

## شبیه‌سازی عددی جزیره گرمایی تهران

عباس رنجبر سعادت آبادی مجید آزادی<sup>x</sup> عباسعلی علی‌اکبری بیدختی<sup>xx</sup>

کارشناس سازمان هواشناسی کشور<sup>x</sup> عضو هیئت علمی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو<sup>xx</sup> عضو هیئت علمی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران  
سازمان هواشناسی کشور، صندوق پستی ۶۶۱-۱۳۱۸۵، تهران  
<sup>x</sup> پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، صندوق پستی ۱۱۴-۱۴۹۶۵، تهران  
<sup>xx</sup> موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۶۶-۱۴۱۵۵، تهران

### چکیده

میدان‌های باد و دمای تهران با استفاده از یک مدل منطقه محدود برای پیش‌بینی عددی وضع هوا، موسوم به سیستم مدل سازی *MM5* شبیه‌سازی شد. برای این منظور سه دامنه با تفکیک افقی ۲۷، ۹، و ۳ کیلومتر در نظر گرفته شد. مدل *MM5* برای دو روز مختلف، یکی در زمان استقرار سامانه‌های پرفشار و دیگری در زمان استقرار سامانه‌های کم فشار جوی، اجرا و خروجی‌های دامنه با درجه تفکیک بالا یعنی ۳ کیلومتر، طی یک دوره پیش‌بینی ۲۴ ساعته، مطالعه و بررسی شدند. پیش‌بینی‌های مدل با مقادیر دیدبانی شده دما در ارتفاع دو متری و باد در ارتفاع ده متری سطح زمین در ایستگاه‌های مهرآباد، اقدسیه، چیتگر، ورامین و پیام کرج مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهند که الگوی میدان‌های باد و دمای پیش‌بینی شده با مقادیر متناظر دیدبانی شده در این ایستگاه‌ها از سازگاری قابل قبولی برخوردار می‌باشد. همچنین نتایج حاصله از شبیه‌سازی نشان می‌دهند که در زمان استقرار سامانه‌های پرفشار، جزیره گرمایی بخوبی در نیمه‌شمالی شهر تشکیل شده و از شدت بیشتری نیز برخوردار می‌باشد، در حالی که در زمان استقرار سامانه‌های کم فشار گرمایی که با پرفشار سطوح میانی جو نیز همراهی می‌شود، امکان تشکیل و توسعه جزیره گرمایی در ساعات شب بخوبی فراهم نشده و در نتیجه جزیره گرمایی از شدت ضعیفتری برخوردار است. بررسی الگوهای میدان‌های باد و دمای پیش‌بینی شده نشان می‌دهند که مدل بخوبی قادر به شبیه‌سازی پدیده‌های خرد تا میان مقیاسی مانند جزیره گرمایی شهری، بادهای کوه‌به‌دشت و دشت‌به‌کوه در ساعت‌های مختلف می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جزیره گرمایی، شبیه‌سازی عددی، مدل *MM5*.

### ۱- مقدمه

آزاد شدن انرژی گرمایی زیاد و افزایش آلودگی هوا در ترازهای پائین جو، تغییرات زیادی را در کمیت‌های هواشناختی لایه مرزی جو شهری ایجاد کرده است. اثرات محیط‌های شهری بر روی جو و لایه مرزی آن بیشتر بصورت جزیره‌های گرمایی ظاهر شده و این جزیره‌ها معمولاً توسط سطح مجزایی که شار گرمایی بیشتری از محیط اطرافشان دارند، مشخص می‌شوند. گرادیانهای افقی دمایی شدید نیز گاهی در مرزهای بین جزیره‌های گرمایی و مناطق اطراف آنها ایجاد می‌گردد. این گرادیان‌ها در اثر اختلاف بین کمیت‌هایی از قبیل ظرفیت گرمایی، سپیدی، آهنگ‌های سرمایش و گرمایش و ناهمواری‌های سطح زمین بین مناطق شهری و اطراف آن بوجود می‌آیند. عواملی از قبیل منابع گرمایی اضافی حاصل از

احتراق مواد سوختی، تغییر در ویژگی‌های سطح زمین (که سبب تغییر خواص گرمایی و مقدار تبخیر سطحی می‌شود)، تغییر بودجه تابشی در اثر وجود آلاینده‌ها و ذرات معلق و تلاطم و اغتشاش در اثر وجود ساختمان‌ها، سبب گرمتر شدن محیط‌های شهری نسبت به حومه شده و جزیره‌های گرمایی را بوجود آورده‌اند. ویژگی مهم و سیمای مشترک پدیده جزیره گرمایی عبارت از افزایش دمای هوا در محیط‌های شهری نسبت به حومه می‌باشد (اکه، ۱۹۷۳). جدزلمن و دیگران (۲۰۰۳) جنبه‌های میان مقیاس جزیره گرمایی نیویورک را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که بیشترین شدت جزیره گرمایی در شب و تحت شرایط استقرار مرکز سامانه پرفشار همراه با آسمان صاف و وزش بادهای ملایم شمال‌غربی روی می‌دهد. لین و اسمیت (۱۹۸۶)، جانسون (۱۹۸۵)، اکه و ماکسول (۱۹۷۵)، لی (۱۹۷۹) و اکه و ایست (۱۹۷۱) جزیره گرمایی را از نظر دینامیکی مطالعه کردند. الیاسون و هولمر (۱۹۹۰) گردش‌های جزیره گرمایی شهر کونتبرگ سوئیس را مطالعه کردند و نشان دادند که توسعه این گردش‌ها طی شب‌های زمستان همراه با استقرار شرایط و اچرخند امکان‌پذیر است، بطوری که لایه این گردش‌ها توسط وارونگی دما محدود شده و اغلب مستقل از جهت باد منطقه‌ای می‌باشند. دیلیچ و همکاران، (۱۹۷۰) با استفاده از یک مدل دو بعدی گردش‌های ناشی از جزیره گرمایی شهری را در شرایط عدم وجود بادهای همدیدی بررسی کردند. کینوشی و یاشیتانی (۲۰۰۱) با استفاده از مدل منطقه‌ای میان مقیاس MM5، جزیره گرمایی توکیو را با امکان افزایش گرمای دست‌ساز بشر، پوشش گیاهی و سطح آب شبیه‌سازی کردند.

در مطالعه حاضر سعی شده است که جزیره گرمایی و اثرات آن بر روی جو شهری به کمک مدل منطقه‌ای میان مقیاس پیش‌بینی عددی وضع هوا موسوم به MM5 برای دو حالت موردی بررسی و شبیه‌سازی شود. بنابراین در دو حالت متفاوت از نظر استقرار سامانه‌های همدیدی (مورد اول در زمان استقرار سامانه پرفشار و حالت دوم در زمان استقرار سامانه کم فشار) مدل اجرا و میدان‌های دما و باد در کلان شهر تهران و حومه آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲- اجرای مدل MM5

سیستم مدل‌سازی MM5 یک مدل منطقه‌ای میان مقیاس غیر هیدروستاتیک و مختصه قائم "سیگما" است. MM5 یکی از مدل‌های مناسب جهت مطالعه پدیده‌های خرد تا میان مقیاس نظیر جزیره گرمایی، جبهه‌های ساحلی، بادهای کوه‌به‌دشت و دشت‌به‌کوه و ... است و برای اجرای آن نیاز به انتخاب دامنه‌ها و گزینه‌های فیزیکی مناسب می‌باشد. در این سیستم مدل‌سازی امکان انتخاب تعداد دامنه‌ها و نوع طرح‌واره‌های به کار رفته برای پارامتری‌سازی همرفت، لایه مرزی جو و تابش وجود دارد.

برای مطالعه جزیره گرمایی تهران، طول و عرض جغرافیایی نقطه مرکزی دامنه بزرگ در مدل به ترتیب،  $36^{\circ}N$  و  $51^{\circ}E$ ، تعداد بیشینه دامنه‌ها برابر با سه، تعداد نقاط شبکه‌ای دامنه بزرگ در جهت x و y به ترتیب ۱۲۳ و ۹۱، دامنه میانی ۱۴۸ و دامنه کوچک ۱۱۲ و ۱۱۲ و اندازه فاصله شبکه‌ای برای هر یک از دامنه‌ها به ترتیب ۲۷، ۹ و ۳ کیلومتر در نظر

گرفته شده است. شکل (۱) محدوده این سه دامنه را نشان می‌دهد. از آنجا که فرآیندهای فیزیکی، نقش اساسی و مهمی در دقت پیش‌بینی و شبیه‌سازی پدیده‌های مورد نظر دارند، بایستی قبل از اجرای مدل گزینه‌های فیزیکی مناسب را با توجه به ویژگی‌های سامانه‌های میان مقیاس حاکم بر منطقه انتخاب کرد. بر اساس نتایج مطالعات آزادی و همکاران (۱۳۸۲) در این شبیه‌سازی از طرح‌وارهای MRF و BETS-MILLER به ترتیب برای پارامتری سازی فرآیندهای لایه مرزی و همرفت استفاده شده است.

### ۳-۳-۳ بحث و بررسی

وجود سامانه‌های دینامیکی فعال از ایجاد جزیره گرمایی جلوگیری می‌کند. از طرفی در شرایط استقرار سامانه‌های پرفشار و در نتیجه حاکم شدن شرایط پایداری ایستایی، علاوه بر امکان تشکیل جزیره‌های گرمایی، شدت آنها نیز تقویت می‌گردد. لذا برای پنج مورد مختلف دارای شرایط پایداری ایستایی مدل اجرا گردید. به دلیل تشابه نتایج و اجتناب از طولانی شدن مقاله در اینجا فقط نتایج دو مورد ارائه می‌گردد. مورد اول مربوط به روز ۳۰ آوریل ۲۰۰۳ می‌باشد که مرکز پرفشاری بر روی شمال دریای خزر قرار گرفته و زبانه پرفشار همراه با جریانات غربی در سطوح میانی جو بر روی تهران حاکم شده است. مورد دوم مربوط به روز ۱۱ اکتبر ۲۰۰۳ می‌باشد. در این روز بر ارتفاع جنب حاره‌ای در سطوح میانی جو کاملاً بر روی منطقه گسترش یافته و در سطح زمین نیز زبانه کم فشار گرمایی فصلی مستقر می‌باشد. در ایستگاه‌های مهرآباد، ورامین و پیام کرج دید افقی در بعضی ساعات به علت پدیده هیز به زیر ۶km رسیده، و جوی کاملاً پایدار و آرام در منطقه حاکم است. بنا بر این مطالعه جزیره گرمایی تهران در دو حالت موردی متفاوت و بر اساس نتایج پیش‌بینی‌های ۲۴ ساعته مدل MM5 انجام می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی به فواصل زمانی سه ساعت مطالعه که در اینجا اغلب نتایج با فواصل زمانی شش ساعت ارائه شده است. در هنگام روز به علت تلاطم و رشد لایه‌مرزی همرفتی و در نتیجه گسترش عمق لایه مرزی جو جزیره گرمایی از شدت کمتری برخوردار است، اما در شب به دلیل وارونگی دما هر چند که عمق لایه مرزی شهری در شب نیز نسبت به مناطق حومه زیاده‌تر می‌باشد (لندزبرگ، ۱۹۸۱)، در مقایسه با روز بسیار کمتر بوده و جزیره گرمایی نیز بیشترین شدت خود را معمولاً در شب و اغلب حدود دو تا سه ساعت بعد از غروب آفتاب دارد.

### ۳-۱-۳-۱ میدان افقی دما

میزان افزایش دما در شهرهای بزرگ جهان متفاوت و معمولاً تابعی از زمان (روز-ماه-فصل)، عرض جغرافیایی، جمعیت، سامانه‌های همدیدی حاکم در منطقه، بودجه تابشی، ساختار قائم دما، تهویه و ... است. با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی شهر تهران در اغلب زمان‌ها، امکان تخلیه هوا در این شهر به آسانی صورت نمی‌گیرد و آزاد شدن مصنوعی

مقادیر زیاد انرژی، آلودگی هوا (بویژه گاز  $CO_2$ ) به شدت کمیت‌های هواشناختی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج پیش‌بینی‌های ۲۴ ساعته میدان‌های افقی دما در ارتفاع ۲m از سطح زمین، مربوط به روز ۳۰ آوریل ۲۰۰۳ و دامنه با درجه تفکیک بالا (دامنه ۳) در شکل (۲) نشان داده شده است. در همه شکل‌ها، ساعت بر حسب گرینویچ (UTC)، حرف M معرف ایستگاه مهرآباد، حرف A معرف ایستگاه اقدسیه و حرف C معرف ایستگاه چیتگر می‌باشد. خطوط آبی نیز کاربری زمین را مطابق جدول (۱) و اعداد قرمز رنگ، مقادیر دیدبانی شده در ایستگاه‌های هواشناسی را نشان می‌دهد. مقایسه دماهای پیش‌بینی شده با دماهای دیده‌بانی شده در ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، بیانگر سازگاری قابل قبول آنها می‌باشد. در ساعت ۰۶:۰۰ پربندهای دما روی شهر تهران بسته شده است. بنظر می‌رسد مهمترین دلیل این امر پوشش سطح شهر از آسفالت می‌باشد به طوری که در اوایل روز سبب جذب گرمای زیاد توسط این سطح‌ها، (بویژه در شهرهایی که ارتفاع ساختمان‌ها نسبت به پهنای آنها قابل ملاحظه نباشد) و گرمتر شدن آنها می‌شود. در ساعت ۱۲:۰۰ به دلیل تلاطم و اختلاط و افزایش عمق لایه آمیخته جو، اثری از جزیره گرمایی دیده نمی‌شود. در ساعت ۱۸:۰۰ زبانه هوای گرم در نواحی شمال‌شرق و شمال‌غرب و ریزش هوای سرد ناشی از جریانات کوه‌به‌دشت تا نواحی مرکزی شهر دیده می‌شود. در این ساعت دمای دیده‌بانی شده در ایستگاه‌های مهرآباد و اقدسیه علیرغم اختلاف ارتفاع حدود ۳۶۰m بین آنها، برابر می‌باشد. در ساعت ۲۱:۰۰ جزیره گرمایی کاملاً شکل گرفته و در نیمه شمالی شهر واقع شده است. دمای دیده‌بانی شده در این ساعت در ایستگاه مهرآباد کمتر از اقدسیه می‌باشد. از جمله دلایل اصلی این امر، ایجاد گردش‌های حرارتی ناشی از جزیره گرمایی، وارونگی دما و استقرار هوای نسبتاً سرد در دره‌ها نسبت به تپه‌ها است.

برای مورد دوم (روز ۱۱ اکتبر ۲۰۰۳) در ساعت ۰۶:۰۰ پربندهای دما مانند مورد اول بر روی شهر بسته شده و جزیره گرمایی را از محیط اطرافش متمایز ساخته است (شکل ۳). میدان‌های دما طی ساعات روز (۰۶:۰۰ و ۱۲:۰۰) تقریباً مشابه مورد اول (روز ۳۰ آوریل ۲۰۰۳) است، و فقط بدلیل گرمتر بودن هوا نسبت به مورد اول و در نتیجه جذب بیشتر انرژی تابشی توسط سطح پوشیده از آسفالت، زبانه هوای گرم گسترش بیشتری یافته است. در طی ساعات شب (۱۸:۰۰ و ۲۱:۰۰) جزیره گرمایی مشخصی در روی شهر تشکیل نشده و فقط در نواحی غربی مهرآباد، پربندهای دما بر روی مناطق کوچکی بسته شده است. در نقاط مختلف شهر بسته به نوع کاربری زمین میزان ذخیره انرژی گرمایی متفاوت است. برای مثال چاینگ و همکارانش (۱۹۸۳) تحقیقاتی در خصوص افزایش شارهای گرمایی روزانه شهر سنت‌لوئیس انجام داده و مقادیر متوسط شار گرمایی را در ماه آگوست در وسط روز، برای یک محل روستایی حدود  $120 Wm^{-2}$ ، در یک محل مسکونی با وجود درختان  $135 Wm^{-2}$  و برای محل تجاری عاری از گیاهان  $295 Wm^{-2}$  بدست آوردند.

دمای افزایش یافته شهرها در اثر تولید گرمای آنتروپوژنیک از ساختمان‌ها، جذب بیشتر تابش طول موج کوتاه ورودی و کاهش طول موج بلند به موجب آلودگی در لایه‌های پائین و افزایش محسوس دما به موجب شار گرمایی کاهش یافته توسط سطح‌های شهری از قبیل پیاده‌روها و جاده‌ها می‌باشد. این عوامل می‌توانند سرمایش شبانه سطح‌های شهری بین

غروب و نیمه‌شب را بر خلاف سطح در مناطق روستایی که سریعتر سرد می‌شوند به تعویق اندازند و در نتیجه سبب افزایش دما در روی شهرها نسبت به سطح‌های مجاور می‌شود (بورنشتین و آکه، ۱۹۸۱).

### ۳-۲- میدان افقی باد

یکی از مهمترین کمیت‌هایی که در ایجاد و یا از بین بردن جزیره گرمایی نقش اساسی ایفا می‌کند، کمیت باد می‌باشد. در صورت کم بودن سرعت باد، شرایط برای گسترش و ایجاد جزیره گرمایی فراهم می‌گردد. میدان‌های باد منطقه شهری و محدوده اطراف آن در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین که توسط مدل MM5 در ساعت‌های مختلف شبیه‌سازی شده در شکل‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است. در این شکل‌ها علاوه بر بردارهای باد، ارتفاع ناهمواری‌های زمین از سطح دریا به فواصل ۲۰۰ متر (خطوط پر) و خطوط کاربری زمین (خطوط آبی رنگ) نیز نشان داده شده است. در ساعت ۰۶:۰۰ مورد اول (۳۰ آوریل ۲۰۰۳) جریانات جنوبی (دشت به کوه) در نواحی مجاور به دامنه‌های البرز و سطح شهر گسترده شده و فقط در مناطق جنوب غربی و فواصل نسبتاً دور از شهر، جریانات شمال غربی دیده می‌شوند (شکل ۴). جریانات غربی در ساعت ۱۲:۰۰ در کل منطقه حاکم شده، و در ساعت ۱۸:۰۰ بادهای کوه به دشت نواحی شمال و شرق تهران را تحت تأثیر قرار داده است. در این ساعت، جریانات شمال غربی همچنان در نواحی جنوب غرب و با شدت بیشتر ادامه دارند ولی بادهای در سطح شهر ضعیف شده و مناطق همگرایی در نواحی شمال تهران و قسمت‌های جنوب شرقی شهر بوجود آمده است. در ساعت ۲۱:۰۰ میدان باد نسبت به سه ساعت قبل در روی شهر ضعیف شده و الگوی کلی باد در نقاط دیگر تغییر چندانی نکرده است.

میدان باد ساعت ۰۶:۰۰ مورد دوم (روز ۱۱ اکتبر) از نظر الگوی کلی مانند مورد اول (روز ۳۰ آوریل) است، با این تفاوت که بادهای دشت به کوه نسبت به مورد اول ضعیفتر، ولی بادهای شمال غربی در جنوب غرب شهر ضمن تقویت نسبت به مورد اول، محدوده وسیعتری را نیز تحت تأثیر قرار داده‌اند (شکل ۵). در ساعت ۱۲:۰۰ در اکثر نقاط جریانات آرام بوده و فقط در نواحی نزدیک به کوهستان بادهای کوه به دشت ضعیفی جریان دارند. در طی ساعات شب (۱۸:۰۰ و ۲۱:۰۰) جهت جریانات شمالی شده و در سطح شهر بادهای ضعیف و ملایمی در بعضی نقاط مشاهده می‌شود.

### ۴- نتایج

ساختار لایه مرزی در روی سطح زمین بشدت توسط عواملی از قبیل تابش خورشیدی و زمینی، ناهمواریهای سطح زمین، گسیل سطحی، ظرفیت گرمایی و تبخیر و تعرق متأثر می‌شود. نقش این عوامل در تعیین کمیت‌های هواشناسی از جمله دمای سطحی و از اینرو شارهای گرمایی تابشی و تلاطمی بسیار مؤثر بوده و جزیره گرمایی شهری را ایجاد می‌نمایند. گسیل گرما در اثر فعالیت‌های انسانی (گرمایش مسکونی، واحدهای صنعتی، وسایل موتوری و غیره) در شهرها، یکی از

مهمترین منابع تزریق گرما در لایه‌های زیرین جو تلقی می‌شود. عوامل متعددی در ایجاد تغییرات دمایی شهر تهران نقش داشته، که مهمترین این عوامل، عوارض زمین، پوشش گیاهی ناهمگن و در نتیجه آهنگ‌های سرمایش و گرمایش متفاوت در نقاط مختلف و همچنین ناهمگون توزیع جمعیت و کارخانه‌های صنعتی می‌باشند. قرار گرفتن رشته کوه‌های البرز مانند دیواری در شمال شهر و ارتفاعات نسبتاً بلند در شرق و جنوب شرقی شهر از یک طرف و زمین‌های پست، فضای سبز و اراضی کشاورزی وسیع در جنوب شهر از طرف دیگر سبب شده که جزیره گرمایی تهران بطور متناوب تحت تاثیر این عوامل قرار گیرد. عبور جریانات از روی اراضی کشاورزی و فضاهای سبز جنوب شهر و همچنین آهنگ سرمایش بیشتر مناطق حاشیه کویر و حومه در اوایل شب، سبب کاهش بیشتر دما در این مناطق شده و اغلب از تشکیل جزیره گرمایی در این نواحی جلوگیری می‌کند، و گرادبان‌های شدید دمایی در نقاط مرزی شهر و حومه ایجاد می‌گردد. مقایسه پیش‌بینی‌های مدل MM5 با مقادیر اندازه‌گیری شده دما در ارتفاع دو متری و سمت و سرعت باد در ارتفاع ده متری ایستگاه‌های سطح شهر بیانگر سازگاری قابل قبولی بین آنها می‌باشد. ایجاد وارونگی‌های دمایی زمین پایه در اوایل شب، گاهی سبب گرم‌تر شدن هوا در ارتفاعات بالاتر و روی تپه‌ها می‌شود. جزیره گرمایی تهران در صورت استقرار سامانه‌های پرفشار در مقایسه با سامانه‌های کم‌فشار علاوه بر تشکیل سریع‌تر، از گسترش بیشتری نیز برخوردار است. میدان‌های باد ارتفاع ده متری سطح زمین، بادهای کوه‌به‌دشت و دشت‌به‌کوه را در ساعات مختلف، کند شدن جریانات به هنگام ورود به منطقه شهری و سطح شهر و نیز همگرایی جریانات را در برخی از نقاط نشان می‌دهد. بنا بر این خروجی‌های مدل MM5 می‌تواند بخوبی اثرات جزیره گرمایی بویژه میدان‌های باد و دما را شبیه سازی نماید.

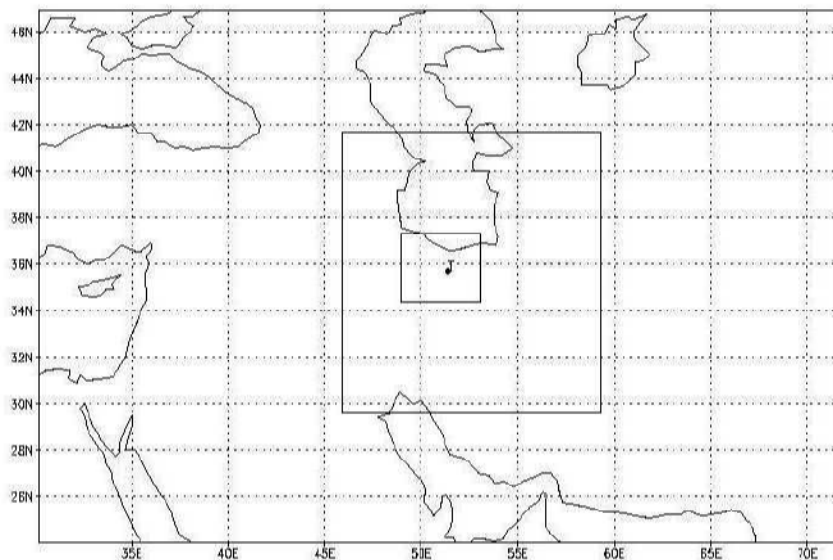
## ۵-مراجع

- آزادی، م.، رضازاده، پ.، میرزایی ا. و وکیلی، غ.، ۱۳۸۲، پیش‌بینی عددی سیستم‌های زمستانی روی ایران: مطالعه مقایسه‌ای پارامتری سازی‌های فیزیکی. ارائه شده در هشتمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها.
- Baik, J. J., and H. Y. Chun, 1997, A dynamical model for urban heat islands: Bound. Layer Meteor., **83**, 463 - 477.
- Bornstein, R. D., and T. R. Oke, 1981: Influence of pollution on urban climatology. Adv. Environ. Sci. Engry., **2**, 171-202.
- Ching, J. K. S., J. M. Goodwitch, and J. F. Clark, 1983: Urban scale variations of turbulent energy fluxes, Presented at AMS specialty conf, on air quality modeling of the nonhomogeneous, nonstationary urban boundary layer, Oct. **31** - Nov. **4**, Baltimore, MD.
- Delage, Y., and P. A. Taylor, 1970, Numerical studies of heat Island air relations: Bound. Layer. Meteor., **1**, 201-226.
- Eliasson, I., and B. Holmer, 1990, Urban heat island circulation in Goteborg, Sweden: Theor. Appl. Climatol., **42**, 187 - 196.

- Gedzelman S D, S Austin, R Cermake, N Stefano, S Partridge, S Quesenberry, D A Robinson (2003) Mesoscale aspects of the urban heat island around New York City, *Theor Appl Climatol* **75**: 29 – 42
- Johnson, D. B. 1985, Urban modification of diurnal temperature cycles in Birmingham, UK: *J. Climatol.*, **5**, 221-225.
- Kinouchi, T., and J. Yoshitani, 2001, Simulation of urban heat island in Tokyo with future possible increases of anthropogenic heat, vegetation cover and water surface: Proceeding of the 2001 International Symposium on Environmental Hydraulics.
- Landsberg, H. E., 1981, *The urban climate*: Academic Press, 288 PP.
- Lee, D.O., 1979, Contrasts in warming and cooling rates at an urban and a rural site: *Weather*, **43**, 102 - 109.
- Lin, Y. L., and R. B. Smith, 1986, Transient dynamics of airflow near a local heat source. *J. Atmos. Sci.*, **43**, 40- 9.
- Oke, T. R., and East, C., 1971, The urban boundary layer in Montreal: *Bond. Layer. Meteor.*, **1**, 411-437.
- Oke, T. R., 1973, City size and the urban heat island: *Atmos. Environ.*, **7**, 769-779.
- Oke, T. R., and Maxwell, G. B. 1975, The urban dynamics in Montreal and Vancouver: *Atmos. Environ.*, **2**, 446-456.

جدول (۱) طبقه‌بندی کاربری زمین و مقادیر اقلیمی بکار برده برای بعضی از کمیت‌ها بجای مقادیر واقعی آنها که به هنگام اجرای مدل استفاده شده‌اند.

Vegetation	Vegetation	Albedo(%)		Moisture		Emissivity		Roughness		Thermal Inertia	
				Avail. (%)		(% at 9 mm)		Length (cm)		$cal.cm^{-2}.k^{-1}.s^{-1}$	
Integer	Description										
1	Urban	18	18	10	10	88	88	50	50	0.03	0.03
2	DryIrd Crop. Past.	17	23	30	60	92	92	15	5	0.04	0.04
3	Irrg. Crop. Past.	18	23	50	50	92	92	15	5	0.04	0.04
4	Mix. Dry/Irrg.C.P.	18	23	25	50	92	92	15	5	0.04	0.04
5	Crop./Grs. Mosaic	18	23	25	40	92	92	14	5	0.04	0.04
6	Crop./Wood Mosc	16	20	35	60	93	93	20	20	0.04	0.04



شکل (۱) محدوده سه دامنه‌ای انتخابی مورد استفاده در مدل MM5.

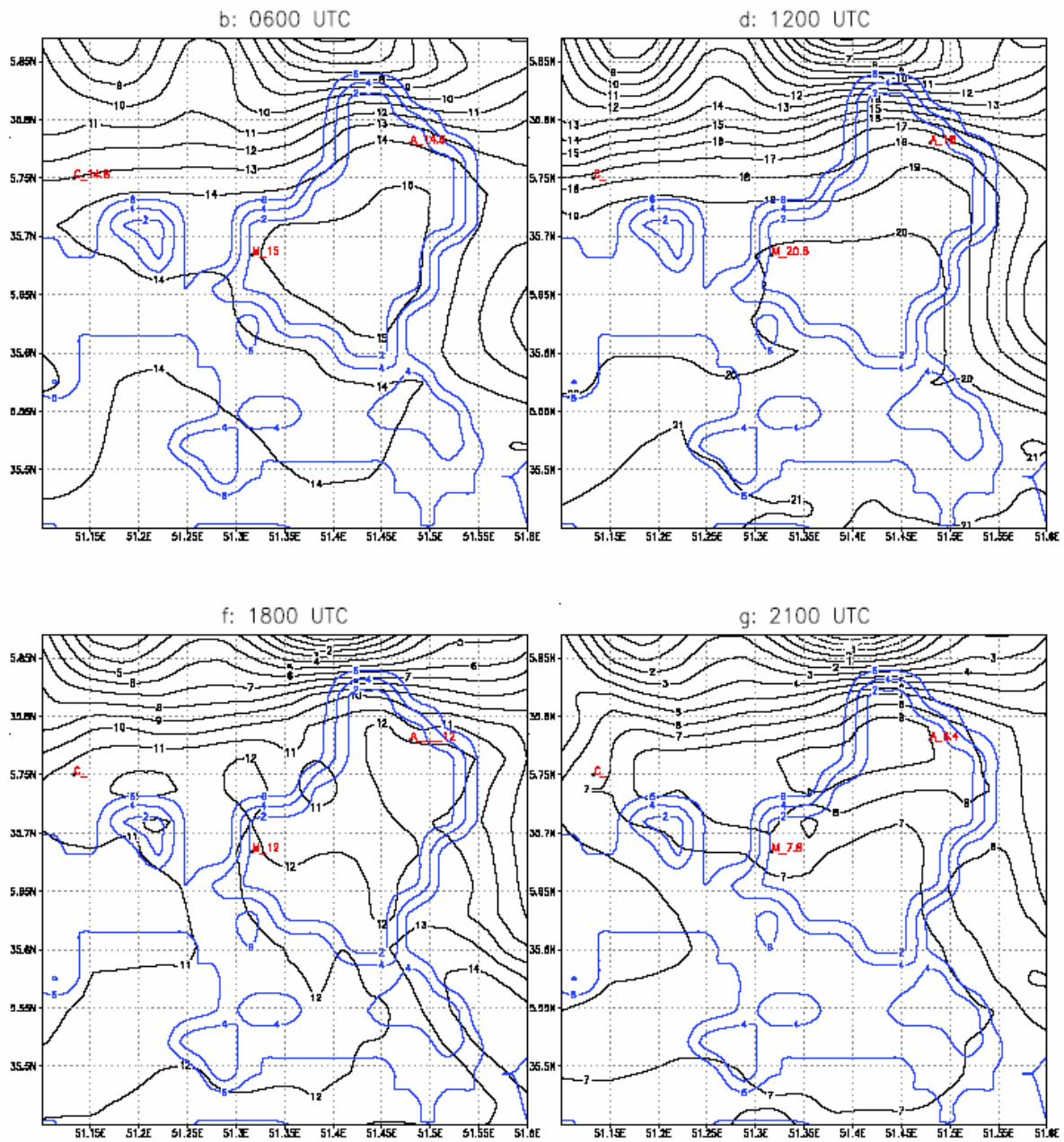
2m Temperature(C)

M: Mehrabad

C: Chitgar

Base Map: 30 APR 2003

A: Aghdasieh



شکل (۲) میدان دما برحسب درجه سانتیگراد در ارتفاع دو متری سطح زمین به فواصل زمانی شش ساعته برای روز ۳۰ آوریل

۲۰۰۳. خطوط پر نشان دهنده پربندهای دما و خطوط آبی نشان دهنده کاربری زمین مطابق جدول (۱) می‌باشند.

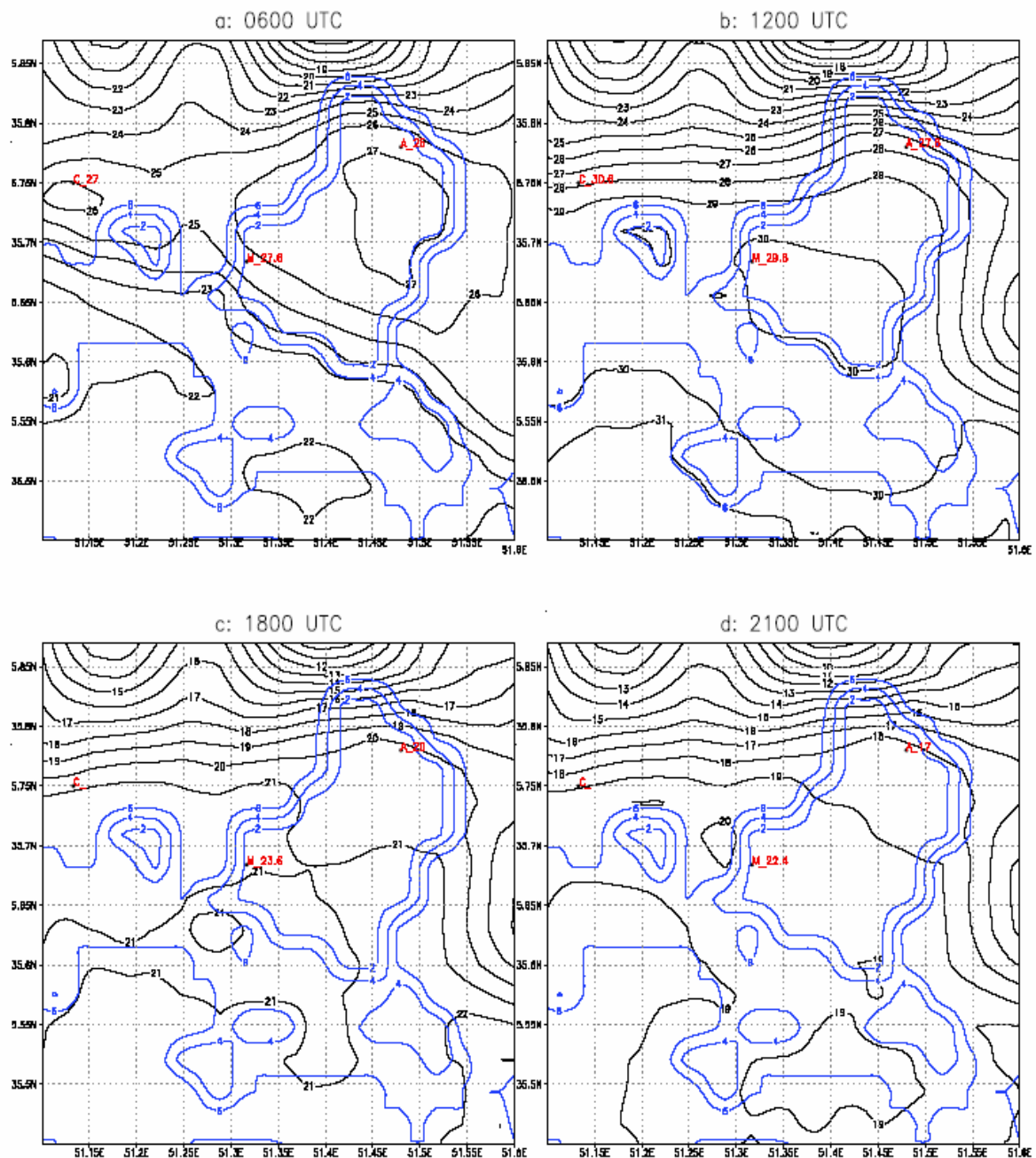
2m Temperature(C)

M: Mehrabad

C: Chitgar

Base Map: 11 OCT 2003

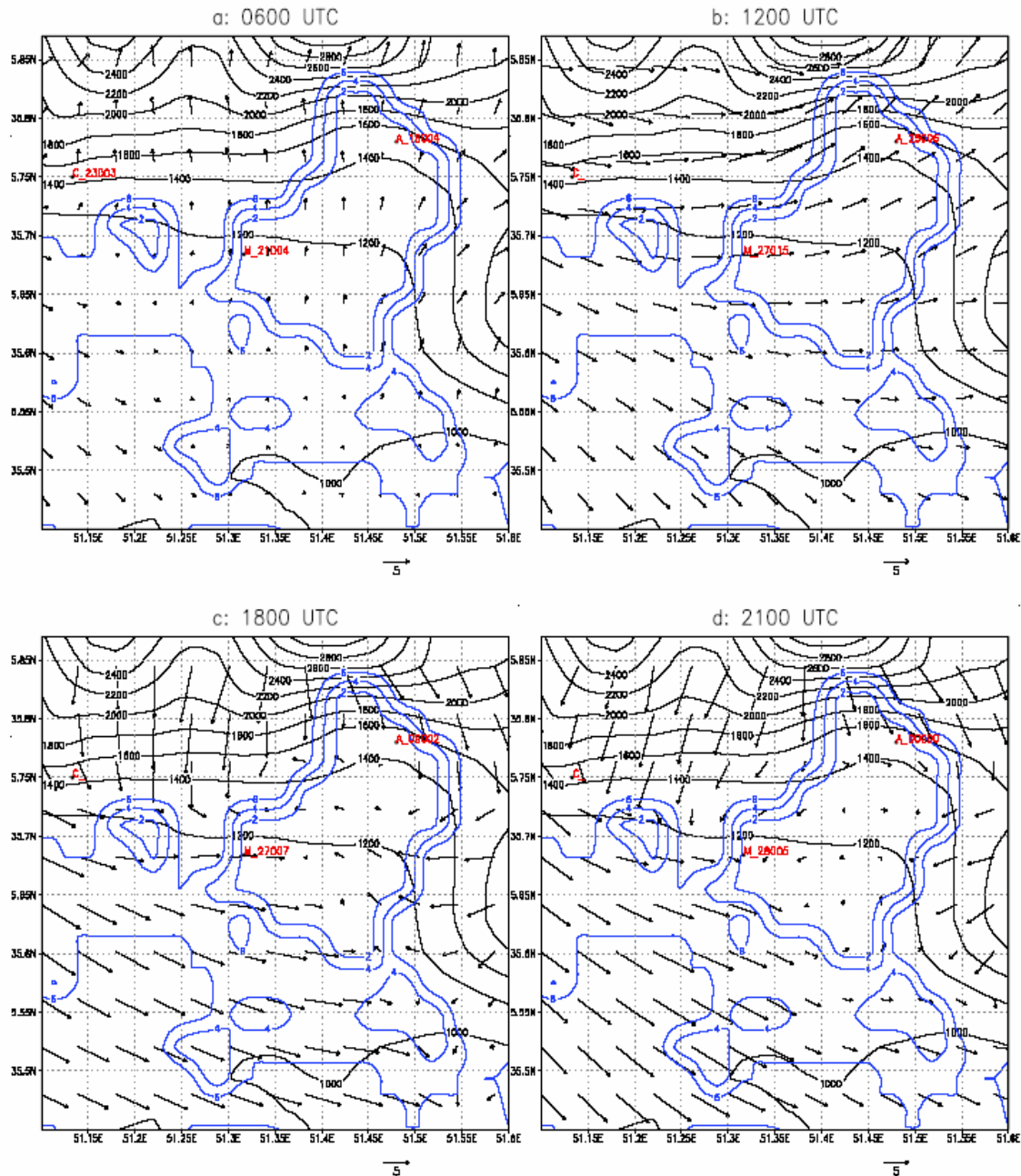
A: Aghdasieh



شکل (۳) میدان دما برحسب درجه سانتیگراد در ارتفاع دو متری سطح زمین به فواصل زمانی شش و سه ساعته برای روز ۱۱ اکتبر

۲۰۰۳. خطوط پر و آبی مانند شکل (۲) می‌باشند.

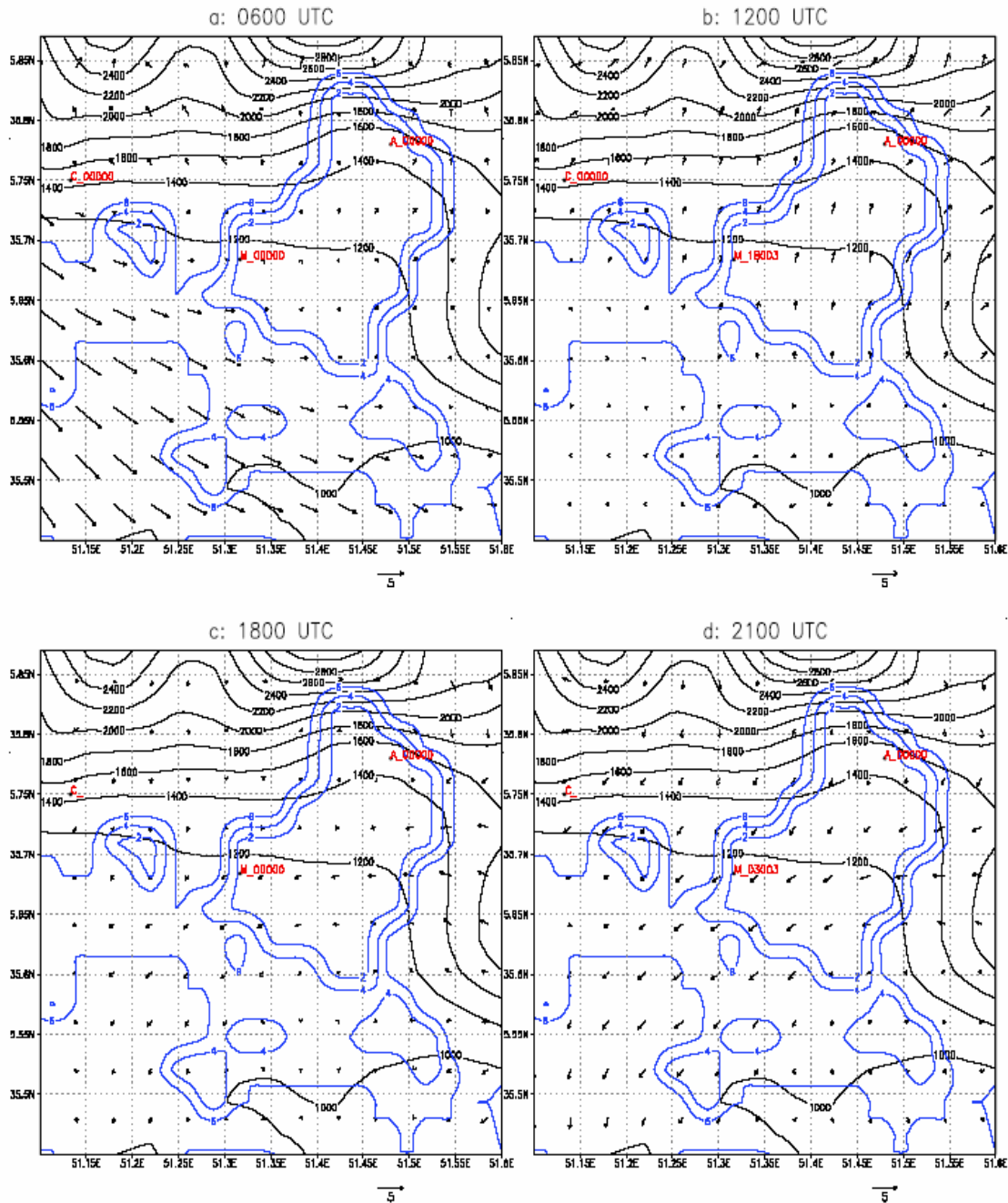
10m wind (direction(ddd) & speed(ff)) Base Map: 30 APR 2003  
 M: Mehrabad C:Chitgar A: Aghdasieh



شکل (۴) میدان باد برحسب متر بر ثانیه در ارتفاع ده متری سطح زمین به فواصل زمانی شش و سه ساعته برای روز ۳۰ آوریل

۲۰۰۳. خطوط پر نشان دهنده ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر و خطوط آبی نشان دهنده کاربری زمین مطابق جدول (۱) می‌باشند.

10m wind (direction(ddd) & speed(ff))	Base Map: 11 OCT 2003
M: Mehrabad	C: Chitgar
	A: Aghdasieh



شکل (۵) میدان باد برحسب متر بر ثانیه در ارتفاع ده متری سطح زمین به فواصل زمانی شش ساعته، روز ۱۱ اکتبر ۲۰۰۳. خطوط

پر و آبی مانند شکل (۴) می‌باشند.