Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
ICOPMAS 2010
10- 8 آذر ماه (تهران)

مدلسازی عددی آلودگی در خلیج گرگان

رضا غیاثی ، استادیار ، دانشگاه تهران ، rghiassi@ut.ac.ir
امین محمودی مقدم ، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه تهران ، A.M.Moghadam@ut.ac.ir

چکیده

در مقاله حاضر نتایج مدلسازی عددی توزیع آلودگی در خلیج گرگان ارائه شده است. برای این منظور یک مدل سه بعدی بر مبنای کاربرد روش عددی حجم محدود تهیه شده است. معادله دیفرانسیل انتقال انتشار با روش حل نیمه ضمنی در جهت های متناوب (ADI) در میدان سه بعدی حل شده است. با اعمال شرایط مرزی حاصل از مد طوفان در دریای خزر، مدلسازی جریان به صورت دو بعدی، با کاربرد مدل عددی CECAD که بر مبنای روش حجم محدود می باشد انجام شده است. از اطلاعات هیدرودینامیک بدست آمده به عنوان داده های ورودی در مدل زیست محیطی استفاده شده است. جهت کاهش نوسانات و امکان پیش بینی تغییرات ناگهانی غلظت آلاینده ها و بهبود نتایج از محدودگر GH استفاده شده است. مقاله حاظر حاوی اطلاعات هندسی و توپوگرافی و شرایط مرزی مدلسازی جریان و همچنین نتایج مدلسازی زیست محیطی در این خلیج می باشد. همچنین ورود آلودگی در دو موقعیت مختلف شامل محدوده اطراف بندر ترکمن و محدوده اطراف بندر گز در نظر گرفته شده و اثرات توزیع و پخش مواد آلاینده در داخل خلیج مورد بررسی قرار گرفته است.

کلید واژه : خلیج گرگان، مدلسازی عددی، آب کم عمق، مد طوفان

1- مقدمه

پیشرفت های صنعتی جوامع بشری در عین حال که موجب گسترش شهرنشینی گردیده است، طبیعت را مجبور به عقب نشینی از محیط زندگی انسان ها نموده و صدمات جبران ناپذیری نیز بر پیکر طبیعت وارد نموده است. با گسترش مناطق شهری و صنعتی، ورود انواع آلاینده ها و پساب های شهری، روستایی و صنعتی ناشی از فعالیتهای صنعتی، کشاورزی و انسانی به این خلیج موجب کاهش کیفیت آب آن شده است.

خلیج گرگان با مساحت تقریبی پانصد کیلومتر مربع و عمق متوسط حدود چهار متر بزرگترین خلیج دریای خزر است که بر اثر پیشروی شبه جزیره میانکاله در جنوب شرقی دریای خزر تشکیل شده است. خلیج گرگان نه تنها دارای ماهی های با ارزشی مانند ماهیان غضروفی، ماهی سفید، ماهی کفال و غیره می باشد بلکه سهمی ازخاویار صادراتی و مواد پروتئینی کشور را تامین می کند. از سواحل خلیج گرگان برای شنا کردن و گذراندن اوقات فراغت مسافرین و مردم منطقه نیز استفاده می شود. حفظ سرزنده و سالم بودن این خلیج از دیدگاه زیست محیطی ارزش بسیار بالایی دارد. در دهه های اخیر به طرق مختلف شرایط ایمن زیست محیطی این خلیج به خطر افتاده است و عوامل مختلف تاثیر خاص خود را بر این خلیج گذاشته اند. بعنوان نمونه بر اساس تحقیقات آب دریای خزر در خلیج گرگان برای پرورش ماهی مناسب تشخیص داده شده است ولی این منطقه به هیچ وجه برای شنا مناسب نیست.[1] قابل ذکر است که سواحل جنوبی و شرقی دریای خزر بر خلاف سواحل شمال آن هیچگاه دوره یخبندان ندارد لذا پیوسته شرایط جلب توریست را دارد. خلیج گرگان به دلیل داشتن اهمیت زیستی زیاد به همراه شبه جزیره میانکاله به عنوان پناهگاه حیات وحش و یکی از ذخیره‌گاه های زیستی کره زمین در جهان به ثبت رسیده است.برای شناسایی و تخمین

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

پارامترهای زیست محیطی خلیج گرگان و بررسی اثرات مخرب به منظور رعایت شرایط توسعه پایدار، لازم است پارامترهای هیدرودینامیکی و زیست محیطی، در محدوده مورد نظر شناسایی و مدلسازی شوند.

پدیده مد طوفان به عنوان یکی از پدیده های دریایی است که مهمترین عامل مولد آن وزش باد و به تبع آن انتقال انرژی باد به سطح آب و نیز گرادیان فشار هوا بوده و می توان آن را با معادلات آب کم عمق (Shallow water equations) مدلسازی نمود.[2] در واقع یکی از مواردی که به صورت موقت حجم قابل توجهی آب به خلیج اضافه می کند، جریان ورودی از دریای خزر ناشی از وزش باد می باشد. در این تحقیق با توجه به ابعاد هندسی خلیج شامل عمق کم و عرض زیاد، جریان به صورت سه بعدی با یک لایه در راستای قائم مدلسازی گردیده است.

مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است که برخی از موارد مشابه در زیر ارائه می گردد؛

شفیعی فر و علیزاده به توسعه یک مدل عددی دو بعدی برای پیش بینی پدیده مد طوفان پرداخته اند و تاثیر گرادیان فشار جو متغیر، تنش های باد ناشی از یک میدان باد متغیر، نیروهای جزر و مدی، نیروی کوریولیس، اصطکاک کف متغیر و اصطکاک جانبی را در مدل خود اعمال کرده اند.[3]

حاج مومنی و همکاران به مطالعه پدیده مد طوفان در سواحل جنوبی دریای خزر با استفاده از مدل ریاضی Mike21 پرداخته اند. آنها برای مدلسازی مناطق جنوبی دریای خزر این منطقه را به چهار زیر منطقه تقسیم کرده که ناحیه چهارم آن مربوط به خلیج گرگان می باشد.[2]

افشار و رحیمی پور به اندازه گیری پارامتر های آب در خلیج گرگان پرداخته اند و با تحلیل نتایج به ارائه روابطی برای محاسبه مقدار پارامتر های فیزیکی آب دریا در خلیج گرگان پرداخته اند.[4]

ال هوگاراتی و همکاران مدل عددی سه بعدی توزیع آلودگی در خلیج ابوقیر (Abu-Qir) در شرق الکساندریه در مصر را تهیه نموده اند.آلودگی های مدل شده شامل فلزات سمی و هیدروکربن ها (هیدروکربن های محلول و پخش شده DDPH) می باشند.[5]

کانها و همکاران از ترکیب مدل هیدرودینامیک و مدل کیفیت آب برای شبیه سازی آلودگی در خلیج سپتیبا (Septiba) به دلیل خروجی فاضلاب استفاده کردند. در این شبیه سازی، غلظت اکسیژن محلول (DO) و اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD) به عنوان شاخصی برای درصد مواد آلی در کل آب در نظر گرفته شده است.[6]

چانگجون ژیو و ژنچون هو با استفاده از نظریه خاکستری خطای منقطع سازی روش تفاضل محدود را تصحیح کرده اند. بر طبق مدل، مقادیر توزیع تمرکز آلودگی در شرایط ورود ناگهانی آلاینده ها می توانند مستقیماً بدست آیند.[7]

شهریاری و همکاران به بررسی وضعیت میکروبی آلودگی آب دریای خزر در خلیج گرگان پرداخته اند. ایشان 40 نمونه برداری در فصول تابستان و پائیز 1383 از خلیج گرگان انجام داده اند.[1]

بن خلدون و همکاران برای حل عددی انتقال آلودگی به وسیله جریان آب از روش حجم محدود سازگار (Adaptive Finite Volume Method) استفاده کردند. معادلات آب کم عمق به همراه لزجت گردابی، نیروهای اصطکاکی بستر و تنش برشی باد برای مدل کردن جریان آب با در نظر گرفتن اینکه، یک معادله انتقال–پخش (Transport-Diffusion) برای مدل سازی انتقال و انتشار تمرکز آلودگی به کار رفته است، استفاده شده اند. تاکید مقاله مذکور بر روی به کار بردن روش پیشنهاد شده برای شبیه سازی عددی پخش آلودگی در تنگه جبل الطارق می باشد.[8]

در ادامه مقاله حاظر معادلات حاکم، روش مدلسازی، مشخصات خلیج گرگان و نتایج مدلسازی هیدرودینامیکی و محیط زیستی در خلیج گرگان ارائه شده و مورد بحث قرار گرفته است.

2- موقعیت و شرایط هندسی

خلیج گرگان بزرگترین خلیج دریای خزر است که بر اثر پیشروی شبه جزیره میانکاله در جنوب شرقی دریای خزر تشکیل شده است. این خلیج با طول تقریبی 60 کیلومتر، عرض 12 کیلومتر و عمق 2 الی 7 متر با مساحتی حدود 500 کیلومتر مربع در جنوب شرقی دریای خزر و در مختصات 53°47'10"E و 36°49'29"N قرار دارد. در شکل 1 عکس ماهواره ای از خلیج گرگان نشان داده شده است. در قسمت شمال تصویر دریای خزر واقع شده است. در اطراف آن مناطق تفریحی و ماهیگری زیادی وجود دارد.

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

شکل 1) عکس ماهواره ای خلیج گرگان

آمار محیطی و اطلاعات هواشناسی خلیج گرگان در سایت سازمان هواشناسی قابل استحصال است. آمار باد منطقه‌ای نشان از وزش بادهای با سرعت بالا در منطقه دارد بنابراین رخ دادن پدیده مد طوفان اساساً در اثر خیزاب باد (wind-Setup) و کاهش فشار جو حاصل طوفان های سنگین بوجود می آید که موجب نوسان سطح آب می گردد. تنش های مماسی باد با توجه به اثرات دینامیکی تغییرات سریع سرعت بوده و جهت آن پس از عبور مرکز طوفان تشدید می گردد.

3- معادلات حاکم

همانگونه که ذکر شد ابعاد تقریبی خلیج گرگان در حدود 60 کیلومتر طول و 12 کیلومتر عرض می باشد و برای مدلسازی این خلیج با دقت کافی ابعاد المان حدود 500 متر تا 2 کیلومتر مناسب به نظر می رسد. عمق متوسط خلیج گرگان حدود 4 متر است. با توجه به عمق متوسط میدان محاسباتی دیده می شود که شرایط عمومی خلیج با شرایط آب کم عمق مطابقت داشته و می توان مدلسازی را با دقت کافی به صورت سه بعدی با یک لایه در راستای قائم انجام داد.

معادلات حاکم بر مدل های دو بعدی در زیر آورده شده است.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\rho u)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho v)+\frac{\partial}{\partial z}(\rho w)=0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t}+(\frac{\partial(\rho uu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho uv)}{\partial y})=\rho f_x-\frac{\partial P}{\partial x}+(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t}+(\frac{\partial(\rho vu)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho vv)}{\partial y})=\rho f_y-\frac{\partial P}{\partial y}+(\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y}) \quad (3)$$

رابطه (1) معادله پیوستگی و رابطه (2) و (3) بترتیب معادلات اندازه حرکت درجهت x و y می باشند. در معادلات فوق u و v در امتداد محورهای مختصات به ترتیب x و y می باشند، f_x نیز برآیند نیروهای بدنه ای وارد بر آب در امتداد x است و τ_{ij} تنش برشی رینولدز در جریان آشفته در سطح عمود بر محور i اُم و در امتداد محور j اُم می باشد که در حالت کلی طبق رابطه Boussinesq به صورت معادله:

$$\tau_{ij}=\mu(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}) \quad (4)$$

قابل بیان می باشد. به منظور در نظر گرفتن اثر کلیه پدیده های موجود در جریان آب، معادله توسعه یافته تنش برشی طبق رابطه Ghiassi برای حالت جریان غیرقابل تراکم به صورت معادله زیر ارائه شده است:

$$\tau_{ij}=\mu(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i})+\gamma(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}-\frac{\partial u_j}{\partial x_i}) \quad (5)$$

که در آن μ ضریب لزجت دینامیکی و γ ضریب لزجت تغییر شکل-گردشی میباشند.

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

با توجه به توپوگرافی منطقه، میزان مد طوفان با استفاده از معادله (6) محاسبه شده است.[9]

$$\frac{x}{l} = (1 - \frac{h+\eta}{h_0}) - A \times \ln\left(\frac{\frac{h+\eta}{h_0} - A}{1-A}\right) \qquad A = \frac{n\tau_w l}{\rho g h_0^2} \tag{6}$$

که در آن x فاصله محل مورد مطالعه جهت تعیین مد طوفان از قسمت عمیق دریا، h عمق محل مورد مطالعه جهت تعیین مد طوفان، h_0 عمق آب در حد فاصل بین قسمت عمیق دریا و فلات قاره نزدیک ساحل، l فاصله ساحل تا قسمت عمیق دریا، τ_w تنش برشی بستر، ρ چگالی آب، g شتاب ثقل و n نسبت تنش اختلاف برداری تنش برشی سطح و بستر به تنش برشی سطح می باشد.

4- مدلسازی دو بعدی جریان

4-1- المان بندی

خلیج گرگان با المان های مکعب مستطیلی به ابعاد 1*1 کیلومتر مربع در پلان و ارتفاع 4 متر منقطع شده است. تعداد حداکثر المان ها در امتداد شرقی-غربی (x) معادل 64 المان و در امتداد شمالی- جنوبی (y) معادل 16 در نظر گرفته شده است. تعداد کل المان های میدان محاسباتی 1024 می باشد.

4-2- شرایط هیدرودینامیکی

بر پایه آمار 35 ساله ایستگاه های کل محدوده دریای خزر، نقشه های هم فشار و حدود 4000 مشاهده شناورهای موجود در سطح دریا به نام آمار باد کوشینسکی، به طور کلی انواع بادهای غالب بر روی دریای خزر عبارتند از: نوع اول: بادهای شمال غربی و شمال شمال غربی (NW-NNW)، نوع دوم: بادهای شمال و شمال شمال شرقی (N-NNE)، نوع سوم: بادهای شمال شرقی و شرق شمال شرقی (NE-ENE)، نوع چهارم: بادهای جنوب شرقی (SE) و نوع پنجم: بادهای با الگوی گردابی.[10] با توجه به اطلاعات باد منطقه، محاسبات مربوط به مد طوفان در سه راستای جنوب، غرب و جنوب غربی انجام پذیرفته است. جدول 1 میزان بالاآمدن آب در بندر ترکمن با دوره بازگشت های 2 تا 100 ساله نشان می دهد. با توجه به میزان مد طوفان در بندر ترکمن با دوره بازگشت 2 ساله، در مدلسازی پدیده مد طوفان میزان بالاآمدگی سطح آب 60 سانتیمتر در نظر گرفته شده است.

جدول 1) میزان مد طوفان در بندر ترکمن

میزان مد طوفان در بندر ترکمن (سانتیمتر)	دوره بازگشت (سال)
60-65	2
68-73	5
74-79	10
82-87	25
88-93	50
94-99	100

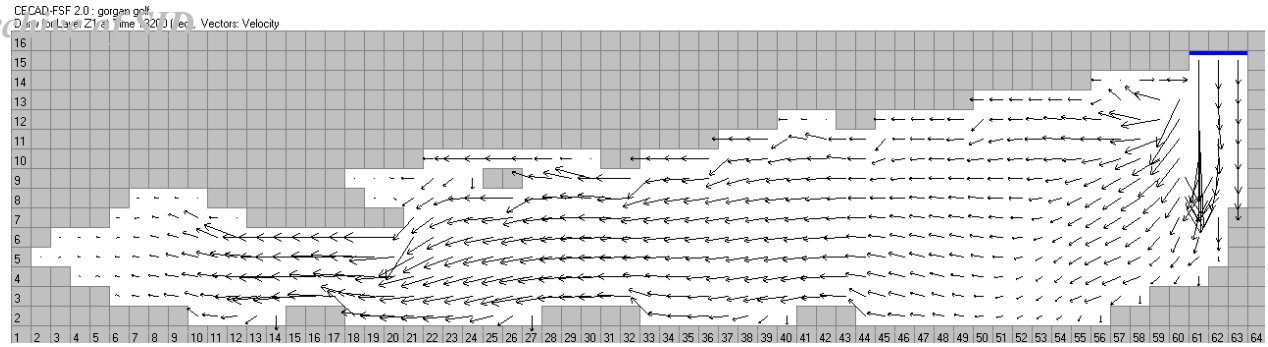
4-3- نتایج مدلسازی هیدرولیکی

مدلسازی هیدرودینامیکی با شرایط گفته شده در بند های قبلی انجام شده و بر این اساس سرعت های بدست آمده در ورودی خلیج نسبت به سایر نقاط آن بسیار بالاتر بوده و در بعضی از نواحی خلیج جریان گردابی شدیدی تشکیل می شود. شکل 3 بردارهای سرعت را بعد از 4 ساعت از شروع مد طوفان نشان می دهد.

www.SID.ir

www.SID.ir

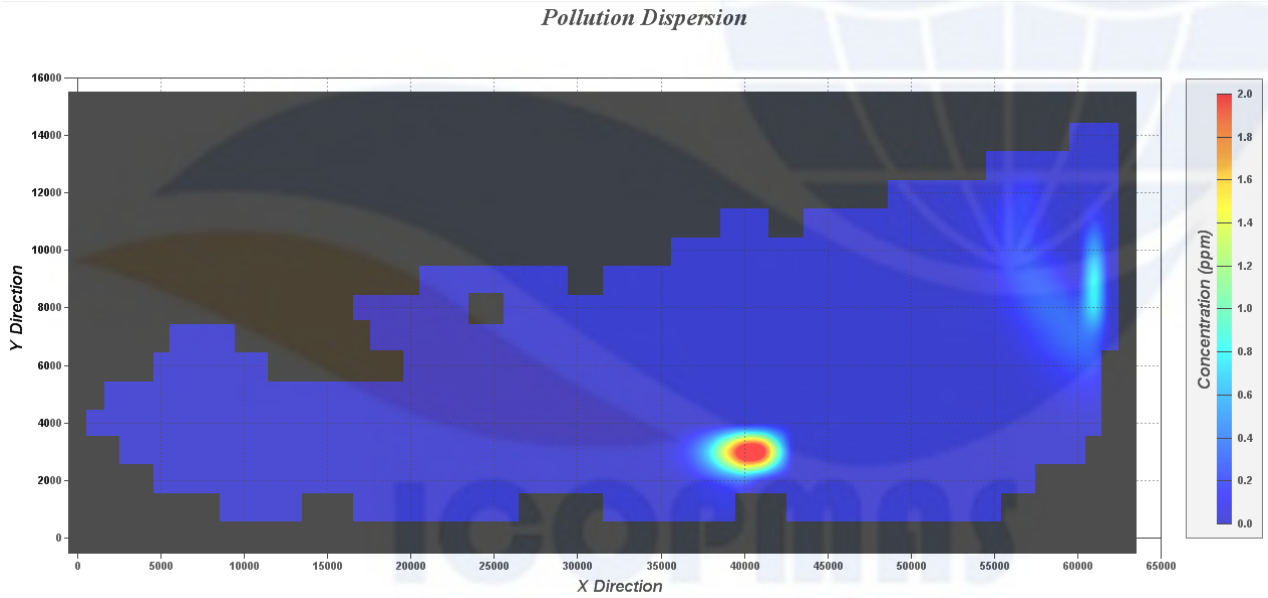
Archive of SID



شکل 3) نتایج مدلسازی جریان بعد از 4 ساعت از شروع مد طوفان

4-4- نتایج مدلسازی زیست محیطی

مدلسازی زیست محیطی با فرض آلودگی در منطقه بندر ترکمن و بندر گز انجام شده است. شکل 4 نتیجه مدلسازی زیست محیطی را بعد 4 ساعت از شروع مد طوفان نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود به دلیل سرعت زیاد جریان در ورودی خلیج گرگان، میزان انتقال آلودگی نسبت به پخش آلودگی در محل بندر ترکمن قابل توجه بوده ولی در محل بندر انزلی با وجود اثر زیاد انتقال، میزان پخش نیز قابل توجه می باشد. در این مطالعه مقدار اولیه آلودگی در محدوده بندر ترکمن و بندر گز 10(ppm) بوده که پس از گذشت 4 ساعت در حوالی بندر گز 80٪ آلودگی اولیه در محیط پخش شده و مقدار حداکثر آلودگی 20٪ مقدار اولیه بدست آمده است. در محل بندر ترکمن به دلیل سرعت های زیادتر جریان پس از 4 ساعت 90٪ آلودگی اولیه در محیط پخش شده و میزان حداکثر آلودگی 10٪ مقدار اولیه آن می باشد.



شکل 4) نتایج مدلسازی زیست محیطی بعد از 4 ساعت از شروع مد طوفان

5- نتیجه گیری

در این تحقیق مدلسازی جریان در خلیج گرگان ناشی از مد طوفان در دریای خزر و همچنین مدلسازی زیست محیطی در اثر ریخته شدن مواد آلاینده در بندر ترکمن و بندر گز انجام شده است. نتایج نشان می دهد که مد طوفان در دریای خزر جریان قابل توجهی در خلیج گرگان ایجاد می نماید. سرعت وزش باد در جهت جنوب شرقی دارای مولفه سرعتی در جهت عمود بر ساحل بوده که باعث ایجاد مد طوفان مرتفع در این منطقه می باشد. جهت عمومی جریان در خلیج گرگان برای پدیده مد طوفان معادل 60 سانتیمتر در دریای خزر ساعتگرد بوده و بیشترین مقادیر سرعت ها در سواحل شرقی و جنوبی خلیج مشاهده می گردند. سرعت حرکت و توزیع آلودگی به طور متوسط برابر 0/35 متر بر ثانیه خواهد بود و پیش بینی می شود بعد از 12 ساعت به حوالی بندر گز برسد. همچنین سرعت حرکت و توزیع آلودگی در حوالی بندر گز به طور

www.SID.ir

Archive of SID

متوسط برابر 0/3 متر بر ثانیه خواهد بود و پیش بینی می شود بعد از 41 ساعت غربی ترین نقاط خلیج را آلوده کند. همانطور که در شکل 4 دیده می شود به دلیل سرعت زیاد جریان در ورودی خلیج ، اثر ترم های انتقال معادله بیشتر بوده و در نتیجه میزان انتقال آلودگی نسبت به پخش آلودگی در محل بندر ترکمن قابل توجه بوده ولی در محل بندر گز با وجود اثر زیاد انتقال، میزان پخش نیز قابل توجه می باشد.

3- مراجع

[1]- شهریاری علی، کبیر محمد جواد، گل فیروزی کلثوم، (1387)، "وضعیت آلودگی میکروبی آب دریای خزر در خلیج گرگان"، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان.

[2]- حاج مومنی عقیل، مجد فرهاد، شفیعی فر مهدی، (1383)، "مطالعه مد طوفان در سواحل جنوبی دریای خزر با بهره گیری از مدل ریاضی Mike21"، ششمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی.

[3]- شفیعی فر مهدی، ولی زاده علیرضا، (1382)، " توسعه مدل عددی جهت پیشبینی پدیده مد طوفان"، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران.

[4]- افشار امین، رحیمی پور حمید، (1384)، "اندازه گیری پارامتریهای آب در خلیج گرگان (شوری، دما، چگالی و هدایت الکتریکی)"، ششمین همایش علوم و فنون دریایی.

[5]- Al-Hogaraty, E., Hamza, W., Koponen, J., Sarkkula, J., El-Din, A. (2005), "Chapter 8: A three-dimensional simulation of pollutants transport in the Abu-Qir Bay, East Alexandria, Egypt", Elsevier, pp. 107-121.

[6]-Cunha, C. L. N., Rosman, P. C. C., Ferreira, A. P., Monteiro, T. C. D. N. (2006), " Hydrodynamics and water quality models applied to Sepetiba Bay", Continental Shelf Research, Elsevier, Vol. 26, pp.1940–1953.

[7]- Changjun Zhu, Zhenchun Hao (2008), "The Grey Differential Model of River Water Pollution and its Application", IEEE, pp. 96-99.

[8]- Benkhaldoun, F., Elmahi, I., Seaïd, M. (2009), "Application of Mesh-Adaptation for Pollutant Transport by Water Flow", Mathematics and Computers in Simulation, doi:10.1016/j.matcom.2009.04.007, 14 p.

[9]- Robert G. Dean, (1992),"Water Wave Mechanics For Engineering And Science", World Scientific Publishing Co.

[10]- Koshinskii S.D, (1964), "Wind Fields Types on the Caspian Sea, Their Frequency, Stability and Changeability", NIIAK.

www.SID.ir