

*

-۱

-۲

شکل‌گیری جت‌های ساحلی به عنوان یکی از جریانهای قوی کرانه راستا، وابسته به حضور جبهه‌ها و مرتبط با گرادیان فشار است. برای چنین جریانهایی ترم‌های اغتشاشی و نیروی کوریولی با اهمیت است. در این تحقیق از طریق روشهای تحلیلی و محاسباتی به تعیین محل برخورد توده‌های آب با ویژگیهای متفاوت و عوامل ایجاد جبهه‌ها در این مناطق پرداخته شده است. همچنین پس از شناسایی تمام جریانها در منطقه، سرعت و جهت جریانها در سطح و عمق، از طریق نتایج مدل‌های عددی مورد ارزیابی قرار گرفت. با مقایسه اطلاعات اخذ شده از داده‌های CTD و تصاویر ماهواره‌ای، سرعت و پهنای جتها در مناطق مختلف تعیین شد. سپس تغییر شرایط هیدرودینامیکی و رسوب‌شناختی ناشی از حضور جتها متناسب با مدت دوام آنها در هر منطقه بررسی گردید. بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که، جت‌های دائمی با سرعت بیشتر اصولاً در محل ایجاد گرادیانهای چگالی که به دلیل موقعیت توده‌های آب ایجاد می‌شود، شکل می‌گیرند. جت‌های فصلی نیز در اثر تغییرات شوری ناشی از تبخیر در نیمه شرقی بخش میانی دریای خزر به وجود می‌آیند. به طوری که قویترین این جریانها در ناحیه ورودی خزر میانی به جنوبی ایجاد و با سرعتی معادل ۱۰-۱۲ cm/s حرکت می‌کنند.

: جت‌های ساحلی، دریای خزر، جریانهای کرانه راستا، عدد راسبی، گرادیان فشار.

جریان در این شرایط ۰/۱ m/s طی یک روز افزایش می‌یافت.

سرعت جریانهای جت در اقیانوسها معمولاً از مرتبه ۲۰ cm/s یا کمتر است [۱].

در هر سیال ناحیه جبهه‌ای از برخورد دو توده سیال با ویژگیهای متفاوت شکل می‌گیرد. این ناحیه در اقیانوس، ناحیه‌ای است که خواص آب دریا تشدید می‌شود و به سرعت تغییر می‌کند. چنین جبهه‌ای به طور حتم با جریانهای قوی در امتداد ساحل (جت ساحلی) همراه است. در واقع عامل اصلی تشکیل این جریانها ایجاد گرادیانهای چگالی در بخش اصلی هر توده آب و محدود شدن حرکت این توده‌ها

بررسی عوامل پیدایش جت‌های ساحلی به عنوان یکی از جریانهای شاخص، همواره مورد توجه محققان در اکثر نقاط جهان بوده است. به طوری که بررسی تغییر الگوی سرعت در مورد این جریانها در مطالعه روند فرسایش و رسوبگذاری، تغییر شکل خط ساحل، تأسیس سازه‌های دریایی، مطالعات شیلاتی و زیست محیطی نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. نخستین بار چرنی در سال ۱۹۵۵ جریان یک جت ساحلی را در شرایط تنش باد 0.1 NM^2 و شتاب جاذبه کاهش یافته 0.3 m/s^2 در عمق فوقانی ۱۰۰ m در مجاورت ساحل شناسایی کرد، سرعت

* نویسنده مسؤول مقاله: تلفن: ۰۲۱-۲۲۶۷۴۳۱۳، Email: Torabi_us@yahoo.com

مؤثر بر ایجاد جریانها تا حد امکان لحاظ شده باشد. بنابراین لازم است که نتایج این تحقیق با نتایج مطالعاتی مقایسه شود که در آنها جریانها در کل دریای خزر در اعماق مختلف مدلسازی شده است. از کارهای صورت گرفته در دریای خزر می توان به مدل سه بعدی گردش آبهای دریای خزر اشاره کرد. در این مدل میدان تنش باد در حوزه های سه گانه، چینه بندی چگالی پایدار، ضریب پخش شاخص کوریولیس ثابت فرض شده است [۳]. در حالی که مدل بعدی تحت عنوان مدل سه بعدی گردش آب و ساختار دما در دریای خزر که در این تحقیق نیز نتایج آن تا حد زیادی مورد استفاده واقع شده است، با در نظر گرفتن شبکه بندی گسترده در جهت افق ۱۰×۱۰ کیلومتر و شبکه بندی عمودی با تفکیک بالا می تواند جزئیات بهتری را نشان دهد [۴]. این تفاوت به این علت است که نحوه لایه بندی در مدل قبل طوری صورت گرفته که قادر به پیش بینی سرعت و جهت جریانها در فواصل میانی تا عمق ۵۰m نمی باشد.

از جمله مهمترین معادلات مورد استفاده در مورد حرکت جتهای ساحلی معادله پیوستگی است که برای محاسبه سرعت عمودی آب (w) از این معادله استفاده می شود:

$$w = -\frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^z u dz - \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^z v dz$$

که u, v, w به ترتیب مؤلفه های بردار سرعت در جهت محور x و y و z ها هستند. با توجه به وضعیت بستر دریا $z = -h(x, y)$ در صورتی که سطح فوقانی در زمان t مساوی $H = h + \eta$ باشد، کل عمق آب از رابطه $z = \eta(x, y, t)$ به دست می آید. سایر فرمولهای مرتبط به این نوع جریانها عبارتند از معادلات ممتم و چگالی، همچنین در این معادلات از تقریبهای بوزینسکی و بتا استفاده می شود.

در ناحیه جبهه ای می باشد. بنابراین شناسایی محل برخورد جبهه های با ویژگیهای متفاوت و همچنین شناسایی ویژگیهای هیدرودینامیکی بخشهای مختلف ساحلی در تشخیص محل و هویت جتهای ساحلی در هر منطقه تأثیری چشمگیر دارد.

در این تحقیق موقعیت جتهای ساحلی و عوامل پیدایش آنها در دریای خزر مورد مطالعه قرار گرفت. دریای خزر به عنوان بزرگترین حوزه آبی داخل خشکی در مرز قاره آسیا و اروپا واقع است. موقعیت جغرافیایی این دریا از شمال و جنوب به ترتیب محدود به مدارهای ۳۳°، ۳۶° و ۵۷'، ۴۷° است و از مغرب و مشرق به ترتیب محدود به نصف النهارهای ۲۳'، ۴۶° و ۵۳'، ۵۴° می باشد.

بیشترین ژرفای دریای خزر ۱۰۲۵ متر و میانگن ژرفای آن ۲۰۸ متر است. توزیع ژرفا و مساحت هر ناحیه در تراز آب بسیار متفاوت است، زیرا اعداد و ارقام مربوط به این شاخصها به علت نوسانهای سطح آب در زمانهای مختلف تغییر می کند. جریان آب در دریای خزر منشأ مختلفی دارد؛ جریان ناشی از ورود آب رودخانه ای، جریان ناشی از وزش باد و جریان ناشی از اختلاف چگالی بخشهای مختلف آب، از مهمترین جریانهای دریای خزرند. جریان رودخانه ای در اکثر موارد در لایه سطحی اثرگذار است. اثر باد در جریان در ۵۰m اول لایه آب اهمیت دارد و نقش مستقیم باد در جریان عمده تاً در لایه سطحی ۰-۱۰m می باشد. جریان در لایه های عمیق تر آب خزر تحت تأثیر اختلاف چگالی (شرایط دما و شوری) آب است. سرعت جریان رودخانه ای کمتر از ۱۰cm/s و سرعت جریان ناشی از باد بسته به سرعت باد و مدت وزش آن از چند سانتیمتر بر ثانیه تا ۵۰m/s متغیر است [۲].

بیشتر مطالعات انجام شده در زمینه دریای خزر مربوط به مطالعه جریانهای ناشی از باد در حوزه جنوبی دریای خزر است. در حالی که برای مقایسه اطلاعات به دست آمده از این تحقیق نیاز به بررسی نتایج مطالعاتی است که در آنها جریانها در کل دریای خزر بررسی شده و از سوی دیگر کلیه عوامل

به منظور محاسبه سرعت جریان ژئوستروفیک در مناطق مختلف مورد بررسی، پس از تعیین عمق تغییر چگالی، شتاب جاذبه کاهش یافته و وسعت ناحیه انتقال جت در مناطق مشخص شده، به وسیله محاسبه شعاع تغییر شکل راسبی تعیین می‌گردد.

اطلاعات مربوط به تصاویر ماهواره‌ای مربوط به اطلاعات استخراج شده از سایت‌های مختلف مربوط به سازمان ناسا می‌باشد. این اطلاعات شامل اطلاعات مربوط به تغییرات دمای سطح^۱ مربوط به ماهواره NOAA۱۱ و همچنین اطلاعات مربوط به نوع و چگونگی جریانها و چرخابه‌های^۲ مشاهده شده در مناطق خاص مربوط به اطلاعات ماهواره Kosmos می‌باشد. از سوی دیگر بررسی و مطالعه تغییرات دمای سطح در محل برخورد توده‌های آب با ویژگی متفاوت در شناسایی محل جبهه در مناطق مختلف حائز اهمیت است. در این تحقیق برای بررسی تغییرات سرعت جریانها و همچنین مطالعه اثر مکانیسمهای واداشته‌ای مانند باد بر جریانهای جت در منطقه، از مدل سه بعدی گردش آب و ساختار دما در دریای خزر استفاده شد [۴].

اطلاعات باد مورد استفاده در این مدل به روز ۱۵ شهریور سال ۷۴ در ساعت ۶ و ۱۲ مربوط می‌باشد که از طریق ایستگاههای هم‌دیده‌ای حاشیه دریای خزر گردآوری شده است. مدل عددی مذکور بر اساس حل معادلات حاکم بر جریان و توزیع دما با روش تفاضل محدود انجام شده است [۴]. ضمناً شبکه‌بندی حوزه در سطح افقی با ابعاد ۱۰×۱۰ کیلومتر، شعاع تغییر شکل راسبی را که بیانگر ناحیه انتقال آب به هنگام برخورد دو توده با ویژگیهای متفاوت است، تحت پوشش قرار می‌دهد. از طرف دیگر شبکه‌بندی قائم در ۱۰ لایه با فواصل نسبتاً اندک این امکان را مهیا می‌کند که بتوان سرعت را در لایه‌های سطحی در نواحی مختلف مورد بررسی قرار داد. لذا این مدل در مطالعه جتهای ساحلی به عنوان یکی از جریانهای قوی دریایی قابل استفاده است.

$$\begin{aligned}(\rho u) + (\rho uu)_x + (\rho uv)_y + (\rho uv)_z &= \int \rho v - p_x + (\mu u_z)_z \\ (\rho v)_t + (\rho uv)_x + (\rho vv)_y + (\rho uv)_z &= -\int \rho u - p_y + (\mu v_z)_z \\ P_z + \rho g &= 0 \\ \frac{\partial p}{\partial t} + kp - wN^2 / g &= -Q\end{aligned}$$

که در این معادلات فشار، $p(x,y,z)$ چگالی آب دریا، f شاخص کوریولیس و μ ضریب ویسکوزیته اغتشاشی است. Q با علامت مثبت بیانگر کاهش در چگالی می‌باشد که معرف اختلاط سیال سبکتر با لایه عمیقتر با چگالی بیشتر است. بنابراین منبعی از نیروی شناوری را ارائه می‌دهد. شرایط مرزی برای حل معادلات ذکر شده به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\begin{aligned}u &= 0, & x &= 0, L \\ w &= 0, & z &= 0, -h\end{aligned}$$

در ضمن در مرزهای ساحلی مؤلفه عمودی بردار انتقال جرم M_z صفر در نظر گرفته می‌شود [۵، ۶]. در این تحقیق ضمن بررسی موقعیت جتهای ساحلی و علل ایجاد آنها در هر منطقه در دریای خزر، از طریق مقایسه نتایج مدل عددی پاسخگو به نیازهای تحقیق و تصاویر مربوط به دمای سطح خزر، سرعت و پهنای جتها در هر منطقه محاسبه شده است. همچنین ضمن ارزیابی تأثیر حضور جتها بر شرایط هیدرودینامیکی و رسوب‌شناختی ساحل در هر منطقه، توصیه‌های لازم در مباحثی نظیر احداث سازه‌ها و تعیین الگوی فرسایش و رسوبگذاری در هر منطقه ارائه شده است.

نخستین گام در این تحقیق محاسبه میانگین چگالی مربوط به لایه فوقانی و زیرین ستون آب در مناطق مستعد حضور جتها با توجه به شرایط هیدرودینامیکی منطقه بود. لازم به ذکر است داده‌های مربوط به مقایسه گرادینهای خواص آب دریا مربوط به گشت دریایی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی و مرکز تحقیقات آب و وزارت نیرو می‌باشد که با کمک دستگاه CTD حاصل شده است [۷، ۸].

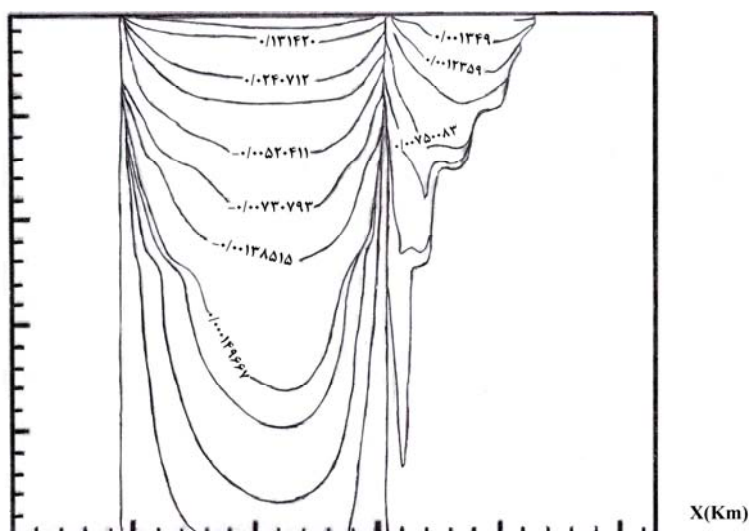
1. Sea surface temperature
2. Eddies

در این وضعیت به علت تبخیر شدید آب، شوری افزایش می‌یابد و در مقابل در کناره‌های غربی، افزایش ورودی رودخانه‌ها در این فصول موجب کاهش شوری آب می‌گردد و در اثر بادهای غالب منطقه بین ناحیه غربی به سمت ناحیه شرقی جریانی ایجاد می‌شود. در واقع این جریان در ایجاد جریان گردشی برخلاف جهت عقربه‌های ساعت از خزر میانی به سمت ناحیه شرقی مؤثر است. در این شرایط در عمق، جریانی به سمت حاشیه غربی به دلیل افزایش چگالی ناشی از گرادیان شوری شروع به حرکت به اعماق پایینتر می‌کند. بنابراین دو توده آب با چگالیهای مختلف در سطح و عمق در این ناحیه موجب ایجاد ناحیه جبهه‌ای می‌شوند.

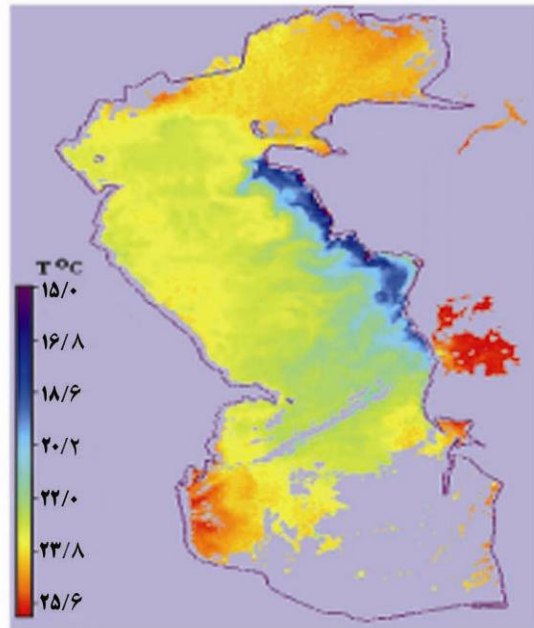
نشست توده آب در این منطقه در مدل مدنظر در این تحقیق نیز بخوبی آشکار است. به این ترتیب که در ناحیه میانی الگوی باد از ساعت ۰ تا ۶ تقریباً عمود بر ساحل است. در این حالت تابع جریان مثبت و با عمق کاهش یافته است. این امر نشان دهنده حرکت رو به پایین آب در این ناحیه است (شکل ۱). در تصاویر ماهواره‌ای نیز در نیمه شرقی خزر میانی تغییر دمای سطحی محسوس است (شکل ۲).

در مرحله نهایی، پس از دسته‌بندی اطلاعات به دست آمده در نتیجه محاسبات به مقایسه نتایج مدل با داده‌های ماهواره‌ای و نتایج این محاسبات پرداخته شد. پس از تعیین محل و موقعیت جت در مناطق مشخص شده ویژگیهای مختلف جتهای ساحلی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

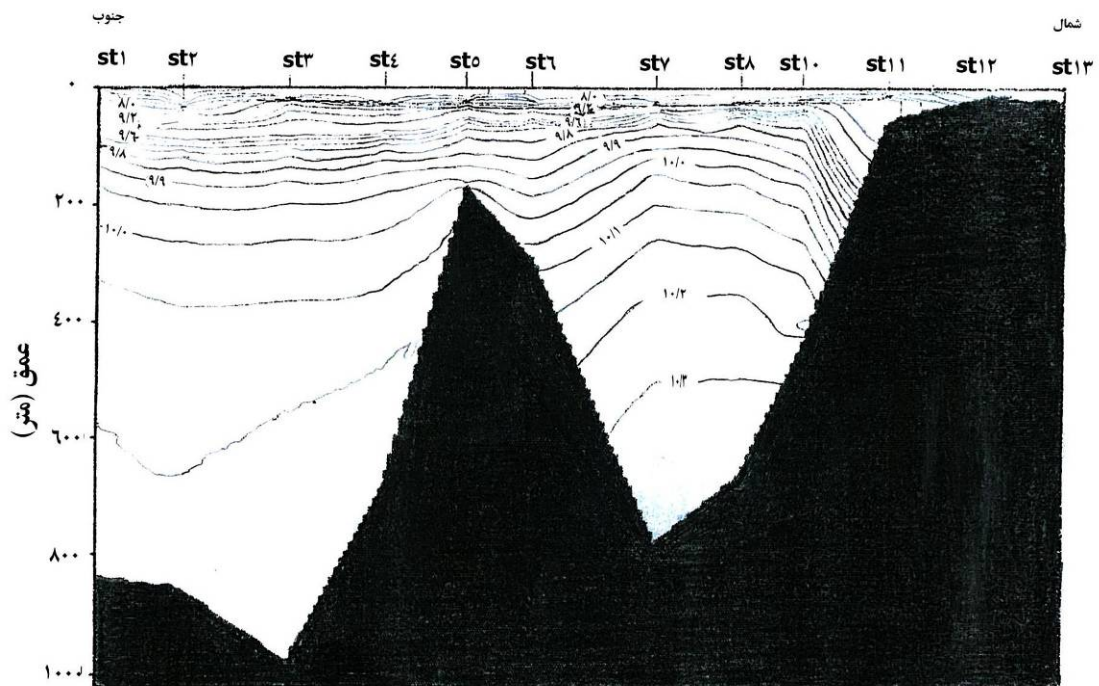
نخستین ناحیه مورد بررسی این تحقیق در نیمه شرقی خزر میانی در قسمت سواحل بالای خلیج قره بغاز واقع است. این منطقه در جدول ۱ با نماد A مشخص شده است. از آنجا که خلیج قره بغاز با تنگه‌ای باریک از دریا جدا می‌شود به علت بالا بودن دمای هوای منطقه بخصوص در فصل تابستان که فصل مورد مطالعه اطلاعات مربوط به مدل نیز است، دائماً مقدار زیادی آب در این ناحیه تبخیر می‌شود و سطح آب از سطح تراز دریا پایینتر می‌رود. برای حفظ تعادل بین این دو ناحیه جریان قابل ملاحظه‌ای از دریا به سمت خلیج برقرار می‌شود، البته سرعت این جریان برحسب فصلهای مختلف سال متغیر می‌باشد.



کنتورهای تغییرات تابع جریان در محور عرضی در محل مورد بحث در ساعت ۶ پیش‌بینی شده [۴]



تغییرات دمای سطحی در تابستان در دریای خزر منطبق با زمان برداشت اطلاعات باد [۹]



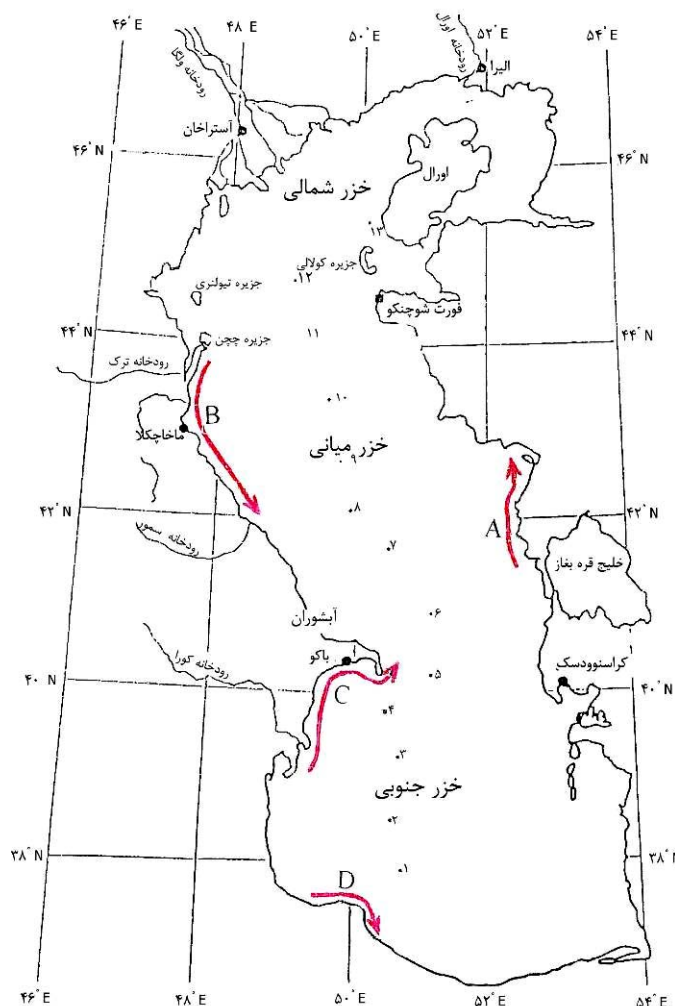
خطوط هم‌چگالی در اعماق مختلف در امتداد مقطع شمالی - جنوبی [۷]

با توجه به اینکه اطلاعات مدل بیانگر این مطلب است که جریانهایی با بیشترین سرعت در لایه‌های سطحی و چهارم روی می‌دهند که به ترتیب در اعماق ۵ متر و ۳۰ متر واقع شده‌اند، لذا در این تحقیق توزیع تابع و سرعت جریان در این دو لایه در دو زمان متفاوت بررسی شدند (شکل‌های ۵-۸).

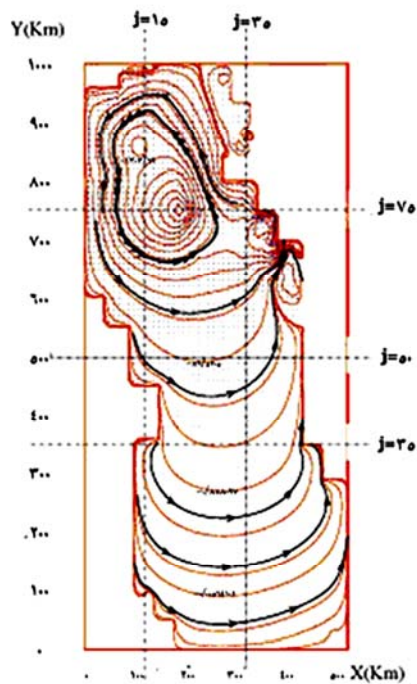
البته به دلیل وسعت ناحیه مورد بررسی موقعیت دقیق جتها در این شکلهای نمایان نیست، اما از طریق بررسی این شکلهای در نرم‌افزار مربوط به مدل و محاسبات انجام یافته سرعت مربوط به هر بخش قابل تشخیص است. نتایج این بررسیها در جدول ۱ ثبت شده است.

تغییرات چگالی با عمق نیز که از طریق داده‌ها CTD به دست آمده در مجاورت این ناحیه در ایستگاههای ۶ و ۷ تغییرات شدیدی را نشان می‌دهد (شکل ۳).

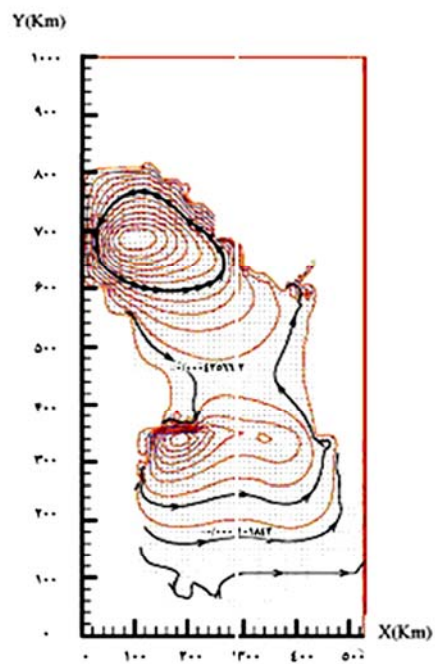
با توجه به جهت باد غالب در این منطقه گرادیان فشاری در اثر اختلاف چگالی ایجاد می‌گردد و جریان جتی را در جهت شمال غربی شکل می‌دهد. سپس جهت جریان در راستای شمال شرقی تغییر جهت داده، مجدداً در جهت اولیه در امتداد ساحل به مسیر خود ادامه می‌دهد. در این منطقه به علت افزایش تغییرات دمای سطحی به سمت شمال سرعت جریان جت نیز به این سمت افزایش می‌یابد. محل و موقعیت جتها در شکل ۴ به صورت نمادین نشان داده شده است.



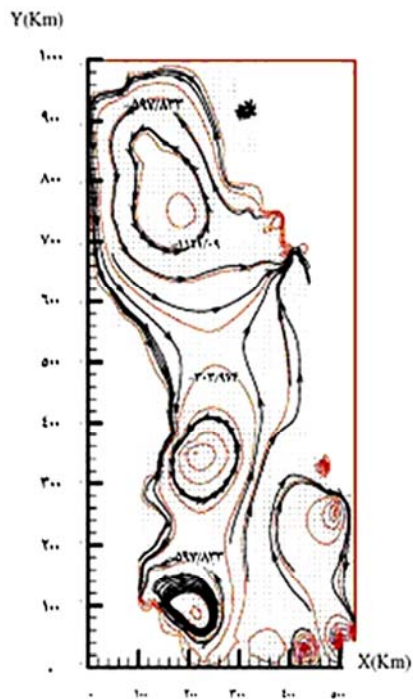
وضعیت جتهای ساحلی و جهت حرکت این جریانها [۷]



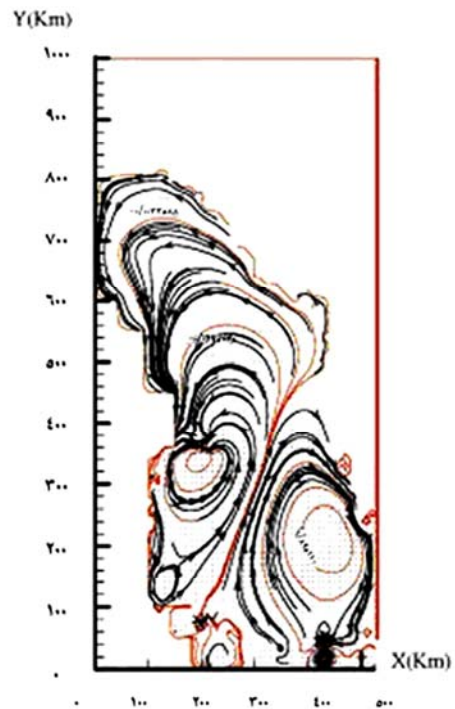
توزیع تابع جریان و سرعت جریان در
سطح در ساعت ۶ حاصل از مدل عددی [۴]



توزیع تابع جریان و سرعت جریان در لایه
چهارم در ساعت ۶ حاصل از مدل عددی [۴]



توزیع تابع جریان و سرعت جریان در
سطح در ساعت ۱۲ حاصل از مدل عددی [۴]



توزیع تابع جریان و سرعت جریان در لایه
چهارم در ساعت ۱۲ حاصل از مدل عددی [۴]

اطلاعات مربوط به سرعت و جهت جریانهای جت در دریای خزر

	cm/s				
A	۵-۸۷	۰/۱۲۵	۵-۶	۵	NW, N
B	۱/۸	نبود اطلاعات	۷-۸	نبود اطلاعات	S
C	۰/۰۱	۰/۵	۱۰-۱۲	۵-۱۰	E, NE
D	نبود اطلاعات	۰/۵	نبود اطلاعات	۴	نبود اطلاعات

اطلاعات مربوط به ویژگیهای هیدرودینامیکی جریانهای جت در منطقه

ناحیه	$\rho_1 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$	$\rho_2 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$	$H_{dc} (m)$	$g' \left(\frac{m}{s^2} \right) = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1} g$	$u \left(\frac{m}{s} \right) = \sqrt{g'H}$	$R (km) = \frac{u}{2\Omega \sin\phi}$
A	۱۰۰۹/۹۹	۱۰۰۷/۹۴۶	۲۴/۱	۰/۰۱۲	۰/۵۳	۰/۰۰۵۴۷
B	۱۰۰۸/۶۴۱	۱۰۰۷/۴۷۸	۱۹/۸	۰/۰۱۱	۰/۴۷	۰/۰۰۴۶۸
C	۱۰۰۷/۹	۱۰۰۶/۸۴۹	۲۱/۱	۰/۱	۰/۴۷۵	۰/۰۰۵۰۵
D	۱۰۰۸/۲۴۱	۱۰۰۷/۰۰۵	۲۹/۳	۰/۰۱۱۹	۰/۵۹	۰/۰۰۶۶۵

این توده آب همان توده آبی است که از نیمه شرقی حوزه میانی به دلیل افزایش چگالی ناشی از افزایش شوری به پایین نشت می کند، سپس در نیمه غربی به صورت یک توده فراجهنده ظهور می کند. به همین علت در برخورد با توده آبی که جز گردش کلی پادساعتگرد می باشد، همچنین در اثر برخورد به رودخانه هایی مثل ترک^۱ و سومر^۲ با شوری کمتر، ناحیه جبهه ای ایجاد می شود و جریان جتی در منطقه B به سمت جنوب در امتداد ساحل حرکت می کند. وجود چرخابه های مشاهده شده در این ناحیه، در تصاویر ماهواره ای نیز بیانگر ناپایداریهای باروکلینیکی^۳ در منطقه می باشد (شکل ۹).

هسته جت در منطقه A در عمق ۵ متری واقع شده است. با توجه به عمق کم این منطقه و بررسی سرعت جریان در همین لایه بعد از گذشت ۶ ساعت به تأثیر غیرمستقیم باد بر جریانها در این منطقه پی برده می شود. تمام شاخصهای مربوط به ویژگیهای فیزیکی و دینامیکی جریانها در این منطقه پس از محاسبه در جدول ۲ ثبت شده است. در سواحل اطراف ناحیه ماخاچکال^۱ الگوی میدان باد در بالاترین بخش ناحیه غربی حوزه میانی در نزدیکی ساحل تقریباً موازی با ساحل گزارش شده است، بنابراین لایه سطحی از ساحل دور شده و حرکت رو به بالا در این ناحیه ایجاد می شود. احتمال دارد با ثابت بودن جهت باد غالب در طول یک دوره ترموکلاین فصلی تا نزدیک سطح نیز افزایش یابد.

2. Terk
3. Sumer
4. Boroclinic

1. Makhachcal

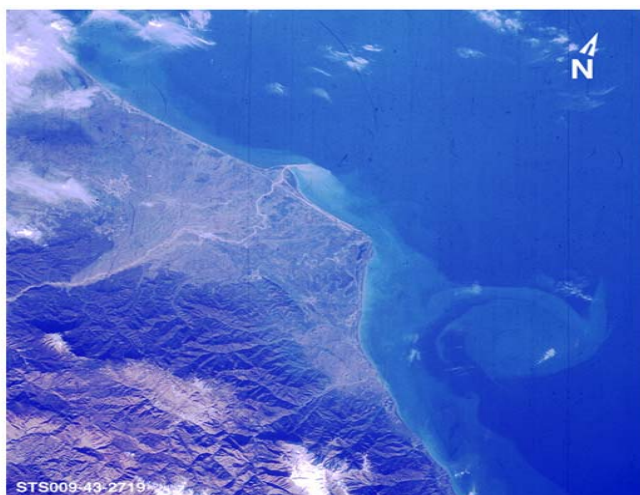


چرخابه‌های مشاهده شده توسط تصویر ماهواره‌ای در نیمه غربی خزر شمالی [۹]

عمق ۴۵-۱۸/۸ متری در این منطقه آشکار می‌کند. ورود رودخانه کورا به دریا در این منطقه تغییرات چگالی را تشدید می‌کند و نهایتاً جریان جتی در این منطقه ایجاد می‌گردد که ابتدا در جهت شرق و شمال شرقی، سپس در جهت جنوب در حاشیه ساحل حرکت می‌کند. داده‌های مدل بیانگر این مطلب است که این جریان دارای ماکزیمم سرعتی معادل $10-12 \text{ cm/s}$ در عمق ۲۱-۳۰ متری می‌باشد. بنابراین به علت سرعت زیاد جریان و پایداری بیشتر عوامل ایجاد آن، تأثیر باد در ساعت ۱۲ روی سرعت هسته جریان چندان چشمگیر نمی‌باشد (جدول ۱). در سواحل جنوبی دریای خزر در محل ورودی رودخانه سفیدرود به دریا، در ناحیه D تغییرات باروکلینکی در تصاویر ماهواره‌ای کاملاً مشهود است (شکل ۱۰).

بررسی روند تغییرات چگالی با تغییرات عمق در ایستگاه هم‌راستا با این منطقه، وجود جبهه را در این ناحیه حتی قبل از رسیدن به رودخانه‌های ساحلی اثبات می‌کند. هسته جریان جت در این منطقه در عمق تقریباً ۳۰ متری واقع شده است و از آنجا که در ساعت ۱۲ اطلاعات مربوط به باد در این عمق موجود نمی‌باشد، نمی‌توان در مورد آثار باد بر دوام حضور جت در این منطقه اظهار نظر کرد.

منطقه بعدی مستعد تشکیل جت در بخش غربی ورودی خزر میانی به جنوبی در ناحیه C واقع شده است. داده‌های CTD در مورد بررسی تغییرات چگالی با عمق در ایستگاههای حوزه میانی و جنوبی بیانگر این مطلب است که در محل ورودی جریان از حوزه میانی به جنوبی تغییرات چگالی به صورت کاملاً آشکار می‌باشد؛ به طور مثال نتایج CTD تغییرات شوری و چگالی شدیدی را در



چرخابه‌های مشاهده شده به وسیله تصویر ماهواره‌ای در دهانه رود سفیدرود [9]

میانی بر اثر تبخیر شدید آب در فصل گرم و تشکیل جبهه شکل می‌گیرد، بنابراین جت ایجاد شده در این ناحیه جت فصلی است. اثر مکانیسم واداشته‌ای مانند باد روی سرعت جتهای ساحلی در این دریاچه با افزایش عمق با توجه به موقعیت تشکیل جت در مکانهای متفاوت متغیر است.

بررسی ویژگیهای دینامیکی مربوط به جریانهای جت در منطقه خزر جنوبی در مجاورت سفیدرود بیانگر افزایش شعاع تغییر شکل راسبی و سرعت جریان ژئوستروفیک در این ناحیه نسبت به سایر مناطق مستعد حضور جت در این دریاچه است. با وجود افزایش سرعت جریان ژئوستروفیک در این ناحیه، با توجه به اطلاعات مدل سرعت جریان جت در ناحیه ورودی خزر میانی به جنوبی در ناحیه C بیشتر از سایر مناطق مستعد حضور جت است و این مطلب بیانگر بیشترین تغییرات چگالی در این منطقه می‌باشد، که بررسی داده‌های دستگاه CTD نیز در این زمینه گویای نتیجه مشابهی است.

بر اثر دوام جتهای ساحلی در مدت نسبتاً طولانی شیب منطقه دور از ساحل افزایش می‌یابد. این امر موجب تمایل ساحل به رسوبگذاری و ایجاد حالت بارتابان و افزایش اندازه دانه‌های رسوبی در ساحل می‌شود به طوری که بررسی وضعیت خط ساحل در نواحی مستعد حضور جتها در دریا به طور تقریبی بیانگر پیشروی خط ساحل است. بنابراین با

بررسی اطلاعات اخذ شده از دستگاههای CTD در این منطقه گویای این مطلب است که عمق تغییرات چگالی در این منطقه به ۲۹/۳ متر می‌رسد که به دلیل واقع شدن درگودال جنوبی در مقایسه با سایر مناطق بحث شده عمیقتر می‌باشد. با کمک محاسبات آشکار می‌گردد، سرعت جریان ژئوستروفیک و شعاع تغییر شکل راسبی در این مناطق بیشتر از سایر بخشهاست (جدول ۲).

به علت نبود اطلاعات باد در ساعات اولیه پیاده سازی مدل در ساعت ۶، در این منطقه سرعت جریان جت در مدل قابل پیشگیری نیست، اما با توجه به این امر که سرعت جریان جت در ساعت ۱۲ در عمق ۳۰ متری معادل ۴cm/s می‌باشد که سرعت قابل ملاحظه‌ای است، این احتمال وجود دارد که هسته جت نیز در جهت شرق و شمال شرقی در این عمق تشکیل گردد.

جتهای ساحلی در دریای خزر در چهار منطقه شناسایی شده‌اند. این مناطق عمدتاً در نزدیکی محل رودخانه‌های اصلی منطقه است به طوری که بر اثر تغییرات باروکلینکی ناشی از ورود آب رودخانه‌ها، نواحی جبهه‌ای ایجاد شده و شکل می‌گیرد. در این موارد حرکت توده‌های آب به بالا و پایین نیز در ایجاد آنها مؤثر است. جریان جت شناسایی شده در بخش شرقی خزر

توپوگرافی کف در عرضهای جغرافیایی مختلف امکان‌پذیر نمی‌باشد.

برای انجام مطالعات مشابه پیشنهاد می‌گردد اطلاعات جریان‌سنجی و اطلاعات مربوط به سرعت باد و سایر شاخصهای فیزیک دریا در تمام فصول برای کل سواحل دریای خزر خصوصاً مناطقی که مستعد حضور جت است، انجام گیرد. این امر خود نیازمند هماهنگیهای لازم از طرف کشور ما با سایر کشورهای ساحلی همسایه می‌باشد. همچنین ارائه یک مدل ریاضی مناسب جهت تطبیق نتایج حاصل از آن با نتایج مدلسازیهای انجام شده به شناخت بیشتر جتهای ساحلی در دریای خزر کمک شایانی می‌کند.

از جناب آقای دکتر نسیمی به خاطر راهنماییهای مفید و ارزنده‌شان و ارسال مقالهٔ مربوط به مدل مورد استفاده در ارائه تحقیق قدردانی می‌شود.

توجه به این مطلب همچنین در نظر گرفتن سرعت بالای چنین جریانهایی، ساخت سازه‌های دریایی در مناطقی که مستعد حضور جتهای ساحلی اند، توصیه نمی‌شود. زیرا علاوه بر تخریب سازه به سمت دریا در نواحی دورتر از خط ساحل این امر موجب انباشت رسوبات پشت سازه‌ها و پدیده رسوبگذاری می‌گردد.

با توجه به مطالعات انجام شده در مورد جتهای ساحلی در آبهای مختلف جهان و خلیج فارس و مقایسه آن با جتهای ساحلی در دریای خزر آشکار شد که در تمام آبها از روشهای مدل‌سازی عددی و داده‌های CTD و داده‌ای جریان‌سنجی و اطلاعات اکوستیکی و ماهواره‌ای متناسب با شرایط حاکم بر منطقه استفاده شد. در دریای خزر نیز برای شناسایی موقعیت جتها و ویژگیهای آنها روشهای مشابهی به کار برده شد. نتایج این بررسیها نشان می‌دهد که اطلاعات مدل با داده‌های CTD و سایر اطلاعات ماهواره‌ای منطبق است. مقایسه شاخصهای مربوط به ویژگیهای جتها در دریای خزر مانند مقایسه پهنا و سرعت آنها با جتهای ساحلی مربوط به دریاهای مختلف به دلیل شرایط فیزیکی متنوع و شرایط باد و جزر و مد و

[6] Frattoni pickart R.s., Toves D.J; mean structure and dynamics of the shelf break jet in the middle Atlantic Bight during fall and winter; J. phys oceanogr; vol 31, pp.2137-2156; 2000.

[7] زمردیان ح., شیخ‌الاسلامی م.: «نحوه توزیع شوری و چگالی در دریای خزر»; مجله اقیانوس‌شناسی; مرکز ملی اقیانوس‌شناسی; ۱۳۷۷; صص ۵۶-۷۸.

[8] Stanton B., Roeminich D.; A shallow zonal jet south of Fiji; j. phys oceanogr; pp. 3127-3130; 2001.

[9] Shipibra L. M.; Eddy formation in the Caspian sea Department of oceanography; Mescow state university; 2000.

[۱] ترابی آزاد م.; مطالعه جتهای ساحلی در خلیج فارس; دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال; ۱۳۸۳; صص ۲، ۳.

[۲] علیزاده لاهیجانی ح.; مقدمه‌ای بر ویژگیهای دریای خزر; مرکز ملی اقیانوس‌شناسی; ۱۳۸۳; صص ۱۵، ۹۵.

[۳] فدوی حسینی ه.; «مدل سه بعدی گردش آبهای دریای خزر»; پایان‌نامه دکترای رشته فیزیک دریا; دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات; ۱۳۷۸; صص ۱-۱۰.

[۴] نسیمی س.; «مدل سه بعدی گردش آب و ساختار دما در دریای خزر»; پایان‌نامه دکترای فیزیک دریا; دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات; ۱۳۸۳.

[5] Sheng J.; Dynamic of a buoyancy driven coastal jet: the Gaspe; vol 21, pp. 1115-1125; 2001.