بسم الله الرحمن الرحيم

تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهائی پایان نامه آقای آقای مهدی اسماعیل پورروشن
تحت عنوان: تعیین توزیع مکانی و زمانی دمای سطحی خزر جنوبی با استفاده از مدل عددی
را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی‌ارشد پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما	دکتر مسعود ترابی آزاد	استادیار	
۲- استاد مشاور	دکترسید محمد حسینی	استاد	
۳-نماینده‌شورای‌تحصیلات‌تکمیلی	دکترسید علی آزرمسا	دانشیار	
۴- استاد ناظر	دکتر سورنا نسیمی	استادیار	
۵- استاد ناظر	دکترسید علی آزرمسا	دانشیار	

دانشگاه تربیت مدرس

شماره:.....
تاریخ:۹۱/۷/۳
پیوست:.....

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱) در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) های خود، مراتب را قبلاً به مرکز نشر دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲) در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

((کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته **مهندسی فیزیک دریا** است که در سال **۱۳۸۸** در دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور به راهنمایی جناب آقای **دکتر مسعود ترابی آزاد** و مشاوره استاد محترم آقای **دکتر سید محمد حسینی** از آن دفاع شده است.))

ماده ۳) به منظور جبران بخشی از هزینه های نشریات دانشگاه تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴) در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰ ٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه نماید.

ماده ۵) دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶) اینجانب **مهدی اسماعیل پور روشن** دانشجوی رشته **مهندسی فیزیک دریا** در مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

امضاء

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده منابع طبیعی و علوم دریائی
گروه فیزیک دریا

پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

تعیین توزیع زمانی و مکانی دمای سطحی دریای خزر جنوبی با استفاده از مدل عددی

استاد راهنما:
دکتر مسعود ترابی آزاد

استاد مشاور اول:
دکتر سیدمحمد حسینی

استاد مشاور دوم:
مهندس داریوش منصوری

نگارش:
مهدی اسمعیل پوروشن

بهار ۸۸

با یاد خدا

پایان نامه حاضر را تقدیم می کنم به:

تمامی دوستداران علم و فن و طبیعت

به پدر و مادر گرامی ام که راه را برایم در راستای تحصیل و آموزش هموار ساختند

به همسرم که مشوقم بود و در برابر تلخیهایم صبور

و در پایان به کیمیای زندگی ام، دخترم.

تشکر و قدردانی:

در اینجا بر خود وظیفه می دانم از کلیه کسانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری رساندند خصوصاً استاد راهنما جناب آقای دکتر مسعود ترابی آزاد و استاد مشاور جناب آقای دکتر سید محمد حسینی و همچنین از جناب آقای دکتر بنازاده ماهانی، جناب آقای دکتر زمانیان و جناب آقای دکتر عباسعلی علی اکبری بیدختی که با راهنمایی های ارزشمند مرا در انجام این امر یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری کنم.

چکیده:

این تحقیق یک مدل عددی را برای پیش بینی و تعیین توزیع مکانی ـ زمانی دمای سطحی خزر جنوبی ارائه می‌دهد. مدل عددی مذکور بر اساس حل معادلات حاکم بر توزیع دما و جریان استوار است. برای حل عددی معادلات و گسسته سازی آنها از روش تفاضل متنهای (Finite difference) استفاده گردید. به این منظور از طرح واره‌های دو گامی لکس ـ وندروف برای جملات فرارفتی و دوفورت ـ فرانکل برای جملات انتشاری استفاده شد. در این مطالعه شبکه‌ای که برای شبکه بندی محیط مورد استفاده قرار می‌گیرد، شبکه آراکاوی C تعدیل یافته و در دستگاه کروی زمین با آرایه‌های قائم سیگما است. ابعاد منطقه مورد مطالعه برای خزر جنوبی ۳۵۰×۴۵۰ کیلومتر و ابعاد شبکه مدل $۱km \times ۱km$ است. مدل برای دو حالت اجرا شد، در حالت اول فرض شده است که یک بسته دمایی آب ناحیه میانی خزر از ناحیه کناری مرز باز وارد آب‌های منطقه جنوبی می‌شود و در حالت دوم فرض شده از کل ناحیه مرز باز شمالی حوضه خزر جنوبی آب ورودی با دمای مشخص وارد این حوضه می‌شود. برنامه نوشته شده بر این اساس است که نحوه انتشار دما و تأثیرات دمایی بسته آب ورودی از مرز باز به منطقه مورد مطالعه را با توجه به تغییرات مکانی و نحوه گردش آب منطقه پیش بینی خواهد کرد.

مدل برای ۱۰ روز از حالت اولیه اجرا شد. به منظور حل عددی معادلات برنامه رایانه‌ای به زبان C^{++} تهیه شده و خروجی این برنامه با استفاده از نرم افزارهای Arc view, Tec plot, Surfer رسم شد. نفوذ بسته دمایی در سواحل غربی بیشتر از سواحل شرقی است. با توجه به اینکه اختلاف دمایی بسته با دمای محیط اطراف در سواحل شرق بیشتر است مشاهده می‌شود که نفوذ بسته در سواحل شرقی کمتر است. لذا عامل مؤثر در میزان نفوذ بسته دمایی در این حالت جریانهای سطحی خزر جنوبی است که سبب انتقال توده آب می‌شود. محدوده سرعت حرکت سطحی این بسته دمایی در حالت اول از اجرای مدل بین ۰/۵۶ تا ۰/۷۴ متر بر ثانیه و در حالت دوم بین ۰/۶ تا ۰/۸۴ متر بر ثانیه محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: دما، مدل عددی، توزیع مکانی ـ زمانی، دمای سطحی، سرعت جریان، خزر جنوبی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

ـ چکیده ۱

فصل اول: مقدمه و پیشینه تحقیق

۱ـ مقدمه..... ۳

۱ـ۱ـ اهمیت و ضرورت مطالعه ۴

۱ـ۲ـ هدف تحقیق..... ۵

۱ـ۳ـ سابقه تحقیق ۵

فصل دوم: مطالب کلی در مورد دریای خزر حوضه جنوبی

۲ـ۱ـ موقعیت جغرافیایی دریای خزر جنوبی..... ۱۰

۲ـ۲ـ دمای سطح آب ۱۰

۲ـ۲ـ۱ـ روش اندازه گیری دمای سطح آب..... ۱۲

۲ـ۳ـ تبخیر در دریای خزر..... ۱۵

۲ـ۴ـ شوری ۱۶

۲ـ۵ـ وضعیت شوری ـ دما ـ چگالی..... ۱۷

۲ـ۶ـ رودهای ورودی به خزر جنوبی..... ۲۳

۲ـ۷ـ جریانهای سطحی دریای خزر ۲۳

۲ـ۸ـ انواع جریانهای سطحی خزر ۲۷

۲ـ۹ـ ساختار جریان (گردش) دریای خزر..... ۲۷

۲ـ۱۰ـ باد..... ۲۹

فصل سوم: پارامترهای فیزیکی در حوضه جنوبی دریای خزر

۳ـ۱ـ تنش باد روی سطح دریا ۳۱

۳ـ۲ـ سرعت اصطکاکی و عمق نفوذ اصطکاک ۳۳

۳ـ۳ـ عدد ریچاردسون ۳۴

۳ـ۴ـ لزجت افقی و پخش گرمایی ۳۵

۳ـ۵ـ شار گرمای سطح ۳۵

فصل چهارم: معادلات حاکم و معرفی روش‌های عددی جهت دستورسازی مدل

۴ـ۱ـ جریان اصطکاکی و چرخش ناشی از باد ۳۹

۴ـ۱ـ۱ـ بررسی تحلیلی گردش آبها در منطقه جنوبی خزر ۳۹

۴ـ۲ـ شرایط مرزی و معادلات حاکم در دستگاه مختصات دکارتی ۴۰

۴ـ۳ـ معادلات حاکم در دستگاه کروی زمین ۴۳

۴ـ۳ـ۱ـ معادلات تکانه در دستگاه کروی زمین ۴۶

۴ـ۳ـ۱ـ۱ـ آهنگ تغییرات تام سرعت در پی حرکت ۴۶

۴ـ۳ـ۱ـ۲ـ نیروی کوریولیس ۴۷

۴ـ۳ـ۱ـ۳ـ نیروی وارد شده به بدنه‌ی شاره ۴۷

۴ـ۳ـ۱ـ۴ـ نیروی گردیان فشار ۴۷

۴ـ۳ـ۱ـ۵ـ نیروی اصطکاک ۴۸

۴ـ۳ـ۲ـ معادله‌ی پیوستگی در دستگاه کروی زمین ۵۲

۴ـ۳ـ۳ـ ژئوپتانسیل در دستگاه کروی زمین ۵۲

۴ـ۴ـ معادلات حاکم در دستگاه کروی زمین با آرایه‌ی قائم سیگما ۵۳

۴ـ۴ـ۱ـ آرایه‌ی قائم سیگما ۵۴

۴ـ۴ـ۲ـ دستگاه مختصات کروی زمین با آرایه‌ی قائم سیگما ۵۴

۴ـ۴ـ۳ـ معادله‌ی پیوستگی دو دستگاه کروی زمین با آرایه‌ی قائم سیگما ۵۸
۴ـ۴ـ۴ـ معادله دما و رسانایی گرمایی در دستگاه کروی زمین با آرایه قائم سیگما ۵۹
۴ـ۵ـ محاسبات عددی ۶۳
۴ـ۵ـ۱ـ ساختار شبکه‌ی مورد استفاده ۶۳
۴ـ۵ـ۲ـ روش‌های عددی ۶۵
۴ـ۵ـ۳ـ شرایط اولیه ۶۶
۴ـ۶ـ گسسته سازی معادلات ۶۶
۴ـ۷ـ برنامه‌ی رایانه‌ای ۶۹

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

۵ـ۱ـ موقعیت منطقه مورد مطالعه ۷۲
۵ـ۲ـ بحث و نتایج ۷۲
۵ـ۳ـ پیشنهادات و نتایج کلی ۸۳

ـ منابع و مراجع ۸۵

فهرست اشکال

شکل (۲ـ۱) موقعیت مکانی دریای خزر ۱۱

شکل (۲-۲) موقعیت جزائر و شبه جزائر و خلیج‌ها ۱۳

شکل (۲-۶) توزیع ایستگاههای گشت دریایی (الف، شکرباغانی، ۱۳۸۳)..... ۱۸

شکل (۲-۷) نیمرخ‌های توزیع قائم دما و شوری (ایستگاه شماره ۱) ۱۹

شکل (۲-۸) نیم‌رخ های توزیع قائم دما و شوری و چگالی (ایستگاه شماره ۲)..... ۲۰

شکل (۲-۹) نیمرخ‌های توزیع قائم دما و شوری و چگالی (ایستگاه شماره ۳) ۲۱

شکل (۲-۱۰) نیمرخ‌های توزیع دما و شوری و چگالی (ایستگاه شماره ۴)..... ۲۲

شکل (۲-۱۱) واردات رودخانه‌ای..... ۲۴

شکل (۲-۱۲) نمونه‌ای از نحوه گردش آب دریای خزر ۲۶

شکل(۴-۱) نمایش یک جزء حجمی در دستگاه مختصّات کروی زمین..... ۴۴

شکل (۴-۲) نمای افقی شبکه ی آراکاوا C تعدیل یافته که فراسنج‌های s، T، σ، p_b، ρ و $\mathbf{V}$ نیز در محل Φ پیش بینی می‌شوند..... ۶۳

شکل (۴-۳) نمای قائم شبکه‌ی آراکاوا C تعدیل یافته(صفحه‌ی $\lambda-\sigma$) ۶۴

شکل (۴-۴) نمای قائم شبکه‌ی آراکاوا C تعدیل یافته (صفحه‌ی $\phi-\sigma$) ۶۴

شکل (۵-۱) پخش دمایی حالت اول در گام زمانی ۶۰۰..... ۷۲

شکل (۵-۲) پخش دمایی حالت اول در گام زمانی ۲۰۰۰ ..... ۷۳

شکل (۵-۳) پخش دمایی حالت اول در گام زمانی ۳۵۰۰ ..... ۷۳

شکل (۵-۴) پخش دمایی حالت اول در گام زمانی ۵۰۰۰ ..... ۷۴

شکل (۵-۵) پخش دمایی حالت اول در گام زمانی ۷۰۰۰ ..... ۷۴

شکل (۵-۶) پخش دمایی حالت دوم در گام زمانی ۶۰۰..... ۷۸

شکل (۵-۷) پخش دمایی حالت دوم در گام زمانی ۲۰۰۰..... ۷۸

شکل (۵-۸) پخش دمایی حالت دوم در گام زمانی ۳۵۰۰..... ۷۹

شکل (۵-۹) پخش دمایی حالت دوم در گام زمانی ۵۰۰۰..... ۷۹
شکل (۵-۱۰) پخش دمایی حالت دوم در گام زمانی ۷۰۰۰..... ۸۰
شکل (۵-۱۱) تغییرات دمایی با استفاده از داده‌های میدانی..... ۸۲

فهرست جداول

جدول (۲-۱) خصوصیات عمومی دریای خزر..... ۱۴
جدول (۲-۲) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی (زمردیان ح، شیخ‌الاسلامی م، ۱۳۷۷) ۱۷
جدول (۴-۱) مقادیر ضرایب حرکت شناختی ناروانی پیچه ای در راستای افقی و قائم..... ۵۰
جدول (۵ـ۱) داده‌های میدانی دمای سطح خزر جنوبی..... ۷۷

فصل اول:

مقدمه و پیشینه تحقیق

۱- مقدمه:

تغییرات زمانی و مکانی دمای سطحی پهنه‌ی آبی نقش مهمی در فعالیتهای سیستم جوی، زندگی آبزیان، جریانات دریایی، میزان شوری و دیگر خصوصیات آب دریاها و دریاچه‌ها دارد . دما را می‌توان همان انرژی خورشیدی جذب شده به وسیله‌ی مواد که تبدیل به انرژی گرمایی می‌شود تعریف کرد. آب ، تابش خورشیدی را به شدت جذب می‌کند. این جذب تا اعماق زیادی در آب نفوذ می‌کند، که این جذب نسبت به شفافیت آب متغیر است. ضخامت لایه های جاذب انرژی در اقیانوسها و دریاها به دو تا سه مترمی‌رسد و در بخش وسیعی از آن توزیع می‌شود. ضریب بالای آب همراه با ظرفیت گرمایی ویژه بالای آن و انتقالهای گوناگون گرما به سایر قسمتهای آب باعث شده که هرکجا پهنه‌ی آبی داشته باشیم به عنوان ذخیره کننده گرما عمل می‌کند. از آنجایی که دریاها و اقیانوسها مهمترین منابع رطوبتی و محل تشکیل سیستمهای مختلف جوی هستند، ویژگیهای گرمایی آب و ارتباط متقابل آن با دمای هوا در این امر دارای اهمیت است. در دنیای امروز مطالعات زیادی در مورد نقش دریاها و دریاچه‌ها بر روی مناطق و اکوسیستمهای مجاور آن صورت گرفته است. برای استفاده بهتر از منابع دریایی، حمل و نقل آبی، حفاظت تأسیسات ساحلی در برابر امواج و بهره‌برداری از انرژی آب، داشتن اطلاعات کمی و کیفی از مشخصه‌های پهنه‌ی آبی لازم و ضروری است که یکی از این پارامترها ، دمای سطح آب است.علاوه بر شرایط دمایی، توزیع زمانی ومکانی دمای سطح دریاها برای کاربردهای مختلف از جمله پیش بینی های مدلهای عددی[1] و بودجه انرژی، مطالعهٔ جریان دریاچه ها و هواشناسی ارزشمند است.

1 Numerical modeling

۱-۱- اهمیت و ضرورت مطالعه

بسیاری از شرایط هیدرولوژیک در دریاها به تغییر دما بستگی دارند و میزان این پارامتر عامل تعیین کننده مهمی در شرایط محیطی و پراکندگی فون و فلور هر منطقه می‌باشد. دما به عنوان یکی از عمده‌ترین فاکتورهای زیست محیطی است که تغییرات آن می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر محیط زیست داشته باشد . دما سبب تغییر چگالی آب دریا می‌شود و تغییرات چگالی درمیزان پایداری و اختلاط ستون آب دریا موثر است . تغییر دما در تعیین شرایط اقلیمی هرمنطقه دریایی نقش بسیار مهمی دارد. تغییرات زمانی ومکانی دمای پهنه آبی روی فعالیتهای جریانات آبی ، شوری ، سیستم جوی و زندگی آبزیان و دیگر خصوصیات آب دریاها و دریاچه‌ها تأثیر بسیاری دارد . مطالعات اقیانوس‌شناسی فیزیکی در دریای خزر بسیار محدود می‌باشد به خصوص در سواحل جنوبی دریای خزر و در حوزه آبهای ایرانی ،کمبود یا درواقع نبود این مطالعات یک مانع اساسی در فعالیتهای مرتبط با دریا محسوب می‌شود. فقدان مطالعات اقیانوس شناسی فیزیکی سبب عدم پیش بینی توزیع دما ، چگونگی وضعیت پایداری ستون آب ناشی از تغییر چگالی و عدم اطلاعات سرعت و گردش جریان و غیره می‌گردد . اطلاعات ماهواره‌ای بدلیل داشتن خطا وفقدان اطلاعات درمواقع شرایط بدجوی و همچنین امکان اندازه‌گیری به روش مستقیم در منطقه در فاصله زمانی اندک بدلیل محدودیت زمان ـ مکان جهت اندازه‌گیری کافی نمی‌باشد ، لذا مدل می‌تواند با دقت بالا و پیش بینی توزیع دما برا ی زمان آینده و دستیابی به داده‌های دما در نقاطی که اندازه‌گیری نشده است موثر باشد.

۱-۲- هدف تحقیق

با توجه به اینکه توزیع دما در تغییرات چگالی و ایجاد جریانها وهمچنین در ایجاد تعادل آب وهوایی میان خشکی و دریا موثر می‌باشد ، لذا هدف از این تحقیق شناخت الگوی تغییرات دمای سطحی و عوامل موثر آن در دریای خزر جنوبی است . بدین منظور با ارائه مدلی مناسب به پیش بینی توزیع دمای سطحی و شناخت الگوی تغییرات دما در خزر جنوبی می‌پردازیم .

۱-۳- سابقه تحقیق

ـ ترابی آزاد و چابکسوار (۱۳۷۶)، در این تحقیق پنج پارامترفیزیکی و شیمیایی شامل دما ، شوری ، اکسیژن محلول و یونهای فسفات و نیترات در نوزده ایستگاه سواحل جنوبی دریای خزر به روش مستقیم اندازه‌گیری نمودند . نتایج نشان دادکه دما در خزر جنوبی در پایان شهریور ماه بیشتر از ماههای دیگر سال است که دلیل آن کاهش بارندگی ، دبی رودها و سرعت جریان های سطحی می‌باشد. دوگشت تحقیقاتی دریایی در تاریخ ۱۳۷۴/۶/۱۴ تا ۱۳۷۴/۷/۳ و دیگری از تاریخ ۱۳۷۵/۶/۳ تا ۱۳۷۵/۶/۱۸ درکل دریای خزر توسط آژانس بین المللی انرژی اتمی و مشارکت کمیته بین المللی اقیانوس شناسی یونسکو با همکاری کشورهای حاشیه دریای خزر انجام شد که اطلاعات دما و تغییرات آن‌ها در دسترس می‌باشد.

ـ زمانیان در سال ۱۹۹۴، یک مدل عددی سه بُعدی دو لایه مبتنی بر معادلات مقدم جهت پیش‌بینی ارتفاع سطح دریا، میدان شوری و دمای آب دریا، میدان جریان افقی و قائم، در دو لایه مختلف برای خلیج فارس طراحی کرد. از ویژگی‌های بارز این مدل حساسیت نسبت به باد، تغییرات چگالی و تخلیه آب رودخانه‌ها بود. وی مدل را روی یک حوضه مستطیلی شکل و تحت شرایط متنوعی و با مرزهای باز و بسته و با کف تراز و ناتراز با عمق‌های متغیر مورد آزمایش قرار داد. نتایج مختلف متناسب با تجربیات متفاوت، توانمندی مدل را در پیش‌بینی نشان داد.

ـ فدوی حسینی در سال ۱۳۷۸، با ارائه مدلی جریان و ساختار دما در عمق دریای خزر را بررسی کرد. در این مدل میزان تنش باد در لایه سطح ۵۰ متر و تفکیک مکانی ۱۰×۱۰ کیلومتر مربع در نظر گرفته شده است از جمله نتایج آن ، تغییرات دما در قسمت شرقی بیشتر از قسمت همتراز آن

در قسمت غربی می‌باشد و همچنین در این مدل میدان تنش باد در حوزه‌های سه گانه، چینه بندی چگالی پایدار، ضریب پخش و پارامتر کوریولیس ثابت فرض شده است .

ـ نسیمی و غیاثی در سال ۱۳۸۴، با ارائه مدلی گردش آب و ساختار دما را با الگوی باد متغیر درمقیاس بزرگ بررسی نمودند. جریان گردش آب و همچنین توزیع دما یک روزه (درساعت ۶، ۱۲،۱۸) را در لایه‌های عمودی مشخص کردند . نتایج بر اساس ، حل معادلات حاکم بر جریان و توزیع دما با روش Finite difference و شبکه بندی ۱۰×۱۰ کیلومتر مربع و در جهت قائم در ۱۰ لایه با ضخامت متغیر از ۱۰ ـ۲۰ ـ ۳۰ـ ..... ـ ۵۰۰ و عمق از ۵۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

ـ پوراصغر (۱۳۸۳) ، در این تحقیق به منظور بررسی توزیع مکانی و زمانی دما در سطح دریاچه ارومیه، از تصاویر ماهواره‌ی NOAA سنجنده AVHRR استفاده نموده است . اطلاعات دمای سطح دریاچه توسط نرم افزار اردس (ERDAS) برای تمام تصاویر استخراج و خطوط همدما توسط نرم افزار آرک ویو (Arcview) رسم گردیدند . نتایج حاصل از بررسی توزیع زمانی و مکانی دمای سطحی آب دریاچه در مقاطع زمانی ماهانه، خطی، سالیانه نشان داد که گرادیان دما در فصل سرد سال خیلی بیشتر از فصل گرم سال است.

ــ ذاکر و غفاری (۱۳۸۳) ، در مقاله خود مقادیر درجه حرارت حاصل از اندازه‌گیری‌های CTD (Conductivity، temperature، Depth) و سنسور دمای جریان سنجهای RCM9 نصب شده در سواحل شرقی خزر جنوبی در فاصله زمانی تابستان تا پائیز ۱۳۸۲ ارائه دادند . نتایج نشان دهنده وجود یک ترموکلاین بارز در دوره تابستانی در اعماق ۲۰ تا ۵۰ متر با تغییرات درجه حرارت به میزان ۱۵ درجه سانتی گراد در پهنای میانگین ۳۰ متر می‌باشد .باشروع پائیز ضخامت ترموکلاین به حدود ۱۵ متر کاهش یافته و ترموکلاین در اعماق ۳۰ تا ۴۵ متری قرار گرفته و کاهش دما به میزان ۱۳ درجه سانتی گراد در فصل پائیز در پهنای ترموکلاین مشاهده گردید . سری های زمانی درجه حرارت آب دریا و درجه حرارت هوا نشان دهنده هماهنگی تغییرات درجه حرارت آب دریا با تغییرات فصلی اتمسفر و همچنین وضعیت نسبت همگن در روی فلات قاره در اکثر زمانهای اندازه‌گیری می‌باشد.

ـ جلال زاده وهمکاران (۱۳۸۵) ، با ارائه مقاله‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ایNOAAسنجنده AVHRR رابطه معنی داری بین داده‌های میدانی و داده‌های حاصل از دمای سطح (ازماهواره) بدست آورند و همچنین اطلاعات دمای سطح دریاچه خزر جنوبی را توسط نرم افزار اردس (ERDAS) برای تمام تصاویر استخراج و خطوط هم دما را توسط نرم افزارSurfer رسم کردند.

ـ حسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۵)، آنها با استفاده از داده‌های ۳۴ ساله (۲۰۰۰ـ۱۹۶۷) برهمکنش هوا ـ دریا را بررسی کردند. تجزیه و تحلیل به روش: EoF(Empirical or thogonal Function) وSVD(Singular value Decomposition) برای محاسبه عوامل موثر درجهت پایداری دمای آب سطحی (SST) و فشار سطح دریا (Sea Level Pressure) SLP ، کاربرد دارد .

ـ Willando & Cogan (۱۹۷۶) ، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای NOAA در یک منطقه اقیانوسی به ابعاد ۴۰×۴۰ کیلومتر در زمانهای متفاوت به برآورد دمای سطح آب (Sea Surface Tempreture) SST از داده‌های ماهواره‌ای و مقایسه آنها با داده‌های اندازه‌گیری شده دریایی پرداختند. آنها متذکر شده‌اند جدا از اثر جذب ناشی از بخار آب، دی اکسید کربن وازن، آئروسل‌های موجود نیز باعث می-شود که دمای بدست آمده از داده‌های ماهواره‌ای همواره کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده به وسیله کشتی‌ها ودیگر روش‌ها باشد.

ـ Ikeda (۱۹۸۶)، درباره گردش عمومی که توسط رانش چگالی ناشی از اختلاف دما که اتفاق می-افتد تحقیق کرد و از فرضیات زیر استفاده نموده است:

۱ ـ باد نمی‌وزد. ۲ ـ اصطکاک کف وجود ندارد. ۳ـ معادلات حرکت خطی می‌باشد. ۴ ـ کف مسطح فرض شده است. او همچنین در سال ۱۹۸۷ بر روی اثرات باد کار کرد . در این مدل او کف را بدون اصطکاک و صاف در نظر گرفت و جزء باروتروپیکی را تنها با استفاده از نیروی باد تعیین کرد.

ـ Osech و همکاران (۲۰۰۳) ، دمای سطح آب دریاچه ژنو (GENEV) را بطور عملی از ماهواره نوا (NOAA) سنجده‌ی AVHRR و با استفاده از الگوریتم غیر خطی استخراج کردند . اطلاعات در این زمینه بینش و امکانات جدیدی را برای مدل سازی پدیده های هواشناسی درمقیاس های محلی ارائه می‌دهد.

ـ Ligget & Lee (۱۹۷۰) ، Schwab (۱۹۹۴) و Bennett (۱۹۷۷) ، اولین مدلهای عددی سه بعدی گردش و ساختار دما به صورت ترکیبی از دو لایه یا بیشتر با در نظر گرفتن مبادلات بین سطوح را به کار بردند و بسط دادند که نمایانگر فنونی در نحوه مدل سازی ساختار گردش وساختار دما در دریاچه‌ها بود.

ـ Morgan & Etnoyer (۲۰۰۶) ، آنها برای محاسبه تغییرات SST از تصاویری که با شفافیت خیلی بالایی از سنجیده AVHRR دریافت شده بود، استفاده کردند. آنها از تحقیقات خود اهمیت وتأثیر تغییرات پارامتر دما بر روی زیستگاه جانوران دریایی را نتیجه گرفته‌اند.

فصل دوم:

مطالب کلی در مورد دریای خزر حوضه جنوبی