

بررسی تاثیر کوهستانها و کاربری اراضی اقلیم منطقه ایران با استفاده از مدل اقلیمی منطقه ای: ۱- بررسی اجمالی ساختار داخلی مدل RegCM

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

مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

چکیده مدل اقلیمی RegCM3 به دلیل توان تفکیک بالاتر نسبت به مدل‌های گردش کلی، در مطالعات مدل منطقه ای کاربرد وسیعی یافته است. آگاهی از فیزیک، دینامیک و معادلات حاکم همراه با روش‌های پارامتره کردن فرآیندهای مختلف موجود در مدل برای استفاده کاربردی و یا پژوهشی ضروری است. در این مقاله ساختار مدل RegCM3 بصورت اجمالی بررسی خواهد شد. پس از معرفی اجزا مدل، معادلات بسط به همراه طرحواره‌های بکاربرده شده در مدل معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی - RegCM، طرحواره، منطقه ای

۱- مقدمه

RegCM¹ یا مدل اقلیم منطقه ای، مدلی است که برای بررسی و پیش بینی‌های اقلیمی منطقه ای طراحی شده است. اگر از تقسیم بندی هاسلمان² (۱۹۸۱) در مورد مقیاس‌های زمانی پدیده‌ها و وضعیت جوی استفاده کنیم، می‌توانیم فرکانسهای کوچکتر از "۱ دور در ماه" را "اقلیمی" در نظر بگیریم [۴]. به عبارت دیگر استفاده از این مدل برای دوره‌های بزرگتر از یک ماه، بررسی اقلیمی قلمداد می‌شود.

در سالهای اخیر توجه به اقلیم منطقه ای³ و پاسخ آن به واداشتهای اقلیمی بزرگ مقیاس، نظیر تغییر غلظت گازهای گلخانه‌ای، به شکل چشمگیری زیاد شده است [۷]. توزیع مکانی متغیرهای اقلیمی مانند دما و بارش، علاوه بر واداشتهای بزرگ مقیاس، تحت تاثیر واداشت‌های منطقه ای است. از جمله عوامل واداشت می‌توان از ساختارهای توپوگرافی، سفره‌های^۵ آبی گسترده و یا خطوط ساحلی پیچیده که توسط مدل‌های گردش کلی^۶ آشکارسازی نمی‌شوند را نام برد [۷].

با وجود عوامل منطقه ای مانند رشته کوههای زاگرس و البرز و یا دریای خزر و خلیج فارس و دریاچه ارومیه در ایران به عنوان نمونه ای از عوامل منطقه ای، اجرای مدلی مانند RegCM3 برای آشکارسازی اثرات این عوامل بر اقلیم منطقه ویا بر سیستم‌های جوی که روی ایران قرار می‌گیرند، ضروری است.

¹ Regional Climate Model version 3

² Hasselmann

³ Regional

⁴ Forcing

⁵ Bodies

⁶ GCM

از سالهای ۱۹۸۹ و ۱۹۹۰ ایده به کاربردن مدل ناحیه محدود^۱ در داخل شبکه مدل گردش کلی برای مطالعه اقلیمی گسترش یافت. این روش که به روش لانه ای یک طرفه^۲ معروف است، از نتایج شبیه سازی مدل گردش کلی به عنوان شرایط اولیه و شرایط مرزی برای اجرای یک مدل ناحیه محدود، در منطقه مورد مطالعه، استفاده می کند [۷]، به طوری که نتایج مدل منطقه ای برمدل گردش کلی تاثیر نمی گذارد. اساس کار در مدل های RegCM بر این مبنا است که مدل های گردش کلی می توانند واداشت های بزرگ مقیاس در گردشهای کلی را فراهم کرده و از سوی دیگر مدل های منطقه ای اقلیمی، می توانند عوامل زیر شبکه (از نظر مدل های گردش کلی) را شبیه سازی نمایند [۱۰]، که این عمل باعث دستیابی به تفکیک^۳ بالاتر و آشکار سازی عوامل زیر شبکه خواهد شد.

مدل NCAR / RegCM3^۴، شکل تکامل یافته مدل NCAR / MM4 است [۱۰] که در دهه گذشته ساختار آن تحول زیادی کرده است. قسمت هایی از مدل MM4 که پارامتره کردن فیزیکی^۵ را انجام می دادند، برای شبیه سازی های اقلیمی بلند مدت تغییر داده شده اند [۱۷]. برخی از طرحواره های بکار رفته در نسخه فعلی مدل RegCM3، مانند طرحواره پوشش سطحی، تابش و یا بارش بزرگ مقیاس، در طی این سالها کاملاً متحول شده و در مواردی به طور کامل تغییر کرده اند. در نتیجه مدل فعلی قابلیت آشکار سازی عوامل اقلیمی را یافته است، به طوری که تفاوت چشمگیری با مدل هواشناسی MM4 دارد.

تا کنون آزمایشهای عددی مختلفی به منظور ارزیابی عملکرد مدل از طریق مقایسه نتایج مدل با مشاهدات انجام شده است. این آزمایشها بازه زمانی در حدود چند روزه، ماهیانه، فصلی و سالیانه داشته است [۷]. برای نمونه می توان به مطالعات انجام شده برای آمریکای شمالی [۸]، ژاپن و آسیای شرقی [۱۲]، اروپا [۷] و [۱۵]، آسیای مرکزی [۱۷] و آفریقا [۱۸] اشاره کرد.

در RegCM3 برای پارامتره کردن هر یک از پدیده های فیزیکی در مقیاس های میانی و خرد، مانند همرفت و توپوگرافی، طرحواره های متعددی موجود است. برای انتخاب طرحواره های مناسب و یا تغییر احتمالی در آنها، جهت سازگاری با منطقه مورد مطالعه، ابتدا باید با اجزاء مدل از قبیل معادلات بسط بکاررفته، ساختار افقی و قائم شبکه، روشهای حل معادلات و طرحواره های مربوطه آشنا شد. تنها پس از شناخت ویژگیهای مدل، محدودیتها و فرض های پایه ای آن است که می توان بطور مناسب از آن استفاده کرد و نتایج را بدرستی مورد تحقیق قرار داد. سپس با انجام آزمایشهایی و تحلیل نتایج آنها، می توان شناخت اولیه از ویژگیهای منطقه مورد مطالعه بدست آورد. در مرحله بعد، برای مطالعه نقش پدیده های فیزیکی مختلف در اقلیم منطقه، آزمایشهایی با طرحواره های مختلف و یا تغییر مورد نیاز در آنها صورت می گیرد. با توجه به مطالب فوق، ابتدا در این مقاله سعی شده است ساختار فیزیکی، ترمودینامیکی و دینامیکی مدل از طریق بررسی اجزاء آن معرفی شود. در مقاله تکمیلی، بخشی از نتایج اجراهای مختلف مدل، به ویژه در رابطه با نقش طرحواره پوشش سطحی، ارائه شده است [۱۹].

¹ LAM : Limited Area Model

² One-way Nesting

³ Resolution

⁴ National Center for Atmospheric Research

⁵ Parameterization

۲- ساختار مدل

۲-۱- معادلات بسیط

راستای قائم در مدل RegCM3، با σ ارائه می شود. سیگما به شکل $\sigma = \frac{p - p_t}{p_s - p_t} = \frac{p - p_t}{p^*}$ تعریف می شود

که P_s فشار سطح زمین و P_t فشار بالاترین تراز است. این دستگاه ساختار ناهمواری ها در سطح را فظ کرده و با افزایش ارتفاع (کاهش فشار) تخت تر می شود تا جایی که می توان با انتخاب P_t مناسب در ارتفاعی خاص، اثری از ناهمواری باقی نگذاشت. معادلات تکانه، ترمودینامیک، پیوستگی جرم و هیدرو استاتیک به ترتیب به شکل زیر است [۲]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(p^* u) + m^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(p^* \frac{uu}{m} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(p^* \frac{uv}{m} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial \sigma} (p^* u \dot{\sigma}) = \quad (1)$$

$$- mp^* \left[\left(\frac{RT}{p^* + p_t / \sigma} \right) \frac{\partial p^*}{\partial x} + \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right] + p^* v f$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(p^* v) + m^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(p^* \frac{uv}{m} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(p^* \frac{vv}{m} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial \sigma} (p^* v \dot{\sigma}) = \quad (2)$$

$$- mp^* \left[\left(\frac{RT}{p^* + p_t / \sigma} \right) \frac{\partial p^*}{\partial y} + \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right] - p^* u f$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(p^* T) + m^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(p^* \frac{uT}{m} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(p^* \frac{vT}{m} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial \sigma} (p^* T \dot{\sigma}) = \quad (3)$$

$$\frac{RT_v \omega}{c_{pm} \left(\sigma + \frac{p_t}{p^*} \right)} + \frac{p^* Q}{c_{pm}}$$

$$\frac{\partial p^*}{\partial t} + m^2 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(p^* \frac{u}{m} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(p^* \frac{v}{m} \right) \right] + \frac{\partial (p^* \dot{\sigma})}{\partial \sigma} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \ln \left(\sigma + \frac{p_t}{p^*} \right)} = -RT \left[1 + \frac{q_c + q_r}{1 + q_v} \right]^{-1} \quad (5)$$

که v, u مولفه های سرعت افقی، $p^* = p_s - p_t$ ، دمای T ، دما مجازی، $c_{pm} = c_p(1 + .8q_v)$ که c_p گرمای ویژه هوا در فشار ثابت، R ثابت گازها، f پارامتر کوریولیس، Φ ارتفاع ژئوپتانسیل، m فاکتور نقشه است (جملات مربوط به پخش نشان داده نشده اند). این معادلات به کمک معادله پیوستگی بدست آمده اند.

q_v بترتیب نسبت اختلاط بخار آب است. q_r, q_c نیز بترتیب نسبت اختلاط آب یا یخ داخل ابر و آب یا برف می باشد. رطوبت ویژه و آب تراکم یافته هر دو رابطه ای مانند دما (رابطه ۲) دارد که تنها شامل جمله اول سمت راست (جمله آدیاباتیک) این رابطه نبوده و جمله دوم سمت راست مربوط به چشمه ها و چاه های رطوبت می باشد. شبکه افقی، شبکه ای چیده شده از نوع آراکوا- B^1 می باشد. این شبکه با دقت بیشتری نیروی گرادیان فشار و واگرایی افقی را محاسبه می کند [۲]. σ متغیر مستقل و بی بعد در راستای قائم است که بین ۰ تا ۱ تغییر می کند. فواصل بین σ های مختلف ثابت نبوده و می توان آن را طوری انتخاب کرد که در ترازهای پایین تر فاصله کمتری بین ترازها بوده و در ترازهای بالاتر فاصله آنها بیشتر شود.

۲-۲- اجزاء اصلی مدل

اجزاء اصلی مدل RegCM3 در شکل (۱) نشان داده شده است. قسمت پیش پردازشگر (A) داده های مربوط به شرایط مرزی و شرایط اولیه (A-1) را بر روی شبکه مورد نظر کاربر در طول و عرض جغرافیایی تعیین شده، درونیابی می کند. پارامترهای دیگری نظیر فاکتور نقشه و یا ضریب کوریولیس نیز در این قسمت محاسبه می گردد. از طرفی مشخصات سطحی میدان مانند جنس خاک، پوشش گیاهی، توپوگرافی و پوشش برف بر روی شبکه درونیابی می شود (A-2). پیش یابی کمیت های مختلف در قسمت Main (B) محاسبه شده و این قسمت، از داده های ذخیره شده بخش (A) استفاده می کند. بخش آخر مدل (C) عملیاتی از قبیل میانگین گیری روزانه، هفتگی و ماهیانه را بر روی کمیت های پیش یابی شده انجام میدهد.

۲-۲-۱- پیش یابی مدل

قسمت پیش یابی مدل را نیز می توان به دو بخش تقسیم کرد (شکل ۲). بخش اول، بعد از محاسبه مقادیر ثابت و تعریف آرایه های سه بعدی متغیرهای مختلف (B-1)، شرایط آغازین را بر روی آرایه های سه بعدی میدان قرار می دهد (B-2) و شرایط مرزی را بر روی مرزهای میدان اعمال می کند (B-3). در بخش دوم، حلقه پیش یابی آغاز می گردد (B-4-1). در این حلقه، در زمان $t=0$ ، تاریخ اجرای مدل به عنوان شروع پیش یابی تنظیم شده و تا پایان پیش یابی، به این تاریخ با هر بار اجرای حلقه، به اندازه گام زمانی افزوده می شود و وقتی که زمان به انتهای مدت اجرای مدل برسد حلقه پیش یابی پایان می پذیرد (B-4-2). در آغاز این حلقه، متناسب با دوره زمانی، شرایط مرزی (مثلا هر ۶ ساعت یکبار) در گام های زمانی این بازه، درون یابی می گردد (B-5). این مقادیر برای هر گام زمانی و در هنگام پیش یابی، بر روی مرزهای میدان قرار گرفته و با استفاده از روش اعمال شرایط مرزی (مثلا واهلش^۲ و یا درونشارش-برونشارش^۳) به مدل خوانده می شود. در بخش (B-6)، پیش یابی متغیرها برای گام زمانی $t+1$ انجام می گیرد. این بخش که در سابروتین tend قرار دارد،

¹ Arakawa-B

² Relaxation

³ Inflow-Outflow

نسخه غیر هیدرواستاتیک MM4 است که می تواند برای شبکه هایی تا توان تفکیک ده کیلومتر نیز بکار رود [۱۰]. برای پیش یابی متغیر ها در گام زمانی $t+1$ ، به مقادیر گام های t و $t-1$ نیاز است. از این مقادیر در بخش (B-6) استفاده و مقادیر گام های پیش تر به عنوان خروجی مدل ذخیره می شود.

۲-۲-۲- محاسبه گرایش ها

این بخش که در سابروتین tend قرار دارد، در شکل (۳) نشان داده شده است. در معادلات بسیط معرفی شده در بخش ۱-۲، کمیت های سرعت، دما و رطوبت ویژه در p^* ضرب (جفت) شده اند. به عبارت دیگر، در هر گام زمانی، نتیجه پیش یابی این معادلات برابر با مقدار جفت شده کمیت مورد نظر با p^* است. همانطور که در شکل (۳) نیز دیده می شود، در ابتدای این بخش، همه کمیت های بدست آمده در گام زمانی قبل بر p^* تقسیم می شوند. میدان پیش یابی، میدانی سه بعدی است که i در راستای شمال-جنوب، j غرب-شرق و k بالا-پایین تعریف شده است. با توجه به شکل (۳)، محاسبات مربوط به گرایش ها در حلقه j انجام می شود. در هر گردش حلقه، برشی شمالی-جنوبی از میدان سه بعدی کمیت ها محاسبه می شود. پس از اتمام این حلقه، شرایط مرزی برای گام زمانی بعدی بر روی مرز میدان سه بعدی قرار خواهد گرفت. به عبارت دیگر، شرایط مرزی هر گام زمانی، در گام زمانی قبلی بر روی میدان قرارداد می شود. تعیین ضرایب پخش افقی، به کمک میدان افقی سرعت و با استفاده از پخش مرتبه دوم برای نقاط کناری مرزها و پخش مرتبه چهارم برای نقاط داخلی انجام می شود [۱]. برای پخش مرتبه چهارم می توان نوشت:

$$F_{H4\alpha} = -p^* K'_H \nabla_\alpha^4 \alpha \quad (6)$$

که α هر کمیتی می تواند باشد و ضرایب K'_H ، K_H و D (تغییر شکل) از روابط زیر بدست می آیند:

$$K'_H = \Delta s^2 K_H \quad (7)$$

$$K_H = K_{HO} + \frac{1}{2} k^2 \Delta s^2 D \quad (8)$$

$$D = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (9)$$

است. Δs طول شبکه و k ثابت فون کارمن است. ضرایب موجود در روابط ۶ تا ۸، قبل از محاسبه پخش افقی بدست می آیند و سپس این ضرایب برای محاسبه پخش کمیت های مختلف در سابروتین های diffu و diffut استفاده خواهد شد. فرارفتهای افقی و قائم نیز به ترتیب در سابروتین های hadv و vadv با عملگرهای تفاضل متناهی مرکزی محاسبه می گردند. در محاسبه فرارفت قائم، فاصله بین ترازهای سیگما به عنوان تابع وزنی بکار می رود. به علاوه، محاسبه گرادیان های فشار و ژئوپتانسیل و نیروی کوریولیس، آنگونه که در معادلات بسیط معرفی شده اند، در این جا انجام می گیرد. مجموع این اثرات، گرایش های فشار، سرعت، دما و رطوبت را بدست می دهند. با این صورت در محاسبه گرایش ها، با ترتیبی که در شکل (۳) نشان داده شده است، جملاتی که برای دما و رطوبت نیازمند پارامتره کردن هستند باقی

می ماند (چشمه ها و چاه ها) که هر کدام توسط طرحواره های مختلف محاسبه شده و سپس به جملات گرایش اضافه می شوند.

۲-۲-۳- معرفی طرحواره ها

طرحواره های بکار رفته در مدل در دو شکل (۳) و (۴) نشان داده شده و به اختصار در زیر معرفی می شوند. در شکل (۴)، تمامی مراحل محاسبه گرایش های دما و رطوبت ارائه شده است .

الف . طرحواره تابش (CCM3 Radiative Transfer Package) : این طرحواره، همچنان که در [۱۳] شرح داده شده است ، با استفاده از تقریب دلتا-دینگتون^۱ و در نظر گرفتن اثر O_3 ، H_2O ، CO_2 و O_2 ، تابش را پارامتره می کند و ۱۸ طول موج طیفی در بازه ۰/۲ تا ۵ میکرومتر را شامل می شود. همچنین خواص اپتیکی ابرها به کمک محتوی آب ابر و شعاع موثر قطرات بدست می آید [۵]. این طرحواره در سابروتین colmod3 قرار دارد.

ب . طرحواره پوشش سطحی (Vector BATS): این طرحواره که در سابروتین vecbats قرار دارد ، به طور مبسوط در مقاله تکمیلی توسط نگارندگان بررسی شده است [۱۹].

ج . طرحواره لایه مرزی سیاره ای^۲ : طرحواره ای بر مبنای مفهوم پخش غیر متمرکز است که گرادیان شار پیچکها را در نظر می گیرد [۱۲]. این طرحواره توسط هولتسلاگ و همکاران تکمیل شده است [۶].

د . طرحواره بارش همرفتی^۳ : در مدل RegCM3 سه انتخاب به شرح زیر برای بارش همرفتی وجود دارد که در هر اجرا می توان از یکی از آنها استفاده کرد.

د.۱. گزل^۴ [۱۱]: در این طرحواره، ابر به شکل دو جریان بالا رو و پائین رو در نظر گرفته می شود که با محیط اطراف هم آمیختگی ندارد و تنها در بالا و پائین ابر جریان هم آمیختگی رخ می دهد [۱]. بعبارت دیگر، شار ماده در راستای قائم ثابت می ماند.

د.۲. بتس-میلر^۵ [۳]: اثر زیر شبکه ای همرفت ابرها به شکل تصحیح نیمرخ قائم دما و رطوبت مدل می شود. در این طرحواره از شبه- تعادل^۶ مشاهده شده بین ابرها و واداشت های بزرگ مقیاس استفاده شده است. شبه- تعادل به این معنی است که همرفت، به عنوان قیدی برای ساختار دما و رطوبت که به واسطه جریان های بزرگ مقیاس ناپایدار می شوند، عمل می کند [۱].

¹ Eddington

² Planetary Boundary Layer

³ Convective Precipitation Schemes

⁴ Grell

⁵ Betts-Miller

⁶ Quasi-Equilibrium

د.۳. کو_آنس^۱[۱۴]: این طرحواره بر مبنای واگرایی رطوبت و مقایسه آن با مقداری خاص بنا شده است و زمانی همرفت رخ می دهد که نیمرخ قائم ناپایداری را نشان دهد [۱].

ه. طرحواره بارش بزرگ مقیاس^۲: طرحواره بارش بزرگ مقیاس اثر بارش های ابر های غیر همرفتی را پارامتره می کند. میزان رطوبت نسبی میانگین در هر شبکه به ابرناکی آن شبکه مربوط می گردد. برای رطوبت نسبی حد بالا و حد پایینی در نظر گرفته شده که زیر آن مقدار ابرناکی صفر و بالای آن ابرناکی یک است [۱۶].

و. طرحواره صریح رطوبت^۳: طرحواره صریح رطوبت، میزان گرمایش دررو به واسطه تبخیر محصولات بارش را پارامتره می کند.

۳- جمع بندی

مدل RegCM3 بخش های مختلفی دارد که استفاده از هر کدام و انتخاب پارامتر های گوناگون می تواند به نتایج مختلفی در پیش یابی کمیت ها بیانجامد. مدل RegCM3 به کاربر این امکان را می دهد که از طرحواره های پارامتره کردن گوناگون برای ارائه فرآیند های فیزیکی مختلف استفاده کند. شناخت این طرحواره ها، و آگاهی از محدودیتها و پیش فرضهایی که برای ساخت بکاررفته است، چگونگی ارتباط اجزاء مختلف مدل با یکدیگر و انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترهای مدل و انجام پیش بینی های معتبر تر اقلیم منطقه ای و تحلیل آگاهانه نتایج ضروری است. به دلیل این ضرورت، مقاله حاضر، به عنوان گشایشی بر سلسه مقالات در رابطه با کاربرد مدل RegCM3 برای مطالعه نقش واداشت های منطقه ای بر اقلیم ایران، به بررسی اجمالی ساختار این مدل پرداخته است.

¹ Kuo-Anthes

² SUBEX

³ Explicit Moisture Scheme

مراجع

- [1] Anthes R., Hsie E., Kuo Y., 1987 :Description of the Penn State/NCAR Mesoscale Model Version 4 (MM4) , *NCAR Technical Note*, National Center for Atmospheric Research.
- [2] Anthes R. , and Warner T. , 1978 :Development of Hydrodynamic Model Suitable for Air Pollution and Other Mesometeorological Studies , *Mon. Wea. Rev.*, 106(8) , 1045-1078 .
- [3] Betts, A.K., 1986: A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 112, 677-691.
- [4] Dobrovolsk S. G. : *Stochastics Climate Theory* , 2000 , P 25
- [5] Elguindi N., Bi X., Nagarajan B., Pal J., and Solmon F., *RegCM Version 3.0 User's Guide*, 2003: International Center for Theoretical Physics.
- [6] Holtslag A., de Bruijn E., and Pan H., 1990 : A high resolution air mass transformation model for short range weather forecasting, *Mon. Wea. Rev.*,.
- [7] Giorgi F. , 1990 :Use of a Limited-Area Model Nested in a General Circulation Model for Regional Climate Simulation Over Europ , *J. Geophys. Res.* ,95 (D11), 18,413-18,431.
- [8] Giorgi F. , Brodenr C. S. , and Bates G. T. , 1994 :Regional climate change scenarios over the United States produced with a nested regional climate model , *J. Clim.* , 7 , 375-399.
- [9] Giorgi F. , Marinucci M. R. , and Bates G. T. , 1993 :Development of a Second-Generation Regional Climate Model (RegCM2). Part I: Boundary-Layer and Radiative Transfer Processes , *Mon. Wea. Rev.*, 121, 2794-2813 .
- [10] Giorgi F. , and Mearns L. O. , 1999 :Introduction to special section: Regional climate modeling revisited , *J. Geophys. Res.* , 104(D6), P 6335-6352.
- [11] Grell, G. A., 1993 :Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 764-787
- [12] Hirakuchi H. , and Giorgi F. , 1995 :Multiyear present-day and 2XCO₂ simulations of monsoon climate over eastern Asia and Japan with a regional climate model nested in a general circulation model , *J. Geophys. Res.* , 100 , 21105-21125.
- [13] Kiehl J., Hack J., Bonan G., Boville B., Breigleb B., Williamson D., and Rasch P., 1996 :Description of the near community climate model (ccm3), *Technical report*, National Center for Atmospheric Research.
- [14] Kuo, H.L., 1974: Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large scale flow. *J. Atmos. Sci.*, 31, 1232-1240.

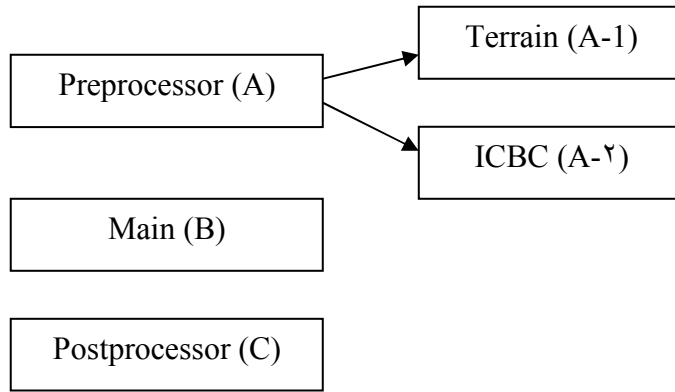
[15] Marinucci M. R. , and Giorgi F., 1992 :A 2XCO₂ climate change Scenario over Europe generated using a limited area model nested in a general circulation model , 1 , present-day seasonal climate simulation , *J. Geophys. Res.* , 97 , 9989-10009.

[16] Pal J. S. , Small E. E. , and Eltahir E. A. , 2000:Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM , *J. Geophys. Res.* , 105(D24), 29,579-29,594.

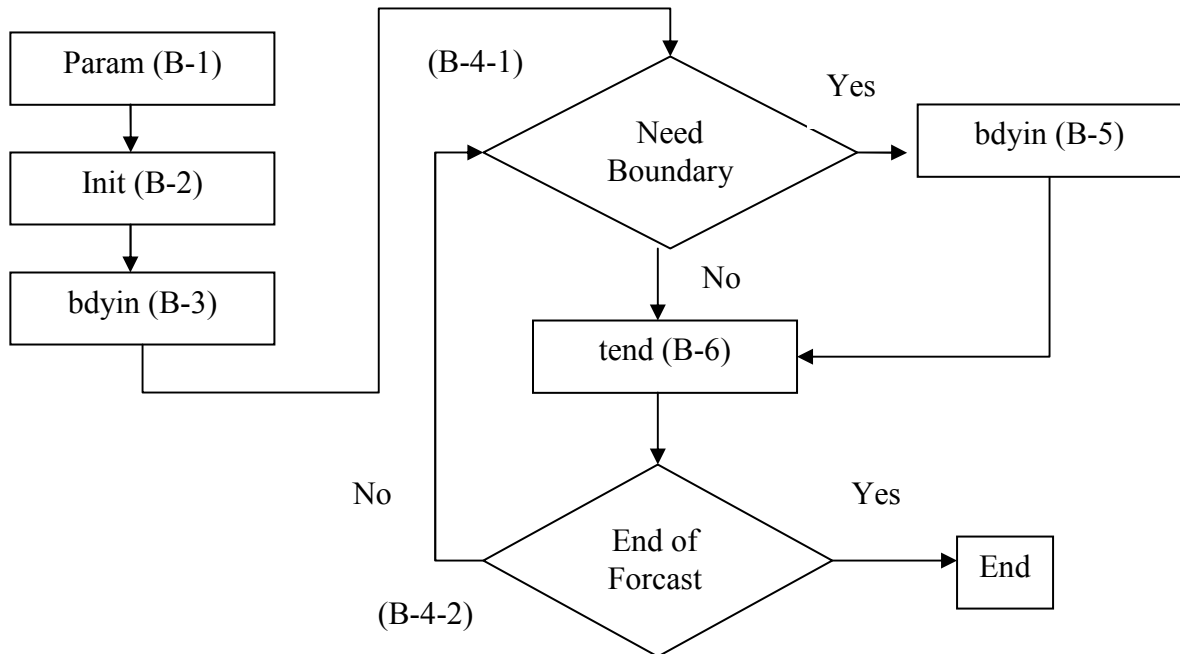
[17] Small E. E. , Giorgi F., and Sloan L. C. , 1999 :Regional climate model of precipitation in central Asia: Mean and interannual variability, *J. Geophys. Res.* , 104(D6), 6563-6582.

[18] Sun L. , Semazzi F. H. , Giorgi F. , and Ogallo L. , 1999 :Application of the NCAR Regional Climate Model to eastern Africa 2. Simulation of interannual variability of short rains , *J. Geophys. Res.* , 104(D6), 6549-6562.

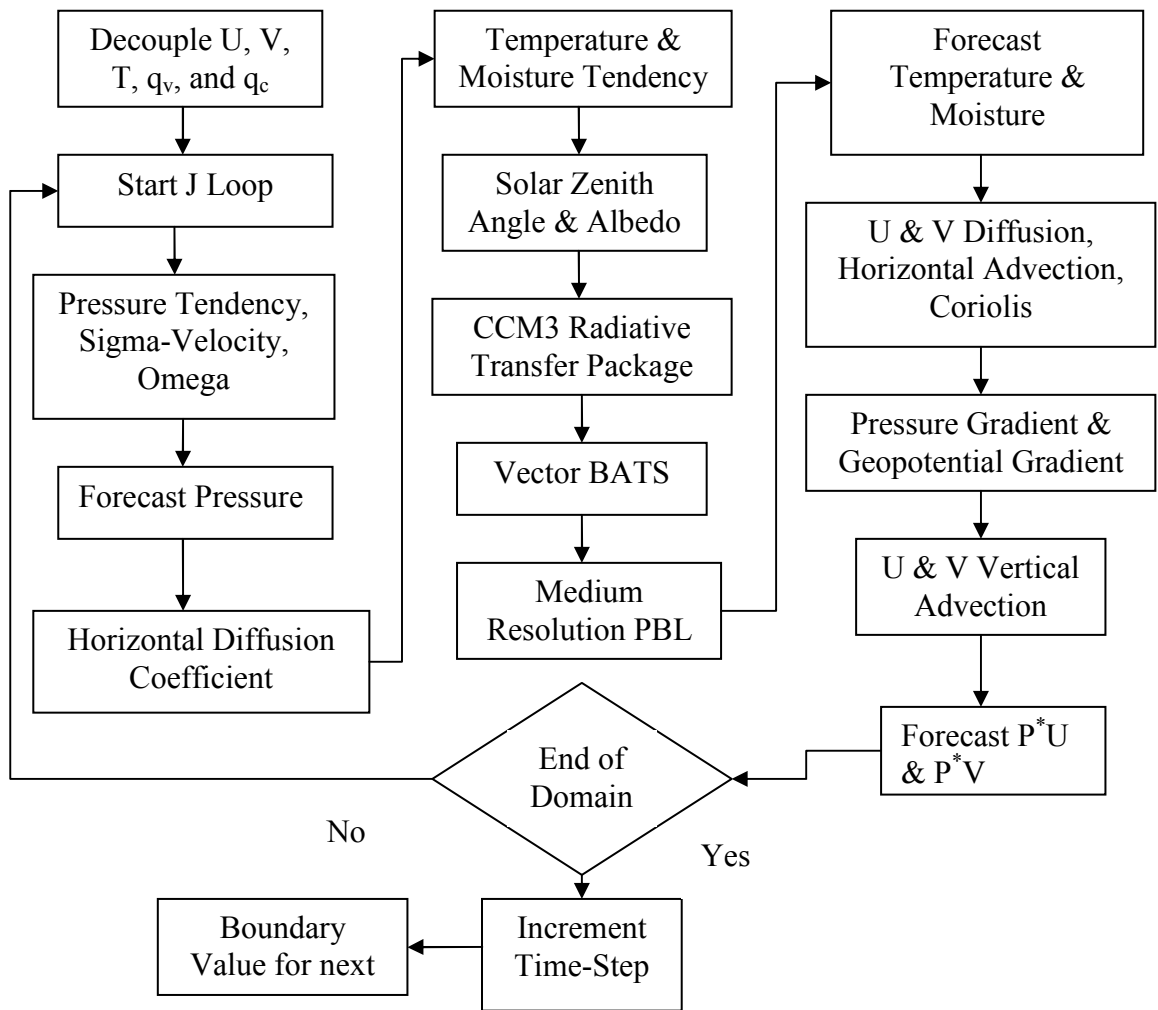
[۱۹] احمدی گیوی، ف ، سلطانزاده، ا، ایران نژاد، پ ، پازوکی، ر ، ۱۳۸۳، بررسی تاثیر کوهستانها و کاربری اراضی اقلیم منطقه ایران با استفاده از مدل اقلیمی منطقه ای :۲- بررسی تاثیر طرحواره زیر شبکه ای BATS در مدل منطقه ای RegCM. همایش پیش بینی عددی وضع هوا



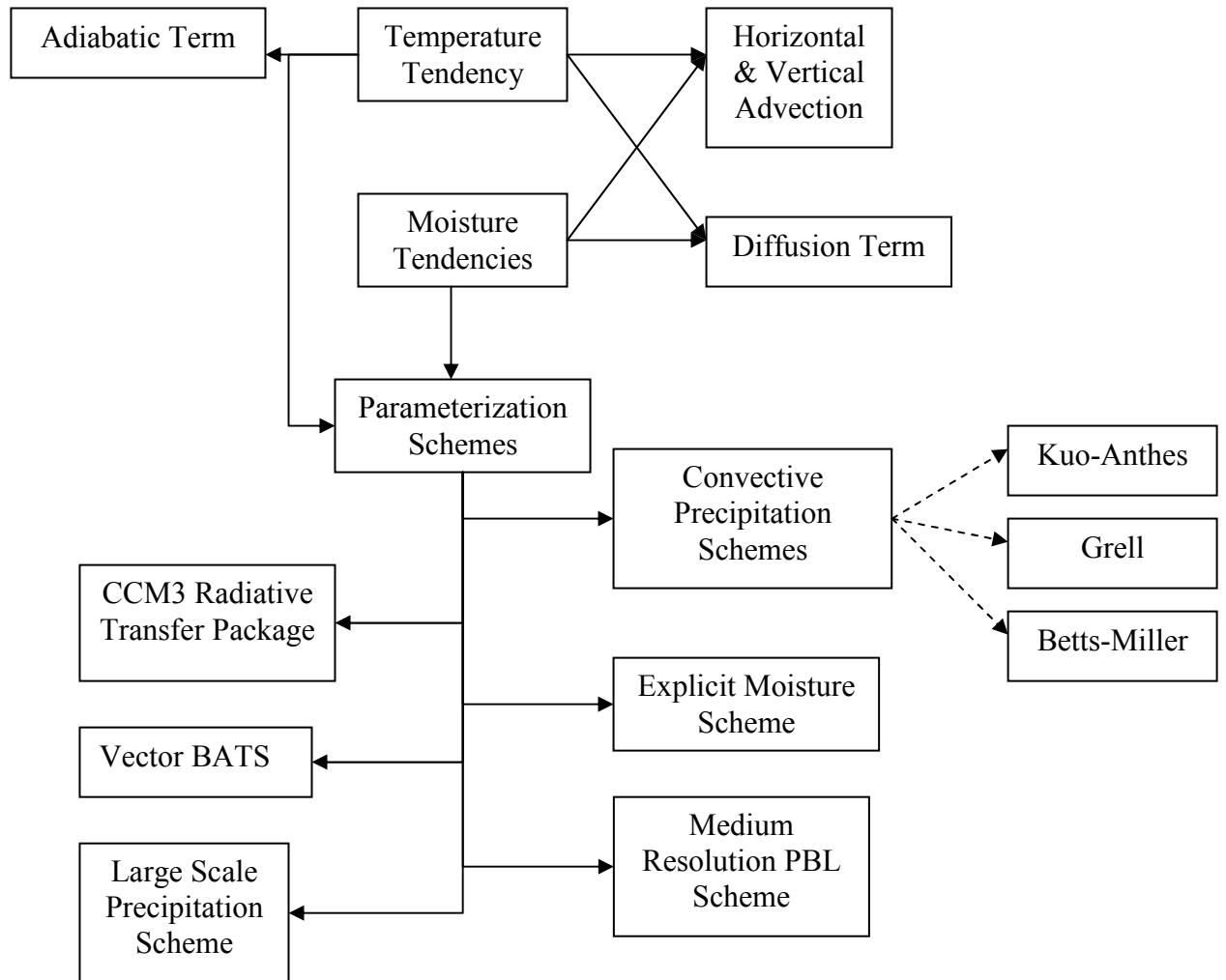
نمودار جعبه ۱- بخشهای اصلی مدل



نمودار جعبه ۲- بدنه اصلی مدل



نمودار جعبه ۳- ساختار داخلی سابروتین tend



نمودار جعبه ۴- مراحل محاسبه گرایشهای دما و رطوبت