

دانشگاه هرمزگان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته فیزیک دریا

موضوع:

مطالعه دینامیک نسیم دریا - خشکی در منطقه ساحلی بندر عباس با

استفاده از مدل عددی MM5

استاد راهنما:

دکتر سید محمد تقوی

اساتید مشاور:

مهندس محوری

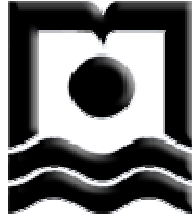
مهندس ابراهیم میرزایی

نگارش:

احمد مقدم قشلاق

خرداد 1390

الله اعلم  
بما نزلنا من  
القرآن  
وما كنا  
بالغافلين



دانشگاه هرمزگان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک دریا

موضوع:

مطالعه دینامیک نسیم دریا - خشکی در منطقه ساحلی بندر عباس با

استفاده از مدل عددی MM5

استاد راهنما:

دکتر سید محمد تقوی

اساتید مشاور:

مهندس علی محوری

مهندس ابراهیم میرزایی

نگارش:

احمد مقدم قشلاق

خرداد 1390

تقدیم به:

کسانی که فرصت اندیشیدن دارند

## پیشگفتار:

امروزه مطالعه دقیق تمام علوم با استفاده از مدل‌های عددی، با شتابی بی‌نظیر در شکافتن مجهولات طبیعت میدان‌داری می‌کند، در این میان اقیانوس‌شناسان و هواشناسان نیز برای تسریع و دقت بخشیدن به کارهای خود، مدل‌های عددی مختلفی تولید کرده و استفاده می‌کنند، که این مدل‌ها هم در مطالعات بنیادی، در نظر گرفتن فرض‌های تئوریک ممکن بزرگ مقیاس را ساده‌تر کرده و هم در مقیاس جهانی بررسی رفتارهای احتمالی اقیانوس‌ها و جو زمین را در پدیده‌های مانند النینو، نوسانات شمالی، نوسانات جنوبی، بادهای قاره-اقیانوس، در مقیاس متوسط بررسی نسیم‌های خشکی-دریا، طوفان‌های اقیانوسی، تندرهای، هاریکن‌ها و در مقیاس بررسی خرد جریان‌های جذر و مدی منطقه‌ای، جریان‌های اقیانوسی را ممکن ساخته است.

در مطالعات کاربردی از نتایج مدل‌سازی جوی و اقیانوسی، شناسایی دقیق رفتار پارامترهای فیزیکی مختلف جو و اقیانوس در مناطق مختلف و نیز پیش‌بینی آنها برای مطالعات و پیش‌آگاهی اجتماعی مثل شناسایی و پیش‌بینی بادهای احتمالی یک منطقه اعم از محلی و سینوپتیک، شناسایی و پیش‌بینی موج و جریان اقیانوسی یک قسمت از دریا و درجه حرارت و خیلی نمونه‌های دیگر دیده می‌شود.

گسترش مطالعات مدل‌سازی امروزه به حدی توصیه می‌شود، که صاحب‌نظران مطالعات دستی آماری و حتی تئوری غیر انفورماتیک را به دلیل خطاهای انسانی کم اعتبار می‌دانند. لذا نویسنده امیدوار است که در کشور عزیز ما ایران نیز، مطالعات مدل‌سازی به شیوه اصولی و دقیق در تمام شاخه‌ها به صورت منظم و منسجم در آینده نه چندان دور گسترش یابد زیرا که امروزه یکی از نشانه‌های توسعه‌یافتگی و پیشرفت، بررسی عددی دقیق و اصولی تمام پدیده‌های درون مرزی و برون مرزی به صورت علمی در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به وسیله مدل‌های عددی تازه متولد شده و یا جوان در هر دوره‌ای می‌باشد. به امید روزی که سازماندهی مدل‌سازی در تمام رشته‌ها در کشور از اولویت شایسته برخوردار باشد.

## تشکر و قدردانی:

از خداوند منان به دلیل اهداء سلامتی تن، صبر، حوصله و هر چه که دارم، سپاسگزارم.

و نیز از کلیه کسانی که در انجام این پایان‌نامه بنده را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم:

✓ از استاد راهنمای عزیز و فرزانه جناب آقای دکتر تقوی که با نبوغشان مانند چراغی در تاریکی، راه را به بنده نشان میدادند و همچنین استاد مشاور جناب آقای مهندس میرزایی تشکر می‌نمایم.

✓ بستر خانواده اعم از پدر، مادر، برادران و خواهران عزیزم که همیشه مشوق و حامی بنده در تمام فعالیت‌های علمی بودند.

✓ اساتید گرامی از جمله دکتر کامرانی، دکتر حسن‌زاده، دکتر مهدیزاده، دکتر مرتضوی و مهندس سلیمانی که همیشه مشوق من بودند

✓ دوستان صمیمی و عزیزم از جمله آقایان زارعی، خورسندی، رضایی، رشیدی، دهقانی، امیری، انصاری، محمدپور، خانم حمزه‌لو و دیگر دوستان که بنده را با تمام انرژی‌شان راهنمایی و کمک می‌کردند. و نیز از کلیه کسانی که نامشان فراموش شده ولی سهمی در رشد فکری بنده در این مدت نه چندان کم را داشته‌اند کمال سپاسگزاری را دارم.

## چکیده:

پدیده نسیم دریا- خشکی یکی از مشخصه‌های مهم مناطق ساحلی در طول ماه‌های گرم سال است که تاثیر قابل ملاحظه‌ای در آب و هوا، و همچنین پخش و پراکندگی آلاینده‌ها در مناطق ساحلی دارد. آگاهی صحیح از چگونگی شکل‌گیری نسیم دریا- خشکی، خصوصیات، و نهایتاً میزان تاثیرات آن در مناطق ساحلی می‌تواند پیامدهای مهمی برای عموم ساحل نشینان و دریانوردان، داشته باشد.

در این پایان نامه بعد از معرفی این پدیده، اثرات و راه‌های ردیابی آن، ابتدا تکرار وقوع پدیده نسیم دریا خشکی در منطقه بندر عباس برای تابستان 1387 بصورت آماری و با استفاده از داده‌های سینوپتیک مورد مطالعه قرار گرفته است و سپس برای شبیه‌سازی دینامیک هوای منطقه با استفاده از مدل منطقه‌ای MM5<sup>1</sup> (نسخه هفتم)، پس از تطابق کامل مدل با شرایط منطقه، مدل اجرا شده و نتایج بدست آمده از مدلسازی، جهت کنترل کیفی و صحت سنجی با داده‌های متناظر دیده‌بانی ایستگاه‌های مختلف زمینی و جو بالای استان هرمزگان مقایسه شده‌اند. که پس از رهیافت اجرای بهینه مدل، نتایج ضریب همبستگی قابل قبول از نقطه نظر هواشناسی و اقیانوس‌شناسی تایید خوبی برای مدل بودند.

با استفاده از برون‌دادهای ارزیابی شده مدل، پارامترهای موثر بر تشکیل و گسترش دینامیک چرخه نسیم دریا - خشکی شامل برآورد گستره باد سطحی، میزان نفوذ جبهه نسیم در خشکی، ارتفاع گستره عمودی برآورد شده و سپس با استفاده از برون‌دادهای مدل، شاخص‌های نسیم دریا- خشکی شامل ارتفاع و نفوذ نسیم از روش‌های مقیاس‌سازی S98<sup>2</sup> و TIJM<sup>3</sup> محاسبه شده، سپس امکان پیش‌بینی نسیم دریا- خشکی و بالعکس بوسیله مدل MM5 و مدل‌های مشابه توسعه یافته ارزیابی شده و در نهایت تاثیر دینامیکی این پدیده در منطقه در زمان مطالعه مورد برای منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. شروع نسیم دریا حدود ساعت 09:00 برآورد شد و شدت نسیم با استفاده از داده‌های مدل برابر با 5/4 m/s برآورد شد که همخوانی خوبی با عدد بدست آمده از ایستگاه‌های دیده‌بانی را نشان می‌دهد و ارتفاع چرخه نسیم دریا خشکی و بالعکس حدود 2200 متر برآورد شده‌است.

همچنین نتایج به دست آمده برای شاخص نسیم دریا در روز 21 آگوست 2008 به دو روش S98 و T99 میزان قدرت نسیم دریا را در این روز بترتیب برابر با 1/012 و 0/68 برآورد کرده و برای مقدار

<sup>1</sup> -Mesoscale Modeling 5st sereis

<sup>2</sup> - Steyn (1998)

<sup>3</sup> - Tijm (1999)

بحرانی نیز بترتیب مقدار 0/25 و 0/22 بدست آمد که توسعه نسیم دریا در خشکی را در این روز نشان می دهد.

---

**واژه‌های کلیدی:** دینامیک نسیم دریا-خشکی، مدل منطقه‌ای MM5، مقیاس‌سازی، بندرعباس.



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
1.....	کلیات
2.....	مقدمه
2.....	1-1. نسیم دریا- خشکی
2.....	1-1-1. اهمیت نسیم دریا- خشکی و بالعکس
3.....	1-1-2. شرایط آب هوایی و زمانی تشکیل نسیم دریا
4.....	1-1-3. فرمول بندی نسیم دریا- خشکی
7.....	2-1. عوامل موثر بر نسیم دریا
8.....	1-2-1. باد غالب
8.....	2-2-1. تفاوت دمای دریا و ساحل
8.....	3-2-1. پایداری جوی
9.....	4-2-1. شکل خط ساحل (مورفولوژی ساحل)
9.....	5-2-1. پستی و بلندی
9.....	6-2-1. طبیعت سطح زمین
10.....	7-2-1. شهرها
10.....	8-2-1. نیروی کوریولیس
11.....	3-1. تاثیرات نسیم دریا خشکی
11.....	1-3-1. افزایش رطوبت
11.....	2-3-1. تغییر سرعت و جهت باد
12.....	3-3-1. کاهش دما
12.....	4-1. مخاطرات و حوادث ناشی از نسیم دریا
13.....	5-1. راه‌های مختلف ردیابی و آنالیز پدیده نسیم دریا- خشکی
13.....	1-5-1. مشاهدات هواشناسی
14.....	2-5-1. رادار دوپلری
	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
17.....	4-5-1. لیدار
18.....	5-5-1. داده‌های ماهواره‌ای
	فصل دوم
21.....	مروری بر منابع و مطالعات انجام شده

22	..... مقدمه
22	..... 1-2. پیشینه تحقیق
23	..... 2-2 مدل‌های نسیم دریا-خشکی
24	..... 1-2-2 مدل‌های اقلیمی
24	..... 2-2-2 مدل‌های دو بعدی
24	..... 3-2-2 مدل‌های معادلات مقدم
24	..... 4-2-2 مدل‌های جریان گرانی
25	..... 5-2-2 اضافه نمودن تلاطم
25	..... 3-2 مدل‌های میان مقیاس جوی
26	..... 1-3-2. پیدایش مدل MM5 و روند گسترش آن
	..... فصل سوم
30	..... منطقه مورد مطالعه و روش مطالعه
31	..... مقدمه
31	..... 1-3 منطقه مورد مطالعه
31	..... 1-1-3. خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی منطقه
32	..... 2-1-3. آب و هوا
32	..... 3-1-3. ارتفاعات
33	..... 4-1-3. جغرافیای طبیعی و اقلیم استان
33	..... 5-1-3. توده‌های هوای موثر بر اقلیم منطقه
34	..... 6-1-3. اهمیت منطقه مورد مطالعه
37	..... 2-3. روش مطالعه
38	..... 3-3 معرفی اجمالی بخش‌های مدل MM5
40	..... 1-3-3. برنامه‌ی TERRAIN
41	..... 2-3-3. برنامه‌ی REGRID
42	..... 3-3-3. برنامه‌ی RAWINS/little-r
42	..... 4-3-3. برنامه‌ی INTERPF
42	..... 5-3-3. برنامه‌ی MM5
42	..... 6-3-3. برنامه‌ی NESTDOWN
42	..... 4-3. حداقل نیازها برای اجرای مدل MM5
43	..... 5-3. شبکه افقی و قائم مدل MM5
45	..... 6-3. آشیانه‌سازی
47	..... 7-3. شرایط مرزی جانبی
47	..... 8-3. دینامیک غیر ایستایی در مقابل دینامیک ایستایی

48	9-3. حالت مرجع در مدل غیرایستایی .....
49	10-3. داده‌گذاری چهار بعدی (FDDA) .....
50	1-10-3. آغازگری دینامیکی .....
50	2-10-3. تحلیل دینامیکی .....
50	3-10-3. شرایط مرزی .....
50	11-3. دسته‌بندی‌های کاربری زمین .....
53	12-3. تصویر نقشه و عامل مقیاس نقشه .....
54	13-3. داده‌های موردنیاز جهت اجرای مدل .....
فصل چهارم	
55	طراحی و اجرای مدل روی منطقه .....
56	مقدمه .....
56	1-4. تعریف دامنه‌ها .....
58	2-4. شرایط اولیه و مرزهای جانبی .....
58	1-2-4. برنامه regrid: .....
58	2-2-4. برنامه interpf .....
60	3-4. تنظیمات تعریف شده برای مدل MM5 .....
60	1-3-4. طرحواره کومولوس .....
60	2-3-4. طرحواره لایه آمیخته .....
60	3-3-4. طرحواره میکروفیزیک .....
61	4-3-4. طرحواره تابش .....
61	5-3-4. طرحواره سطح زمین .....
62	4-4. تنظیمات عرشه مدل MM5 و اجرای آن .....
62	5-4. صحت‌سنجی داده‌های مدل .....
فصل پنجم	
65	نتایج .....
66	مقدمه .....
66	1-5. نتایج مطالعات دیدبانی .....
66	1-1-5. تعیین روزهای همراه با پدیده نسیم دریا-خشکی .....
68	2-1-5. شروع نسیم .....
69	3-1-5. شدت نسیم .....
69	4-1-5. کثرت شکل‌گیری نسیم .....
70	5-1-5. ارتفاع سلول نسیم .....
70	2-5. نتایج مطالعات مدلسازی .....

72.....	1-2-5. پارامترهای هواشناسی مرتبط با چرخه نسیم دریا - خشکی
75.....	2-2-5. گستره افقی چرخه نسیم دریا - خشکی
77.....	3-2-5. ارتفاع سلول نسیم
78.....	2-2-5. مقیاس سازی نسیم دریا - خشکی
	فصل ششم
84.....	بحث روی نتایج
85.....	1-6. بحث و نتیجه گیری
86.....	2-6. پیشنهادات
87.....	منابع

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

### فصل سوم

51.....	جدول 1-3 توصیف دسته بندی شماره 13، پارامترهای فیزیکی و کاربری زمین
52.....	جدول 2-3 توصیف دسته بندی شماره 17، پوشش گیاهی و پارامترهای فیزیکی
52.....	جدول 3-3 توصیف دسته بندی شماره 25، پوشش گیاهی و پارامترهای فیزیکی
53.....	جدول 4-3 توصیف دسته بندی شماره 17، طبقه بندی خاک پارامترهای فیزیکی

### فصل چهارم

	جدول 1-4 ضریب همبستگی محاسبه شده برای پارامترهای دما، سرعت و جهت باد سطحی در این ایستگاه های
57.....	سینوپتیک

- جدول 4-2، ساختار شبکه عمودی مدل ..... 59
- جدول 4-3 طرحواره‌های فیزیکی بکار رفته در اجرای مدل ..... 61
- جدول 4-4 ضریب همبستگی محاسبه شده برای پارامترهای دما، سرعت و جهت باد سطحی در این ایستگاه‌های سینوپتیک، ..... 64

## فصل پنجم

- جدول 5-1 شاخص‌های نسیم دریا-خشکی و خشکی-دریا، در ایستگاه بندرعباس، جولای و آگوست 2008..... 71

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

### فصل اول

- شکل 1-1. اقلیم نسیم دریا - خشکی، خشکی - دریا برای شهر توکرتون از سال 1996 تا 2002 بر حسب تعداد اتفاق در ماه میلادی (باور 2004)..... 3
- شکل 2-1. شمای کلی تشکیل نسیم دریا - خشکی، خشکی - دریا که با توجه به توضیحات بالا طراحی شده اس..... 5
- شکل 3-1. نشان دهنده وجود اصطکاک کمتر در هوای بالای سطح دریا نسبت به خشکی که در اندازه سرعت تاثیر خود را نشان داده است..... 12
- شکل 4-1. رنگ قرمز نشان دهنده مزر جبهه نسیم توسط آنالیز داده‌های رادار در خلیج دالیور می‌باشد ..... 15
- شکل 5-1. عکس دکل هواشناسی 98,7 متری، در نزدیکی ساحل سیمونز ولد..... 16
- شکل 6-1 لیدار مکعب باد کارخانه لئوسفر..... 18
- شکل 7-1. داده‌های ماهواره‌ای مادون قرمز برای ردیابی نسیم دریا که جبهه نسیم به اندازه کافی مشخص نیست، این عکس‌ها برای این کار مناسب نیستند ..... 19
- شکل 8-1. ردیابی نسیم دریا به وسیله داده‌های ماهواره ای مریی که به خوبی با تحلیل‌های دیگر نمایش می‌دهد..... 20

## فصل سوم

- شکل 3-1 گسترده‌گی ساحلی شهر بندر عباس و توزیع منابع آلاینده‌های هوا و دریا بر حسب موقعیت‌های آنها..... 36
- شکل 3-2 زاویه ای که نماینده نسیم دریا و نسیم خشکی باشد با توجه به جهت بردار شمالی  $N$  بدست آمده است.. 37
- شکل 3-3 ورودی ها و منابع آنها را برای ریزبرنامه های مدل ..... 39
- شکل 3-4. شمای جریان عملیاتی مدل MM5 ..... 41
- شکل 3-5. شمایی از ساختار شبکه قائم مدل. در این شکل 15 لایه‌ی قائم وجود دارد. خط‌چین‌ها نیم‌ترازهای سیگما و خطوط پر ترازهای کامل هستند ..... 44
- شکل 3-6. شمایی از شبکه افقی B آرکاوا - لمب ..... 45
- شکل 3-7. مثالی از آشیانه‌سازی ..... 46

## فصل چهارم

- شکل 4-1 چهار شبکه تو در تو تعریف شده توسط مدل ..... 57
- شکل 4-2 نمودارهای سری زمانی داده‌های مدل و دیدبانی پارامترهای دما، سرعت و جهت باد سطحی در دو ایستگاه بندرعباس و بندر لنگه ..... 63

## فصل پنجم

- شکل 5-1. نمودار سری زمانی جهت و سرعت باد، یکم تا پنجم جولای 2008، ایستگاه بندرعباس..... 67
- شکل 5-2. (آ) نمایه عمودی عمودی جهت باد، (ب) بازه ارتفاعی که بیانگر نسیم دریا-خشکی است، چهارم جولای 2008، ایستگاه بندرعباس ..... 67
- شکل 5-3. (آ) نمایه عمودی عمودی جهت باد، (ب) بازه ارتفاعی که بیانگر نسیم دریا-خشکی است، پنجم جولای 2008، ایستگاه بندرعباس ..... 68
- شکل 5-4 نقشه شار گرمایی سطحی 21 و 22 آگوست در این شکل می‌توان تغییرات دمای سطحی را در طول شبانه روز، در دامنه چهارم شبیه‌سازی شده مشاهده کرد..... 73

- شکل 5-5 نقشه دمای سطحی 2 متر 21 و 22 آگوست در این شکل می توان تغییرات دمای سطحی را در طول شبانه روز، در دامنه چهارم شبیه سازی شده مشاهده کرد. .... 74.....
- شکل 5-6 نقشه رطوبت نسبی 22 آگوست، در این شکل تغییران رطوبت نسبی در دامنه چهارم از ساعات اولیه روز تظهر، در دامنه چهارم شبیه سازی شده مشاهده کرد. .... 75.....
- شکل 5-7 شروع و گسترش نسیم دریا-خشکی، خشکی - دریا، دامنه چهارم 21 و 22 آگوست 2008. .... 76.....
- شکل 5-8 نمایه عمودی چرخه نسیم دریا- خشکی، 21 آگوست، ساعت 9:00. .... 77.....
- شکل 5-9 نمایه عمودی چرخه نسیم خشکی - دریا، 21 آگوست ساعت 21:00. .... 78.....

فصل اول

# کلیات



## مقدمه

نسیم دریا - خشکی<sup>1</sup> و نسیم خشکی - دریا یکی از پدیده‌های ناشی از اندرکنش زمین - اقیانوس - جو<sup>2</sup> مانند بادهای قاره - اقیانوس در مناطق ساحلی است که با توجه به گستردگی نواحی ساحلی در سراسر کره زمین، اهمیت ویژه‌ای برای مطالعه یافته است، به همین دلیل سهم قابل توجه‌ای در مطالعات جوی دارد. از این رو در این فصل ابتدا به معرفی این پدیده و اهمیت آن پرداخته شده و سپس به طور خلاصه عوامل موثر بر این پدیده معرفی شده‌اند و در ادامه از اثرات این پدیده و مدلیات ناشی از آن یاد شده است و در نهایت روش‌های ردیابی نسیم دریا - خشکی آورده شده است.

## ۱-۱. نسیم دریا - خشکی

### 1-1-1. اهمیت نسیم دریا - خشکی و بالعکس

نسیم دریا برای دریا نوردان قدیمی مانند فنیقی‌ها و یونانی‌ها به شکل یک باد مناسب شناخته شده بود. ملایمت وزش و زمان وزش نسیم از چند ساعت پس از طلوع آفتاب تا غروب آن، برای شناورهای سبک در آن زمان کاملاً مناسب بوده است. امروزه نسیم دریا برای برنامه‌های تفریحی بسیار مناسب است.

نسیم دریا با اعمال نیرو به سطح دریا، بر حرکت آب‌های ساحلی، خصوصاً شکل‌گیری و شدت امواج ساحلی که ناشی از این نسیم است، تاثیر گذار بوده و به همین دلیل فرآیند اکسیژن‌گیری آب‌های ساحلی را تسریع می‌کند، بعلاوه در اختلاط قائم در هنگام دما شیب<sup>3</sup> روزانه، برای تصفیه آلودگی‌های ساحلی نزدیک بنادر یا مناطق صنعتی، تعیین‌کننده است. [5] همچنین این پدیده به این دلیل که یک پدیده دوره‌ای می‌باشد و تقریباً در تمام روزهای آرام، اتفاق می‌افتد و نقش مهمی در انتقال و توزیع رطوبت هوا و آلاینده‌های هوا در مناطق ساحلی ایفا می‌کند و همچنین در تولید آلاینده‌های ثانویه خطرناکی مثل ازن در مناطق ساحلی تاثیر گذار است [35]. همچنین این پدیده دوره‌ای، یک فرآیند مناسب جهت تهویه هوای شهرهای ساحلی می‌باشد که در کشورهای توسعه یافته معابر را طوری طراحی می‌کنند که این نسیم باعث تهویه هوای سطحی شهر شود. [51]

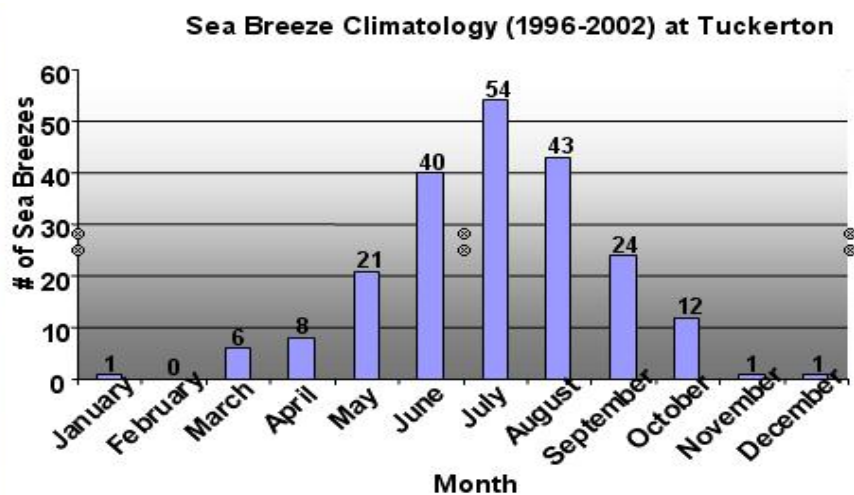
<sup>1</sup> Sea/Land Breeze

<sup>2</sup> Ocean - Earth - Atmosphere Interaction

<sup>3</sup> Thermo cline

## 2-1-1. شرایط آب هوایی و زمانی تشکیل نسیم دریا

از نقطه نظر هواشناسی، شرایط هوای مناسب برای نسیم دریا، زمانی است که بادهای همدیدی ضعیف و روزها گرم هستند، به عنوان مثال شهر ساحلی توکرتون در نیوجرسی می‌تواند یک آمار کلی در مورد سری زمانی تکرار وقوع این پدیده نشان دهد، در شکل (1-1) نمودار دوره زمانی ماه‌های سال برای مدت زمان شش سال توسط باور<sup>1</sup> در سال 2004 [13] برای این شهر برآورد شده است، آمار حاکی از کثرت وقوع پدیده نسیم دریا- خشکی در گرم‌ترین ماه‌های سال، یعنی در تابستان است. اما نسیم خشکی در شرایطی رخ می‌دهد که باد بزرگ مقیاس ضعیف بوده و هیچ جریان قوی دیگری بر روی جریان‌های محلی تاثیرگذار نباشد، و همچنین در شب آسمان صاف باشد تا بتواند مقدار متناهی سردشدگی تشعشعی داشته باشد تا سرعت سردشدگی خشکی نسبت به دریا به اندازه کافی بالا باشد. این شرایط معمولاً وقتی مهیا هستند که یک واچرخند یعنی یک سیستم پرفشار منطقه‌ای با فرونشینی هوا در منطقه ساحلی وجود داشته باشد و وقتی این فرونشینی در خشکی اتفاق بیفتد هوای سطح زمین در ساحل سنگین‌تر شده و نیاز به جابجایی در سطح اتفاق می‌افتد و در امتداد همین جریان در دریا یک چرخش محلی اتفاق افتاده که به طرف ساحل خواهد بود، به این نسیم در سطح که به طرف دریا می‌وزد نسیم خشکی گفته می‌شود به این دلیل که از طرف خشکی به ساحل اتفاق می‌افتد. [43]



شکل 1-1. آمار وقوع نسیم دریا- خشکی برای شهر توکرتون از سال 1996 تا 2002 بر حسب تعداد اتفاق در ماه میلادی [13]

<sup>1</sup> Bower

### 3-1-1. فرمول بندی نسیم دریا- خشکی

چگال گرائی<sup>1</sup> محیط و در نتیجه تغییر فشار، عامل اولیه ایجاد حرکت هوا می‌باشد. هنگام صبح که آفتاب طلوع می‌کند و تابش خورشیدی در سواحل دریا وجود دارد، شار گرمایی پائین رو<sup>2</sup>، سطح دریا و زمین وجود دارد، این شار تابشی باعث می‌شود که آهنگ گرم شدگی<sup>3</sup> سطح زیرین مثبت شود و در نتیجه هم سطح آب دریا وهم سطح زمین گرم شود، بیشتر بودن ظرفیت گرمایی ویژه آب دریا نسبت به ظرفیت گرمایی ویژه خاک باعث می‌شود که دمای سطح زمین با آهنگ بیشتری نسبت به دمای سطح آب دریا، بالا رود. در نتیجه با گذشت زمان، دمای سطح خشکی بالاتر از دمای سطح آب دریا خواهد شد و بر اساس قانون استفن<sup>4</sup>(1-1) هر جسم متناسب با درجه چهارم دمایش کارمایه گرمایی<sup>5</sup> تشعشع می‌نماید [50]:

$$E \uparrow = \sigma T^4 \quad (1-1)$$

این رابطه میزان گرمای ساطع شده از محیط را نشان می‌دهد، اختلاف گرمای ساطع شده از دریا و خشکی اساس ایجاد نسیم دریا و خشکی می‌باشد. در این رابطه  $\sigma$  ثابت استفان بولتزمن<sup>6</sup>، برابر است با  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ wm}^{-2} \text{ k}^{-4}$  و  $E$  شار گرمایی بالارو بر حسب وات بر متر مربع می‌باشد که به صورت تابش با طول موج بلند<sup>7</sup> انجام می‌شود.

---

<sup>1</sup>-Baroclinicity

<sup>2</sup>-Downward heat flux

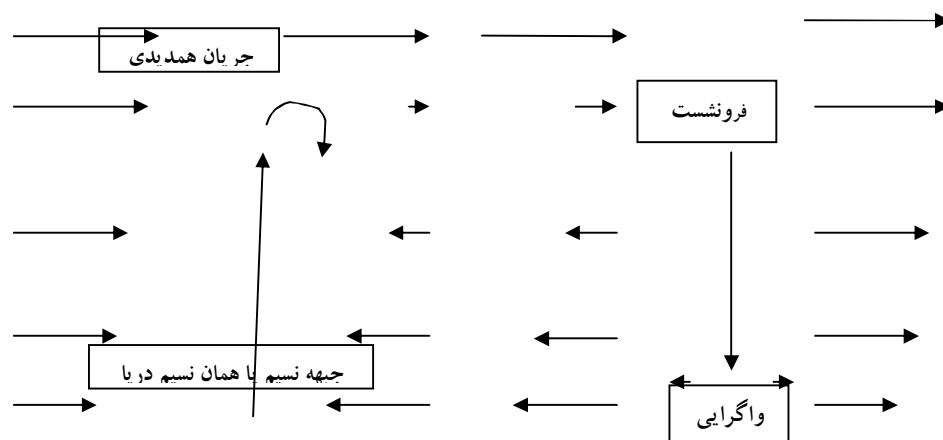
<sup>3</sup>-Heating rate

<sup>4</sup>-Stefan law

<sup>5</sup>-Heat energy

<sup>6</sup>- Stefan – Boltzmann constant

<sup>7</sup>- Long wave



خشکی (گرم)

دریا (خنک)

شکل 2-1. شمای کلی تشکیل نسیم دریا - خشکی دریا - خشکی که با توجه به توضیحات بالا طراحی شده است

همانطور که در شکل 2-1 نشان داده شده است در تراز بالایی به دلیل وجود نیروی گرادیان فشار، حرکت از روی ستون هوای روی خشکی به سمت ستون هوای روی دریا شروع می شود و به این ترتیب بخشی از جرم هوا از بالای ستون هوای روی زمین به دلیل این حرکت کم شده و به سمت ستون هوای روی دریا رفته و به جرم آن افزوده شده است، با کاهش جرم ستون هوای روی خشکی و افزایش جرم هوای روی دریا، ستون روی دریا فشار بیشتری را به سطح زیرین خود یعنی دریا وارد نموده و ستون هوای روی خشکی وزن کمتری را پیدا کرده و در نتیجه آن ستون هوا فشار کمتری به سطح زیرین خود وارد می نماید، به این ترتیب روی دریا سیستم پر فشار و روی زمین سیستم کم فشار تشکیل شده و حرکت هوا در سطح زمین از دریا به سمت خشکی آغاز می شود که آن را نسیم دریا می نامند. هر قدر تمایز دمای سطح آب دریا و سطح زمین بیشتر باشد، قدرت نسیم دریا نیز بیشتر خواهد شد. به نظر می رسد که هر چه آفتاب بیشتر بالا آید، شار گرمایی پائین رو ناشی از تابش خورشیدی افزایش پیدا می کند.

وجود اختلاف آهنگ گرم شدن ستون هوای روی دریا و ستون هوای روی خشکی بایستی عاملی باشد تا سرعت نسیم دریا و خشکی افزایش یابد. چنانچه از اصطکاک که عامل کنترل کننده سرعت نسیم دریا و ساحل است، صرف نظر شود، با اقتباس از هولتون<sup>1</sup> (1992) [27] می توان نوشت:

<sup>1</sup> Holton