

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)

پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی سنجش از دور

تشخیص و مدلسازی وارونگی‌های دمایی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS

اساتید راهنما :

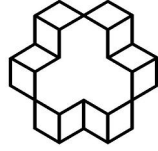
دکتر محمدرضا مباشری

دکتر علی اکبر آبکار

نگارش :

حامد کاچار

بهمن 1390



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)

پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی سنجش از دور

تشخیص و مدلسازی وارونگی‌های دمایی با استفاده از

تصاویر سنجنده MODIS

اساتید راهنما :

دکتر محمدرضا مباشری

دکتر علی اکبر آبکار

استاد مشاور:

مهندس مجید رحیم‌زادگان


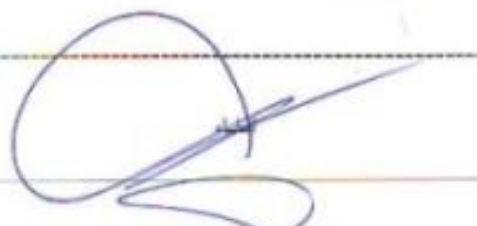




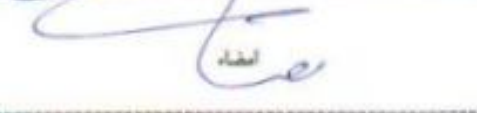
نگارش :

حامد کاچار

بهمن 1390

سُبْحَانَكَ يَا رَبِّ الْعَالَمِينَ

بسمه تعالی

شماره: تاریخ:	تأییدیه هیأت داوران	 تأسیس ۱۳۶۴ دانشگاه صنعتی شاهرود - تبریز
<p>هیأت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:</p> <p>"تشخیص و مدل سازی وارونگی های دمایی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS"</p> <p>توسط آقای حامد کاجار سحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته گرایش فتوگرامتری و سنجش از دور در تاریخ ۹۰/۱۱/۲۰ مورد تأیید قرار می دهند.</p>		
	جناب آقای دکتر محمدرضا میاشری	۱- استاد راهنمای اول
	جناب آقای دکتر علی اکبر آبکار	۲- استاد راهنمای دوم
	جناب آقای مهندس مجید رحیم زادگان	۳- استاد مشاور
	جناب آقای دکتر محمدجواد ولدان زوج	۴- مستحن داخلی
	جناب آقای دکتر محمد شریفی کیا	۵- ممتحن خارجی
	جناب آقای دکتر محمدرضا ملک	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده



تاسیس ۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

اظهاری نامه دانشجو

شماره:
تاریخ:

اینجانب حامد کاچار دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - نقشه برداری
گرایش سنجش از دور دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی
می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان نامه با عنوان

تشخیص و مدلسازی وارونگی های دمایی با استفاده

از تصاویر سنجنده MODIS

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر محمدرضا میانسری و علی اکبر آبکار . توسط شخص اینجانب انجام
شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد
استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی
توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل
رعایت کردم.


حامد کاچار
۹۰/۱۲/۱۹

امضاء دانشجو:

تاریخ:

تقدیر و تشکر

سپاس بر هستی بخش آفرینش که انسان را به موهبت اندیشیدن بر دیگر مخلوقات برتری داد و در نخستین دستورش در سرزمین وحی او را به خواندن و یادگیری فرمان داد. در نخستین صفحه‌ی این مجموعه بر خود لازم دانستم پس از حمد و ثنای خداوند متعال، از راهنمایی‌های ارزشمند و موثر استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر محمدرضا مباحثی تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر آبکار به خاطر راهنمایی‌های مفیدشان کمال تشکر را دارم. از جناب آقای مهندس مجید رحیم‌زادگان که در تمامی مراحل انجام این پایان‌نامه مرا از نظرات سازنده‌ی خود محروم نساختند، تقدیر و تشکر می‌نمایم. در پایان از خانواده و دوستان خود که در تمامی مراحل انجام این پایان‌نامه مرا یاری نمودند، تشکر نموده و این پایان‌نامه را به ایشان تقدیم می‌نمایم.

چکیده

وارونگی دمایی زمانی رخ می‌دهد که در وردسپهر تا ارتفاعی خاص، با افزایش ارتفاع، دما افزایش می‌یابد. از جمله مشخصه‌های وارونگی دمایی، قدرت و عمق وارونگی دمایی می‌باشد. قدرت وارونگی به اختلاف دمایی بین قله وارونگی و سطح زمین، اطلاق شده و ارتفاع متناظر با این اختلاف دمایی، عمق وارونگی نام دارد. راهکار رایج جهت تعیین این مشخصه‌ها، اندازه‌گیری‌های میدانی توسط رادیوساند است، که یک اندازه‌گیری نقطه‌ای از جو محسوب می‌گردد. هدف اصلی پژوهش حاضر تشخیص و مدل‌سازی وارونگی‌های دمایی با استفاده از داده‌های مادون قرمز سنجنده MODIS می‌باشد. به علت شایع بودن پدیده‌ی وارونگی دمایی در شهر تهران، ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد تهران به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شد. با بررسی داده‌های رادیوساند طی سال‌های 2007 تا 2010 و احراز شرایط آسمان صاف، مجموعاً 90 روز وارونگی تحت شرایط آسمان صاف مشخص شد. دمای درخشندگی برای همه‌ی باندهای مادون قرمز حرارتی سنجنده‌ی MODIS محاسبه شد. تفاضل دمای درخشندگی هر یک از باندهای مادون قرمز سنجنده‌ی MODIS از باند 31 که حساس به دمای سطح زمین می‌باشد، محاسبه شد. ضرایب همبستگی خطی بدست آمده بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مذکور با عمق و قدرت وارونگی محاسبه شده از داده‌های رادیوساند بسیار ضعیف بود که می‌تواند ناشی از تغییرات زیاد محتوی بخار آب جو و قدرت و عمق وارونگی دمایی نسبتاً ضعیف روی داده در تهران باشد. در ادامه‌ی روند تحقیق، عوامل موثر در افزایش ضریب همبستگی خطی بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مذکور با عمق و قدرت وارونگی محاسبه شده از داده‌های رادیوساند مورد بررسی قرار گرفت. به همین علت با توجه به روی دادن وارونگی‌های عمیق و قدرتمندتر در منطقه‌ی کرمانشاه نسبت به تهران، این منطقه، به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی دوم انتخاب شد. طبق روال بیان شده برای تهران، 90 روز وارونگی تحت شرایط آسمان صاف، طی سال‌های 2007 تا 2008 برای کرمانشاه مشخص شد. افزایش ضرایب همبستگی محاسبه شده برای کرمانشاه نشان‌دهنده‌ی تاثیر

عامل میزان قدرت و عمق وارونگی دمایی می‌باشد. جهت بررسی تاثیر میزان بخار آب موجود در جو بر ضرایب همبستگی، با توجه به آن که میزان بخار آب موجود در جو طی فصول سرد کم‌تر از فصول گرم می‌باشد، داده‌های کرمانشاه به دو دسته‌ی تمام فصول و فصول سرد تقسیم شدند. افزایش ضرایب همبستگی محاسبه شده برای کرمانشاه طی فصول سرد نشان‌دهنده‌ی تاثیر عامل میزان بخار آب موجود در جو می‌باشد. با توجه به عدم تبعیت مدل‌سازی وارونگی دمایی در تهران و کرمانشاه از یک رابطه خطی، جهت مدل‌سازی از مدل‌های ریاضی چند جمله‌ای برای هر منطقه به طور جداگانه استفاده شد. اختلاف دماهای درخسندگی زوج باندهای مذکور و عمق و قدرت وارونگی محاسبه شده از داده‌های رادیوساند، ورودی‌های چندجمله‌ای می‌باشند. به علت فضای جست و جوی بسیار بزرگ برای یافتن بهینه‌ترین مدل، الگوریتم ژنتیک به کار گرفته شد. با به کارگیری الگوریتم ژنتیک، یافتن مدلی با کم‌ترین جمله‌ی ممکن و بالاترین دقت محقق گشت. نتایج حاصل از ارزیابی مدل در منطقه‌ی ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد تهران، تخمین قدرت وارونگی دمایی را با RMSE برابر 0/66 سانتیگراد و R^2 برابر 0/60 و برآورد عمق وارونگی دمایی را با RMSE برابر 46/31 متر و R^2 برابر 0/61 و نتایج حاصل از ارزیابی مدل در منطقه‌ی ایستگاه هواشناسی کرمانشاه، تخمین قدرت وارونگی دمایی را با RMSE برابر 0/84 سانتیگراد و R^2 برابر 0/90 و برآورد عمق وارونگی دمایی را با RMSE برابر 54/56 متر و R^2 برابر 0/86 نشان می‌دهد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
1	فصل اول: مقدمه.....
1	1-1 مقدمه.....
2	2-1 طرح مسئله و ضرورت انجام تحقیق.....
3	3-1 اهداف و سوالات تحقیق.....
3	4-1 ساختار پایان نامه.....
5	فصل دوم: مروری بر پدیده‌ی وارونگی دمایی.....
5	1-2 مقدمه.....
5	2-2 ساختمان جو.....
6	3-2 وارونگی دمایی.....
7	4-2 انواع وارونگی دمایی.....
7	1-4-2 وارونگی تابشی.....
8	2-4-2 وارونگی تلاطمی.....
8	3-4-2 وارونگی فرونشستی.....
8	4-4-2 وارونگی جبهه‌ای.....
9	5-2 مشخصه‌های وارونگی دمایی.....
9	6-2 عواقب پدیده‌ی وارونگی دمایی.....
11	فصل سوم: مروری بر مبانی نظری سنجش از دور.....
11	1-3 مقدمه.....
11	2-3 عبور امواج الکترومغناطیس از جو.....
13	3-3 معادله انتقال انرژی تابشی و خطی‌سازی آن.....
17	4-3 دمای درخشندگی.....
18	5-3 سنجنده‌ی MODIS.....
24	1-5-3 مزایای سنجنده‌ی MODIS.....
25	فصل چهارم: مروری بر فعالیت‌های انجام شده.....
25	1-4 مقدمه.....

25	پیشینه‌ی تحقیق
3-4	مروری بر روش رگرسیون آماری جهت استخراج پروفایل دمای جو از تصاویر
26	MODIS
4-4	مروری بر روش آشکارسازی مشخصه‌های وارونگی دمایی با استفاده از تصاویر MODIS در
30	قطب
34	فصل پنجم: پیاده‌سازی
34	1-5 مقدمه
34	2-5 تئوری روش پیاده‌سازی شده
36	3-5 پیاده‌سازی در تهران
36	1-3-5 منطقه‌ی مورد مطالعه
38	2-3-5 داده‌های مورد استفاده
38	1-2-3-5 داده‌های رادیوساند
39	2-2-3-5 تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌ی MODIS
40	3-2-3-5 رعایت شرط همزمانی تصاویر ماهواره‌ای MODIS و داده‌های رادیوساند
41	3-3-5 بررسی و آماده‌سازی داده‌ها
46	4-3-5 پیاده‌سازی مدل قطب در تهران
46	5-3-5 بررسی ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی با مشخصه‌های وارونگی دمایی
52	6-3-5 تشخیص و بازیابی قدرت و عمق وارونگی دمایی
52	1-6-3-5 تشخیص و آشکارسازی وارونگی دمایی
53	2-6-3-5 بازیابی قدرت و عمق وارونگی دمایی توسط تصاویر ماهواره‌ای MODIS
60	4-5 پیاده‌سازی در کرمانشاه
60	1-4-5 منطقه‌ی مورد مطالعه
60	2-4-5 جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها
63	3-4-5 پیاده‌سازی مدل قطب در کرمانشاه
64	4-4-5 بررسی ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی با مشخصه‌های وارونگی دمایی
66	5-4-5 تشخیص و بازیابی قدرت و عمق وارونگی دمایی
67	1-5-4-5 تشخیص و آشکارسازی وارونگی دمایی
67	2-5-4-5 بازیابی قدرت و عمق وارونگی دمایی توسط تصاویر ماهواره‌ای MODIS

6-4-5 بررسی نقش فصول در میزان ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی با مشخصه‌های	
وارونگی دمایی.....	72
7-4-5 ارزیابی محصول پروفایل دمای MODIS جهت تخمین مشخصه‌های وارونگی.....	76
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....	79
1-6 نتیجه‌گیری.....	79
2-6 پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی.....	81
منابع.....	83

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل 2-1- شماتیکی از تغییرات دمای جو تا ارتفاع 110 کیلومتری.....	5
شکل 2-2- پروفایل دمایی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه رادیوساند ایستگاه هواشناسی کرمانشاه در 25 ژانویه 2007. مبنا و بالای وارونگی در شکل نشان داده شده است.....	9
شکل 3-1- عوامل موثر بر انرژی تابشی دریافتی توسط ماهواره.....	12
شکل 3-2- توابع وزن‌دهی MODIS بر پایه یک جو استاندارد آمریکا در سال 1976 برای باندهای 20-25 و 27-36 MODIS. توابع وزن‌دهی دما بر اساس $\partial T_b / \partial T(p)$ و در مقیاس $d(\ln p)$ بیان شده است.....	17
شکل 3-3- قسمت‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنجنده‌ی MODIS.....	20
شکل 3-4- فلوجارت اطلاعات قابل استخراج از تصاویر MODIS.....	23
شکل 4-1- تغییرات 5 ستون ماتریس A_{mean} با ارتفاع.....	30
شکل 4-2- تابع وزن‌دهی برای باندهای 27، 28، 31، 33 و 34 سنجنده MODIS، برای جو قطب.....	31
شکل 5-1- موقعیت توپوگرافیکی منطقه‌ی مورد مطالعه نسبت به استان تهران.....	38
شکل 5-2- پروفایل دمای مستخرج از رادیوساند (خط نقطه چین) در 4 ژانویه 2009، ساعت 12:00 (UTC) و پروفایل دمای مستخرج از رادیوساند (خط توپر) در 5 ژانویه 2009، ساعت 00:00 (UTC) برای ایستگاه هواشناسی مهرآباد تهران.....	40
شکل 5-3- پروفایل دمای مستخرج از رادیوساند (خط نقطه چین) در 20 نوامبر 2007، ساعت 12:00 (UTC) و پروفایل دمای مستخرج از رادیوساند (خط توپر) در 21 نوامبر 2007، ساعت 00:00 (UTC) برای ایستگاه هواشناسی کرمانشاه.....	41
شکل 5-4- نمودار تغییرات قدرت وارونگی دمایی (شکل راست) و تغییرات عمق وارونگی دمایی (شکل چپ) برای تهران طی سال 2007.....	42
شکل 5-5- نمودار تغییرات قدرت وارونگی دمایی (شکل راست) و تغییرات عمق وارونگی دمایی (شکل چپ) برای تهران طی سال 2008.....	43
شکل 5-6- نمودار تغییرات قدرت وارونگی دمایی (شکل راست) و تغییرات عمق وارونگی دمایی (شکل چپ) برای تهران طی سال 2009.....	43

- شکل 5-7- نمودار تغییرات قدرت وارونگی دمایی (شکل راست) و تغییرات عمق وارونگی دمایی (شکل چپ) برای تهران طی سال 2010.....44
- شکل 5-8- ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مختلف MODIS با قدرت وارونگی دمایی مشاهده شده توسط رادیوساند در تهران.....47
- شکل 5-9- ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مختلف MODIS با عمق وارونگی دمایی مشاهده شده توسط رادیوساند در تهران.....48
- شکل 5-10- پروفایل میانگین نسبت آمیزه‌ی رطوبت در فصل گرم (شکل راست) و در فصل سرد (شکل چپ) برای جو قطب.....50
- شکل 5-11- پروفایل میانگین نسبت آمیزه‌ی رطوبت در فصل گرم (شکل راست) و در فصل سرد (شکل چپ) منتج از داده‌های رادیوساند ایستگاه هواشناسی مهرآباد برای جو تهران.....51
- شکل 5-12- همگرایی الگوریتم ژنتیک جهت یافتن بهینه‌ترین مدل برای دستیابی به قدرت وارونگی دمایی در تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS.....56
- شکل 5-13- همگرایی الگوریتم ژنتیک جهت یافتن بهینه‌ترین مدل برای دستیابی به عمق وارونگی دمایی در تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS.....57
- شکل 5-14- مقایسه‌ی قدرت وارونگی مشاهده شده توسط رادیوساند و قدرت وارونگی بازیابی شده با استفاده از رابطه‌ی (5-2) و تصاویر MODIS در ایستگاه هواشناسی مهرآباد تهران.....58
- شکل 5-15- مقایسه‌ی عمق وارونگی مشاهده شده توسط رادیوساند و عمق وارونگی بازیابی شده با استفاده از رابطه‌ی (5-3) و تصاویر MODIS در ایستگاه هواشناسی مهرآباد تهران.....58
- شکل 5-16- موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه نسبت به استان کرمانشاه.....60
- شکل 5-17- نمودار تغییرات قدرت وارونگی دمایی (شکل راست) و تغییرات عمق وارونگی دمایی (شکل چپ) برای کرمانشاه طی سال 2007.....61
- شکل 5-18- نمودار تغییرات قدرت وارونگی دمایی (شکل راست) و تغییرات عمق وارونگی دمایی (شکل چپ) برای کرمانشاه طی سال 2008.....62
- شکل 5-19- ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مختلف MODIS با قدرت وارونگی دمایی مشاهده شده توسط رادیوساند در کرمانشاه.....64
- شکل 5-20- ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مختلف MODIS با عمق وارونگی دمایی مشاهده شده توسط رادیوساند در کرمانشاه.....65
- شکل 5-21- همگرایی الگوریتم ژنتیک جهت یافتن بهینه‌ترین مدل برای دستیابی به قدرت وارونگی دمایی در کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS.....69

- شکل 5-22- همگرایی الگوریتم ژنتیک جهت یافتن بهینه‌ترین مدل برای دستیابی به عمق وارونگی دمایی در کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS.....70
- شکل 5-23- مقایسه‌ی قدرت وارونگی مشاهده شده توسط رادیوساند و قدرت وارونگی بازیابی شده با استفاده از رابطه‌ی (5-4) و تصاویر MODIS در ایستگاه هواشناسی کرمانشاه.....70
- شکل 5-24- مقایسه‌ی عمق وارونگی مشاهده شده توسط رادیوساند و عمق وارونگی بازیابی شده با استفاده از رابطه‌ی (5-5) و تصاویر MODIS در ایستگاه هواشناسی کرمانشاه.....71
- شکل 5-25- پروفایل میانگین نسبت آمیزه رطوبت در فصل گرم (خط نقطه چین) و در فصل سرد (خط توپر) منتج از داده‌های ایستگاه هواشناسی شهر کرمانشاه.....73
- شکل 5-26- ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مختلف MODIS با قدرت وارونگی مشاهده شده توسط رادیوساند در کرمانشاه طی فصول سرد.....74
- شکل 5-27- ارتباط بین اختلاف دمای درخشندگی زوج باندهای مختلف MODIS با عمق وارونگی مشاهده شده توسط رادیوساند در کرمانشاه طی فصول سرد.....75
- شکل 5-28- پروفایل دمای مستخرج از محصول MYD07 (خط نقطه چین) در نزدیک‌ترین ساعت ممکن و پروفایل دمای مستخرج از رادیوساند (خط توپر) در 20 مارس 2010، ساعت 00:00(UTC) برای ایستگاه هواشناسی مهرآباد.....77
- شکل 5-29- پروفایل دمای مستخرج از محصول MYD07 (خط نقطه چین) در نزدیک‌ترین ساعت ممکن و پروفایل دمای مستخرج از رادیوساند (خط توپر) در 11 اکتبر 2007، ساعت 00:00(UTC) برای ایستگاه هواشناسی کرمانشاه.....78

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول 3-1- مشخصات فنی سنجنده MODIS.....	20
جدول 3-2- مشخصات طیفی سنجنده MODIS و کاربردهای آن.....	22
جدول 4-1- ضرایب همبستگی بین اختلاف دمای درخشندگی با عمق و قدرت و ارونگی دمایی	
در شرایط ارتفاعی بالا در مناطق قطبی.....	32
جدول 4-2- ضرایب همبستگی بین اختلاف دمای درخشندگی با عمق و قدرت و ارونگی دمایی	
در شرایط ارتفاعی پایین در مناطق قطبی.....	32
جدول 4-3- ضرایب رابطه ی (4-9)، برای سطوح ارتفاعی بالا جهت دستیابی به قدرت و عمق	
وارونگی در قطب.....	33
جدول 4-4- ضرایب رابطه ی (4-9)، برای سطوح ارتفاعی پایین جهت دستیابی به قدرت و عمق	
وارونگی در قطب.....	33
جدول 5-1- نتایج بازیابی عمق و قدرت و ارونگی در ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد با	
استفاده از مدل ایجاد شده در قطب.....	46
جدول 5-2- ضرایب همبستگی بین اختلاف دمای درخشندگی با عمق و قدرت و ارونگی دمایی	
منتج از داده‌های رادیوساند در منطقه‌ی ایستگاه هواشناسی مهرآباد.....	49
جدول 5-3- نتایج بازیابی عمق و قدرت و ارونگی در ایستگاه هواشناسی کرمانشاه با استفاده از	
مدل ایجاد شده در قطب.....	63
جدول 5-4- ضرایب همبستگی بین اختلاف دمای درخشندگی با عمق و قدرت و ارونگی دمایی	
منتج از داده‌های رادیوساند در منطقه‌ی ایستگاه هواشناسی کرمانشاه.....	66
جدول 5-5- ضرایب همبستگی بین اختلاف دمای درخشندگی با عمق و قدرت و ارونگی دمایی	
منتج از داده‌های رادیوساند در منطقه‌ی ایستگاه هواشناسی کرمانشاه طی فصول سرد.....	76

فصل اول

مقدمه

1-1 مقدمه

یکی از بسترهای مهم در ایجاد تراکم و ایستایی آلودگی هوا در مناطق شهری، پدیده‌ی وارونگی دمایی¹ محسوب می‌گردد [1]. وارونگی دمایی زمانی رخ می‌دهد که لایه‌ای از هوای گرم بالای هوای سرد مجاور سطح زمین قرار گیرد، در چنین شرایطی پایداری هوا ایجاد می‌شود. یعنی در ورد سپهر² تا ارتفاعی خاص با افزایش ارتفاع، دما افزایش می‌یابد [2]. جهت مقایسه و بررسی وارونگی‌های جوی پارامترهای مختلفی تعریف شده است که از جمله آن‌ها، می‌توان به پارامترهای قدرت³، عمق⁴ و بازه‌ی زمانی وقوع وارونگی اشاره نمود [3]. قدرت وارونگی به اختلاف دمایی بین قله‌ی وارونگی و سطح زمین، اطلاق شده و ارتفاع متناظر با این اختلاف دمایی، عمق وارونگی نام دارد [3]. راهکار مرسوم جهت تعیین قدرت و عمق وارونگی دمایی، استفاده از رادیوساند⁵ مستقر بر بالن‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی است. روش مزبور، اندازه‌گیری نقطه‌ای و محلی از جو محسوب می‌گردد [3]. برای اندازه‌گیری و سنجش برخی پدیده‌های طبیعی در یک پهنه‌ی وسیع جغرافیایی با هزینه‌ی کم‌تر و دقت نسبتاً مناسب در مقایسه با روش‌های میدانی و زمینی، به کارگیری روش‌های سنجش از دور⁶ امری اجتناب‌ناپذیر است. مزایایی که کار با داده‌های سنجش از دور در اختیار کاربران قرار می‌دهد، توجه بسیاری از کارشناسان را به خود جلب کرده و باعث گسترش استفاده از این فن‌آوری نو ظهور در دنیای کنونی شده است [4]. سنجش از دور نه تنها مشکل دسترسی به محل و حضور فیزیکی در آن را که لازمه‌ی روش‌های سنتی و محلی است، مرتفع

¹ Temperature Inversion

² Troposphere

³ Strength

⁴ Depth

⁵ Radiosonde

⁶ Remote Sensing

ساخته و آن را به حداقل رسانده، بلکه امکان دید کلی تر و عام‌تری را با تصویربرداری از منطقه‌ی وسیعی از محدوده‌ی مورد مطالعه، فراهم ساخته است. با توجه به مزایای علم سنجش از دور و نیاز به داشتن دید وسیع و جامع‌تر در مورد پدیده‌ای تاثیرگذار همچون وارونگی دمایی، در این مطالعه، امکان استخراج مشخصه‌های وارونگی دمایی از تصاویر ماهواره‌ای MODIS¹، مورد بررسی قرار گرفت.

2-1 طرح مسئله و ضرورت انجام تحقیق

روش‌های معمول جهت تعیین قدرت و عمق وارونگی دمایی، اندازه‌گیری‌های میدانی توسط دستگاه رادیوساند است، که یک اندازه‌گیری نقطه‌ای از جو محسوب می‌گردد. توزیع مکانی و زمانی مطلوب در اندازه‌گیری‌های دمایی در یک پهنه‌ی وسیع امری پرهزینه بوده و نیازمند وجود ایستگاه‌های متعدد هواشناسی می‌باشد [3]. با توجه به این محدودیت، تعیین پارامترهای وارونگی با توزیع مطلوب در یک پهنه، امری دشوار محسوب شده و با توجه به نیاز روزانه به چنین بررسی‌هایی، توسعه‌ی روش‌های کم هزینه، دقیق و همچنین با پوشش وسیع لازم به نظر می‌رسد. وجود راهکارهای مدلسازی وارونگی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در مناطق قطبی، بیان‌گر امکان تخمین مشخصه‌های وارونگی توسط تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد [3]. به علت شرایط متفاوت جوی قطب در مقایسه با سایر مناطق، مدلسازی وارونگی‌های دمایی توسط تصاویر ماهواره‌ای در مناطق مختلف، امری لازم و ضروری است. از این رو، محوریت پژوهش حاضر، امکان سنجی تشخیص وارونگی‌های دمایی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و استخراج اطلاعاتی درباره آن‌هاست.

¹ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

3-1 اهداف و سوالات تحقیق

هدف از پژوهش حاضر پاسخ به سوالات زیر می‌باشد:

◀ آیا می‌توان وقوع پدیده‌ی وارونگی دمایی را در مناطق مختلف شهری با استفاده از تصاویر

ماهواره‌ای MODIS تشخیص داد؟

◀ آیا می‌توان مشخصه‌های وارونگی دمایی را در مناطق مختلف از تصاویر ماهواره‌ای MODIS

استخراج نمود؟

◀ کدامیک از پارامترهای جوی، موجب اختلال در مدلسازی وارونگی‌های دمایی توسط

تصاویر ماهواره‌ای می‌گردد؟

و سوالاتی از این دست، در این تحقیق پاسخ داده خواهد شد.

4-1 ساختار پایان‌نامه

در فصل اول این پژوهش، به مقدمه و طرح مسئله‌ی مورد نظر پایان‌نامه پرداخته شده است. از آن جایی که موضوع پژوهش حاضر، تشخیص و مدلسازی وارونگی‌های دمایی با استفاده از سنجنده‌ی MODIS می‌باشد، لذا تشریح پدیده وارونگی دمایی، امری لازم و ضروری است. از این رو، فصل دوم با عنوان مروری بر پدیده‌ی وارونگی دمایی تبیین شده است. در فصل سوم به مروری بر مبانی نظری سنجش از دور در راستای دستیابی به پروفایل‌های دمایی توسط تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شده است. در فصل چهارم به مروری بر فعالیت‌های انجام شده جهت دستیابی به پروفایل‌های دمایی و مشخصه‌های وارونگی دمایی توسط تصاویر ماهواره‌ای پرداخته شده است. در فصل پنجم تحت عنوان پیاده‌سازی، به تشریح و تفصیل، جزئیات روند و نتایج پیاده‌سازی بیان گشته است. در

فصل ششم با عنوان نتیجه‌گیری و پیشنهادات، به نتیجه‌گیری و مقایسه‌ی نتایج با دیگر تحقیقات و همچنین ارائه‌ی پیشنهاداتی برای پژوهش‌های آتی پرداخته شده است.

فصل دوم

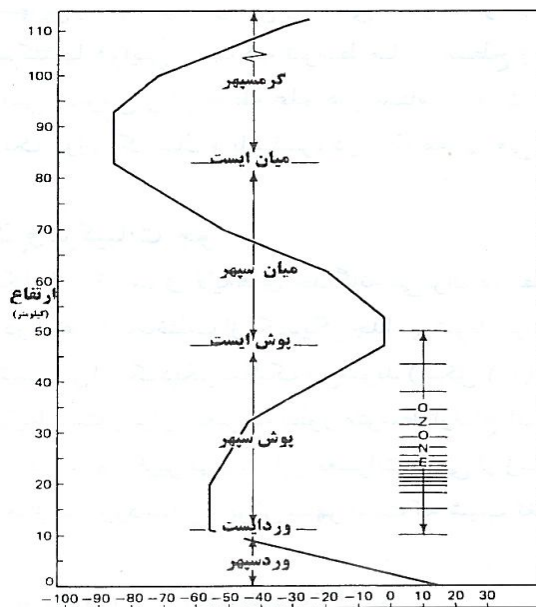
مروری بر پدیده وارونگی دمایی

1-2 مقدمه

در این فصل، ساختار جو، نحوه‌ی ایجاد پدیده وارونگی دمایی و اثرات محیطی مترتب بر آن توضیح داده شده است.

2-2 ساختمان جو

جو را می‌توان متشکل از لایه‌هایی جداگانه در نظر گرفت که با چگونگی تغییرات دمای هوا در ارتفاعات مختلف از یکدیگر متمایز می‌شوند [5]. طبق شکل 1-2، در جو استاندارد، لایه‌ها به ترتیب زیر از یکدیگر جدا می‌شوند:



شکل 1-2- شماتیکی از تغییرات دمای جو تا ارتفاع 110 کیلومتری، [5]