جو است و سامانه داده‌گواری داده‌ها DAS (Data Assimilation System) استفاده می‌کند و به شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مشاهدات می‌پردازد و با ترکیب داده‌های مدل به‌کارگرفته شده و مشاهدات نامنظم مکانی و زمانی، مجموعه داده‌های شبکه‌بندی را با دقت مناسب تولید و سامانه تجزیه و تحلیل داده‌های تاریخی را تأسیس می‌کند. نسخه دوم این مدل و مجموعه داده در سال ۲۰۱۴ منتشر شد. این نسخه از اطلاعات جدید ریزموج و اشعه مادون قرمز استفاده کرده است و مزایایی نسبت به نسخه قبلی دارد که شامل بهبود و به‌روزرسانی‌های متعدد در خصوص شبیه‌سازی داده‌ها، در دسترس قرار دادن مشاهدات آئورسل، سولفات و گردوغبار است (ریل-رانجل و همکاران، ۲۰۱۷؛ عباس‌زاده مزرجی، ۱۳۹۰ و یاسمی، ۱۳۹۶). در پژوهش حاضر، اطلاعات حاصل از پایگاه داده بازتحلیل MERRA نسخه ۲ با دقت ۰/۶۲۵×۰/۵ درجه در محدوده حوضه آبریز به‌صورت روزانه و در قالب NC اخذ و با استفاده از نرم‌افزارهای GIS و Panoply به قالب اکسل تبدیل شد. سپس مرز حوضه آبریز حله استخراج و با توجه به ابعاد اطلاعات پایگاه داده بازتحلیل MERRA نسخه ۲ که ۰/۶۲۵×۰/۵ درجه در عرض و طول جغرافیایی است، یاخته‌های واقع در محدوده حوضه تعیین و انتخاب شدند. شکل ۳ موقعیت یاخته‌ها را روی حوضه نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. نقشه موقعیت حوضه مطالعاتی رودخانه حله و موقعیت ایستگاه‌های دماسنجی و شبکه متناظر پایگاه داده‌های بازتحلیل MERRA.

۴ مقیاس‌کاهی و تعدیل و تصحیح اثر ارتفاع

با توجه به تفاوت در مقیاس مکانی شبکه‌بندی‌شده پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim با دقت مکانی ۰/۷۵×۰/۷۵ درجه و MERRA با دقت مکانی ۰/۵×۰/۶۲۵ درجه با داده‌های ایستگاه‌های اندازه‌گیری که نقطه‌ای هستند، مقایسه این دو منبع اطلاعات به‌طور مستقیم ممکن نیست؛ بنابراین، ابتدا باید به کوچک کردن ابعاد یاخته یا ریزمقیاس‌سازی (مقیاس‌کاهی) (downscaling)پرداخته شود. در این تحقیق، جهت ریزمقیاس‌سازی از روش افتاهنگ دما (downscaling temperature based on modeled lapse rate) استفاده شد (وینتر و همکاران، ۲۰۱۶؛ گائو و همکاران، ۲۰۱۲ و گائو و همکاران، ۲۰۱۶).

آنچه مسلم است ارتفاع بر بسیاری از متغیرهای هواشناسی مانند بارش، رطوبت، دما و غیره تأثیر بسزایی دارد؛ لذا دما در حوضه‌هایی که شرایط پیچیده ناهمواری و اختلاف ارتفاع دارند، متغیر است. با توجه به تفاوت در مقیاس مکانی و ارتفاعی پایگاه داده بازتحلیل، و ایستگاه‌های اندازه‌گیری زمینی، ابتدا باید اثر ارتفاع تعدیل و تصحیح شود (elevation correction) و مقیاس‌کاهی صورت پذیرد و سپس به ارزیابی پایگاه داده‌ها پرداخته شود. برخی پژوهشگران برای تعدیل و تصحیح اثر ارتفاع و امکان مقایسه بین پایگاه داده بازتحلیل شبکه‌بندی‌شده و ایستگاه اندازه‌گیری، روش رابطه خطی و استفاده از نرخ افتاهنگ $\Gamma(^{\circ}C/km)$ را ارائه کردند (فن و وان دن دل، ۲۰۰۸؛ هولد و پاسکوا، ۲۰۱۵؛ گائو و همکاران، ۲۰۱۲ و گائو و همکاران، ۲۰۱۸)؛ بنابراین ابتدا با توجه به ارتفاع یاخته پایگاه داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim، ارتفاع پایگاه داده بازتحلیل MERRA نسخه ۲، ارتفاع ایستگاه اندازه‌گیری دما و رابطه (۱)، تعدیل و مقیاس‌کاهی انجام و سپس به مقایسه و ارزیابی پرداخته می‌شود.

$$T=T_{reanalysis}+\Gamma\times\Delta H \qquad (۱)$$

که $T_{reanalysis}$ دمایی است که پایگاه داده بازتحلیل، در یاخته‌ای که ایستگاه اندازه‌گیری زمینی قرار دارد، تخمین زده است. Γ، نرخ افتاهنگ است و در جدول ۲ به‌صورت ماهانه ارائه شده است (لیستون و الدر، ۲۰۰۶). ΔH، اختلاف ارتفاع بین پایگاه داده بازتحلیل و ایستگاه اندازه‌گیری دما بر حسب کیلومتر است.

جدول ۲. نرخ افتاهنگ ماهانه $\Gamma(^{\circ}C/km)$ (لیستون و الدر، ۲۰۰۶).

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
Γ	-۴/۴	-۵/۹	-۷/۱	-۷/۸	-۸/۱	-۸/۲	-۸/۱	-۸/۱	-۷/۷	-۶/۸	-۵/۵	-۴/۷

www.SID.ir

Archive of SID

۵ ارزیابی و اعتبارسنجی پایگاه داده بازتحلیل

برای مقایسه کمی و ارزیابی برآوردهای دمای بیشینه، کمینه و میانگین در مقیاس زمانی روزانه پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ با دمای اندازه‌گیری‌شده ایستگاه‌های اندازه‌گیری زمینی، از معیارهای آماری خطای مختلف استفاده می‌شود. با تجزیه و تحلیل آماره‌ها می‌توان نتایج مناسبی در زمینه موفقیت و مناسب بودن این پایگاه‌های داده بازتحلیل کسب کرد. این آماره‌ها عبارت‌اند از: ضریب همبستگی (CC)؛ میانگین خطا (ME) و مجذور میانگین مربعات خطا ($RMSE$). روابط (۲) تا (۴) مربوط به محاسبه معیارهای آماری خطا است(مروتی و شکوهی، ۱۳۹۳، میری و همکاران، ۱۳۹۶):

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i-\bar{O})\times(S_i-\bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(O_i-\bar{O})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(S_i-\bar{S})^2}} \quad (۲)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{N}(S_i-O_i)}{N} \quad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(S_i-O_i)^2}{N}} \quad (۴)$$

که O مقدار داده مشاهده‌ای و S مقدار داده پایگاه داده بازتحلیل است. ضریب همبستگی، میزان انطباق داده‌ها را نشان می‌دهد. میانگین خطاها به‌طور کلی بیش‌برآورد بودن یا کم‌برآورد بودن پایگاه داده را تعیین می‌کند. $RMSE$ شاخصی برای میزان خطاها و معیاری برای عملکرد مجموعه داده‌های بازتحلیل است.

۶ نتایج و بحث

۶-۱ دمای بیشینه روزانه

جدول ۳ معیارهای آماری ارزیابی توانایی پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ را برای دمای بیشینه در دوازده ایستگاه نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳، آماره ضریب همبستگی بین داده‌های پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و داده‌های اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه بسیار مناسب است به‌طوری که در بیشتر ایستگاه‌ها این ضریب بیش از ۰/۹ است و میانگین آن بین دوازده ایستگاه، ۰/۹۵۴ است. کمترین مقدار ضریب همبستگی در دو ایستگاه عباسی و جره بالا به‌ترتیب ۰/۸۳۹ و ۰/۸۵۱ است. میانگین آماره ضریب همبستگی در دوازده ایستگاه بین داده‌های پایگاه

جدول ۳. معیارهای آماری مربوط به پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ تخمین دمای بیشینه روزانه (درجه سلسیوس).

ردیف	نام ایستگاه	ERA-Interim			MERRA-2		
		CC	RMSE	ME	CC	RMSE	ME
۱	بندر دیلم	۰/۹۶۷	۲/۸	-۰/۷	۰/۷۶۸	٦/۷	-۱/٤
۲	عباسی	۰/۸۳۹	٦/۹	-٤/۷	۰/۷۰٤	۷/۷	-۰/۹
۳	بوشهر	۰/۹٤٥	٥/٤	٤/۰	۰/۷۰٦	٦/٦	-۱/۷
٤	برازجان	۰/۹٥۹	۲/۹	-۱/۰	۰/۷۹٤	٦/۷	-۰/۱
٥	چیتی	۰/۹۸۱	۲/۳	-۱/٤	۰/۸۲۳	٦/٦	۰/۹
٦	جره بالا	۰/۸٥۱	٥/٤	-۱/٤	۰/۷۳۱	۸/۲	۰/۹
۷	قائمیه	۰/۹۷۹	۲/٥	-۰/٦	۰/۸٥٥	٦/٦	۰/۷
۸	دشت ارژن	۰/۹۸٤	۹/۲	-۹/۰	۰/۸۱۲	۱۰/۹	-۸/۸
۹	کازرون	۰/۹۸٤	۲/۲	۱/۲-	۰/۸٤٦	٦/٥	-۱/٤
۱۰	جره	۰/۹۸۷	۲/٤	۱/٦-	۰/۸۰٦	۸/٦	-٥/۸
۱۱	فراشبند	۰/۹۷۸	۲/٥	۰/۹-	۰/۸۰٥	۹/۱	-٦/٤
۱۲	پریشان	۰/۹۸٤	۱/۹	۰/٥-	۰/۸٤٦	٦/٤	-۰/۷
	متوسط	۰/۹٥٤	۳/۹	-۱/٦	۰/۷۹۱	۷/٦	-۲/۰

www.SID.ir

Archive of SID

بازتحلیل MERRA نسخه ۲ و داده‌های اندازه‌گیری‌شده ۰/۷۹۱ است. بیشترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به ایستگاه قائمیه (۰/۸۵۵) است. با توجه به جدول ۳ مقادیر ضریب همبستگی پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر از مقادیر ضریب همبستگی پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ است که نشان می‌دهد اطلاعات دمای بیشینه روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به اطلاعات پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ سازگاری بیشتری با داده‌های اندازه‌گیری‌شده زمینی دارد. معیار دیگری که برای ارزیابی و مقایسه دو نوع داده مناسب است، معیار مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) است. با توجه به این معیار در جدول ۳، مشاهده می‌شود در کلیه ایستگاه‌ها مقادیر RMSE اطلاعات دمای بیشینه روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim بسیار کمتر از مقادیر RMSE اطلاعات پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ است که برتری ERA-Interim را نسبت به MERRA در برآورد دمای بیشینه روزانه تأیید می‌کند. مقدار متوسط RMSE برای اطلاعات دمای بیشینه روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim، ۳/۹ درجه سلسیوس و برای اطلاعات پایگاه بازتحلیل MERRAنسخه ۲، حدود دو برابر یعنی ۷/۶ درجه سلسیوس است. با توجه به آماره ارزیابی میانگین خطاها ME می‌توان بیان داشت به‌طور کلی، هر دو پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲، در برآورد دمای بیشینه به‌صورت روزانه کم-برآورد هستند، اما پایگاه MERRA نسخه ۲، با توجه به خطای بیشتر نسبت به ECMWF نسخه ERA-Interim، مقادیر دمای بیشینه را سردتر برآورد می‌کند. با توجه به جدول ۳، میانگین معیار ME برای پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim، ۱/۶- درجه سلسیوس و برای MERRA نسخه ۲، برابر ۲/۰- درجه سلسیوس است.

۶-۲ دمای کمینه روزانه

جدول ۴ معیارهای آماری ارزیابی توانایی پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ را برای دمای کمینه در دوازده ایستگاه نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴، آماره ضریب همبستگی بین داده‌های پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و داده‌های اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه بسیار مناسب است به‌طوری که در بیشتر ایستگاه‌ها این ضریب بیش از ۰/۹ است و میانگین آن بین دوازده ایستگاه، ۰/۹۱۴ است. همانند دمای بیشینه، کمترین مقدار ضریب همبستگی همچنان در دو ایستگاه عباسی (۰/۸۵۵) و جره بالا (۰/۷۸۸) است. میانگین آماره ضریب همبستگی در دوازده ایستگاه بین داده‌های پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ و داده‌های اندازه‌گیری‌شده، ۰/۶۸۳ است. بیشترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به ایستگاه قائمیه و کازرون (۰/۷۴۵) است که از کمترین مقدار پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim نیز کمتر است؛ بنابراین با توجه به جدول ۴، مقادیر ضریب همبستگی پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر از مقادیر ضریب همبستگی پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ است و می‌توان بیان داشت که اطلاعات دمای کمینه روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim، نسبت به اطلاعات پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ سازگاری بیشتری با داده‌های اندازه‌گیری‌شده زمینی دارد. از طرف دیگر، با توجه به مقایسه جدول ۳ و ۴ می‌توان مشاهده کرد دقت در برآورد دمای کمینه نسبت به دمای بیشینه در هر دو پایگاه کمتر است. از نظر معیار مجذور میانگین مربعات خطا RMSE، در جدول ۴ مشاهده می‌شود در کلیه ایستگاه‌ها مقادیر RMSE اطلاعات دمای کمینه روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim بسیار کمتر از مقادیر RMSE اطلاعات پایگاه بازتحلیل

www.SID.ir

Archive of SID

MERRAنسخه ۲ است؛ لذا برتری ERA-Interim نسبت به MERRA در برآورد دمای کمینه روزانه تأیید می‌شود. میانگین مقدار RMSE برای اطلاعات دمای کمینه روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim، ۴/۴ درجه سلسیوس و برای اطلاعات پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲، حدود دو برابر یعنی ۸/۳ درجه سلسیوس است. با توجه به آماره ارزیابی میانگین خطاها (ME) می‌توان بیان داشت به‌طور کلی، هر دو پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ در برآورد دمای کمینه برخلاف دمای بیشینه بیش‌برآورد هستند، اما پایگاه ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به پایگاه MERRA نسخه ۲، دمای کمینه را نیز گرم‌تر برآورد می‌کند. با توجه به جدول ۴، میانگین معیار ME برای پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim برابر ۲/۴+ درجه سلسیوس و برای MERRA نسخه ۲ برابر ۱/۲+ درجه سلسیوس است.

۶-۳ دمای میانگین روزانه

جدول ۵ معیارهای آماری ارزیابی توانایی پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ برای دمای میانگین را در دوازده ایستگاه نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۵، آماره ضریب همبستگی بین داده‌های پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim وداده‌های اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه بسیار مناسب است به‌طوری که در بیشتر ایستگاه‌ها این ضریب بیش از ۰/۹ است و میانگین آن بین دوازده ایستگاه، ۰/۹۵۷ است. کمترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به ایستگاه جره بالا با مقدار ۰/۸۳۹است. میانگین ضریب همبستگی بین داده‌های پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ و داده‌های اندازه‌گیری‌شده بین دوازده ایستگاه، ۰/۸۶۳ است. کمترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به ایستگاه جره بالا با مقدار ۰/۷۶۶ است؛ بنابراین با توجه به جدول ۵، مقادیر ضریب همبستگی پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر از مقادیر ضریب همبستگی پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ است که نشان‌دهنده این است که اطلاعات دمای میانگین روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به اطلاعات پایگاه باز تحلیل MERRA نسخه ۲

جدول ٤. معیارهای آماری مربوط به پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ تخمین دمای کمینه روزانه (درجه سلسیوس).

ردیف	نام ایستگاه	ERA-Interim			MERRA-2		
		CC	RMSE	ME	CC	RMSE	ME
۱	بندر دیلم	۰/۹۲۷	۳/۵	۱/٦	۰/٦٥٥	۸/٤	۲/۸
۲	عباسی	۰/۸٥٥	۸/۸	۷/۷	۰/٦٤٥	۹/۳	٤/۷
۳	بوشهر	۰/۹۳۱	۳/۳	-۰/۳	۰/٦۰۳	۸/۰	۲/۳
٤	برازجان	۰/۹۲۲	۳/٤	۰/٦	۰/۷۰٦	٦/۷	۰/٦
٥	چیتی	۰/۹۲٤	٤/۸	۳/۷	۰/۷۰۰	۸/٦	۳/۸
٦	جره بالا	۰/۷۸۸	٦/٥	۳/٦	۰/٦۰۸	۹/٦	۳/۷
۷	قائمیه	۰/۹۳۳	٤/۹	۳/٤	۰/۷٤٥	۸/۱	۲/۸
۸	دشت ارژن	۰/۸۹۷	٤/۷	۲/۹	۰/٦٥۳	۷/۸	۱/٦
۹	کازرون	۰/۹٥٦	۲/۸	۰/۸	۰/۷٤٥	۷/٤	-۰/۱
۱۰	جره	۰/۹٥۰	۲/۸	-۰/٤	۰/۷۰۲	۹/٤	-٥/۷
۱۱	فراشبند	۰/۹٤۷	۳/٤	۲/۲	۰/۷۰۳	۸/۷	-٤/٦
۱۲	پریشان	۰/۹۳۲	٤/٤	۳/۰	۰/۷۲٦	۷/۹	۲/۱
	متوسط	۰/۹۱٤	٤/٤	۲/٤	۰/٦۸۳	۸/۳	+۱/۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. معیارهای آماری مربوط به پایگاه‌های داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ تخمین دمای میانگین روزانه (درجه سلسیوس).

ردیف	نام ایستگاه	ERA- Interim			MERRA-2		
		CC	RMSE	ME	CC	RMSE	ME
۱	بندر دیلم	۰/۹۶۵	۲/۳	۰/۰	۰/۸۴۳	۴/۹	۰/۷
۲	عباسی	۰/۹۱۴	۳/۵	۰/۸	۰/۸۴۶	۵/۰	۱/۱
۳	بوشهر	۰/۹۶۶	۳/۳	۱/۴	۰/۸۰۶	۴/۶	۰/۴
۴	برازجان	۰/۹۶۳	۲/۵	-۰/۷	۰/۸۷۲	۴/۷	-۰/۳
۵	چیتی	۰/۹۷۵	۲/۰	۰/۷	۰/۸۸۸	۵/۰	۱/۸
۶	جره بالا	۰/۸۳۹	۵/۰	۰/۶	۰/۷۶۶	۶/۹	۱/۷
۷	قائمیه	۰/۹۷۵	۲/۷	۱/۰	۰/۹۰۸	۵/۰	۱/۳
۸	دشت ارژن	۰/۹۷۱	۲/۴	۰/۸	۰/۸۷۱	۴/۶	۰/۱
۹	کازرون	۰/۹۸۲	۲/۰	-۰/۶	۰/۹۰۵	۴/۶	-۱/۲
۱۰	جره	۰/۹۸۰	۲/۴	-۱/۴	۰/۸۷۶	۷/۷	-۶/۲
۱۱	فراشبند	۰/۹۷۵	۲/۵	۱/۴	۰/۸۷۷	۷/۵	-۶/۰
۱۲	پریشان	۰/۹۷۸	۲/۱	۰/۸	۰/۹۰۳	۴/۵	۰/۲
	متوسط	۰/۹۵۷	۲/۷	۰/۴	۰/۸۶۳	۵/۴	-۰/۵

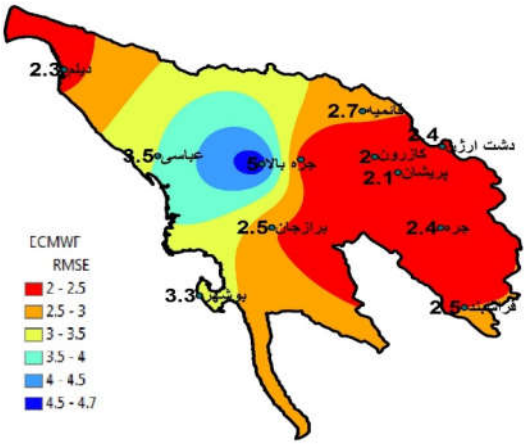
سازگاری بیشتری با داده‌های اندازه‌گیری‌شده زمینی دارد. از نظر معیار مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، در جدول ۵ مشاهده می‌شود در کلیه ایستگاه‌ها، مقادیر RMSE اطلاعات دمای میانگین روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim بسیار کمتر از مقادیر RMSE اطلاعات پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲ است؛ بنابراین، برتری ERA-Interim نسبت به MERRA در برآورد دمای میانگین روزانه تأیید می‌شود. مقدار میانگین RMSE برای اطلاعات دمای میانگین روزانه پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim برابر ۲/۷ درجه سلسیوس و برای اطلاعات پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲، حدود دو برابر یعنی ۵/۴ درجه سلسیوس است. با توجه به آماره ارزیابی میانگین خطاها (ME) می‌توان بیان داشت به‌طور کلی، پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim کمی تمایل به بیش‌برآورد دارد، اما پایگاه داده MERRA نسخه ۲، در برآورد دمای میانگین روزانه کمی تمایل به کم‌برآورد دارد. به عبارت دیگر، پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim دمای هوا را کمی گرم‌تر و پایگاه داده MERRAنسخه ۲، دمای هوا را کمی سردتر برآورد می‌کند. با توجه به جدول ۵، میانگین معیار ME برای پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA- Interim برابر ۰/۴+ درجه سلسیوس و برای MERRA نسخه ۲، ۰/۵- درجه سلسیوس است. بررسی جدول‌های ۳، ۴ و ۵ و مقایسه معیارهای ارزیابی دو پایگاه داده بازتحلیل یادشده نشان می‌دهد که پایگاه داده بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به پایگاه MERRA نسخه ۲، پارامتر دمای میانگین را بهتر از سایر پارامترهای بیشینه و کمینه برآورد می‌کند و دمای بیشینه نیز در رتبه بعدی قرار دارد.

۴-۶ پهنه‌بندی خطاها

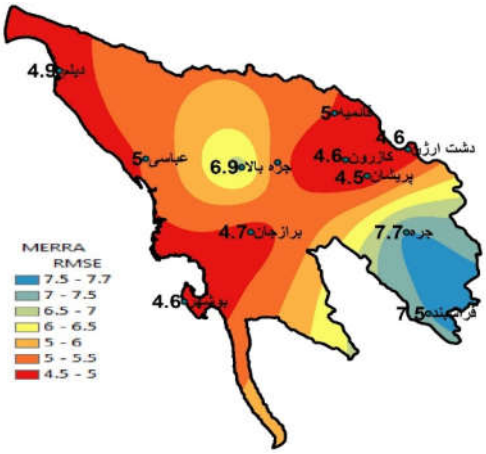
شکل‌های ۴ و ۵ پهنه‌بندی شاخص RMSE به‌ترتیب برای پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim و پایگاه MERRA نسخه ۲ را در تخمین دمای میانگین روزانه در سطح حوضه حله با استفاده از نرم‌افزار GIS و روش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤. پهنه‌بندی شاخص RMSE دمای هوای میانگین برای پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim .



شکل ٥. پهنه‌بندی شاخص RMSE دمای هوای میانگین برای پایگاه MERRAنسخه ۲

درون‌یابی کریجینگ معمولی نشان می‌دهند. با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود به‌طور کلی، شاخص خطا برای پایگاه بازتحلیل ECMWF نسخه ERA-Interim در مرکز حوضه بیشترین مقدار را دارد، اما میزان خطا از غرب به شرق و از مناطق کم‌ارتفاع و ساحلی به سمت مناطق مرتفع کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۵، شاخص RMSE برای پایگاه بازتحلیل MERRA نسخه ۲، برخلاف عملکرد پایگاه ECMWF، در مناطق مرتفع بیشتر است و به‌طور کلی میزان خطا از شرق به غرب از مناطق مرتفع به سمت مناطق ساحلی کاهش می‌یابد. تغییرات میزان خطا در سطح حوضه نشان می‌دهد در عملکرد پایگاه داده‌ها، علاوه‌بر ارتفاع، عوامل دیگری هم تأثیرگذار است؛ زیرا دما علاوه‌بر تأثیرپذیری از ارتفاع، از خصوصیات سطح زمین نیز تأثیر می‌پذیرد.

۷ نتیجه‌گیری

امروزه، با پیشرفت فناوری سنجش از دور، ماهواره‌های هواشناسی، رایانه و مدل‌های عددی، پایگاه‌های داده بازتحلیل متعددی ظهور پیدا کرده‌اند که توجه پژوهشگران برای استفاده از داده‌های آنها جلب شده است. در پژوهش حاضر، ضمن معرفی دو پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim و MERRA نسخه ۲ به ارزیابی عملکرد این پایگاه‌های داده در برآورد داده‌های دمای بیشینه، کمینه و میانگین در حوضه درجه ۲ حله پرداخته شده است. برای رسیدن به اهداف پژوهش، از اطلاعات دوازده ایستگاه دماسنج در سطح حوضه به‌صورت روزانه و به مدت ۱۴ سال (۵۱۱۴ روز) از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۱۶ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان انطباق اطلاعات پایگاه‌های داده بازتحلیل در هر سه پارامتر دمایی بیشینه، کمینه و میانگین مناسب است، اما پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به پایگاه داده MERRA نسخه ۲ بسیار مناسب‌تر است به‌طوری که مقدار ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹ است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عملکرد هر دو پایگاه داده در برآورد دمای میانگین روزانه نسبت به دمای بیشینه و کمینه روزانه بهتر است و دمای بیشینه را بهتر از دمای کمینه برآورد می‌کنند. نتایج نشان می‌دهد که هر دو پایگاه داده در برآورد داده‌های دمای بیشینه، کم‌برآورد و در برآورد داده‌های کمینه، بیش‌برآورد هستند. دمای هوای میانگین روزانه، ثبت‌شده در پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim مقداری گرم‌تر (+۰/۴ درجه سلسیوس) برآورد می‌شود درحالی‌که پایگاه داده MERRA نسخه ۲، دمای هوای میانگین را سردتر (−۰/۵

www.SID.ir

Archive of SID

درجه سلسیوس) تخمین می‌زند. درنهایت، در این پژوهش، در شرایط یکسان در مقیاس روزانه استفاده از پارامترهای روزانه دمای هوا (بیشینه، کمینه و متوسط)، پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim نسبت به پایگاه داده MERRA نسخه ۲ توصیه می‌شود. چنانچه مشاهده می‌شود، میزان خطای پایگاه‌های داده بازتحلیل در سطح حوضه متغیر است؛ زیرا دمای هوا علاوه‌بر ارتفاع، تحت تأثیر خصوصیات سطح زمین (پوشش گیاهی، نوع کاربری اراضی و جهت شیب) نیز هست و بنابراین، خصوصیات سطح زمین نیز می‌تواند در ارزیابی عملکرد پایگاه‌های داده بازتحلیل تأثیرگذار باشد. با توجه به تغییرات شاخص عملکرد پایگاه‌های داده در سطح حوضه، توصیه می‌شود علاوه‌بر ارتفاع، خصوصیات سطح زمین نیز مدنظر قرار گیرد. همچنین با توجه به مناسب بودن عملکرد پایگاه‌های داده بازتحلیل، پیشنهاد می‌شود جهت بهره‌مندی از مزایای آنها سایر متغیرهای هواشناسی نیز ارزیابی شوند.

منابع

احمدی، م.، داداشی رودباری، ع. ع.، احمدی، ح.، علی بخشی، ز.، ۱۳۹۷، واکاوی ساختار دمای ایران مبتنی بر برون‌داد پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA-Interim: پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، **۵۰**(۲)، ۳۵۳- ۳۷۲.

اسمعیلی، س.، خوشخو، ی.، عبداللهی، م.، ۱۳۹۷، برآورد پارامترهای روزانه و ماهانه دمای هوا در استان کردستان با به‌کارگیری تصاویر سنجنده MODIS: تحقیقات آب و خاک ایران، **۴۹**(۲)، ۴۱۳- ۴۲۳.

امامی‌فر، س.، رحیمی خوب، ع.، نوروزی، ع. ا.، ۱۳۹۳، ارزیابی مدل درختی M5 و شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد متوسط روزانه دمای هوا براساس داده‌های دمای سطح زمین سنجنده مودیس: تحقیقات آب و خاک ایران، **۴۵**(۴)، ۴۲۳-۴۳۳.

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**(۵۶)، ۲۱-۳۳.

حاجی آقاجانی، س.، وثوقی، ب.، ۱۳۹۵، مقایسه داده‌های بازتحلیل ERA-Interim و حسگر MERIS در کاهش اثر لایهٔ وردسپهر موجود در میدان‌های سرعت جابه‌جایی تداخل‌سنجی راداری: فیزیک زمین و فضا، **۴۲**(۳)، ۶۰۷-۶۱۸.

رضیئی، ط، ستوده، ف.، ۱۳۹۶، بررسی دقت مرکز اروپایی پیش‌بینی میان مدت جوی (ECMWF) در پیش‌بینی بارش مناطق گوناگونی اقلیمی ایران، فیزیک زمین و فضا، ۴۳ (۱)، ۱۳۳-۱۴۷.

عباس‌زاده مزرجی، ز.، ۱۳۹۰، ارزیابی دقت روش‌های معمول برآورد داده‌های اقلیمی (مطالعه موردی: دما و بارش در حوضه آبریز کشف‌رود مشهد): پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

گزارش اطلس منابع آب حوضه آبریز حله، ۱۳۹۰، شرکت آب منطقه‌ای فارس.

لشکری، ا.، بنایان، م.، کوچکی، ع. ر.، علیزاده، ا.، سای چون، ی.، کی پارک، س.، ۱۳۹۴، بررسی امکان‌سنجی استفاده از ساخت داده‌های ناقص گم‌شده موجود در داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک (مطالعه موردی: دشت مشهد): آب و خاک، **۲۹**(۶)، ۱۷۴۹-۱۷۵۸.

مروتی، ر.، شکوهی، ع. ا.، ۱۳۹۳، ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی داده‌های دمایی NCEP/NCAR در سطح حوضه‌های درجه ۲ کشور ایران: فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، **۵**(۱۸)، ۱۷-۳۱.

www.SID.ir

Archive of SID

میری، م.، عزیزی، ق.، محمدی، ح.، پور هاشمی، م.، ۱۳۹۶، معرفی و ارزیابی مدل جهانی همسان‌سازی داده‌های زمینی با داده‌های مشاهده‌ای در ایران: مجله اطلاعات جغرافیایی، **۲۶**(۱۰۴)، ۵-۱۷.

میری، م.، عزیزی، ق.، خوش اخلاق، ف.، رحیمی، م.، ۱۳۹۵، ارزیابی آماری داده‌های شبکه‌ای بارش و دما با داده‌های مشاهده‌ای در ایران: علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، **۱۰**(۳۵)، ۳۹-۵۰.

یاسمی، ح.، ۱۳۹۶، ارزیابی دقت برآورد دماهای فرین پایگاه-های جهانی دما بر روی ایران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه کردستان.

Balsamo, G., Albergel, C., Beljaars, A., Boussetta, S., Brun, E., Cloke, H., Dee, D., Dutra, E., Muñoz-Sabater, J., Pappenberger, F., de Rosnay, P., Stockdale, T. and Vitart, F., 2015, ERA-Interim/Land: a global land surface reanalysis data set, Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 389-407.

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., ... , and Vitart, F., 2011, The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system: Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **137**, 553-597.

Dhanya, C. T., and Villarini, G., 2017, An investigation of predictability dynamics of temperature and precipitation in reanalysis datasets over the continental United States: Atmospheric Research, **183**, 341-350, http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2016.09.017.

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), 2013, User Guide European center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF).

Fan, Y., and Van Den Dool, H., 2008, A global monthly land surface air temperature analysis for 1948-persent: Geophysical Research, **113**, doi: 10.1029/2007/JD008470.

Gao, L., Bernhardt, M., and Schulz, K., 2012, Elevation correction of ERA-Interim temperature data in complex terrain: Hydrology and Earth System Sciences, **16**, 4661-4673, doi: 10.5194/hess-16-4661-2012.

Gao, L., Wei, J., Wang, L., Bernhardt, M., Schulz, K., and Chen, H., 2018, A high- resolution air temperature data set for the Chinese Tian Shan in 1979-2016: Earth System Science Data, **10**, 2097-2114, doi: 10.5194/essd-10-2097-2018.

Huld, T., and Pascua, I. P., 2015, Spatial downscaling of 2-meter air temperature using operational forecast data: Energise, **8**, 2381-2411, doi: 10.3390/en8042381.

Ji, L., Senay, G. B., and Verdin, J. P., 2015, Evaluation of the Global Land Data Assimilation System (GLDAS) air temperature data products: Journal of Hydrometeorology, **16**, 2463-2480, doi: 10.1175/JHM-D-14-0230.1.

Jones, R. W., Renfrew, I. A., Orr, A., Webber, B. G. M., Holland, D. M., and Lazzara, M. A., 2016, Evaluation of four global reanalysis products using in situ observations in the Amundsen Sea Embayment, Antarctica: Journal of Geophysical Research, Atmosphere, **121**, 1-18, doi:10.1002/2015JD024680.

Lader, R., Bhatt, U., Walsh, J. E., Rupp, T. S., and Bieniek, P. E., 2016, Two-Meter temperature and precipitation from atmospheric reanalysis evaluated for Alaska: Journal of Applied Meteorology and Climatology, **55**, 901-922, https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0162.1.

Liston, G. E., and Elder, K., 2006, A meteorological distribution system for high–resolution terrestrial modeling (micromet): Journal of Hydrometeorology, **7**, 217-234.Real-Rangel, R., Pedrozo-Acuña, A., Breña-Naranjo, J. A., and Alcocer-Yamanaka, V., 2017, Evaluation of the hydroclimatological variables derived from GLDAS-1, GLDAS-2 and MERRA-2 in Mexico: E-proceedings of the 37th IAHR World Congress August 13–18, Kuala Lumpur, Malaysia.

Rienecker, M. M., Suarez, M. J., Gelaro, R., Todling, R., Bacmeister, J. T., Liu, E., Bosilovich, M. G., ... , and Woollen, J., 2011, MERRA: NASA's modern-era retrospective analysis for research and applications: Journal of Climate, **24**, 3624–3648, doi:10.1175/JCLI-D-11-00015.1.

RYU, J. H., Han, K. S., and Park, E. B., 2013, Accuracy evaluation of near-surface air temperature from ERA-Interime reanalysis and satellite–based data according to elevation: Remote Sensing, **29**(6), 595-600, doi:10.7780/Kjrs.2013.29.6.2.

Shah, R, and Mishra, V., 2014, Evaluation of the reanalysis products for the Monsoon season

www.SID.ir

Archive of SID

droughts in India: Journal of Hydrometeorology, **15**, 1575-1591, doi: 10.1175/JHM-D-13-0103.1.

Wang, A, and Zeng, X., 2012, Evaluation of multireanalysis products with in situ observations over the Tibetan Plateau: Journal of Geophysical Research, **117**(1-12), doi:10.1029/2011JD016553.

Winter, J. M., Beckage, B., Bucini, G., Horton, R. M., and Clemins, P. J., 2016, Development and evaluation of high-resolution climate simulations over the mountainous Northeastern United States: Hydrometeorology, **17**, 881-896, doi:10.1175/JHM-D-15-0052.1. International **194**, 249-268.

www.SID.ir

Archive of SID

Introduction and comparison of the performance of two global reanalysis databases in estimating daily maximum, minimum, and average air temperatures (case study: Helleh River basin)

Saeed Shokri koochak [1*], Ali Mohammad Akhond Ali, [2] and Mohammad Reza Sharifi [3]

[1] *Ph.D Student of Water resource, Faculty of engineering Hydrology and Water Resource Dept. Shahid Chamran university of Ahvaz, Iran*

[2] *professor, Faculty of engineering Hydrology and Water Resource Dept. Shahid Chamran university of Ahvaz, Iran*

[3] *Assistant professor, Faculty of engineering Hydrology and Water Resource Dept. Shahid Chamran university of Ahvaz, Iran*

(Received: 7 October 2019, Accepted: 8 December 2019)

Summary

Estimating air temperature plays an important role in many water and energy balance calculations, hydrological modeling, meteorological and agricultural studies. Changes in air temperature influence on plant growth and many other components at the interface between earth surface and atmosphere. The most common sources for air temperature time series are meteorological stations. However, meteorological networks are sparse in complex terrains, such as mountains. This is mainly due to difficulties with the installation and maintenance of the stations. The air temperature can also be calculated using climate model and reanalysis datasets. The purpose of this study was to introduce two meteorological reanalysis databases: the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications (MERRA), and evaluation of their performance in estimating daily maximum, minimum and average air temperature. In this regard, maximum, minimum and average air temperature data at daily scale for a period of 14 years from 2003 to 2016 (5114 days) were obtained from 12 temperature measurement stations in Helleh river basin area in south of Iran and the Persian Gulf coasts. The elevation correction and downscaling temperature based on modeled lapse rate are used for correcting two meteorological reanalysis datasets. The correlation coefficient (CC), mean error (ME) and squared mean of errors (RMSE) were used to evaluate the presented datasets. The results showed that the compliance rate of reanalysis datasets in all parameters of maximum, minimum, and average air temperature are appropriate, but the ECMWF-ERA-Interim version dataset is much better than the MERRA version 2 dataset. The correlation coefficients for all parameters of maximum, minimum and average air temperature are more than 0.9. Also, the performance of both datasets in estimating the average air temperature at daily scale is better than the maximum and minimum air temperature at daily scale. Both databases are also underestimated in estimating maximum temperature data and overestimated in estimating minimum data. The average air temperature at daily scale is estimated slightly warmer (0.4°C) from the ECMWF-ERA-Interim version dataset, while the MERRA dataset of version 2 estimates the mean of air temperature colder (-0.5°C). Finally, the use of daily air temperature parameters (maximum, minimum and average) of the ECMWF ERA-Interim dataset is more preferable than MERRA version 2 dataset. Considering the proper performance of reanalysis datasets and using their advantages, we suggest evaluating other meteorological parameters.

Keywords: Air temperature, evaluation reanalysis datasets, ECMWF, MERRA, Helleh River basin, Iran

[*]Corresponding author: saeed.shokri88@yahoo.com

www.SID.ir