

روش های محاسبه SST با تاکید بر محاسبه SST در خلیج فارس

سید عباس حجازی فارغ التحصیل کارشناسی نقشه برداری از دانشگاه زنجان
رامین شیر سوار فارغ التحصیل کارشناسی نقشه برداری از دانشگاه زنجان
محمد علی ابراهیم خانی دانشجوی کارشناسی ارشد ژئودزی دانشگاه زنجان

HEJAZI_ABBAS@YAHOO.COM

چکیده

تعیین توپوگرافی سطح دریای (SST) یکی از مسائل روز در علم ژئودزی می باشد. SST جدائی ژئوئید از سطح متوسط دریاهاست. در این نوشته ضمن نگاهی گذرا به روش های تعیین SST، نتیجه تعیین SST را به روش ارتفاع سنجی ماهواره ای برای خلیج فارس ارائه می دهیم. در این نوشته از مدل جهانی KMSS04 برای سطح متوسط خلیج فارس و همچنین از مدل های ژئوپتانسیل EGM96، EGM2008، GRACE و IRG04 استفاده گردیده است. ابتدا پروفیل های طولی و عرضی را برای SST های محاسبه شده از مدل های ژئوپتانسیل متفاوت ترسیم نموده و به مقایسه نتایج حاصله می پردازیم، سپس SST های سطحی حاصله از تفاضل مدل های ژئوپتانسیل مذکور و مدل KMSS04 را برای خلیج فارس ترسیم نموده و نهایتاً مقایسه نسبی بین SST های سطحی انجام می گیرد.

کلمات کلیدی: توپوگرافی سطح دریای، ژئوئید، سطح متوسط دریای، ارتفاع سنجی ماهواره ای

مقدمه

امروزه با توجه به توسعه روابط و همکاری های بین المللی هماهنگی بین ملل مختلف در زمینه های گوناگون امری اجتناب ناپذیر به نظر می رسد. یکی از این زمینه ها، ایجاد سطح مبنای ارتفاعی واحد در ملل مختلف

می باشد. این موضوع در کاربردهای نظامی و خطوط انتقال نیرو، نفت و پروژه های مهندسی حائز اهمیت است. سطح مبنای ارتفاعی را ژئوئید در نظر می گیرند، که برای تعیین ژئوئید از مشاهدات سطح متوسط آب های آزاد استفاده می شود، این دو سطح بر هم منطبق نیستند، به اختلاف این سطوح از یکدیگر توپوگرافی سطح دریا گفته می شود. در این نوشته روش های مختلف مورد بررسی اجمالی قرار می گیرد و در نهایت SST های از منطقه خلیج فارس با استفاده از داده های ارتفاع سنجی ماهواره ای ارائه می گردد. برای تعیین مبنای ارتفاعی از اطلاعات مربوط به تاید گیج ها و ارتفاع سنجی ماهواره ای استفاده می شود، SST باعث جدائی بین ژئوئید و سطح متوسط دریا می شود، پس با محاسبه SST سطح مبنای ارتفاعی بدست می آید.

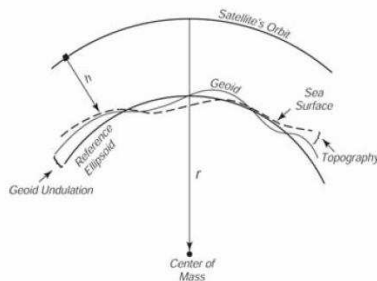
سطح متوسط دریا: میانگین ارتفاع آب دریا از یک بیضوی رفرنس معین را سطح متوسط دریا (Mean Sea Surface) گویند. سطح متوسط دریا بر پای به مشاهدات چندین ساله بنا نهاده می شود. این اطلاعات از طریق داده ها مربوط به ایستگاه جزر و مد سنج و یا از طریق ارتفاع سنجی ماهواره ای جمع آوری می گردند، بر روی این داده ها باید تصحیحاتی اعمال شود تا خطای دستگاه آلتی متر، خطای مداری، تاثیر جزر و مد اقیانوسی و زمین صلب، فشار اتمسفر، یونسفر، تروپوسفر و خطای اندازه گیری زمان و... کاهش یافته و یا حذف گردند.

مدل ژئوئید: ژئوئید یک سطح هم پتانسیل برای زمین محسوب می شود که با زمان تغییری نمی کند، سطوح هم پتانسیل وابسته به زمانند که یکی از دلایل آن جزر و مد ماه و خورشید می باشد از عوامل دیگری می توان به نیروهای جاذبه و گریز از مرکز ناشی از دوران زمین، جابجایی اجرام داخل زمین و نیروهای حاصل از بار پوسته ای اشاره نمود که موجب پدیده های تکتونیکی و تعادل ایزوستازی می شوند. برای سهولت در

محاسبات ، ژئوئید را مستقل از زمان در نظر می گیری م. در این نوشته مدل های ژئوپتانسیل GRACE ، EGM96، EGM 2008 و IRG04 را مورد استفاده قرار می دهی م .

ارتفاع سنجی ماهواره ای (Satellite altimetry) :

در حال حاضر می توان با روش های ارتفاع سنجی ماهواره ای ارتفاع سطح آب را با دقت 1-2cm در اختیار داشت. ارتفاع سطح آب با مجموع ارتفاع ژئوئید دریایی و توپوگرافی دی نامی کی آنی (مجموع توپوگرافی دی نامی کی متوسط و آنامولی سطح آب) برابر است.



$$(1) \text{ SSH} = N + h \text{ (Sea Surface High)}$$

SSH: ارتفاع سطح آبی از بیضوی رفرنس

N: ارتفاع ژئوئید

h: ارتفاع سطح آبی از ژئوئید

\bar{SSH} : ارتفاع سطح متوسط آب از بیضوی رفرنس

\bar{h} : ارتفاع سطح متوسط آب از ژئوئید (توپوگرافی سطح دریایی) شکل (۱) - اجزاء محاسبه SST h'

: ارتفاع بین سطوح آبی و متوسط آب

با معلوم بودن \bar{SSH} و N می توان \bar{h} را نیز یافت. با گنجانده GPS سوار بر ماهواره آلتی متری و اندازه گیری مشاهدات رنج (فاصله ماهواره تا سطح آبی) که توسط ماهواره آلتی متر صورت می گیرد، SSH و با داشتن یک مدل ژئوپتانسیل مناسب N را می توان بدست آورد. با تفاضل \bar{SSH} از SSH روابط زیر برقرار هستند:

$$SSH - \bar{SSH} = N + \bar{h} + h' - (N + \bar{h}) \quad (2)$$

حاصل این رابطه آنامولی سطح آب می باشد $(h' = SLA)$. برای درک فرایند های ناپایدار و زود گذر اقیانوسی بسیاری حائز اهمیت و مفید خواهد بود .

توپوگرافی سطح دریای:

دو عامل اصلی تعیین کننده توپوگرافی سطح دریای جزرومد و جریان اقیانوسی می باشد. SST محاسبه شده نباید شامل خطای جزرومد اقیانوس، فشار اتمسفر و ... باشد، برای محاسبه SST باید این مقادیر از سطح متوسط آب حذف شده باشند. اما مسئله دیگری که پیش می آید استفاده از مدل ژئوپتانسیل است، مهمترین مشکل برای حصول به دقت های بالا در محاسبه SST، انتخاب یک مدل ژئوپتانسیل مناسب است. عوامل تاثیر گذار در دقت SST، MSL و ژئوئید می باشد.

در جدول زیر انواع MSL های موجود به همراه ماهواره های به کار گرفته شده، آورده شده اند.

Satellite missions	Mean Sea Surface
Topex/Poseidon	CLS01 MSS, KMSS04, WHU2000
ERS - 1/2	CLS01 MSS, KMSS04, WHU2000
ERS 1 geodetic phase	CLS01 MSS
GFO	KMSS04
Geosat	CLS01 MSS
Geosat GM	KMSS04
Geosat ERM	WHU2000

جدول (۱)-انواع MSL و ماموریت های

ماهواره ای دخیل در آنها

محاسبه SST:

SST را می توان از رابطه $SST = N - H$ به دست آورد. با داشتن H (ارتفاع MSL) و ژئوئید به سطح SST می رسیم از آنجایی که MSL ها و مدل های ژئوپتانسیل متفاوتی وجود دارند، طبعاً توپوگرافی های مختلفی می توان محاسبه نمود. هر چند در تئوری مسئله دقت SST فقط بستگی به MSL و مدل ژئوئید

استفاده شده دارد ، اما در واقعیت عوامل بسیاری (شرایط اقلیمی و دبی رودخانه ها در نزدیکی ساحل و عوامل پیش بینی نشده و ...) در این امر دخیل هستند .

نگاهی به روش های محاسبه SST

یکی از آن روش ها **اقلیمی شناسی اقیانوس** می باشد (همانند روش Levitus Climatology) . در این روش بر اساس اطلاعات تاریخی و قدیمی و از یکی و ترکیب کردن آنها و میانگین گیری ها به دست می آید . این روش تنها یک برآوردی از پروفیل ارتفاعی از دی نامیک سطح دریای می دهد و صحت آن مورد شک می باشد .

از روش های دیگر می توان به **optimal interpolation method** که در دانشگاه Ehime ژاپن مورد استفاده قرار گرفت را به طور مختصر از نظر می گذرانیم . ارتفاعی که ماهواره به صورت پیوسته می دهد را می توان به صورت زیر

نوشت :

$$s(r, t) = \xi(r, t) + \{N(r) + \varepsilon_N(r)\} + \{\varepsilon_s(r) + \varepsilon_r(t)\} + \varepsilon_m(t) \quad (1)$$

که در اینجا Γ موقعیت افقی از سطح دریای می باشد . $\xi(r, t)$ نیز SST و $N(r)$ ارتفاع بهترین ژئوئید منطقه می باشد . $\varepsilon_s(r), \varepsilon_r(t)$ نیز خطای تصادفی چرخش مدار ماهواره هستند . $\varepsilon_m(t)$ خطای تصادفی اندازه گیری را شامل می شود . واضح است که باید $S(r, t)$ از این خطاها تصحیح شود و نوسانات با فرکانس بالا برداشته شوند (مثل تصحیح جزر و مد) . کاری که باید صورت بگردد این است که $\xi(r, t)$ SST لحظه ای را از متوسط $\bar{\xi}(r)$ جدا کنیم . یعنی

$$\xi(r, t) = \bar{\xi} + \xi'(r, t) \quad \text{حالت روبه رو را داشته باشیم:}$$

$$R(r, t) = H(r) + E(r, t) \quad \text{رابطه (1) را می توان به حالت زیر نوشت:}$$

$$\begin{aligned} R(r, t) &= S(r, t) - N(r) \\ H(r) &= \bar{\xi}(r) + \varepsilon_N(r) + \varepsilon_s(r) \\ E(r, t) &= \xi'(r, t) + \varepsilon_r(t) + \varepsilon_m(t) \end{aligned} \quad (2)$$

می توان خطاهای تصادفی $\mathcal{E}_r(t), \mathcal{E}_m(t)$ را پس از میانگین گیری ناچیز فرض کرد. اکنون $H(r)$ سیگنال و $E(r,t)$ نقش نویز را بازی می کنند. $H(x)$ را در هر موقعیت اختیاری می توان توسط روش interpolation optimal method از وارد کردن مجموعه داده ها محاسبه کرد. توجه شود نوسان زود گذر $\xi'(r,t)$ از حالت متوسط آن، نویز محسوب می شود. به هر حال این روش نمی تواند برای مقادیر زیاد داده ها استفاده شود. زیرا به عملیات های ماتریسی نیاز داریم و در این حالت ابعاد ماتریس به صورت (تعداد نقاط داده ای) \times (تعداد نقاط داده ای) خواهد شد، که با افزایش نقاط محاسبات طولانی و وقت گیری خواهد بود. به منظور تسهیل محاسبات یک پریود را به چند زیر پریود تقسیم می کنیم، و محاسبات را در همان زیر پریود انجام می شود. با این حساب SST $\xi(x,t)$ در موقعیت دلخواه x و زمان T_q متعلق به پریود q را می توان به صورت $\bar{\xi}(x) + \xi_q(x)$ در نظر گرفت. حال رابطه (۲) را به این صورت باز نویسی می کنیم:

$$R(r, t_q) = H_q(r) + E_q(r, t_q) \quad (۳)$$

$$R(r, t_q) = S(r, t_q) - N(r) \quad (۴)$$

$$H_q(r) = \bar{\xi}(r) + \xi_q'(r) + \mathcal{E}_N(r) + \mathcal{E}_s(r)$$

اکنون می توان برآوردی از $H_q(x)$ را در زیر پریود q با وارد کردن مجموعه داده ها به دست آورد. توجه شود که در طی دوره زیر پریود q یا T_q میانگین ارتفاع $H(x)$ را با رابطه زیر یافت:

$$H(x) = \frac{\sum_q T_q H_q(x) / \Psi_q(x)}{\sum_q T_q / \Psi_q(x)} \quad (۵)$$

در رابطه بالا $\Psi_q(x)$ خطای برآورد $H_q(x)$ می باشد که با روش optimal interpolation method قابل محاسبه است. پس از یافتن $H(x)$ ، SST را با روابط آورده شده می توان یافت. لازم به ذکر است دقت این روش

بالا به نظر نمی رسد ، زیرا تمامی خطاها و نویزها را با روش می‌انگین گیری از زمان های زیر پریود حذف می کند

Synthetic climatology روش بعدی مورد بحث ما خواهد بود . این روش از مقایسه اندازه گیری های در مکان اقیانوس ها و دریای (مانند مشاهدات و اندازه گیری های ایستگاه های جزر و مد سنج) با SLA که از روش آلتی متری به دست می آید ، می توان به SST رسید .

$$h_{insitu} - h'_{alt} = h_{sym} \approx SST$$

h'_{alt} : سطح متوسط آب که توسط ماهواره آلتی متری بدست می آید.

این تکنیک هم اکنون به صورت گسترده مورد استفاده قرار می گیرد . اما مسئله ای که وجود دقت نه چندان خوب و ناستواری این روش در سطح جهانی می باشد . این روش در مقیاس کوچک نتیجه قابل قبولی دارد. مقایسه مستقیم بین دو روش اشاره شده Synthetic climatology و Levitus نشان می دهد که SST به دست آمده از روش Synthetic climatology با اطلاعات مکانی هیپروگرافیک هم خوانی بهتری دارد (در تحقیقات به عمل آمده این هم خوانی از 0.66 در روش Levitus به 0.73 در روش Synthetic climatology می رسد و دقت آن از 9.3cm rms به 7.7cm rms می رسد ، Dr. F. Hernandez 2001, december) .

در روش تلفیق مشاهدات GPS و اطلاعات تایید گنج جدائی بین سطح متوسط آب و ژئوئید در مقیاس پتانسیل محاسبه شده و سپس با استفاده از رابطه میان پتانسیل و ارتفاع به مقدار SST می رسیم . بدین منظور ابتدا باید پتانسیل سطح متوسط دریای را تعیین کرد ، با استفاده از اطلاعات تایید گنج ها و آنالیز فوری و روابط بین پتانسیل و ارتفاع ، این امر امکان پذیر است. سپس می توان با استفاده از اختلاف پتانسیل بین ژئوئید و MSL به تعیین SST پرداخت.

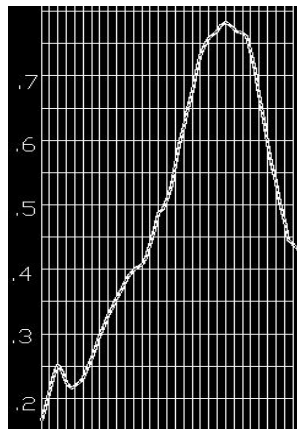
در این پروژه به محاسبه و ترسیم SST های با مدل های ژئوپتانسیل متفاوت می پردازیم که به صورت زیر محاسبه می گردند:

$$\begin{aligned} (SST_1 &= N_{grace} - h_{msl}) \\ (SST_2 &= N_{egm08} - h_{msl}) \\ (SST_3 &= N_{egm96} - h_{msl}) \\ (SST_4 &= N_{IRg04} - h_{msl}) \end{aligned}$$

به منظور درک بهتر اختلافات به دست آمده از SST ها، پروفیل های طولی در عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و از طول جغرافیایی ۵۰ تا ۵۳ ترسیم شده اند، پروفیل های عرضی در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و از عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۲۷ درجه ترسیم شده است.

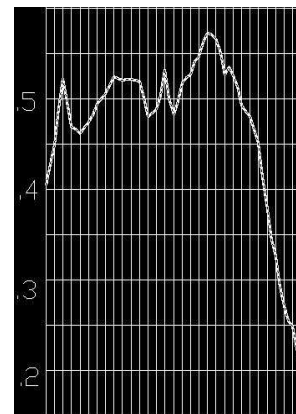
اعداد روی کلیه اشکال و نمودارهای زیر بر حسب واحد متر نوشته شده اند.

ترسیم پروفیل های از SST



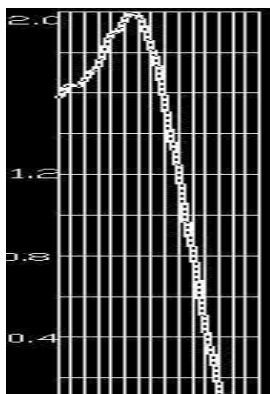
شکل (۴) - پروفیل طولی SST با استفاده از ژئوئید EGM-96

در عرض ۲۷ و در امتداد طول ۵۰ تا ۵۳ درجه

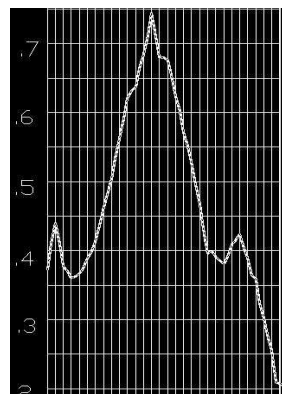


شکل (۳) - پروفیل طولی SST با استفاده از ژئوئید EGM-2008

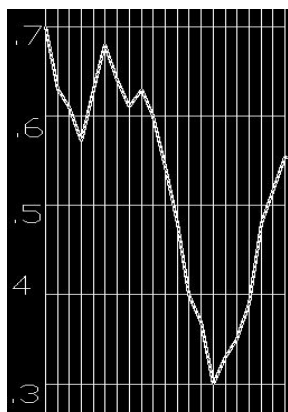
در عرض ۲۷ و در امتداد طول ۵۰ تا ۵۳ درجه



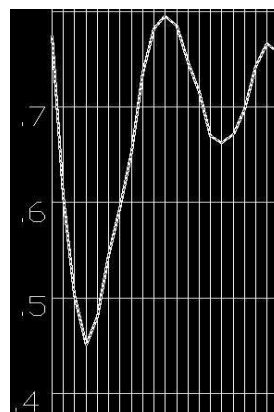
شکل (۶) - پروفیل طولی SST با استفاده از ژئوئید IRG04 در عرض ۲۷ درجه
در عرض ۲۷ و در امتداد طول ۵۰ تا ۵۳ درجه



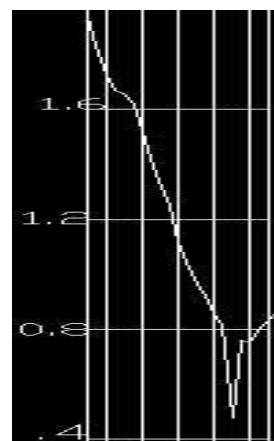
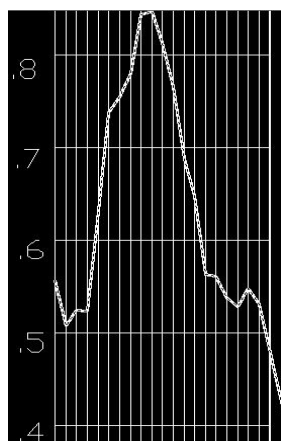
شکل (۵) - پروفیل طولی SST با استفاده از ژئوئید GRACE -
و در امتداد طول ۵۰ تا ۵۳ درجه



شکل (۸) - پروفیل عرضی SST با استفاده از ژئوئید EGM-96 در طول
در طول ۵۲ و در امتداد عرض ۲۵ تا ۲۷ درجه



شکل (۷) - پروفیل عرضی SST با استفاده از ژئوئید EGM-2008
در طول ۵۲ و در امتداد عرض ۲۵ تا ۲۷ درجه



شکل (۹) - پروفیل عرضی SST با استفاده از ژئوئید IRG04

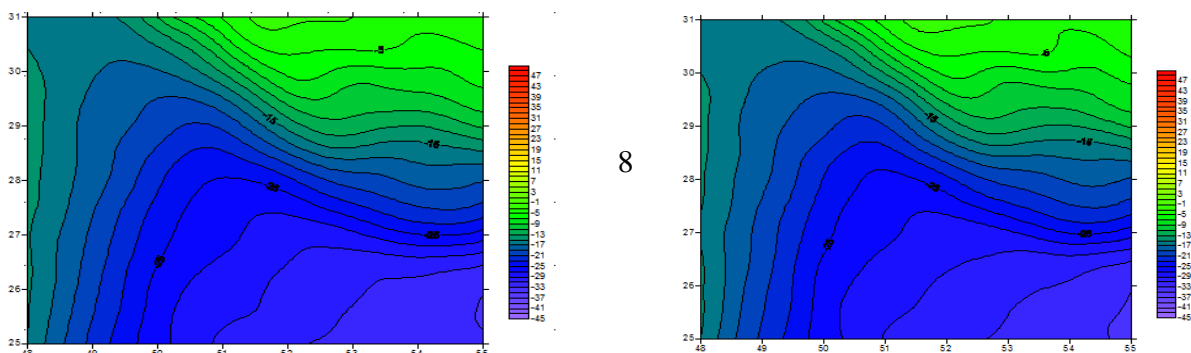
در امتداد عرض ۲۵ تا ۲۷ درجه

شکل (۱۰) - پروفیل عرضی SST با استفاده از ژئوئید GRACE در طول ۵۲ و

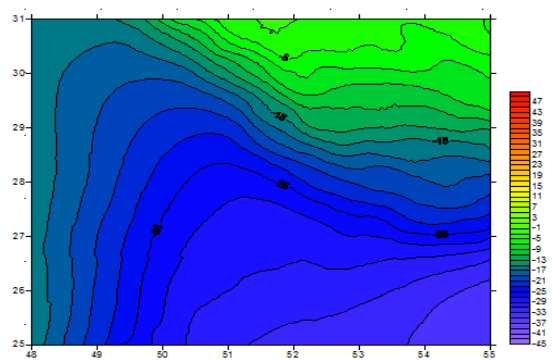
در طول ۵۲ و در امتداد عرض ۲۵ تا ۲۷ درجه

همانطور که از ۴ پروفیل طولی پیداست، هر چه از ساحل به سمت مرکز دریای پش رویم با افزایش SST روبه رو هستیم. اگر چه دامنه تغیرات در این بازه مکانی برای ۴ ژئوئید متفاوت است، اما روند افزایشی SST از ساحل به سمت مرکز دریای در هر چهار پروفیل طولی مشهود است. اما در ۴ پروفیل عرضی SST روند منظمی را مشاهده نمی کنیم. شکل شماره (۱۰) که حاصل از ژئوئید GRACE می باشد، نشان دهنده افزایش SST از سمت ساحل به سمت مرکز دریای می باشد. شکل شماره (۹) حاصل از ژئوئید IRG04 می باشد که عکس این قضیه را نشان می دهد، یعنی از ساحل به سمت مرکز دریای با کاهش SST روبه رو هستیم. همچنین دو پروفیل SST حاصل از EGM ها روند منظمی را برای SST نشان نمی دهند. اکنون به سراغ ترسیم ژئوئیدهای منطقه ای از خلیج فارس می رویم. از مدلهای ژئوپتانسیل GRACE، EGM۲۰۰۸، EGM۹۶ و IRG04 استفاده می کنیم.

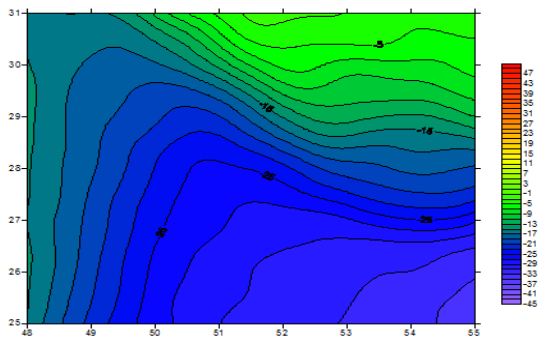
ترسیم ژئوئیدهای منطقه خلیج فارس



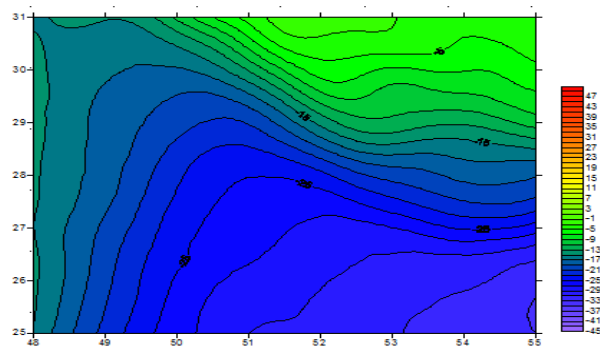
شکل (۱۱) - ژنوی د EGM-2008 منطقه خلیج فارس



شکل (۱۲) - ژنوی د EGM-96 منطقه خلیج فارس



شکل (۱۳) - ژنوی د IRG04 منطقه خلیج فارس

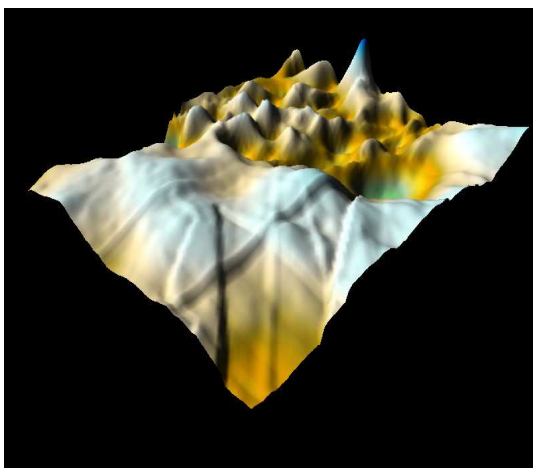


شکل (۱۴) - ژنوی د GRACE منطقه خلیج فارس

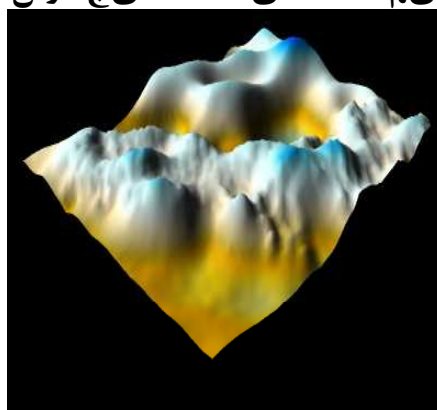
مدل جهانی KMSS04 برای سطح متوسط منطقه خلیج فارس در شکل (۱۵) ترسیم شده است .

شکل (۱۵) - MSL KMSS04

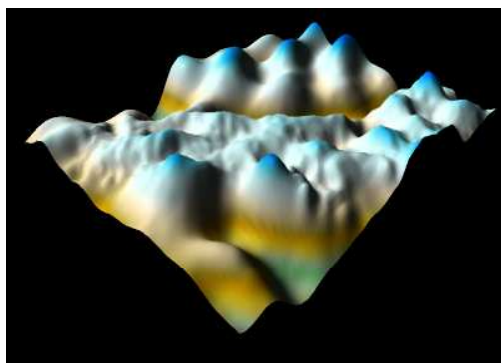
بخاطر این نکته ژئوتئوئید و MSL زیر بی‌ضوی رفرنس واقع شده اند، ژئوتئوئید و MSL در منطقه خلیج فارس منفی هستند. از تفاضل شکل های ژئوتئوئید و MSL، مدل های SST ترسیم می گردد.



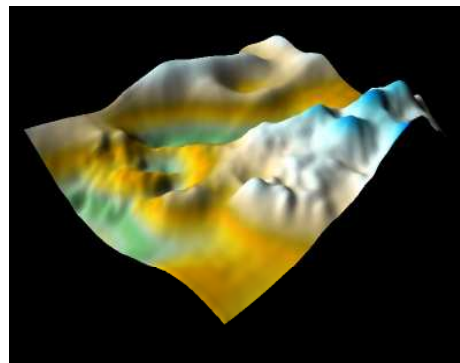
ترسیم SST های منطقه خلیج فارس



شکل (۱۷) - SST با استفاده از IRG04 و KMSS04



شکل (۱۶) - SST با استفاده از GRACE و KMSS04



مسئله ای که در این ترسیم ها به چشم می خورد مسطح بودن SST با استفاده از مدل ژئوپتانسیل IRG04 می باشد. این حالت را تا حدودی در SST با استفاده از ژئوئید EGM-96 هم می توان مشاهده کرد. بر خلاف این دو، SST حاصل از EGM-2008 سطحی ناهموار و نامسطح دارد. این حالت تا حدودی در SST حاصل از ژئوئید GRACE نیز قابل مشاهده است. حال به بررسی اختلاف های این SST ها می پردازیم:

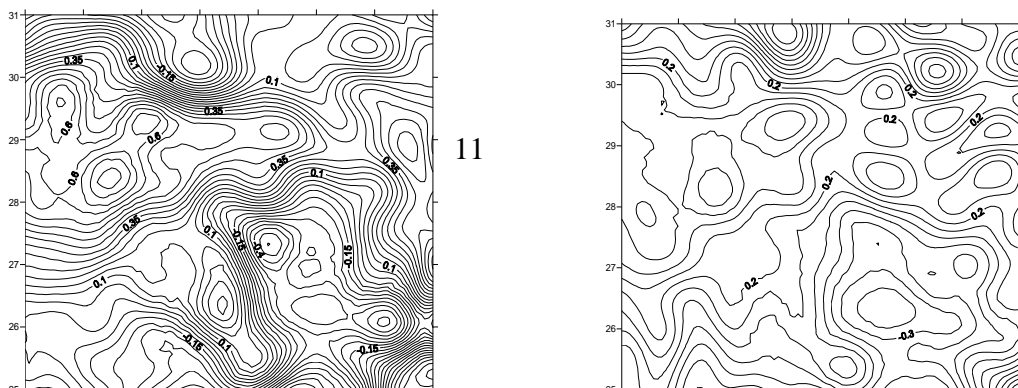
$$sst_2 - sst_1 = N_2 - h_2 - (N_1 - h_1)$$

$$h_2 = h_1 = MSL$$

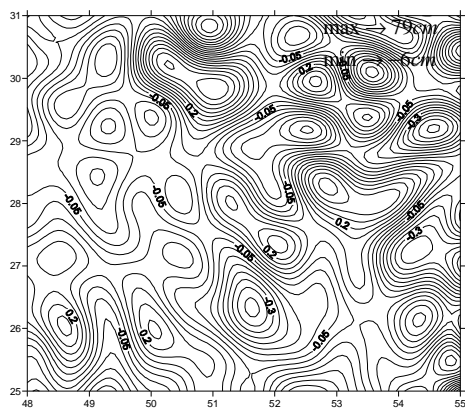
$$\Rightarrow sst_2 - sst_1 = N_2 - N_1$$

همانطور که در روابط بالا مشهود است، به دلیل استفاده نمودن تنها یک MSL در این پروژه اختلاف SST ها همان اختلاف بین ژئوئید ها است.

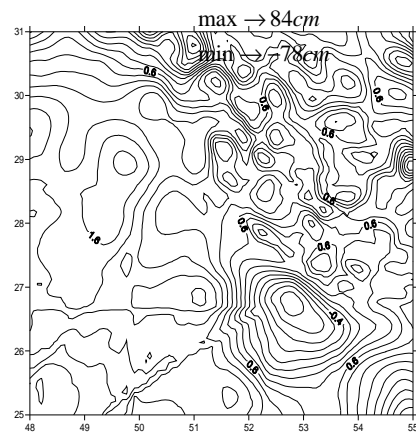
ترسیم اختلافات SST های با ژئوئید های متفاوت (مقایسه ژئوئید ها)



شکل (21) - اختلاف بین دو SST ($SST_{EGM96} - SST_{GRACE}$)



شکل (20) - اختلاف بین دو SST ($SST_{EGM96} - SST_{EGM08}$)



شکل (25) - اختلاف بین دو SST ($SST_{GRACE} - SST_{EGM08}$)

max \rightarrow 49cm
min \rightarrow -51cm

شکل (22) - اختلاف بین دو SST ($SST_{EGM96} - SST_{IRG04}$)

max \rightarrow 236cm
min \rightarrow -126cm

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت قضیه محاسبه توپوگرافی سطح دری و نقش کلیدی آن در ی‌کی سازی مبنای ارتفاعی ملل مختلف تحقیقات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. روش های مختلفی برای محاسبه جدای ی ژئوئید و سطح متوسط آب ها وجود دارد. از گذشته بوسیله مشاهدات و بررسی عوامل تاثیر گذار بر روی ارتفاع سطح آب، ای‌ن جدای ی محاسبه می گردد. سپس با ترکیب کردن عوامل تاثیر گذار با اطلاعات در مکان، دقت محاسبه افزوده شد. به همین منوال روش های دی‌گر که بحث آنها در بالا آمده است. اما روش محاسبه با استفاده از ارتفاع سنجی ماهواره ای، روشی کلی و همه گیر می باشد و می توان SST را با دقتی قابل قبول در اختیار داشت. بدین منظور از مدل MSL جهانی که از ارتفاع سنجی ماهواره ای به دست آمده استفاده کردیم. اما با همه این تفاسیر MSL تنها نی‌می از اجزاء متشکله SST می باشد. و نی‌می دی‌گر آن مدل ژئوئید می باشد. پس بدین‌هی است که دقت SST متأثر از دقت و صحت ژئوئید نی‌ز می باشد. با این حساب از ۴ ژئوئید مطرح استفاده شد و SST با هری‌ک از آنها محاسبه و ترسیم شد. اختلافاتی در SST های محاسبه شده دیده که این اختلافات حتی به ۲ متر هم می رسند. در نتی‌جه مسئله دقت SST کاملاً نسبی است و در حال حاضر نمی توان ادعا کرد که می توان SST با دقت بالائی در ی‌ک مقیاس بزرگ و جهانی را محاسبه کرد.

REFERENCES

- 1- Zimmermann, N. (2008) "Comparison of Mean Sea Surface Data for Oceanography"
- 2- Le Traon, P.Y., Schaeffer, P., Guinehut, S., Rio*.M.H., Hernandez, F., Larnicol .G. and Lemoine, J.M. (2001) "Mean Ocean Dynamic topography From GOCE And Altimetry " France
- 3- Dobslaw, H., Schwintzer, p., Barthelmes, F., Flechtner, F., Reigber, CH., Schmidt, R., Schöne, T. and Wiehl, M. (2004) "Geostrophic Ocean Surface Velocities from TOPEX Altimetry, and CHAMP and GRACE Satellite Gravity Models" eoForschungsZentrum Potsdam (GFZ)
- 4- ICHIKAWA, K. and IMAWAKI, SH. (1995) "Estimating the Sea Surface Dynamic Topography from Geosat Altimetry Data" Japan

5- **Hernandez, Dr. F., Schaeffer, P., Rio, M.H., Tamagnan ,D. and Le Traon Dr. P. Y.** (۲۰۰۱)

"Mean Dynamic Topography for satellite altimetry: Two approaches, from oceanographic data or satellite gravimetry"

۶- اردلان، ع.آ و مسیب زاده، م (۱۳۸۱) "تعیین توپوگرافی سطح آب در خلیج فارس و دریای عمان از طریق تلفیق مشاهدات GPS

و اطلاعات تایید گنج ها" دانشگاه تهران

7- **<ftp://ftp.cls.fr/pub/oceano/Aviso/auxiliary/mss>**

8- **<http://Las.Aviso.Oceanobs.com>**

9- **http://geod.nrcan.gc/hm/msl_e.php**

10- **<http://NASA.gov>**