



تأثیر توپوگرافی اصلاح شده در بهبود نتایج مدل اقلیمی RegCM4 (مطالعه موردی: شمال ایران)

فاطمه حسینی^۱، علیرضا فریدحسینی^{۲*}، سید مجید هاشمی نیا^۳، آذر زرین^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۶

چکیده

کمبود داده های اقلیمی منطقه ای یکی از چالش های بنیادی در مطالعات اقلیم شناسی کشاورزی است. در این تحقیق، تأثیر توپوگرافی در خروجی مدل اقلیمی RegCM4 مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این مطالعه، بررسی اعمال داده های توپوگرافی اصلاح شده (GMTED2010) به جای داده های معمول توپوگرافی (GTOPO) بر خروجی های مدل می باشد. به این منظور، یک بازه یک ساله (دسامبر 2013 تا دسامبر 2014) با دوره پایدارسازی مناسب انتخاب و مدل دو بار با شرایط یکسان و فقط جایگزینی داده توپوگرافی اجرا گردید. داده های شرایط مرزی ثانویه از داده های بازتحلیل NNRP2 و قدرت تفکیک ۲۰ کیلومتر (۲/۵ در ۲/۵ درجه) انتخاب شد. داده های دمای سطح آب از پایگاه داده NOAA در مقیاس هفتگی و مقیاس مکانی ۱ در ۱ درجه اخذ شد. نتایج حاصل از خروجی ها نشان داد که داده توپوگرافی GMTED نسبت به داده توپوگرافی GTOPO در مناطقی از ساحلی دریای خزر افزایش ارتفاع (در بیشترین حالت ۲۵۴ متر) و در بعضی از مناطق رشته کوه های البرز کاهش ارتفاع (بیشترین کاهش ارتفاع ۴۰۰ متر) داشته است. به دلیل ارتفاع بیشتر GTOPO در رشته کوه های البرز سرعت باد نیز به مراتب نسبت به GMTED بیشتر بوده به طوری که بیشترین تفاوت تا ۱/۶- متر بر ثانیه در زمستان داراست. در منطقه حداکثر اختلاف توپوگرافی، کاهش ارتفاع در داده GMTED نسبت به داده GTOPO با افزایش ۸۰ درصدی بارش در فصل بهار همراه است. تفاوت دما نیز کاملاً از الگوی تفاوت ارتفاع دو داده توپوگرافی تبعیت کرده و در مناطقی که ارتفاع افزایش یافته میانگین دمای روزانه ۲/۴ درجه سلسیوس کاهش و در مناطقی که ارتفاع کاهش یافته است دما حدود ۱/۲ درجه سلسیوس افزایش پیدا کرده است. همچنین اصلاح توپوگرافی که منجر به کاهش ارتفاع در ناحیه کوهستانی شده است سبب کاهش سرعت باد و واقعی تر شدن آن شده است. نتیجه کلی آن است که داده توپوگرافی اصلاح شده GMTED نتایج خروجی مدل را بهبود داده و می بایست در پژوهش های آتی جایگزین داده قدیمی GTOPO گردد.

واژه های کلیدی: توپوگرافی، ایران، RegCM4، GTOPO، GMTED

مقدمه

و هوایی و در مناطق مختلف جهان مورد مطالعه قرار گرفته است. (Hahn and Manabe (1975) و Manabe, and Broccoli (1990) به این نتیجه رسیدند که تأثیر فیزیکی فلات تبت نقش تعیین کننده ای بر شکل گیری یک سیستم آب و هوایی منطقه ای در آسیا دارد. Konrad (1996) در مطالعه خود بر روی بارش های کوهستانی جنوب شرق ایالات متحده همرفت هوای مرطوب را عامل مهمی دانسته و به این نتیجه رسید که رابطه بین بارش و توپوگرافی در بارش های سبک و سنگین قابل تشخیص است، اما ارتباط بین بارش های متوسط و توپوگرافی مشخص نیست. همچنین ارتباط تنگاتنگی بین بارش، جهت باد و امتداد توپوگرافی وجود دارد. McCauley and Sturman (1999) در مطالعه میزان تأثیر کوه ها بر روی

توپوگرافی نقش اساسی و مهم در تعیین گردش عمومی جو و آب و هوای منطقه ای و جهانی دارد. علاوه بر این اثرات دینامیکی درازمدتی را نیز داراست (Blumsack, 1971). تأثیر توپوگرافی (کوه ها) بر جنبه های مختلف آب

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه آموزشی علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دانشیار گروه آموزشی علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*)نویسنده مسئول: farid-h@um.ac.ir

DOI: 10.22125/AGMJ.2018.59715

^۳ مربی گروه آموزشی علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۴ استادیار گروه آموزشی جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد

در بررسی نقش رشته کوه‌های زاگرس بر جریان‌های میان مقیاس بر روی منطقه شرق زاگرس به این نتیجه دست یافتند که در صورت حذف رشته کوه زاگرس، به واسطه ورود جریان‌های مرطوب‌تر به مرکز ایران، می‌توان شاهد بارش بیشتر در مرکز و شرق ایران بود. ولی میزان بارش در کل محدوده شبیه‌سازی تقریباً ثابت می‌ماند. آن‌ها بررسی خود را با بهره‌گیری از مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ای RegCM3^۲ به انجام رساندند. (Karimi et al., 2016)

مطالعه‌ای نقش توپوگرافی در ویژگی‌های گردش نسیم دریا، ضخامت و عمق نفوذ آن در کرانه‌های جنوبی دریای خزر با مدل RegCM4 جفت شده با یک مدل دریاچه مورد بررسی قرار دادند. مدل در دو حالت مرجع (وجود کوه) و شرایط حذف توپوگرافی اجرا شد. نتایج نشان داد که در زمان حذف توپوگرافی عمق نفوذ نسیم دریا به طور چشم‌گیری تا موقعیت فعلی دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز افزایش پیدا می‌کند اما در مقابل جریان نسیم خشکی در منطقه تقریباً از می‌رود، بیشینه افزایش سرعت در سواحل جنوب شرقی و تغییر جهت باد در البرز مرکزی نیز مشاهده شد. توزیع مکانی متغیرهای اقلیمی نظیر دما و بارش در بسیاری از مناطق جهان تحت تأثیر واداشت‌های منطقه‌ای از قبیل توپوگرافی، منابع آبی و خطوط ساحلی است. آشکارسازی واداشت‌های منطقه‌ای فقط با به‌کارگیری مدل‌هایی با توان تفکیک بالاتر از مدل‌های بزرگ‌مقیاس (دسته بزرگی از مدل‌های عددی مثل مدل‌های گردش کلی (GCMs)^۳، مدل‌های بزرگ‌مقیاس هستند. این مدل‌ها در جاهایی که دریاچه‌های بزرگ، عوارض توپوگرافی و سواحل وجود داشته باشند قادر به ارائه مناسب شرایط جوی نیستند) یعنی مدل‌های منطقه‌ای، امکان‌پذیر است (Giorgi, 1990). در اوایل سال ۱۳۹۵، داده توپوگرافی جدید اصلاح شده GMTED به عنوان داده توپوگرافی ورودی مدل RegCM4 معرفی گردید. این داده با همکاری سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS)^۴ و آژانس ملی اطلاعات مکانی (NGA)^۵ تولید گردید. سوال این تحقیق آن است که داده توپوگرافی جدید تا چه میزان بر خروجی‌های مدل RegCM4 اثرگذار بوده و احتمالاً می‌تواند خروجی‌های مدل را بهبود ببخشد.

الگوی جریان باد که با استفاده از داده‌های باد در سطح زمین و ترازهای بالا به انجام رسید، نشان دادند که رشته کوه‌های آلپ (نیوزلند) در مسیر جریان هوا به شکل مانع عمل نموده و موجب شکل‌گیری یک جریان پایدار، پرفشار و ساکن در سطوح پایین‌تر از ۲۰۰۰ متر می‌گردند. Shi et al., (2008) اثر توپوگرافی میان‌مقیاس بر روی فلات تبت در بارش تابستان پایین دست در چین با استفاده از یک مدل جوی منطقه‌ای مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که ویژگی‌های میان‌مقیاس در توپوگرافی نقش مهمی در تولید و افزایش اختلالات میان‌مقیاس بر روی فلات تبت دارد. این اختلالات باعث افزایش سطح شار حرارتی محسوس بر روی فلات تبت و گسترش آن به سمت شرق به منظور افزایش انتقال گرما و بارش در دره رودخانه یانگ‌تسه در چین است. Flesch and Reuter (2012) با استفاده از مدل پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی (WRF)^۱ حساسیت دو طوفان به توپوگرافی کوه‌های راکی مورد بررسی قرار دادند. با مقایسه نتایج مدل در حالت اول که شبکه توپوگرافی واقعی است و حالت دوم شبکه‌های کوه کاهش یافته است، به این نتیجه رسیدند که کاهش در ارتفاع کوه باعث می‌شود که حداکثر بارش حدود ۵۰ درصد بر روی کوه‌ها و کوهپایه‌ها کاهش یابد. حساسیت کمی به توپوگرافی در میزان بارش در خارج از کوه‌ها وجود دارد. در مطالعه‌ای (Ogwang et al., 2014) تأثیر توپوگرافی بر اقلیم غرب آفریقا با استفاده از مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4 با تمرکز به ماه‌های اکتبر تا دسامبر پرداختند. آن‌ها مدل در ۳ حالت که شبکه توپوگرافی واقعی بوده و حالت دوم شبکه‌های کوه ۲۵٪ کاهش یافته و حالت سوم که شبکه‌های کوه ۷۵٪ کاهش یافته است، اجرا کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که زمانی که توپوگرافی ۲۵٪ کاهش می‌یابد، میانگین بارش ۱۹٪ کاهش و میانگین دما در منطقه مورد مطالعه ۱/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. در ایران نیز در همین رابطه مطالعاتی صورت گرفته است. (Mousavi Baygi 2006) در مطالعه خود در رابطه با افزایش بارندگی در مناطق کوهستانی اطراف مشهد، با استفاده از یک مدل سه‌بعدی به این نتیجه می‌رسد که مقدار بارش در نوک قله از مقدار آن در ایستگاه‌های مجاور کم‌تر است و علت آن را وزش باد شدید در قله بیان کرد. (Soltanzadeh et al., 2006)

² Regional Climate Model system

³ General Circulation Models

⁴ The United States Geological Survey

⁵ The National Geospatial-Intelligence Agency

¹ Weather Research and Forecasting

مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCAR)^۲ توسعه یافت و هم اکنون در بخش فیزیک سیستم زمین (ESP) مرکز بین‌المللی فیزیک نظری عبدالسلام (ICTP)^۳ در حال ادامه کار است. اولین نسخه این مدل در سال ۱۹۸۹ توسعه یافت که هسته دینامیکی آن مشابه MM4^۴ بود و دارای ویژگی‌های تراکم‌پذیری و شکل تفاضل متناهی معادلات، تعادل هیدرواستاتیک، مختصات قائم سیگما و طرحواره‌های فیزیکی پارامترسازی‌های آن مرتبط با فرایندهای انتقال تابش و فیزیک سطح است (Elguindi et al., 2014). در سال ۱۹۹۳ نسخه دوم و در سال ۱۹۹۹ نسخه RegCM2.5 توسعه یافت و در سال ۲۰۰۶ نسخه سوم (RegCM3) و در ژوئن ۲۰۱۰ RegCM4 ارائه شد. در پژوهش حاضر از مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4.4.5 (به اختصار RegCM4) استفاده شده است. داده‌های مورد نیاز جهت اجرای مدل شامل ۳ دسته داده اصلی می‌باشد که با فرمت NetCDF از مرکز ICTP اخذ گردید. دسته اول شامل داده‌های شرایط مرزی ثانویه (NNRP2) با مقیاس زمانی ۶ ساعته و قدرت تفکیک افقی ۲/۵ درجه می‌باشد. این داده‌ها از پایگاه داده‌های دوباره واکاوی شده مرکز پیش‌بینی محیطی امریکا و مرکز ملی تحقیقات علوم جوی (NCEP/NCAR)^۵ دریافت شد (Kanamitsu et al., 2002). دسته دوم شامل داده‌های میانگین هفتگی دمای آب سطح دریا با قدرت تفکیک افقی یک درجه از سازمان ملی اقیانوس و جو آمریکا^۶ (NOAA) اخذ گردید (Reynolds et al., 2002). دسته سوم شامل داده‌های سطح زمین می‌باشد. این داده‌ها خود شامل داده‌های توپوگرافی، داده‌های عمق آب (باتیمتری)، نوع و رطوبت خاک و داده‌های کاربری اراضی می‌باشد. داده‌های توپوگرافی همان‌طوری که هدف اصلی این تحقیق آزمون این داده‌ها می‌باشد در دو دسته GTOPO و GMTED از USGS دریافت گردید. داده‌های مربوط به نوع و رطوبت خاک همچنین کاربری اراضی نیز از USGS دریافت شد.

داده توپوگرافی GTOPO و GMTED

USGS یک مدل ارتفاعی توپوگرافی جهانی در سال ۱۹۹۶ تهیه کرد. این مدل با نام GTOPO30 با قدرت

به این منظور مدل RegCM4 برای دو تجربه یک‌ساله با توپوگرافی قدیم و جدید به کار گرفته شد تا تأثیر توپوگرافی بر نتایج مدل آشکار گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی دو داده توپوگرافی GMTED و GTOPO بر روی خروجی مدل‌های اقلیمی از مدل اقلیمی مقیاس منطقه‌ای RegCM4.4.5 استفاده گردید. به این منظور یک دوره یک‌ساله (دسامبر ۲۰۱۳ تا دسامبر ۲۰۱۴) در نظر گرفته شد. مدل با ویژگی‌های ذکر شده در جدول ۱، دوبار با دو داده توپوگرافی مختلف (GMTED و یکبار GTOPO) اجرا گردید. قدرت تفکیک افقی مدل ۲۰ کیلومتر در نظر گرفته شد و مدل برای محدوده جغرافیایی مورد نظر اجرا گردید (شکل ۱).

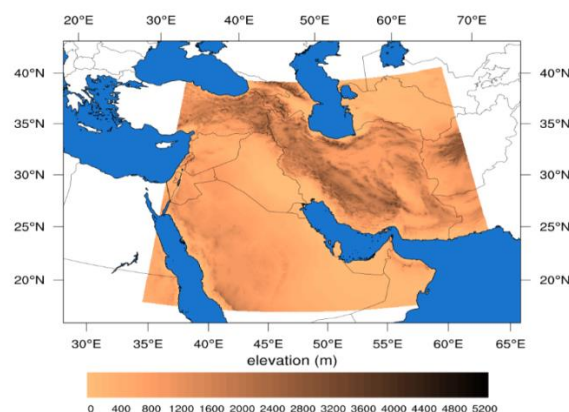


Figure 1- The model domain and elevation
شکل ۱- محدوده اجرا شده در مدل RegCM4

Table 1- Model configuration used in this study
جدول ۱- پیکربندی مدل استفاده شده در این مطالعه

Contents	Description
Resolution	20 km
Vertical layer (top)	18 sigma (50 hPa)
Map projection	Lambert conformal
Horizontal grid	137 × 147 (iy×jx)
Cumulus convection	Grell (Grell, 1993)
Model icbc data source	NNRP2
Topography source	GTOPO30 GMTED30
Model sst data source	OI_WK
Simulation period	7/ 1 /2013 to 12/ 31 /2014 (5 months spin up)

مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM

RegCM اولین مدل ناحیه محدود^۱ (LAMs) بوده است که برای شبیه‌سازی‌های اقلیم منطقه‌ای در مقیاس زمانی بلند مدت، توسعه یافته است. این مدل در آغاز در

^۲ National Center for Atmospheric Research

^۳ Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics

^۴ Mesoscale Model version 4

^۵ National Centers for Environmental Prediction

^۶ National Oceanic and Atmospheric Administration

^۱ Limited Area Models

عنوان مثال ارتفاع حداقل، متوسط و حداکثر) که به طور مستقیم از داده‌های ورودی خام (داده‌های ورودی خام برای کاربر عمومی در دسترس نیست و یا بسیار پرهزینه و وقت‌گیر برای تولید برنامه‌های کاربردی شخصی است) استخراج شده است (Danielson and Gesch, 2011). بررسی تفاضل خروجی دو داده‌ی توپوگرافی GMTED و GTOPO در محدوده کشور ایران نشان داد که بیشترین اختلاف این دو داده مربوط به منطقه شمال ایران می‌باشد (در شکل ۲ با مستطیل قرمز نشان داده شده است).

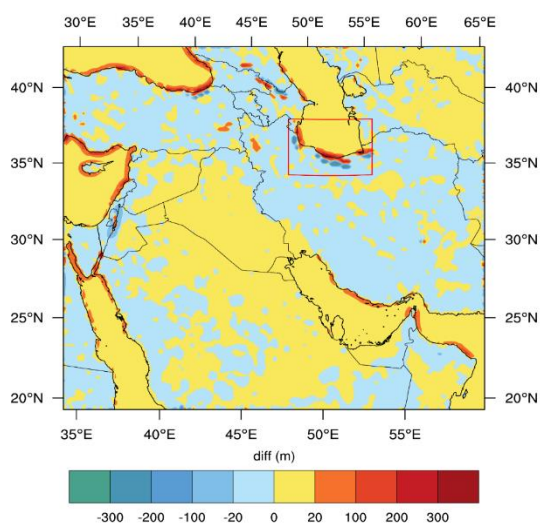


Figure 2- The difference between the two topographic data output GMTED-GTOPO (m)

شکل ۲- تفاضل خروجی دو داده‌ی توپوگرافی GMTED- GTOPO به متر

داده‌های توپوگرافی تصحیح شده GMTED تفاوت ارتفاع قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. به طوری که در برخی مناطق رشته‌کوه البرز ارتفاع تا حدود ۴۰۰ متر کاهش یافته است. در حالی که در بخش ساحلی داده توپوگرافی تصحیح شده GMTED بیش از ۲۵۰ متر ارتفاع، افزایش داشته است. محدوده مستطیل کشیده شده در روی نقشه، بیشترین اختلاف ارتفاع دو داده را بر روی کشور ایران نشان می‌دهد. از این رو تمرکز اصلی تحقیق حاضر بر روی خروجی‌های مدل در دو اجرای متفاوت با GTOPO و با GMTED بر روی این منطقه خواهد بود. به منظور ارزیابی نتایج مدل اقلیمی از داده‌های مشاهداتی ایستگاهی نیز استفاده گردید. به این منظور داده‌های بارش و دمای ایستگاه سینوپتیک مهرآباد تهران از وبگاه NOAA CDO دریافت شد. به دلیل نبود ایستگاه‌های مشاهداتی در منطقه مورد مطالعه و همچنین

تفکیک مکانی ۳۰ ثانیه کمانی (تقریباً یک کیلومتر) که برای کل زمین طراحی شده است. چون که هیچ منبعی از داده‌های توپوگرافی کل سطح زمین را پوشش نمی‌دهند، GTOPO30 از هشت منبع رستر و وکتور که شامل مقدار قابل توجهی از داده‌های آژانس ملی نقشه‌برداری آمریکا تهیه شده است. کیفیت داده‌های ارتفاعی در GTOPO30 به طور گسترده ای متفاوت است. هیچ متادیتا (metadata) مکانی برای ارجاع وجود ندارد و ویژگی‌های عمده توپوگرافی مانند خط الرأس‌ها و دره‌ها به خوبی نشان داده نشده است. با وجود اینکه GTOPO30 قدرت تفکیک مکانی کم و ویژگی‌های محدودی دارد اما کاربردهای گوناگونی در هیدرولوژی، اقلیم، و ژئومورفولوژی و همچنین کاربردهای نظامی، یا هر جایی که یک مدل توپوگرافی در مقیاس منطقه‌ای، قاره‌ای و یا جهانی مورد نیاز است استفاده می‌شود (Danielson and Gesch, 2011). زمانی که GTOPO30 تکمیل شد، دسترسی به داده‌های ارتفاعی با کیفیت بالاتر در بیشتر مناطق جغرافیایی جهان به طور قابل توجهی بهبود یافته بود. منابع داده‌های جدید شامل مدل رقومی ارتفاعی زمینی جهانی (DTED)^۱ از مأموریت مکان‌نگاری شاتل رادار جهانی (SRTM)^۲، داده‌های ارتفاعی کانادا و داده‌هایی از ماهواره ارتفاع یخ‌ها، ابرها و سطح زمین (ICESat)^۳ است (Danielson and Gesch, 2011). با توجه به استفاده گسترده از GTOPO30 و همچنین معادل ۳۰ ثانیه کمانی آن DTED در سطح صفر، USGS و NGA برای تولید یک جایگزین بهتر برای GTOPO30 با استفاده از بهترین اطلاعات در دسترس (مدل ارتفاعی زمین جهانی براساس یک کیلومتر (GLOBE)^۴ و سایر مدل‌های جهانی با قدرت قدرت تفکیک مکانی ۳۰ ثانیه کمانی قابل قیاس با GTOPO30 همکاری کرده‌اند. مدل جدید به نام داده-های جهانی ارتفاعی زمین با قدرت تفکیک چندگانه ۲۰۱۰ و یا به اختصار GMTED2010^۵ است. این مجموعه از محصولات در سه حالت قدرت تفکیک مختلف (حدود ۱۰۰۰، ۵۰۰ و ۲۵۰ متر) برای حمایت از برنامه‌های کاربردی بسیاری که به طور مستقیم توسط کاربران ارائه شده، طراحی شده است. محصولات عمومی GMTED (به

¹ Digital Terrain Elevation Data

² The Shuttle Radar Topography Mission

³ Ice, Cloud, and land Elevation Satellite

⁴ The Global Land One-km Base Elevation

⁵ The Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010

نشان می‌دهد که به دلیل تفاوت اندک ارتفاع در این نقطه، تفاوت خیلی کمی بین خروجی‌های بارش "با توپوگرافی GTOPO" و خروجی‌های بارش "با توپوگرافی GMTED" وجود دارد (شکل ۴). چنانچه در شکل ۴ نیز قابل مشاهده است تقریباً خطوط سری زمانی بارش در دو اجرا بر یکدیگر منطبق هستند. ارزیابی این خروجی‌ها با داده بارش واقعی ثبت شده در ایستگاه مهرآباد همبستگی حدود ۰/۴۴ را نشان می‌دهد. چون که این مقایسه از سری زمانی یک‌ساله به دست آمده است و توانایی مدل اقلیمی RegCM بیشتر در شبیه‌سازی بارش در فصول سرد سال است (Giorgi and Bates, 1989) به نظر می‌رسد که همبستگی به دست آمده تا حد مناسبی قابل قبول است. از آن جایی که داده ایستگاهی در مناطقی که بیشترین اختلاف ارتفاع را در دو داده توپوگرافی متفاوت نشان دادند (منطقه مستطیلی در شکل ۲) وجود ندارد به ناچار از داده‌های دوباره واکاوی شده ERA-interim برای ارزیابی تفاوت خروجی‌های دو اجرا استفاده شد. در شکل ۵ میانگین فصلی سمت و سرعت باد خروجی‌های دو اجرا با داده‌های ERA-interim مقایسه شده است. هم‌چنین در ردیف اول DJA اختصار فصل زمستان، ردیف دوم MAM برای فصل بهار، ردیف سوم JJA برای تابستان و ردیف آخر SON برای پاییز، نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با اصلاح توپوگرافی در منطقه کوه‌های البرز که منجر به کاهش ارتفاع این مناطق شده است سرعت باد نیز کاهش می‌یابد. بیشترین تفاوت تا ۱/۶- متر بر ثانیه در فصل زمستان دیده می‌شود. در شکل ۶ سری زمانی سالانه سرعت باد ۶ ساعته (متر بر ثانیه) در ارتفاع ۱۰ متری حاصل از خروجی توپوگرافی GTOPO و GMTED به صورت نقطه‌ای (در فاصله چند کیلومتری از قله دماوند) بررسی شده است. تفاوت ارتفاع دو داده توپوگرافی (GMTED-GTOPO) در این نقطه ۳۷۳/۲۳- متر است. این تفاوت زیاد باعث شده که سرعت باد در GMTED کمتر از GTOPO باشد که این تفاوت به خوبی در شکل قابل مشاهده است. همبستگی باد بین این دو داده توپوگرافی ۰/۶۵ است که حاکی از این است با افزایش ارتفاع نمی‌توان دقیقاً یک الگو شبیه همان باد با ارتفاع پایین‌تر انتظار داشت زیرا عوامل دیگری مانند نسیم دریا، فشار هوا و غیره نیز بر سرعت باد مؤثر است.

فاصله زیاد ایستگاه‌های مجاور، از داده‌های شبکه‌بندی شده نیز برای ارزیابی نتایج استفاده گردید. برای بارش از داده شبکه‌بندی شده مدل CMORPH^۱ که توسط Joyce et al., (2004) در NOAA ارائه شده است، استفاده شد. تفکیک افقی این داده ۰/۲۵ درجه می‌باشد. برای دما از داده شبکه‌بندی شده GHCN CAMS^۲، که دمای جهانی سطح زمین مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد، با تفکیک افقی ۰/۵ درجه (Fan and Van den Dool, 2008) و برای باد از داده‌های ERA-interim با تفکیک مکانی ۰/۷۵ درجه (Dee et al., 2011) استفاده گردید (همچنین برای افزایش رزولوشن آن با تعداد شبکه برابر با داده‌های خروجی regrid انجام شد).

نتایج و بحث

پیش از مقایسه خروجی‌های دو اجرای "با توپوگرافی GTOPO" و "با توپوگرافی GMTED" یک ارزیابی اولیه از خروجی مدل با توجه به داده مشاهداتی ایستگاهی به عمل آمد. ایستگاه مشاهداتی مورد بررسی ایستگاه سینوپتیک مهرآباد می‌باشد. همان‌طور که در بخش "مواد و روش‌ها" اشاره شد، تنها ایستگاه سینوپتیک در محدوده مورد بررسی (محدوده مستطیل شکل ۲) است. در مقایسه با مناطقی در این محدوده که بین دو داده توپوگرافی اختلاف بسیار زیادی وجود دارد، در این ایستگاه اختلاف ارتفاع بین دو داده توپوگرافی ناچیز و به حدود ۰/۶ متر می‌رسد. سری زمانی یک‌ساله دوم متغیر دما و بارش ایستگاه مهرآباد با خروجی‌های حاصل از هر دو اجرا مقایسه گردید. از آن‌جا که معمولاً مدل اقلیمی توانایی بسیار خوبی در شبیه‌سازی دما دارد در اینجا نیز همین نتیجه به دست آمد (شکل ۳). به دلیل تفاوت ارتفاع اندک (۰/۶ متر)، خروجی‌های دما در دو اجرا تفاوت ناچیزی از خود نشان دادند به طوری که در شکل ۳ قابل مشاهده است خطوط تقریباً بر یکدیگر منطبق هستند. بررسی ضریب همبستگی بین داده دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک مهرآباد و داده دمای روزانه‌ی هر دو اجرا همبستگی بسیار بالایی (بیش از ۰/۹۷) با سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد (شکل ۳). ارزیابی متغیر بارش در خروجی‌های مدل در محدوده ایستگاه سینوپتیک مهرآباد در دو اجرا

^۱ The NOAA CPC Morphing Technique

^۲ The Global Historical Climatology Network–Climate Anomaly Monitoring System

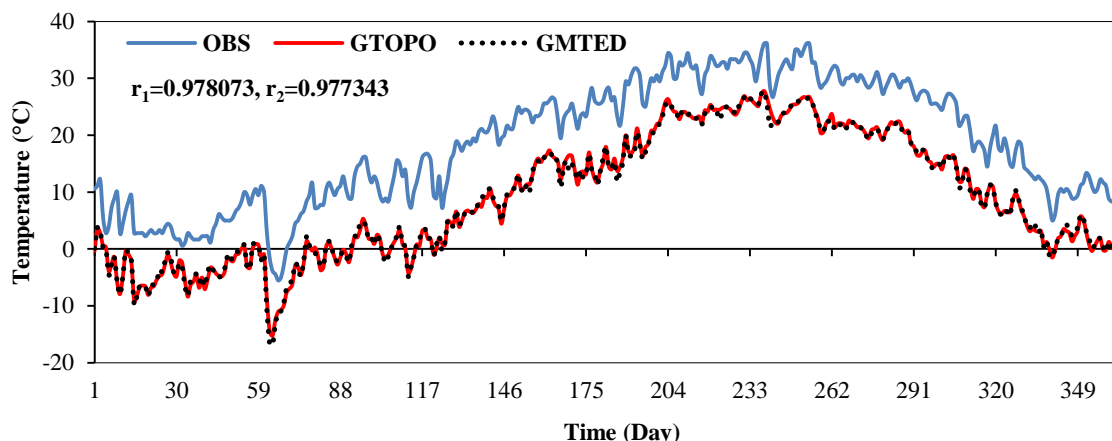


Figure 3 - Daily temperature output of regional climate model RegCM4 from December 1, 2013 to end of November 2014, Mehrabad station, r_1 Correlation between observation temperature and GMTED simulation, and r_2 Correlation between observation temperature and GTOPO simulation

شکل ۳- نمودار مدل‌سازی دمای روزانه با استفاده از مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4 از اول دسامبر ۲۰۱۳ تا پایان نوامبر ۲۰۱۴ ایستگاه مهرآباد تهران، r_1 همبستگی بین ایستگاه مشاهداتی و دمای شبیه‌سازی GMTED و r_2 همبستگی بین ایستگاه مشاهداتی و دمای شبیه‌سازی GTOPO

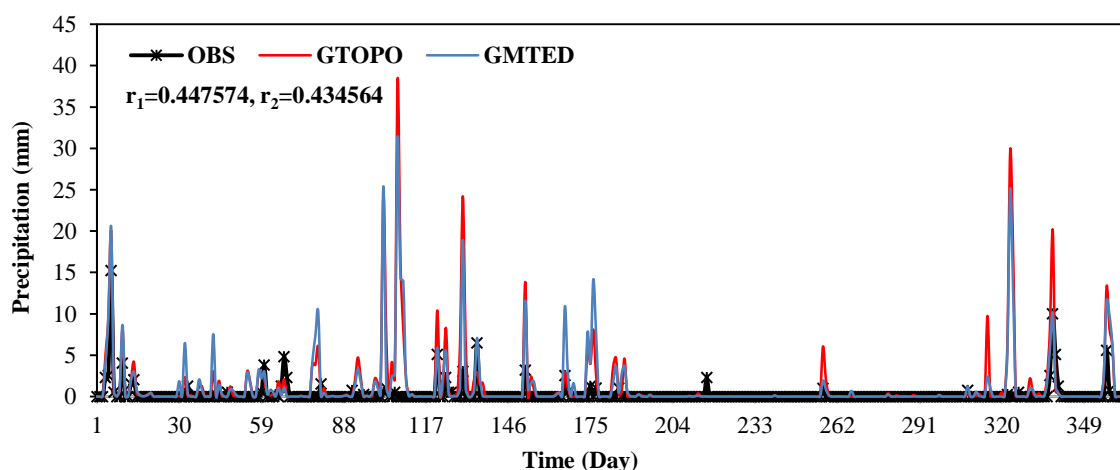


Figure 4 - Daily precipitation output of regional climate model RegCM4 from December 1, 2013 to end of November 2014, Mehrabad station, r_1 Correlation between observation precipitation and GMTED simulation and r_2 Correlation between observation precipitation and GTOPO simulation

شکل ۴- نمودار مدل‌سازی بارش روزانه با استفاده از مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4 از اول دسامبر ۲۰۱۳ تا پایان نوامبر ۲۰۱۴ ایستگاه مهرآباد تهران، r_1 همبستگی بین ایستگاه مشاهداتی و بارش شبیه‌سازی GMTED و r_2 همبستگی بین ایستگاه مشاهداتی و بارش شبیه‌سازی GTOPO

شکل پیداست به طور کلی در مناطقی که کاهش ارتفاع (رشته کوه‌های البرز) داشته کاهش بارش را نیز به دنبال داشته است و در مناطقی مانند ساحل دریای خزر که افزایش ارتفاع داشته افزایش بارش را نیز دارد. اما بیشترین تفاوت بارشی در فصل بهار با مقادیر بیشتر از ۱۶ میلی‌متر در روز (بیشتر از ۸۰ درصد) در مجاورت منطقه‌ای که ۳۵۰ متر کاهش ارتفاع داشته مشاهده شده است.

میانگین بارش فصلی از شبیه‌سازی با دو داده توپوگرافی GTOPO و GMTED، و همچنین داده CMORPH، و تفاوت میزان بارش بین دو داده‌های توپوگرافی (GMTED-GTOPO) در شکل ۷ نشان داده شده است. طبق شکل ۷ الگوی مکانی و مقادیر بارش شبیه‌سازی از GMTED با بارش CMORPH برای فصول زمستان و بهار شباهتی بیشتری داراست. تأثیر توپوگرافی شبیه‌سازی شده GMTED به وضوح در همه بارش‌های فصلی قابل مشاهده است. همان طور که در قسمت تفاضل

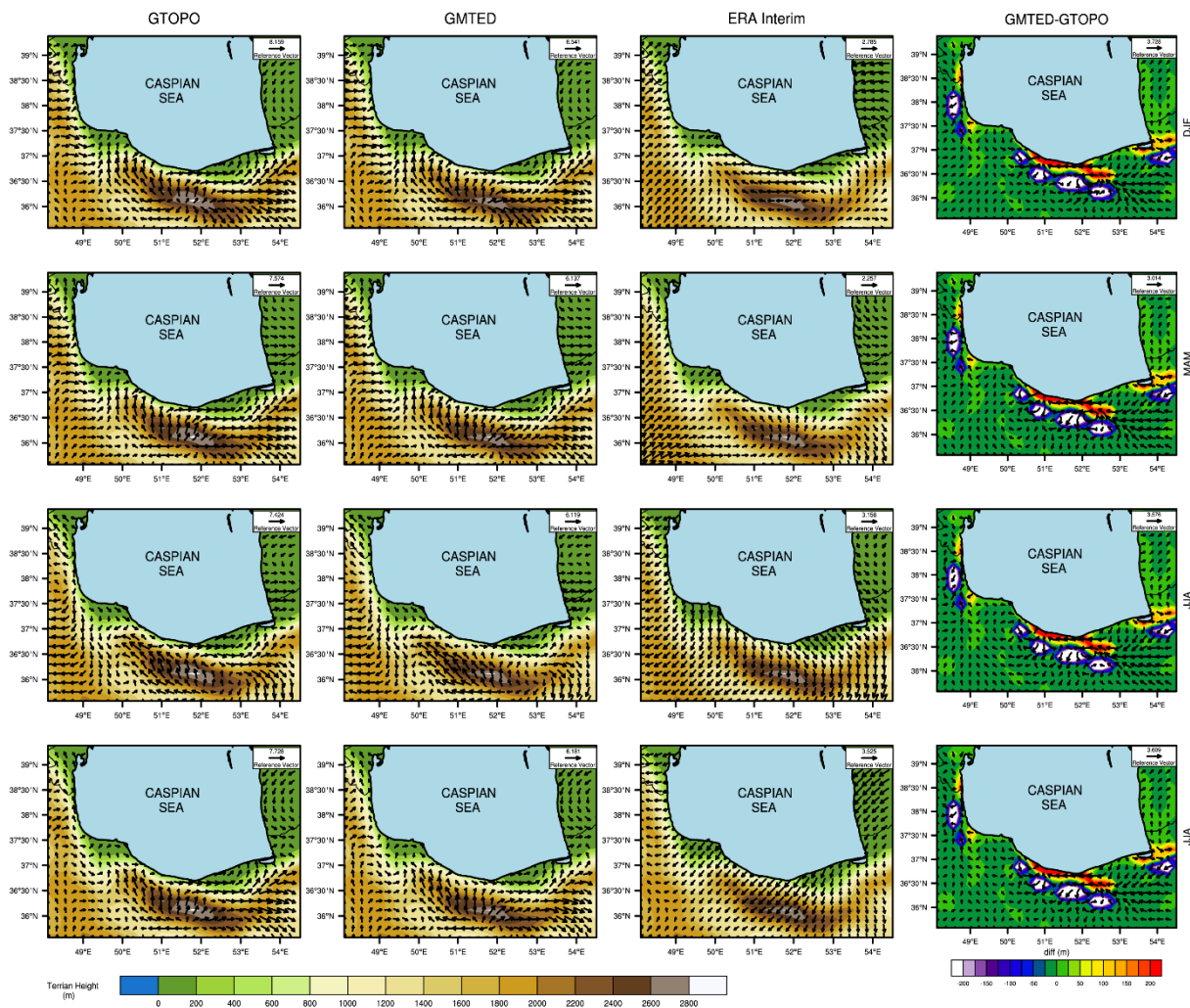


Figure-5 Seasonal wind vector field averages ($m s^{-1}$) at 10 m with the corresponding topography (m) (wind speed: reference vector; direction: arrows)

شکل ۵- میانگین فصلی سرعت و جهت باد (متر بر ثانیه) در ارتفاع ۱۰ متری با توپوگرافی (متر) متناظر آن (سرعت باد: بر اساس بردار مرجع؛ جهت باد: فلش)

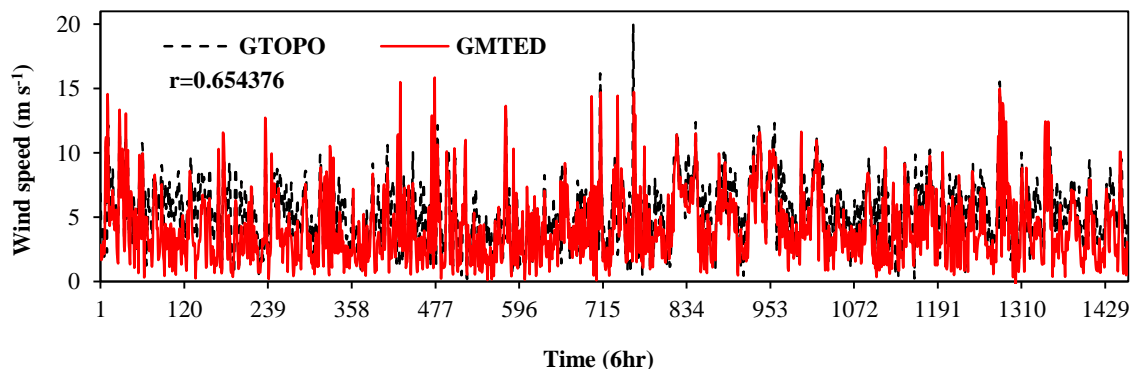


Figure 6 - Wind speed (6hr, at 10 m) output of the regional climate model RegCM4 from December 1, 2013 to end of November 2014, At a point with a height difference of about -373 m, r is the correlation between the GTOPO and GMTED simulations

شکل ۶- نمودار مدل‌سازی سرعت باد ۶ ساعته (متر بر ثانیه) در ارتفاع ۱۰ متری با استفاده از مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4 از اول دسامبر ۲۰۱۳ تا پایان نوامبر ۲۰۱۴ در نقطه‌ای با اختلاف ارتفاع حدوداً -۳۷۳ متر، r همبستگی بین باد شبیه‌سازی GMTED و باد شبیه‌سازی GTOPO

کوهها وجود دارد، همخوانی دارد. در شکل ۸ سری زمانی سالانه بارش روزانه به صورت نقطه‌ای (در فاصله چند کیلومتری از قله دماوند) نشان داده شده است.

در مناطقی که خارج از کوهها قرار دارند و یا اختلاف ارتفاع کمی دارند میزان بارش تفاوت کمی دارد. این نتیجه به خوبی با مطالعات (Flesch and Reuter (2012) در اینکده حساسیت کمی به توپوگرافی در میزان بارش خارج از

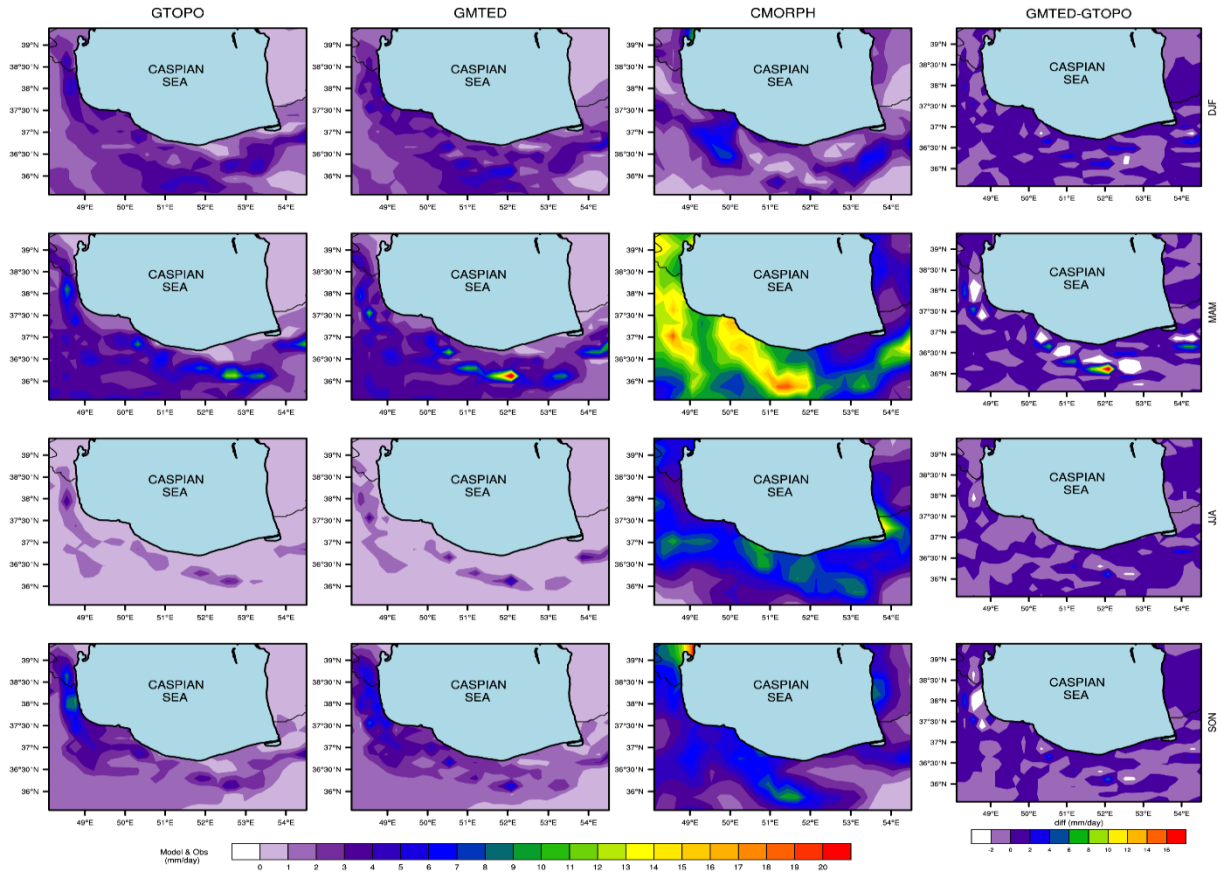


Figure 7- Seasonal precipitation averages from the GTOPO and GMTED simulations and observations (CMORPH) along with precipitation difference (GMTED-GTOPO) in 2014

شکل ۷- میانگین بارش فصلی از شبیه‌سازی GTOPO و GMTED و داده‌های مشاهداتی آن (CMORPH) همراه با تفاوت بارش (GMTED-GTOPO) در سال ۲۰۱۴

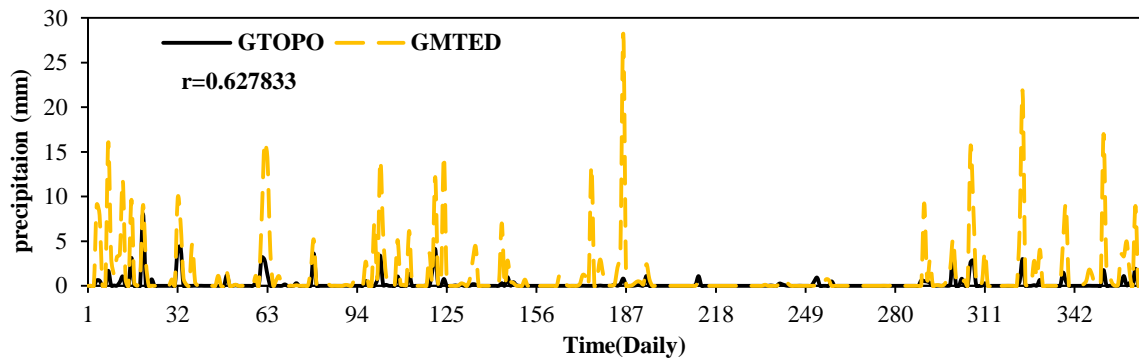


Figure 8 - Daily precipitation output of the regional climate model RegCM4 from December 1, 2013 to end of November 2014, At a point with a height difference of about -373 m, r is the correlation between the GTOPO and GMTED simulations

شکل ۸- نمودار مدل‌سازی بارش روزانه با استفاده از مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4 از اول دسامبر ۲۰۱۳ تا پایان نوامبر ۲۰۱۴ در نقطه‌ای با اختلاف ارتفاع حدود ۳۷۳- متر، r همبستگی بین بارش شبیه‌سازی GMTED و بارش شبیه‌سازی GTOPO

بعضی مناطق کاهش و یا افزایش داشته است. پس به این ترتیب بارش الگوی پیچیده تری خواهد داشت و نمی توان انتظار داشت در تمامی نقاط و منطقه مورد مطالعه در شمال کشور، با افزایش توپوگرافی بارش افزایش و یا بر عکس را انتظار داشت. در شکل ۹ میانگین فصلی دمای هوای سطحی از شبیه سازی GTOPO و GMTED و همچنین داده GHCN CAMS و تفاوت دمای هوا بین دو داده توپوگرافی (GMTED-GTOPO) نشان داده شده است. در شکل ۹، دو خروجی مدل به خوبی از الگوهای کلی دمای مشاهداتی (در تمام فصول) تبعیت می کنند.

تفاوت ارتفاع دو داده توپوگرافی (GMTED-GTOPO) در این نقطه $373/23$ متر است. در این نقطه همبستگی بارش بین این دو داده توپوگرافی $0/62$ است و با کاهش توپوگرافی GMTED، باز هم بارش در این منطقه افزایش زیادی داشته است. دلیل آن، این است که در بیشتر مطالعات انجام شده (Flesch and Reuter, 2012; Ogwang et al., 2014; Soltanzadeh et al., 2006) بررسی تأثیر توپوگرافی بر بارش، تمامی شبکه توپوگرافی کاهش و یا حذف می کنند اما در این مطالعه افزایش یا کاهش شبکه توپوگرافی انجام نشده است و فقط تفاوت دو داده توپوگرافی جدید و قدیم بررسی شده است که در

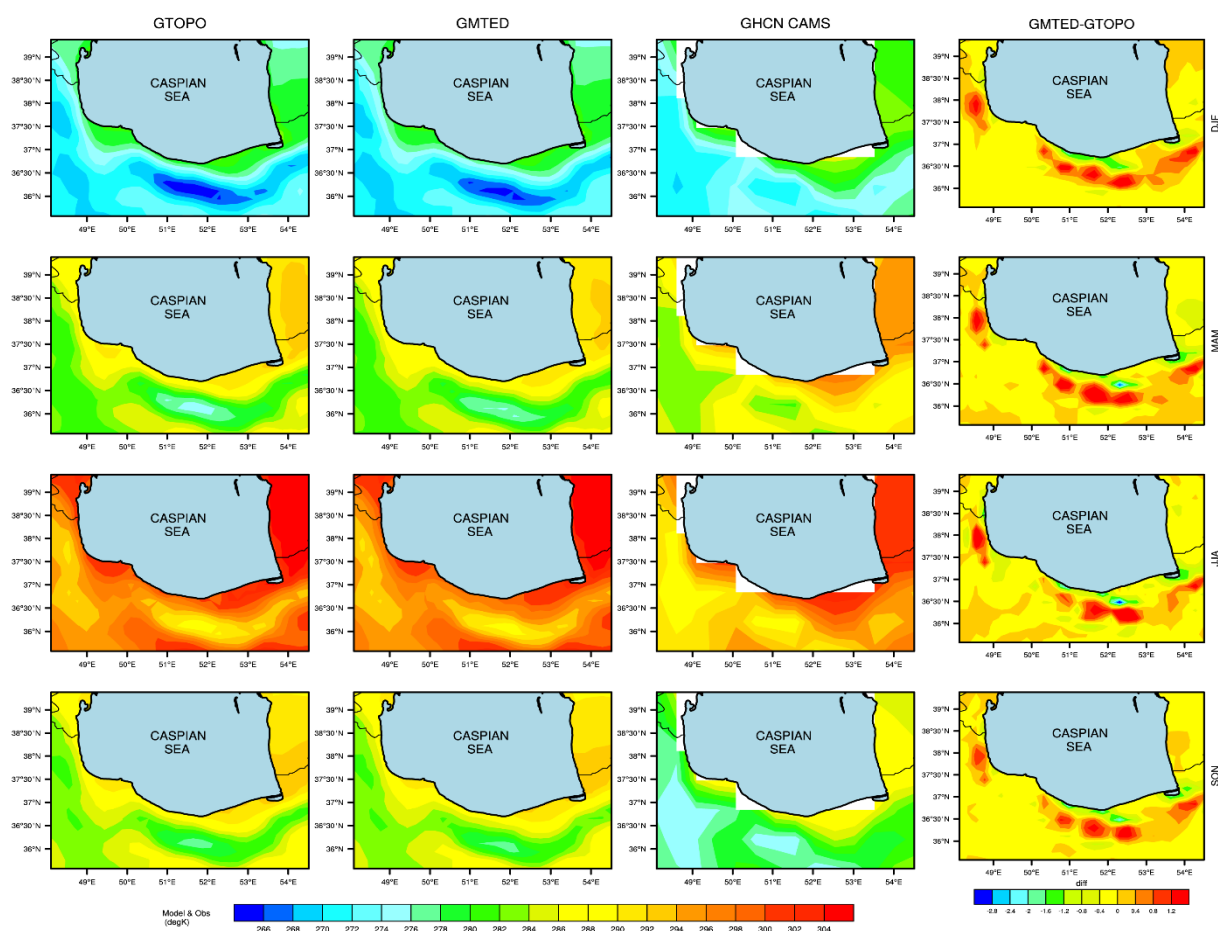


Figure 9- Seasonal surface air temperature averages from the GTOPO and GMTED simulations and observations (GHCN CAMS) along with air temperature difference (GMTED-GTOPO) in 2014

شکل ۹- میانگین فصلی دمای هوای سطحی از شبیه سازی GTOPO و GMTED و داده‌ی مشاهداتی (GHCN CAMS) همراه با تفاوت دمای هوا (GMTED-GTOPO) در سال ۲۰۱۴

مشاهده شده است. در شکل ۱۰ سری زمانی سالانه میانگین دمای سطحی روزانه به صورت نقطه‌ای (در فاصله چند کیلومتری از قله دماوند) نشان داده شده است.

تفاوت دما کاملاً از الگوی تفاوت دو توپوگرافی تبعیت کرده و در مناطق ساحلی که توپوگرافی افزایش داشته، دما نیز $2/4$ - درجه کاهش و در مناطقی از رشته کوه‌های البرز که کاهش توپوگرافی داشته $1/2$ درجه افزایش دما

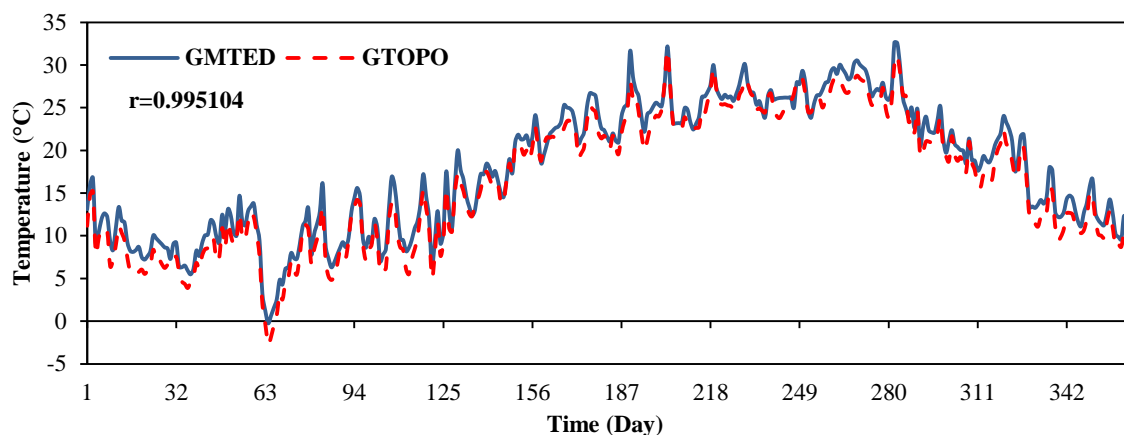


Figure 10 - Daily temperature output of the regional climate model RegCM4 from December 1, 2013 to end of November 2014, At a point with a height difference of about -373 m, r is the correlation between the GTOPO and GMTED simulations

شکل ۱۰- نمودار مدل‌سازی میانگین دمای روزانه با استفاده از مدل اقلیم منطقه‌ای RegCM4 از اول دسامبر ۲۰۱۳ تا پایان نوامبر ۲۰۱۴ در نقطه‌ای با اختلاف ارتفاع حدوداً ۳۷۳- متر، r همبستگی بین دمای شبیه‌سازی GMTED و دمای شبیه‌سازی GTOPO

کاهش ارتفاع داشته است، مشاهده شده است. زیرا در این مطالعه افزایش یا کاهش شبکه توپوگرافی انجام نشده است و فقط تفاوت دو داده توپوگرافی جدید و قدیم بررسی شده است که در بعضی مناطق کاهش و یا افزایش داشته است. پس به این ترتیب بارش الگوی پیچیده‌تری خواهد داشت نمی‌توان انتظار داشت در تمامی نقاط در منطقه مورد مطالعه در شمال کشور، با افزایش توپوگرافی بارش افزایش و یا با کاهش توپوگرافی، بارش کاهش یابد. همچنین تفاوت دما کاملاً از الگوی تفاوت دو توپوگرافی تبعیت کرده و در مناطق ساحلی که افزایش ارتفاع بوده دما نیز ۲/۴- درجه کاهش و در مناطقی از رشته کوه‌های البرز که کاهش توپوگرافی داشته ۱/۲ درجه افزایش دما مشاهده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که هنگام استفاده از مجموعه داده‌های توپوگرافی قدیمی در مناطق نزدیک ساحل دریا، خط الرأس‌ها و دره‌ها نیاز به ملاحظه بیشتری است و همچنین بازنگری مجدد در پژوهش‌های صورت گرفته در گذشته ضروری است. مدل‌های دینامیکی با نسخه جدیدتر، نتایج بهتر و دقیق‌تری را نسبت به گذشته تولید می‌کنند.

نرم افزار گرافیکی

تمام شکل‌های تولید شده در این مقاله با استفاده از دستور زبان پردازش جوی NCL بوده است.

The NCAR Command Language (Version 6.3.0) [Software]. (2016). Boulder, Colorado: UCAR/NCAR/CISL/TDD.
<http://dx.doi.org/10.5065/D6WD3XH5>

تفاوت ارتفاع دو داده توپوگرافی (GMTED-GTOPO) در این نقطه ۳۷۳/۲۳- متر است. در این نقطه همبستگی دما بین این دو داده توپوگرافی ۰/۹۹ است، همچنین با کاهش توپوگرافی GMTED دما نیز متناسباً افزایش داشته است نشان از این است که تفاوت دما کاملاً از الگوی تفاوت دو توپوگرافی تبعیت کرده است.

نتیجه گیری

در این مطالعه با هدف، تعیین تأثیر توپوگرافی در بهبود نتایج حاصل از مدل RegCM، دو مجموعه داده توپوگرافی (GTOPO و GMTED) با شرایط مشابه و در یک دوره زمانی خاص، برای اجرای مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد، که داده توپوگرافی GMTED نسبت به داده توپوگرافی GTOPO در مناطقی از ساحلی دریای خزر افزایش ارتفاع (در بیشترین حالت ۲۵۴ متر) و در بعضی از مناطق رشته کوه‌های البرز کاهش ارتفاع (بیشترین کاهش ارتفاع ۴۰۰ متر) داشته است. به دلیل ارتفاع بیشتر GTOPO در رشته کوه‌های البرز سرعت باد نیز به مراتب نسبت به GMTED بیشتر بوده؛ به طوری که بیشترین تفاوت تا ۱/۶- متر بر ثانیه در زمستان داراست. به طور کلی در مناطقی که کاهش ارتفاع (رشته کوه‌های البرز) داشته کاهش بارش را نیز به دنبال داشته است و در مناطقی مانند ساحل دریای خزر که افزایش ارتفاع داشته افزایش بارش را نیز دارد. اما بیشترین تفاوت بارشی در فصل بهار با مقادیر بیشتر از ۱۶ میلی‌متر در روز (بیشتر از ۸۰ درصد) در مجاورت منطقه‌ای که ۳۵۰ متر

- global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*, 5(3): 487-503.
- Kanamitsu, M., Ebisuzaki, W., Woollen, J., Yang, S.-K., Hnilo, J., Fiorino, M., Potter, G. 2002. Ncep-doe amip-ii reanalysis (r-2). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(11): 1631-1643.
- Karimi, M., Azizi, G., Shamsipour A., Rezaee Mahdi, L. 2016. Dynamic simulation of the Alborz Mountain in spread and thickness of sea breeze on the southern coast of the Caspian Sea. *Researches in Geographical Sciences*, 16 (41):1 35-152. (In Farsi)
- Konrad II, C. E. 1996. Relationships between precipitation event types and topography in the southern Blue Ridge mountains of the southeastern USA. *International Journal of Climatology*, 16(1): 49-62.
- Manabe, S., Broccoli, A. 1990. Mountains and arid climates of middle latitudes. *Science*, 247(4939): 192-195.
- McCauley, M., Sturman, A. 1999. A study of orographic blocking and barrier wind development upstream of the Southern Alps, New Zealand. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 70(3): 121-131.
- Mousavi Baygi, M. 2006. Calculation of rainfall increase in mountainous areas around Mashhad using a computer model. *Agricultural Sciences and Technology*, 6: 1029-4791. (In Farsi)
- Ogwang, B. A., Chen, H., Li, X., Gao, C. 2014. The influence of topography on East African October to December climate: sensitivity experiments with RegCM4. *Advances in Meteorology*, 2014: 1-14.
- Reynolds, R. W., Rayner, N. A., Smith, T. M., Stokes, D. C., Wang, W. 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *Journal of climate*, 15(13): 1609-1625.
- Shi, X., Wang, Y., Xu, X. 2008. Effect of mesoscale topography over the Tibetan Plateau on summer precipitation in China: A regional model study. *Geophysical Research Letters*, 35(19), DOI: 10.1029/2008GL034740.
- Soltanzadeh, I., Ahmadi Givi, F., Irannejad, P. 2006. Investigation of three months Zagros mountains on the mesoscale streams of the eastern Zagros using the regional model RegCM. *Journal of the Earth and Space Physics*, 33(1): 31-50. (In Farsi)
- Blumsack, S. L. 1971. On the effects of topography on planetary atmospheric circulation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 28(7): 1134-1143.
- Danielson, J. J., Gesch, D. B. 2011. Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010). US Geological Survey.
- Dee, D., Uppala, S., Simmons, A., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M., Balsamo, G., Bauer, P. 2011. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the royal meteorological society*, 137(656): 553-597.
- Elguindi, N., Bi, X., Giorgi, F., Nagarajan, B., Pal, J., Solmon, F., Rauscher, S., Zakey, A., O'Brien, T., Nogherotto, R. 2014. Regional Climate Model RegCM Reference Manual Version 4.5.
- Fan, Y., Van den Dool, H. 2008. A global monthly land surface air temperature analysis for 1948-present. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D1), DOI: 10.1029/2007JD008470.
- Flesch, T. K., Reuter, G. W. 2012. WRF model simulation of two Alberta flooding events and the impact of topography. *Journal of Hydrometeorology*, 13(2): 695-708.
- Giorgi, F., 1990. Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate*, 3(9): 941-963.
- Giorgi, F., Bates, G. T. 1989. The climatological skill of a regional model over complex terrain. *Monthly Weather Review*, 117(11): 2325-2347.
- Grell, G. A. 1993. Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. *Monthly Weather Review*, 121(3): 764-787.
- Hahn, D. G., Manabe, S. 1975. The role of mountains in the south Asian monsoon circulation. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 32(8): 1515-1541.
- Joyce, R. J., Janowiak, J. E., Arkin, P. A., Xie, P. 2004. CMORPH: A method that produces

سپاسگزاری

بخشی از محاسبات این تحقیق در مرکز محاسبات سنگین دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد که بدین وسیله تشکر می‌شود.

منابع

The effect of revised topography dataset on improvement of RegCM4 model results (Case study: northern of Iran)

F. Hosseini¹, A. Faridhosseini^{2*}, S. M. Hashemini³, A. Zarrin⁴

Received: 05/03/2017

Accepted: 07/09/2017

Abstract

Lack of regional climatic data is great challenge for agroclimatic studies. In this research, the influence topography on RegCM4 model results was investigated. In order of determine the role of topography on improving the results of RegCM model, two topographic datasets (GTOPO, GMTED) were used for a specific period of time and similar conditions to run the model. The experiments were done with lateral boundary conditions obtained from The NCEP-DOE Reanalysis 2 (NNRP2) dataset at $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ latitude-longitude horizontal resolution. The sea surface temperature (SST) for the corresponding regional climate simulations were prescribed from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Optimum Interpolation SST (OISST) dataset with a weekly temporal resolution and $1^\circ \times 1^\circ$ spatial resolution. The topographical output of the model showed an increase of elevation in the Caspian sea coast [max (GMTED-GTOPO) = 254 m], while in some areas of Alborz mountains a decrease in elevation [max (GMTED-GTOPO) = -400 m] was observed. Due to higher elevation of GTOPO in the Alborz Mountains, the derived speed of this simulation is relatively higher than GMTED, which could reach as high as 1.6 m/s during winter season. The highest precipitation difference occurred during spring season in the vicinity of the area where 400 m of decreased elevation was observed, with amounts as high as 16 mm/day (80% increase in precipitation). The temperature differences followed closely the topographical differences. In the seashore areas, where there was increased elevation, temperature decreased correspondingly (max. of -2.4°), whereas in mountainous areas with decrease in elevation, the temperature increase was observed (max. of 1.2°). The findings from this research identified, the modified data (GMTED) is improving the results of the model and should be replace the old data (GTOPO) in future research.

Key words: Topography, Iran, RegCM4, GMTED, GTOPO



¹ M. Sc. Student of Water Resources Engineering, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Associate Professor of Water Sciences and Engineering Dep., Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(*Corresponding author's Email Address: farid-h@um.ac.ir)

DOI: 10.22125/AGMJ.2018.59715

³ Lecturer of Water Sciences and Engineering Dep., Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

⁴ Assistant professor of Geography Dep., Faculty of Humanities, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran