

## بررسی تاثیر کوهستانها و کاربری اراضی اقلیم منطقه ایران با استفاده از مدل اقلیمی منطقه ای: ۲- بررسی تاثیر طرحواره زیر شبکه ای BATS در مدل منطقه ای RegCM

فرهنگ احمدی گیوی، ایمان سلطانزاده، پرویز ایران نژاد، روزبه پازوکی

مؤسسه ژئو فیزیک دانشگاه تهران

**چکیده** روشهای پارامتره نمودن اثر نا همگونیهای سطح را می توان به دو روش پیوسته (با استفاده از تابع چگالی احتمال) و گسسته تقسیم کرد. با توجه به ویژگیهای خاص پارامتره نمودن گسسته، این روش بیشتر مورد استفاده مدل‌های عددی قرار گرفته است. نوع خاصی از پارامتره نمودنهای گسسته روش موزاییک است. در این روش هر سلول شبکه به  $N$  زیر سلول با ابعاد مساوی تقسیم می گردد که هر کدام از زیر سلول ها دارای ارتفاع، جنس و پوشش سطحی خاص خود هستند. در واقع در این روش محاسبات مرتبط با برهمکنش جو- سطح زمین در لایه سطحی، برای هر کدام از زیر سلول ها بصورت جداگانه انجام می گیرد. طراحان مدل منطقه ای  $RegCM^1$  نیز که تا پیش از این از طرحواره  $BATS^2$  جهت مدل کردن برهمکنش جو-سطح زمین بهره می جستند، اکنون با توجه به الزامات فوق از طرحواره بهبود یافته  $SUB-BATS^3$  استفاده می کنند. در این طرحواره که از روش موزاییک جهت بهبود طرحواره  $BATS$  استفاده می شود، علاوه بر وارد کردن اثر زیر شبکه ای جنس و پوشش سطح، اثر ارتفاع زیر شبکه ای نیز به منظور توزیع دما، رطوبت، بارش و... از شبکه درشت به شبکه ریز سطح وارد می گردد که تا پیش از این در مدل‌های منطقه ای اقلیمی بی سابقه بوده است.

در این مقاله با تحلیل خروجی مدل  $RegCM$  جفت شده با  $BATS$  در دو حالت، با وبدون وارد کردن اثرات زیر شبکه ای سطح، نقش ناهمگونی سطح بر شبیه سازی مدل  $RegCM$  مورد بررسی قرار می گیرد.

**واژه های کلیدی** -  $RegCM$ ،  $BATS$ ، ناهمگونی زیر شبکه ای، پارامتره نمودن سطح و طرحواره های پارامتره نمودن سطح

### ۱- مقدمه

توپوگرافی، جنس و پوشش سطح زمین تاثیر به سزایی در مبادله انرژی، ماده و تکانه بین سطح با جو بالای آن دارد. از این رو برهمکنش جو-سطح زمین نقش مهمی در الگوهای هوا و اقلیم ایفا می کند. از آنجا که این برهمکنش در قالب یک فرایند دینامیکی و فیزیکی بسیار پیچیده و غیر خطی رخ می دهد، آشکارسازی هرچه دقیقتر اثر جنس و پوشش سطح از یک سو و ارتفاع از سوی دیگر در مدل‌های عددی منجر به شبیه سازی هرچه بهتر شار انرژی و تکانه و هیدرولوژی سطح خواهد شد.

مدل‌های منطقه ای دارای توان تفکیک تا دهها کیلومتر هستند. برای دسترسی به درجه تفکیک بالاتر، نیاز به استفاده از مدل‌های خرد مقیاس می باشد که این مدل‌ها خصوصا در زمینه اقلیمی با پیچیدگیهای بسیاری همراه است. از این رو به منظور

<sup>1</sup> Regional Climate Model

<sup>2</sup> Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme

<sup>3</sup> SUBgrid version of Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme

اجتناب از این پیچیدگیها در مدل‌های اقلیمی و همچنین دسترسی به توان تفکیک بالاتر می توان از طرحواره های موجود پارامتره نمودن اثر نا همگونیهای سطح در مدل‌های اقلیمی منطقه ای سود جست.

تا پیش از این، در مدل RegCM به منظور وارد کردن فیزیک سطح از طرحواره تبادل جو-زیست کره (دیکینسون و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۸۶ و ۱۹۹۳) استفاده می شد. طرحواره BATS به منظور لحاظ کردن نقش پوشش گیاهی و رطوبت موثر سطح در برهمکنش جو- سطح زمین و انتقال تکانه، انرژی و بخار آب ایجاد شده است.

برای اینکه بتوان اثر پوشش سطح و جنس خاک را با ظرافت بیشتری نشان داد، ساختار BATS به گونه ای در VBATS<sup>۲</sup> توسط ست و همکاران<sup>۳</sup> (۱۹۹۴) باز سازی شد که محاسبه فرایندهای سطح را بتوان برای N<sup>۲</sup> سلول زیر شبکه ای انجام داد. به عبارتی دیگر، هر سلول شبکه در مدل جوی به N<sup>۲</sup> سطح برابر تقسیم می شود و هرکدام از این مربع های ریزتر دارای نوع پوشش سطح و خاک خاص خود است.

دو مرحله جهت جفت کردن اثر سطح زمین در مقیاس زیر شبکه ای و مدل جو در مقیاس شبکه ای وجود دارد. مرحله اول اینکه انتقال واداشتهای جوی در مقیاس شبکه ای به زیر شبکه ای باید طی یک فرایند معنی دار فیزیکی صورت گیرد و در مرحله دوم پس از انجام محاسبات برای گام زمانی مورد نظر، یک روش یکسان متوسط گیری شارها جهت انتقال مجدد از مقیاس زیر شبکه ای به شبکه ای مورد استفاده قرار گیرد.

استفاده از طرحواره SUB-BATS در مدل، توسط جیورجی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) مطرح شد و اولین بار بر روی رشته کوه های آلپ مورد آزمایش قرار گرفت. در ادامه به اختصار به تشریح تغییرات اعمال شده بر نسخه های قبلی طرحواره VBATS می پردازیم.

جزئیات بیشتر و ساختار داخلی مدل منطقه ای RegCM توسط ایران نژاد و همکاران (۱۳۸۳) تشریح گردیده است.

## ۲- طرحواره SUB-BATS

از آنجا که مدل جوی بر روی شبکه درشت و BATS بر روی شبکه ریز اجرا می شود، برای دادن ورودی ازمدل جو به BATS باید اطلاعات را بر روی شبکه ریز توزیع کرد. برای دمای هوا، این توزیع بر پایه اختلاف ارتفاع بین سلول های شبکه ای درشت و شبکه ریز مربوطه است. دمای نزدیک سطح  $T$  برای نقطه زیر شبکه  $J$  و  $i$  از رابطه زیر به دست می آید:

$$T_{i,j}^{sg} = \bar{T} + \Gamma_T (\bar{h} - h_{i,j}^{sg}) \quad (1)$$

که بالانویس sg و علامت  $(\bar{\quad})$  به ترتیب مربوط به اطلاعات زیر شبکه و شبکه درشت،  $h$  نمایانگر ارتفاع توپوگرافی و  $\Gamma_T$  آهنگ تغییرات دما با ارتفاع جو است که در اینجا برابر با  $-6.5 \text{ } ^\circ\text{C/km}$  در نظر گرفته شده است. رابطه (۱) با در نظر گرفتن شرایط زیر صادق است:

$$\bar{h} = \frac{1}{N^2} \sum h_{i,j}^{sg} \quad (2)$$

<sup>1</sup> Dickinson et al.

<sup>2</sup> Vectorized version of BATS

<sup>3</sup> Seth et al.

<sup>4</sup> Giorgi et al.

(۳)

$$\bar{T} = \frac{1}{N^2} \sum T_{i,j}^{sg}$$

به همین صورت توزیع فشار سطح و چگالی هوا نیز با توجه به اختلاف ارتفاع توپوگرافی و  $\Gamma_T$  بدست می آید. بخار آب نزدیک سطح نیز باید بر اساس میدان دما توزیع شود. با توجه به مطالب و روابط فوق محاسبه شارهای گرمای نهان و گرمای محسوس نیز بصورت غیر مستقیم بهبود می یابد.

در تعیین توزیع بخار آب، ابتدا باید رطوبت نسبی نزدیک سطح را محاسبه کرد، در اینجا فرض می شود که رطوبت نسبی نقاط زیر شبکه مشابه مقادیر شبکه درشت است. با معکوس کردن معادله کلاسیوس-کلاپیرون<sup>۱</sup> و فرض بیان شده می توان نسبت اختلاط بخار آب در هر نقطه زیر شبکه را حساب کرد. با توجه به غیر خطی بودن معادله کلاسیوس-کلاپیرون، میانگین مقادیر بخار آب سلول های زیر شبکه لزوماً با مقدار معادل آن در شبکه درشت یکسان نیست. به منظور پایسته نگه داشتن بخار آب در فرایند توزیع، مقدار اختلاف بین متوسط مقادیر سلول های زیر شبکه و مقدار معادل آن در شبکه درشت، بصورت یکسان بین تمامی سلول های زیر شبکه توزیع می شود. در نتیجه با این نحوه توزیع، سلول های زیر شبکه ای با ارتفاع کمتر دارای دمای نزدیک سطح و نسبت اختلاط بخار آب بالاتری نسبت به سلول های زیر شبکه ای با ارتفاع بیشتر هستند.

توزیع بارش، به علت آنکه به سادگی بر ارتفاع توپوگرافی و یا نوع سطح منطبق نیست، بسیار پیچیده و دشوار است. بنابراین در این طرحواره از این فرض ساده که آهنگ بارشهای قابل آشکارسازی در سلول های زیر شبکه ای برابر با مقادیر معادل در شبکه درشت مربوطه است، استفاده می شود. برای بارش ابرهای کومه ای نیز به منظور نمایش ساده ماهیت بارش های فرارفتی در این طرحواره، توزیع این نوع بارش ها از شبکه درشت به شبکه ریز بصورت تصادفی بر روی ۳۰٪ از کل سلولهای زیر شبکه ای (یعنی نزدیک ترین عدد صحیح به  $0.3 \times N^2$ ) انجام می شود. این فرض اولین بار توسط کیل وهمکاران<sup>۲</sup> (۱۹۹۶) در مدل اقلیمی NCAR/CCM<sup>3</sup> به کار گرفته شد. برای بارش های بزرگ مقیاس، ابتدا هسته توفان در آغاز تشکیل آن مشخص شده و سپس بارش طبق رابطه زیر از مرکز به اطراف توزیع می شود:

(۴)

$$P(r) = P_{\max} \exp(-r / r_{\max})$$

که  $r_{\max}$  فاصله دورترین سلول زیر شبکه ای از مرکز انتخاب شده و  $r$  فاصله تا مرکز توفان است. بارش بیشینه ( $P_{\max}$ ) با استفاده از انتگرال  $P(r)$  بر روی  $r$  بدست می آید. واضح است که مرکز توفان نیز در گام های زمانی بعدی جابجا می شود.

پوشش ابر نیز فرض ساده ای بدین شکل دارد که در فصول سرد و وجود بارش های بزرگ مقیاس، ابر سطح تمامی سلول های زیر شبکه را می پوشاند؛ حال آنکه در فصول گرم تنها ۵۰٪ از سلول های زیر شبکه ای، با انتخاب تصادفی و

<sup>1</sup> Clausius-Clapeyron

<sup>2</sup> Kiehl et al.

<sup>3</sup> National Center for Atmospheric Research , Community Climate Model

آنهم برای ۲ مرتبه (۲ گام زمانی) در طول بارش، پوشیده از ابر خواهند بود. در هر حال پوشش ابر به گونه ای توزیع می شود که با مقدار متوسط سطح پوشش ابر سلول شبکه جوی همخوانی داشته باشد.

در هر سلول زیر شبکه که بارش توزیع می شود، به منظور پایسته نگه داشتن مجموع بارش، آهنگ بارش از حاصل ضرب مقدار بارش شبکه درشت در معکوس مقدار ناحیه بارش در سلول شبکه ای درشت حاصل می شود. به عنوان نتیجه می توان گفت که بارش فرارفتی بر روی ۰/۳ از سلول شبکه ای درشت با شدت بیشتری صورت می گیرد.

مقادیر شارهای تابشی و باد نزدیک سطح در زیر شبکه و شبکه درشت یکسان در نظر گرفته شده و از مقادیر متوسط استفاده می گردد. پس از اینکه محاسبات BATS در هر سلول زیر شبکه انجام شد، تمامی شارها با یک متوسط گیری ساده به مدل جوی بازگردانده می شود. به عنوان مثال برای شار گرمای نهان می توان رابطه زیر را نشان داد:

$$\overline{LH} = \frac{1}{N^2} \sum LH_{i,j}^{sg} \quad (5)$$

### ۳- روش شبیه سازی

در این مقاله دو شبیه سازی انجام شده و نتایج آن تحلیل می شود. در اولین اجرا (اجرای مرجع) از طرحواره زیر شبکه ای استفاده نشده و میزان تفکیک پذیری در سطح برابر تفکیک پذیری مدل جوی است. دومین اجرای مدل با استفاده از طرحواره زیر شبکه ای صورت می گیرد و هر سلول شبکه به ۳۶ سلول زیر شبکه ای ( $N^2 = 6^2$ ) تقسیم می شود.

محدوده شبیه سازی از شمال تا بالای دریای خزر، از شرق تا مرزهای شرقی ایران، از غرب شامل رشته کوههای زاگرس و مقداری از خاک عراق و از جنوب تا سواحل خلیج فارس را در بر می گیرد. شبیه سازی ها با استفاده از نقشه های تصویر همدیس لامبرت<sup>۱</sup> و تفکیک شبکه ای  $60km \times 60km$  در اجرای مرجع انجام شده است. با توجه به مطالب فوق، در اجرای مدل با طرحواره زیر شبکه ای SUB-BATS، گام مکانی در سطح زمین به  $10km \times 10km$  میرسد.

از آنجا که در طرحواره زیر شبکه ای تغییرات عمدتاً ناشی از دخالت دادن بیشتر نقش توپوگرافی و زمین بکار رفته<sup>۲</sup> است، در این مقاله بیشتر به بررسی نتایج طرحواره در نواحی کوهستانی و مناطق با پوششهای سطحی متنوع توجه خواهد شد. با توجه به این مطلب و به منظور نمایش دقیقتر نتایج، مرکز محدوده مورد مطالعه بر روی مناطق البرز و زاگرس واقع در مختصات  $34.0^0N$  و  $50.0^0E$  قرار داده شده است (شکل های ۱ و ۲).

در اجرای RegCM از داده های توپوگرافی USGS<sup>۳</sup> با دقت  $3^0$  (دقیقه) و از داده های GLCC<sup>۴</sup> برای پوشش سطحی و جنس خاک با دقت  $3^0$  (دقیقه)، که با رده بندی پوشش سطحی و نوع خاک BATS همخوانی دارد، استفاده شده است. برای دمای سطح آب از داده های OISST<sup>۵</sup> و برای تعیین شرایط مرزی و آغازین از داده های تحلیل مجدد شده NCEP<sup>۶</sup> با شبکه  $2.5^0$  استفاده شده است. شرایط مرزی مطابق کار دیویس و تورنر<sup>۷</sup> (۱۹۷۷) و بر اساس واهلش نمایی<sup>۱</sup> تعیین می شود.

<sup>1</sup> Lambert conformal projection

<sup>2</sup> Landuse

<sup>3</sup> United States Geological Survey

<sup>4</sup> Global Land Cover Characterization

<sup>5</sup> NOAA International Sea Surface Temperature

<sup>6</sup> National Center for Environment Prediction

<sup>7</sup> Davies and Turner

شبیه سازی ها برای دو فصل زمستان (دسامبر ۱۹۹۸ تا فوریه ۱۹۹۹) و تابستان (ژوئن تا آگوست ۱۹۹۹) بوده و بیشترین توجه در بررسی ها، بر روی متغیرهای اقلیمی دما و بارش متمرکز شده است. برای ارزیابی شبیه سازی ها از داده های مشاهداتی و جهانی بهبود داده شده توسط واحد پژوهش اقلیمی<sup>۲</sup> (CRU) دانشگاه ایست آنجلیا<sup>۳</sup> با دقت<sup>۰</sup> 0.5 استفاده شده است(نیو و همکاران ۲۰۰۰)<sup>۴</sup>.

#### ۴- نتایج شبیه سازی دما و بارش

همانگونه که انتظار می رود طرحواره SUB-BATS بیشترین تاثیر خود را در نواحی کوهستانی می گذارد. در زمستان، نتایج اجرای مرجع الگوی کلی قابل قبولی را برای دما نمایش می دهد(شکل ۳). با مقایسه میدانهای دمایی مشاهده، مرجع و زیر شبکه مشهود است که مدل در شبیه سازی دما خصوصا در ارتفاعات موفق عمل می کند و این روند در نتایج اجرای زیر شبکه ای بهبود نیز می یابد.

نتایج در این فصل بایاس<sup>۵</sup> سردی را نسبت به مشاهدات نشان می دهد، یا به عبارتی دیگر تخمین مدل از دما بطور متوسط پایینتر از مشاهده است که این نتیجه با کارهای قبلی جیورجی و همکاران (۲۰۰۳) همخوانی دارد(نمودار ۱). از سوی دیگر خروجی زیر شبکه ای حد اقل دما را در ارتفاعات شمال شرق ترکیه تا  $7^{\circ}\text{C}$  تخمین می زند که به مشاهده بسیار نزدیک است. وضعیت شبیه سازی دما در نواحی مرکزی ایران، در هر دو مورد تقریبا یکسان است و بعضا نتایج اجرای زیر شبکه ای جزئیات بیشتری را در اختیار می گذارد.

در تابستان نیز بطور کلی وضعیت الگوی توزیع دما مطلوب است و مدل در هر دو حالت الگوی توزیع خوبی را نمایش می دهد، به علاوه آنکه وضعیت پیش بینی دما در این فصل تا حدودی بهتر از فصل زمستان است. ولی در مجموع با توجه به نمودارهای موجود اینگونه به نظر می رسد که تفاوت عمده ای میان خروجیها در دو اجرای مختلف مدل وجود ندارد و تنها طرحواره SUB-BATS در مواردی در نشان دادن بهتر دمای حداقل و حداکثر موفق بوده است(نمودار ۳).

تحلیل خروجیهای بارش به مراتب پیچیده تر از تحلیل میدانهای دمایی است. از یک سو تغییر پذیری بیشتر بارش نسبت به دما، از امکان دستیابی مدل به یک الگوی مناسب همچون دما می کاهد و از سوی دیگر ضعف داده های مشاهداتی و محدود بودن ایستگاههای بکار گرفته شده، بخصوص در ارتفاعات، شرایط مقایسه و تحلیل را به مراتب پیچیده تر نیز می کند. به عنوان نمونه باتوجه به اقلیم منطقه و فیزیک ارتفاعات، انتظار داریم بارشهای حد اکثر را در ارتفاعات و مخصوصا در منطقه البرز مرکزی، ارتفاعات زاگرس و همچنین شمال شرق ترکیه مشاهده کنیم، حال آنکه این الگوی حد اکثر بارش در داده های مشاهداتی به چشم نمی خورد(شکل ۴).

با نگاه به خروجیها ی مدل مشهود است که مدل در نشان دادن الگوی کلی میدان بارش نسبتا موفق است. در خروجیهای بارش هر دو فصل تابستان و زمستان، حد اکثر بارش را می توان در ارتفاعات البرز و همچنین شمال شرق ترکیه

<sup>1</sup> Exponential relaxation

<sup>2</sup> Climate Research Unit

<sup>3</sup> East Anglia

<sup>4</sup> New et al.

<sup>5</sup> bias

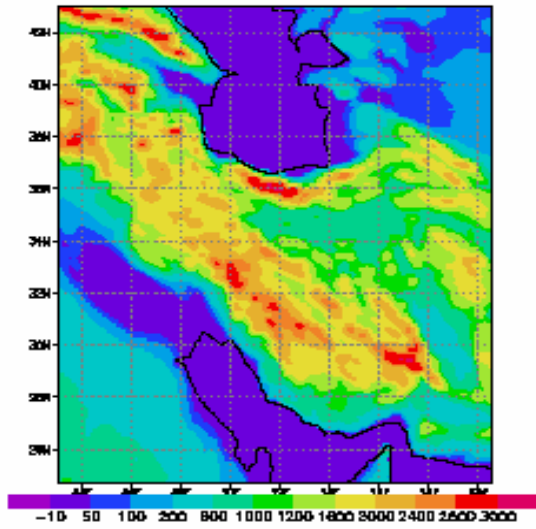
مشاهده کرد، با این تفاوت که مدل در خروجی اجرای زیر شبکه ای جزئیات بسیار ریزی را نمایش میدهد و علاوه بر آن مقادیر حد اکثر در این حالت به مراتب بیشتر از اجرای مرجع است (نمودارهای ۲ و ۳).  
با در نظر داشتن تاثیر غالب بارشهای فرارفتی در فصول گرم و ماهیت این بارشها و تاثیر مثبت بهبود ورودیهای توپوگرافی به آن، در فصل تابستان انتظار نمایش بهتر بارش را از اجرای حالت زیر شبکه ای داریم، در حالی که طبیعت کم باران فصول گرم در منطقه امکان بررسی این نحوه اثر را دشوار می نماید. بنابراین از نمودارهای تحلیلی بارش با در نظر گرفتن عدم اطمینان بالایی که در داده های مشاهداتی وجود دارد، تنها می توان به تخمین بسیار بالای خروجی اجرای زیر شبکه ای نسبت به اجرای مرجع استناد کرد و تحلیل دقیقتر و کاملتر را به زمان دستیابی به داده های مشاهداتی دقیقتر واگذار کرد.

## ۵- نتیجه گیری

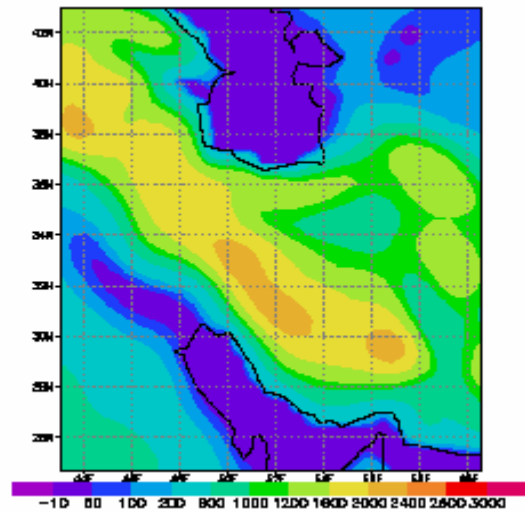
مدل RegCM در شبیه سازی دما، چه در اجرای مرجع و چه در اجرای زیر شبکه ای موفق عمل می کند. با توجه به پارامتره نمودن دمایی طرحواره SUB-BATS، نمایش میدان دمایی در منطقه در اجرای زیر شبکه ای تا حدودی بهبود نیز می یابد. ولی در مورد بارش اینگونه نیست. به نظر می رسد که نمایش ناموفق مدل از بارش را می توان به دو علت متناسب کرد اول آنکه پارامتره نمودنهای بارش برای این منطقه مناسب نمی باشد و از این رو مطالعه بیشتر منطقه ای در این زمینه را می طلبد. علت دوم را می توان در پاسخ به این سوال یافت که آیا پارامتره های بارش بکار گرفته شده در مدل در مقیاس زیر شبکه ای نیز معتبر است و نتایج قابل قبولی به همراه دارد؟ به عبارت دیگر آیا با تغییر گام زمانی در مدلهای سطح همچون BATS، باید در پارامتره های استفاده شده در این مدلها نیز تجدید نظر کرد؟ با یافتن پاسخ مناسب و دقیق برای این سوال شاید بتوان دقیقتر از پیش در مورد اعتبار طرحواره هایی از این نوع قضاوت کرد.

## مراجع

- 1-Davies, H. and Turner, R. 1977: Updating prediction models by dynamical relaxation: An examination of the technique, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 103, 225-45 .
- 2-Dickinson, R. E., Henderson-Sellers, A. , Kennedy, P., Giorgi, F (1993). Biosphere-atmosphere transfer scheme (BATS) version 1e as coupled to the ncar community climate model, Technical report, National Center for Atmospheric Research, NCAR/TN-387+STR .
- 3-Elguindi, N., Bi, X.Q., Nagarajan B., Pal J. and Solmon F., 2003: RegCM Version 3.0 User's Guide. PWC/ICTP Internal Report.
- 4-Giorgi, F., Francisco, R. and Pal, J. 2003: Effects of a subgrid-scale topography and land use scheme on the simulation of surface climate and hydrology. part 1: Effects of temperature and water vapor disaggregation., *Journal of Hydrometeorology*, vol. 4, 317-333 .
- 5-Kiehl, J., Hack, J., Bonan, G., Boville, B., Breigleb, B., Williamson, D. and Rasch, P. 1996: Description of the ncar community climate model (ccm3), Technical report, National Center for Atmospheric Research, NCAR/TN-420+STR.
- 6-New, M., Hulme, M. and Jones, P.D. 2000: Representing twentieth century space-time climate variability. Part 2: development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate. *Journal of Climate* 13, 2217-2238
- 7-Seth, A., Giorgi, F. and Dickinson R. E. 1994: Simulating fluxes from heterogeneous land surfaces: Introducing a vectorized version of Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (VBATS), *J. Geophys. Res.*, 99, 18,651.
- ۸-ایران نژاد پ. ، پازوکی ر. ، احمدی گیوی ف. ، سلطانزاده ا. ، ۱۳۸۳: بررسی تاثیر کوهستانها و کاربری اراضی اقلیم منطقه ایران با استفاده از مدل اقلیمی منطقه ای: ۱-معرفی اجمالی ساختار داخلی مدل RegCM، همایش پیش بینی عددی وضع هوا

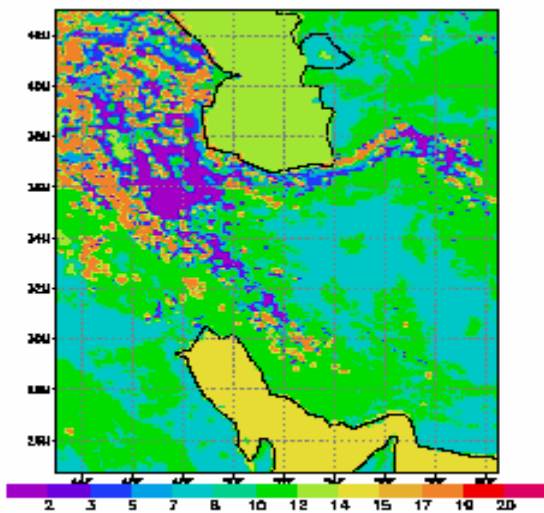


(ب)

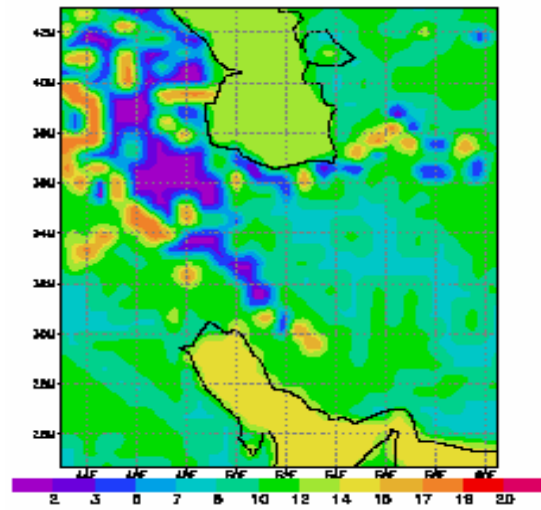


(الف)

شکل ۱- توپوگرافی بکار رفته در مدل، (الف) گام مکانی 60km، (ب) گام مکانی 10km.

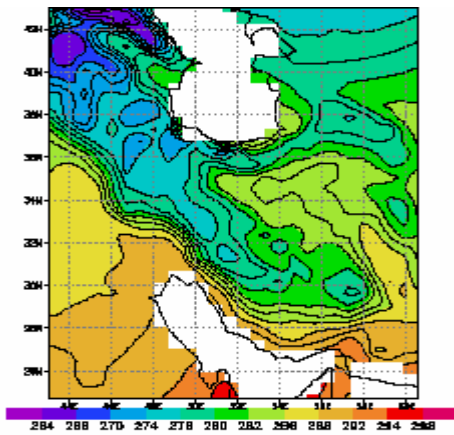


(ب)

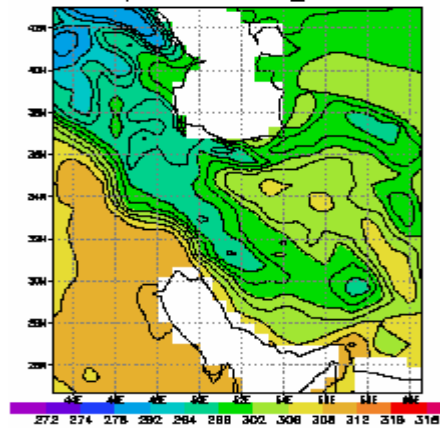


(الف)

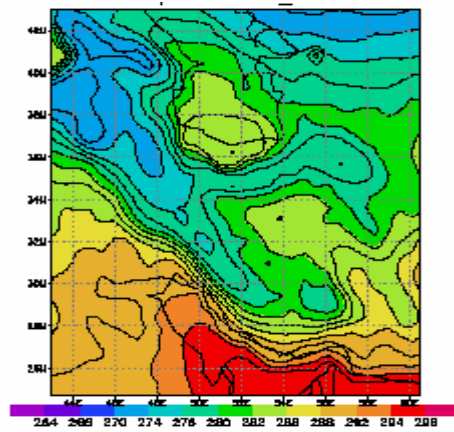
شکل ۲- زمین بکار رفته در طرحواره BATS، (الف) گام مکانی 60km، (ب) گام مکانی 10km.



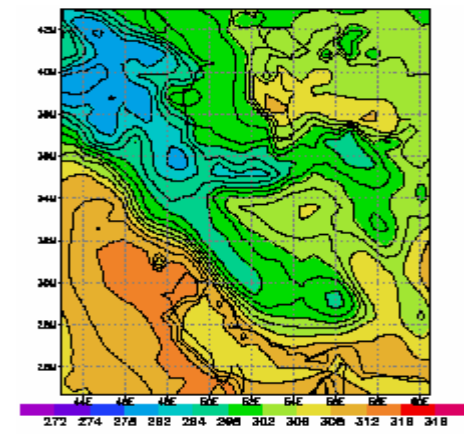
(ب)



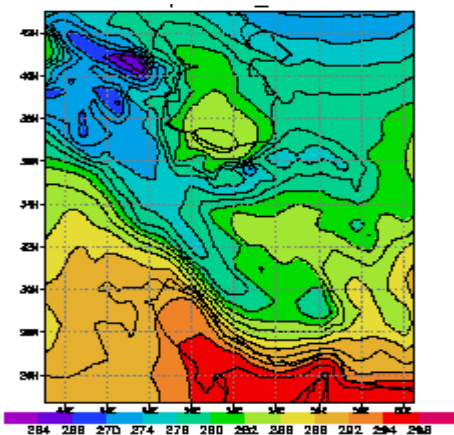
(الف)



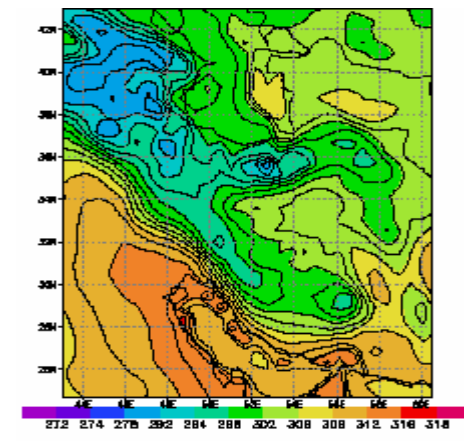
(د)



(ج)

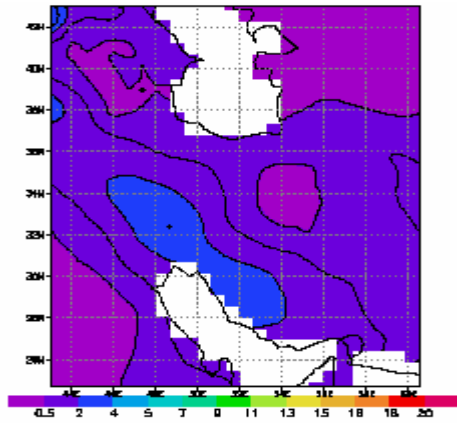


(و)

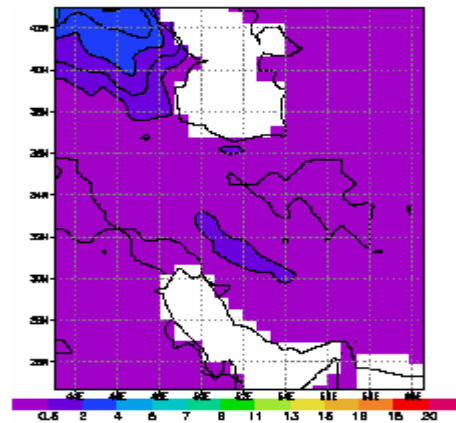


(ه)

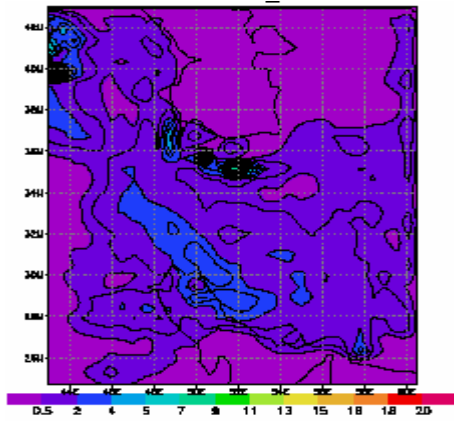
شکل ۳- میانگینهای فصلی دما، (الف) و (ب) میدان مشاهده به ترتیب برای فصلهای تابستان و زمستان، (ج) و (د) خروجی اجرای مرجع به ترتیب برای فصلهای تابستان و زمستان و (ه) و (و) خروجی اجرای زیر شبکه ای به ترتیب برای فصلهای تابستان و زمستان.



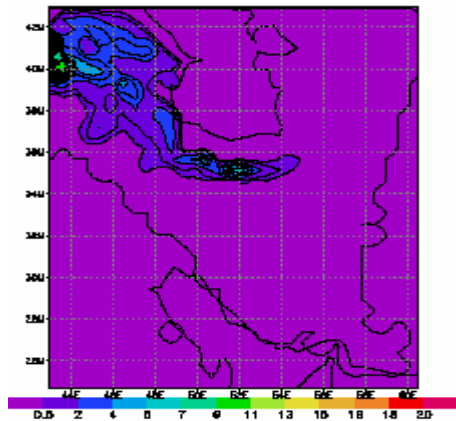
(ب)



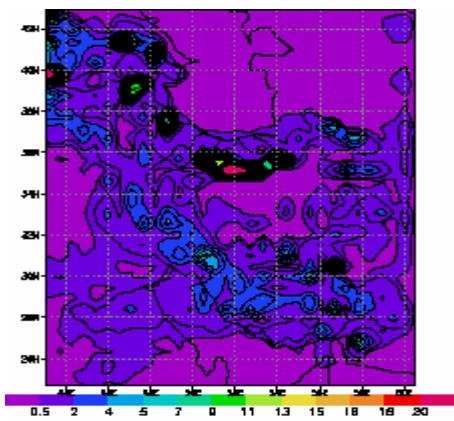
(الف)



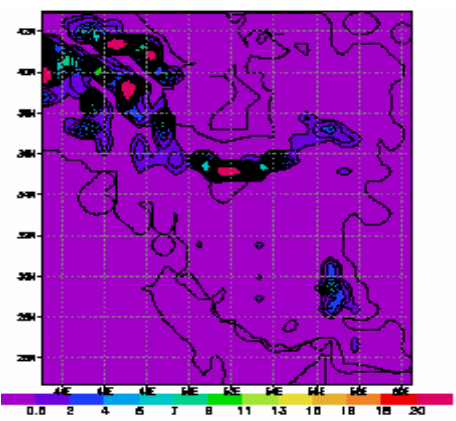
(د)



(ج)

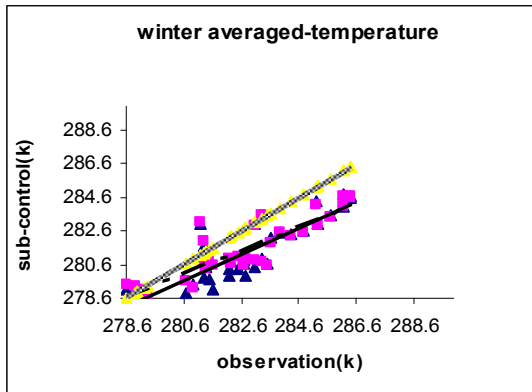


(و)

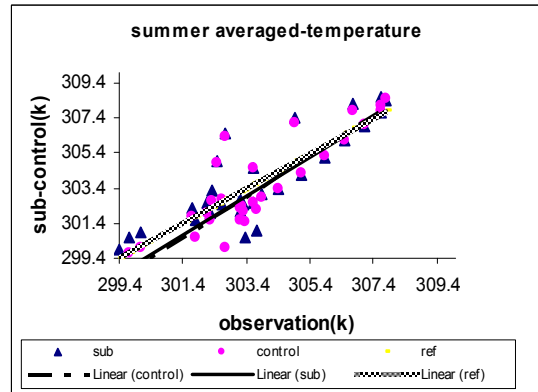


(ه)

شکل ۴- مشابه شکل ۳ ولی برای میانگینهای فصلی بارش.

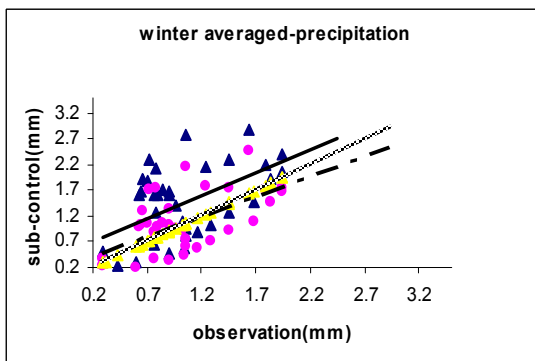


(ب)

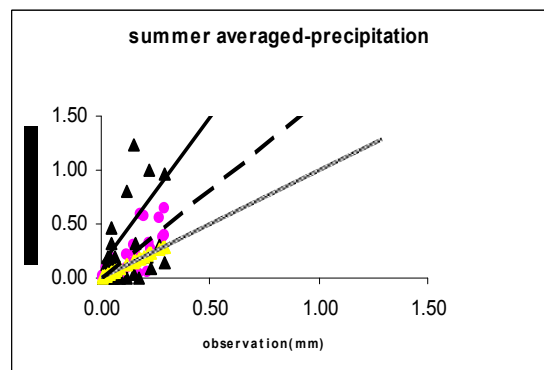


(الف)

نمودار ۱- میانگین نصف النهاری دما برای فصلهای، (الف) تابستان و (ب) زمستان.

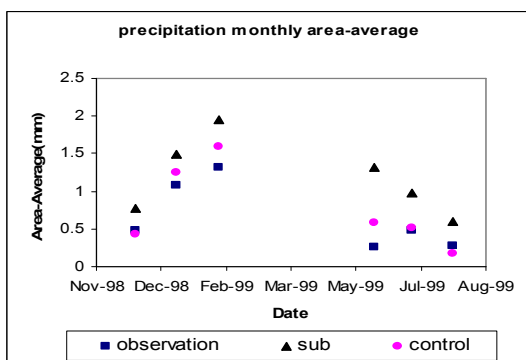


(ب)

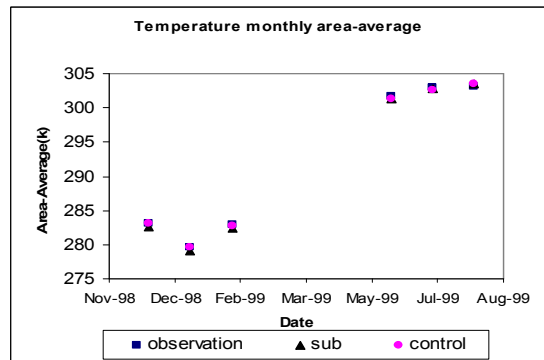


(الف)

نمودار ۲- میانگین نصف النهاری بارش برای فصلهای، (الف) تابستان و (ب) زمستان.



(ب)



(الف)

نمودار ۳- مقایسه میانگین های منطقه ای ماهانه برای، (الف) دما و (ب) بارش.