

## محاسبه جذب صوت در آبهای شمالی خلیج فارس

افشین محسنی آراسته\*

گروه فیزیک دریا، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تورج ولی نسب

موسسه تحقیقات شیلات، تهران، ایران

سارا حامدزاده

گروه فیزیک دریا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

## چکیده

انتشار موج صوتی در آب دریا با تغییر فشار همراه است و همچنانکه منتشر می شود، این فشار کاهش می یابد. هنگامی که موج صوتی در آب دریا وارد می شود، ملکولهای آب، سولفات منیزیم و اسید بوریک در برابر این تغییر فشار عکس العملی مقاومتی نشان می دهند و طی یک فرآیند واهلشی باعث جذب مولکولی و در نتیجه تضعیف صوت می شوند.<sup>(۱)</sup>

در مدل‌های مختلفی که برای جذب صوت ارائه شده است، سعی بر آن بوده تا جذب به صورت تابعی از متغیرهای اقیانوسی (دما، شوری و فشار) و فرکانس ارائه گردد. علاوه بر این، برای هر پهنه آبی، روابطی خاص آن منطقه برای محاسبه جذب صوت بر حسب فرکانس ارائه شده است. در این مقاله، رابطه جذب صوت بر حسب فرکانس برای نواحی شمالی خلیج فارس ارائه شده است. بر طبق این رابطه، جذب صوت در نواحی شمالی خلیج فارس، در فرکانسهای پایین بسیار کم و قابل صرف نظر کردن است و هرچه صوت فرستاده شده فرکانس کمتری داشته باشد. جذب صوت کمتر و انتشار، بهتر صورت می گیرد. شایان ذکر است که در نواحی شمالی خلیج فارس، دو فرآیند واهلشی ملکولهای سولفات منیزیم و آب بر جذب صوت در این پهنه آبی موثرند.

**واژه های کلیدی:** فرآیند واهلشی، جذب صوت، تضعیف صوت، خلیج فارس

\* عهده دار مکاتبات

## مقدمه

تحقق اهدافی نظیر مخابرات زیر آبی، تعیین موقعیت، کشف هدفهای ناشناخته درون آب، عمق یابی، نقشه برداری بستر دریا، صیادی پیشرفته، اکتشافات زمین شناسی و... با استفاده از صوت صورت می گیرد. لذا مطالعه انتشار صوت و عواملی که آن را مختل می سازد ضروری بنظر می رسد. پدیده جذب نیز از جمله پدیده هایی است که باعث کاهش شدت موج صوتی شده و انتشار آن را در محیط دریا مختل می سازد.<sup>(۲)</sup>

در این مقاله اولاً، مناسبترین مدل برای محاسبه جذب صوت در خلیج فارس انتخاب و میزان جذب در نواحی شمالی خلیج فارس مشخص می شود. ثانیاً تغییر جذب با فرکانس در این منطقه مورد بحث و بررسی قرار گرفته و رابطه ای جدید برای محاسبه جذب صوت در نواحی شمالی خلیج فارس ارائه می گردد.

## مواد و روشها

## مدل جذب صوت در خلیج فارس

با توجه به اینکه در خلیج فارس، اطلاعات مربوط به جذب صوت موجود نیست لذا استفاده از تئوری های موجود در زمینه جذب الزامی بنظر می رسد. اما در ابتدا باید یکی از معتبرترین این تئوری ها که انطباق بیشتری با شرایط خلیج فارس دارد، انتخاب گردد.

در اینجا، مقایسه ای بین تئوری های موجود ارائه می شود و سعی می شود تا منطبق ترین تئوری با خلیج فارس برای محاسبه جذب انتخاب گردد.

جدول (۱) مقایسه بین انواع مدل های موجود در زمینه جذب صوت را نشان می دهد، هر یک از این مدلها دارای مزایا و معایب خاص خود است. اما در بین این مدلها، مدلی باید مد نظر قرار گیرد که کمترین معایب و بیشترین مزایا را داشته باشد و در عین حال با محیط طبیعی خلیج فارس هم خوانی و انطباق بیشتری داشته باشد.

در خلیج فارس با آبهای گرم و دمایی در حدود ۳۵ درجه سلسیوس سر و کار داریم، لذا مدل تورپ<sup>(۳)</sup> و مدل گریسون-ارلی-وین<sup>(۴)</sup> مدل های مناسبی برای محاسبه جذب در خلیج فارس به نظر نمی رسند. از طرفی اثرات فشار بر جذب نمی توان صرف نظر کرد و جذب ناشی از ملکول آب نیز قابل صرف نظر نیست لذا از مدل ملن<sup>(۵)</sup> نیز برای محاسبه جذب در خلیج فارس نمی توان استفاده نمود.

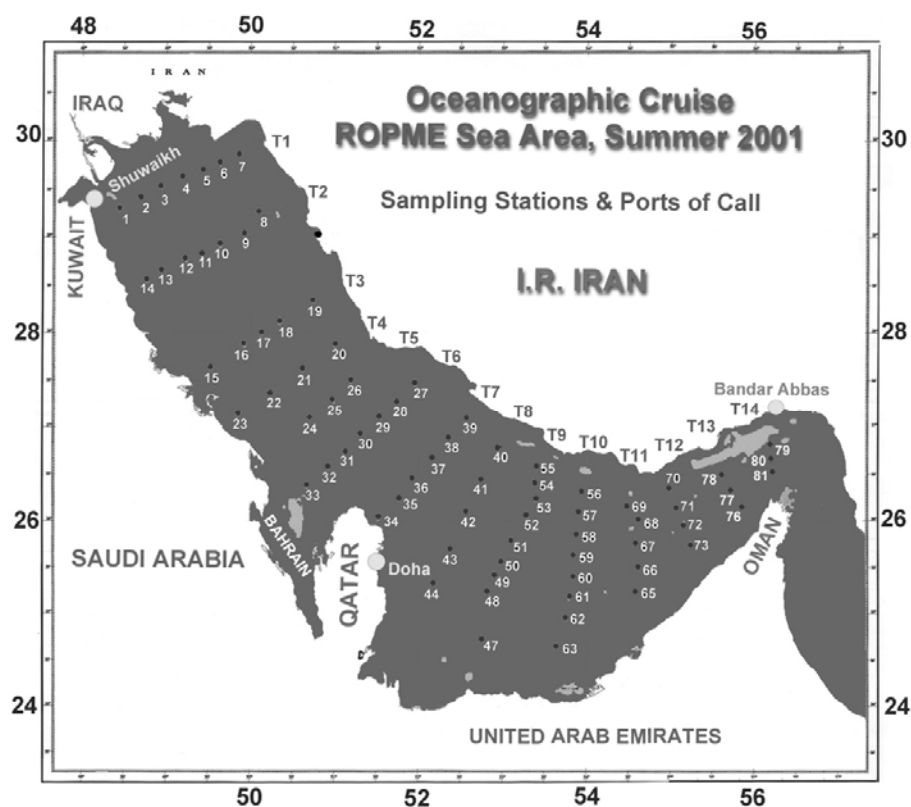
در مدل مارش-شالکین<sup>(۶)</sup> نیز دو فرآیند واهلشی آب و سولفات منیزیم در نظر گرفته شده است، که چندان واقعی بنظر نمی رسد. لذا در بین مدل های سیمونز-فیشر<sup>(۷)</sup> و فرانکو-گریسون<sup>(۸،۹)</sup> یکی را باید انتخاب کرد.

در انتخاب بین این دو تئوری که نزدیک بهم اند، دو عامل در نظر گرفته می شود یکی pH محیط خلیج فارس که بین ۷/۵ تا ۸ متغیر است و دیگری شوری بالای آب خلیج فارس، که در حدود ۴۰ psu است و این در حالی است که در مدل سیمونز-فیشر شوری آب دریا ۳۵ psu و pH محیط ۸ فرض شده است، لذا منطبق ترین مدل در این میان مدل فرانکو-گریسون می باشد.

## داده‌ها

داده‌هایی که برای محاسبه جذب استفاده می‌شود، داده‌های مربوط به گشت دریایی ROPME است که در تابستان ۲۰۰۱، توسط کشتی تحقیقاتی قدس انجام شده و اطلاعات آن با دستگاه CTD جمع‌آوری گردیده است.<sup>(۱۰)</sup>

گشت فوق در ۶ آگوست سال ۲۰۰۱ از تنگه هرمز (بندرعباس در ایران) شروع و در ۲۸ آگوست به بندر الشیوخ کویت خاتمه یافت. حاصل این گشت تحقیقاتی جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها در ۸۰ ایستگاه می‌باشد که در ۱۴ ترانسکت طی ۲ مرحله (Leg 1, Leg 2) انجام پذیرفت. در شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در این گشت تحقیقاتی، نشان داده شده است. شایان ذکر است که در این مقاله، مقدار جذب در نیمه شمالی خلیج فارس مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری شده در گشت ROPME (۲۰۰۱)

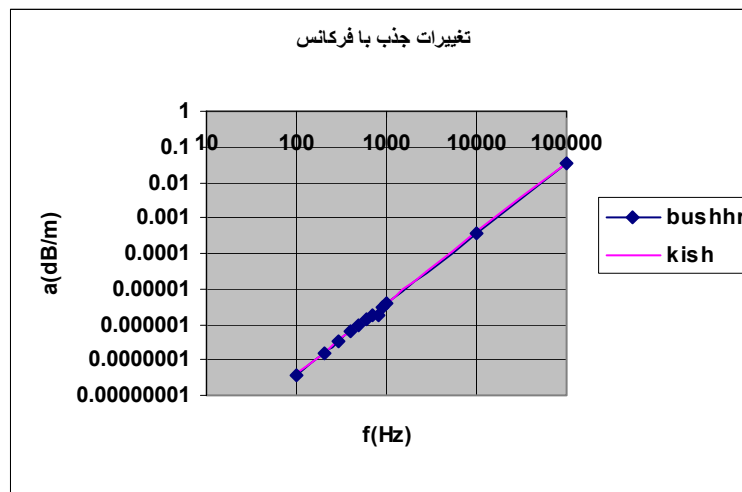
جدول (۱): مقایسه بین مدل‌های مختلف جذب صوت در آب دریا در روابط فوق،  $\alpha$  ضریب جذب بر حسب dB/m و  $f$  فرکانس صوت بر حسب Hz است.

محدودیت	مزایا	روابط	سال ارائه	مدل
<p>- در این مدل، دو فرآیند واهلشی آب و سولفات منیزیم در نظر گرفته شده است.</p> <p>- در این مدل، محدوده فرکانسی، ۲-۲۵ kHz است.</p> <p>- در این مدل، فرکانس واهلش به دما وابسته است.</p>	<p>- این رابطه بر اساس اندازه‌گیری تجربی بدست آمده است.</p>	$B = 3.38 \times 10^{-6} \quad A = 2.34 \times 10^{-6}$ $\alpha = \left[ S.A. \frac{f_T \cdot f^2}{f_T^2 + f^2} + B \frac{f^2}{f_T} \right] (1 - 6.54 \times 10^{-4} P)$	۱۹۶۲	شالکین و مارش Marsh&Schulkin <sup>(۶)</sup>
<p>- این رابطه در دمای ۴°C و فشار ۱ atm صادق است.</p> <p>- در این مدل، سه فرآیند واهلشی آب، سولفات منیزیم و اسید بوریک در نظر گرفته شده است.</p>	<p>- این رابطه بر اساس اندازه‌گیری تجربی بدست آمده است.</p>	$= 0.11 \frac{f^2}{1 + f^2} + 44 \frac{f^2}{4100 + f^2} + 3 \times 10^{-4} f^2$	۱۹۶۷	تورپ، Throp <sup>(۳)</sup>
<p>- در این مدل، از اثر باکول آب در فرآیند جذب صرف نظر شده است.</p> <p>- در این مدل، از اثر فشار در جمله مربوط به اسید بوریک صرف نظر شده است یعنی فشار و تراکم هم‌فازند.</p>	<p>- در این مدل، اثر کربنات‌ها که باعث کاهش جذب توسط اسید بوریک می‌شود در نظر گرفته شده است.</p>	$A_1 = 0.5 \times 10^{\left[\frac{-d}{20}\right]} \quad A_2 = 0.1K$ $A_3 = 0.03K$ $f_1 = 50 \times 10^{\left[\frac{T}{60}\right]} \quad f_2 = 0.9 \times 10^{\left[\frac{T}{70}\right]}$ $f_3 = 4.5 \times 10^{\left[\frac{T}{30}\right]}$ $\alpha_n = \frac{S}{35} A_n \frac{f^2 f_n}{f^2 + f_n^2}$ $\alpha = \alpha_1(mgso_4) + \alpha_2(B(OH)_3) + \alpha_3(mgco_3)$	۱۹۸۷	ملن، Mellen <sup>(۵)</sup>
<p>- این مدل در نقاط با دمای پایین (نزدیک انجماد) صادق است.</p>	<p>- این مدل، در فرکانس kHz ۳۰ با نتایج تجربی مطابقت دارد.</p>	$\alpha = \frac{ASf_0 f^2}{f_0^2 + f^2} + Bf^2$	۱۹۶۷	گریسون-ارلی وین Garrison&Early & Wen <sup>(۴)</sup>

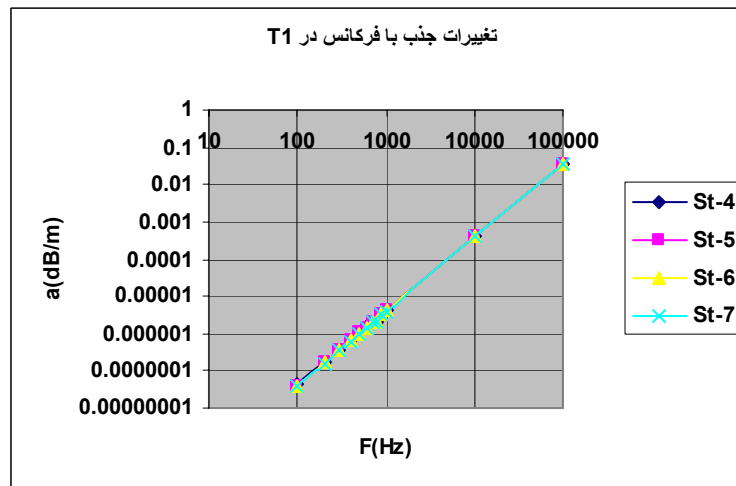
<p>- در این مدل، pH محیط، ۸ فرض شده است.</p>	<p>- این مدل، در فرکانس ۳۵۰-۶ kHz ارائه شده است.</p>	<p><math>P_1 = 1</math>  <math>A_1 = (1.03 \times 10^{-8} + 2.36 \times 10^{-10}T - 5.22 \times 10^{-12}T^2)</math>  <math>(\text{sec} \cdot m^{-1})</math>  <math>f_1 = 1.32 \times 10^3 (T + 273.1) \exp\left[\frac{-1700}{T + 273.1}\right]</math> (Hz)</p>	<p>۱۹۷۷</p>	<p>سیمونز و فیشر<sup>(۷)</sup>  <b>Simmons &amp; Fisher</b></p>
<p>- در این مدل، شوری ۳۵psu فرض شده است.</p>	<p>- در این مدل، سه فرآیند واهلشی در نظر گرفته شده است.</p>	<p><math>A_2 = (5.62 \times 10^{-8} + 7.52 \times 10^{-10}T)</math> <math>(\text{sec} \cdot m^{-1})</math>  <math>f_2 = 1.55 \times 10^7 (T + 273.1) \exp\left[\frac{-3052}{T + 273.1}\right]</math> (Hz)  <math>P_2 = 1 - 10.3 \times 10^{-4}P + 3.7 \times 10^{-7}P^2</math></p>		
<p>- در این مدل، از برهمکنش اسید بوریک با سایر مواد صرف نظر شده است.</p>	<p>- نتایج این مدل در دریای سرخ، خلیج عدن، آرام و مدیترانه با نتایج تجربی مطابقت دارد.</p>	<p><math>A_3 = (55.9 - 2.37T + 4.77 \times 10^{-2}T^2 - 3.48 \times 10^{-4}T^3) \times 10^{-15}</math>  <math>(\text{sec}^2 \cdot m^{-1})</math>  <math>P_3 = 1 - 3.84 \times 10^{-4}P + 7.57 \times 10^{-8}P^2</math>  <math>\alpha = A_1 P_1 f_1 \frac{f^2}{f_1^2 + f^2} + A_2 P_2 f_2 \frac{f^2}{f_2^2 + f^2} + A_3 P_3 f^2</math></p>		
<p>- نتایج این مدل، در دماهای پایین، با مدل سیمونز-فیشر و مارش-شالکین، ۳۰ تا ۴۰ درصد اختلاف دارد.</p>	<p>- این مدل در فرکانس ۴۰۰ Hz تا ۱ MHz ارائه شده است.</p>	<p><math>A_4 = \frac{8.86}{c} \times 10^{(0.76PH-5)} (dBK \cdot m^3 \cdot KHz^4)</math>  <math>\eta_1 = 1</math>  <math>f_1 = 2.8 \left(\frac{S}{35}\right)^{0.65} \times 10^{\left(\frac{4-1245}{T-273}\right)}</math>  <math>A_2 = 2144 \left(\frac{S}{c}\right) (1 + 0.025) (dBK \cdot m^3 \cdot KHz^{-1})</math>  <math>P_2 = 1 - 1.37 \times 10^{-4}d + 6.2 \times 10^{-9}d^2</math>  <math>f_2 = \frac{8.17 \times 10^8 \left(\frac{1990}{T-273}\right)}{1 + 0.0018(S-35)} KHz</math></p>	<p>۱۹۸۲</p>	<p>فرانکو و گریسون<sup>(۹،۸)</sup>  <b>francois &amp; Grrison</b></p>
	<p>- در این مدل، سه فرآیند واهلشی در نظر گرفته شده است.</p>	<p><math>P_3 = 1 - 3.83 \times 10^{-5}d + 4.6 \times 10^{-10}d^2</math>  <math>\leq 20 : A_3 = 4.937 \times 10^{-4} - 2.59 \times 10^{-5}t + 9.11 \times 10^{-7}t^2 - 1.50 \times 10^{-8}t^3 (dBK \cdot m^3 \cdot KHz^4)</math>  <math>&gt; 20 : A_3 = 3.964 \times 10^{-4} - 1.146 \times 10^{-5}t + 1.45 \times 10^{-7}t^2 - 6.5 \times 10^{-10}t^3 (dBK \cdot m^3 \cdot KHz^4)</math></p>		
	<p>- نتایج این مدل، در اقیانوس آرام، دریای کان (kanee) و خلیج (Dabob) و... با نتایج تجربی منطبق است.</p>	<p><math>\alpha = 10^{-3} [A_1 P_1 f_1 \frac{f^2}{f_1^2 + f^2} + A_2 P_2 f_2 \frac{f^2}{f_2^2 + f^2} + A_3 P_3 f^2]</math></p>		
	<p>- این مدل، در فرکانسهای بالاتر از ۱۰ kHz با مدل مارش شالکین و سیمونز و فیشر مطابقت دارد.</p>			

### نتایج و بحث

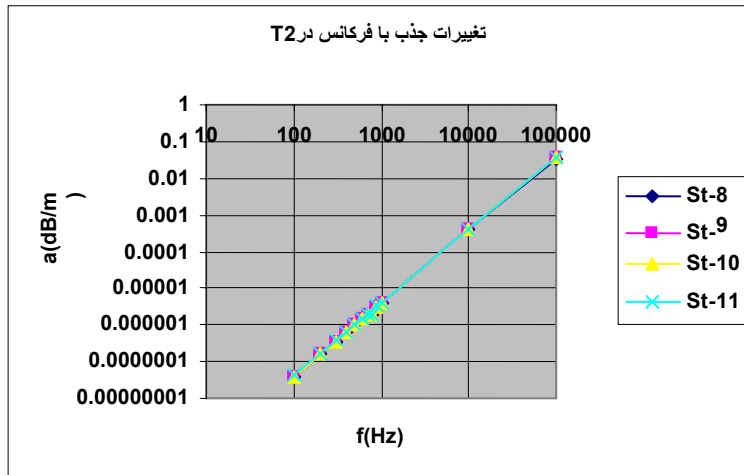
در ابتدا منحنی های تغییرات جذب با فرکانس، در ایستگاه های مختلف مورد بررسی قرار می گیرد. منحنی تغییرات جذب با فرکانس در هر ترانسکت و در منطقه مورد مطالعه (نواحی شمالی خلیج فارس) بر هم منطبق اند. شکل های (۲) تا (۱۶)، تغییرات جذب با فرکانس را در نواحی شمالی خلیج فارس و در هر ترانسکت نشان می دهند. شکل این منحنی ها که در تمام منطقه مورد مطالعه کاملا بر هم منطبق اند و در مقیاس لگاریتمی ترسیم شده اند، خطی است و متناسب با افزایش فرکانس، افزایش جذب را نشان می دهد.



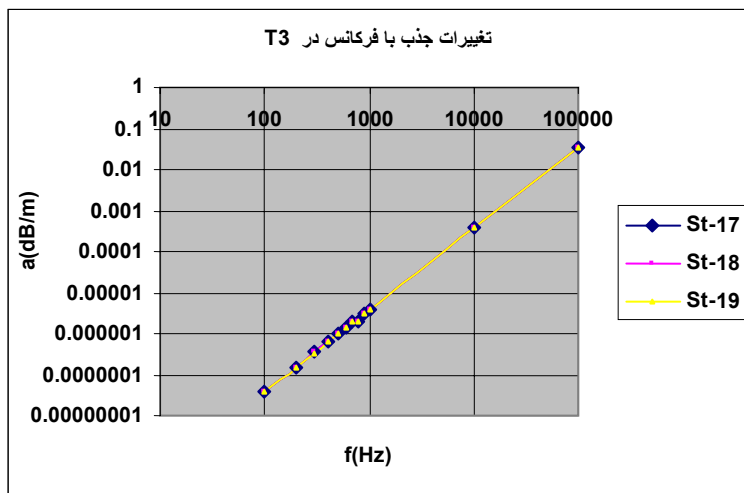
شکل (۲): تغییرات جذب با فرکانس در دو ایستگاه کیش و بوشهر



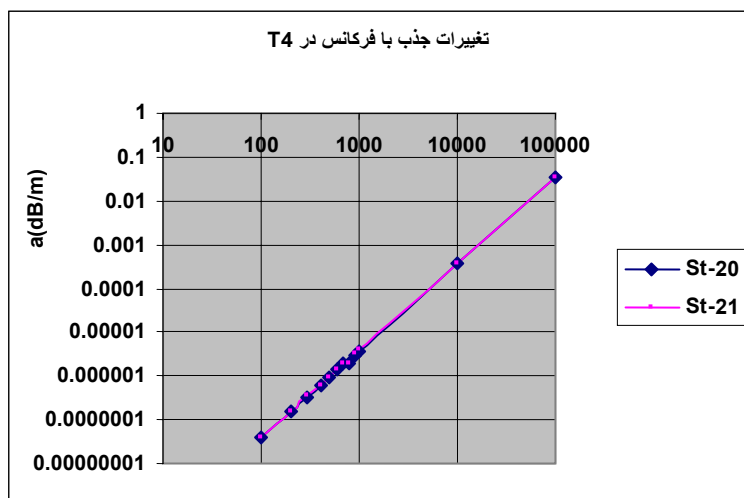
شکل (۳): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۱



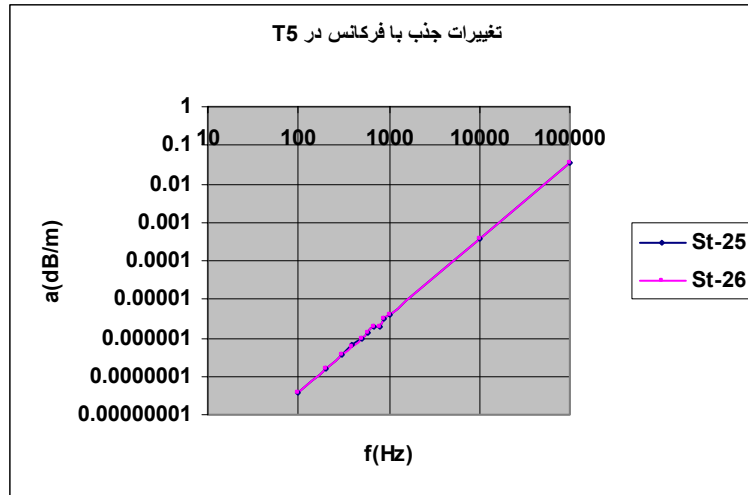
شکل (۴): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۲



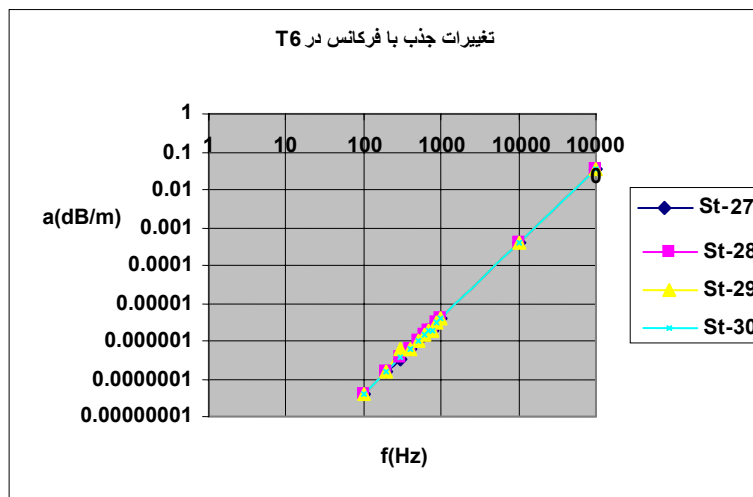
شکل (۵): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۳



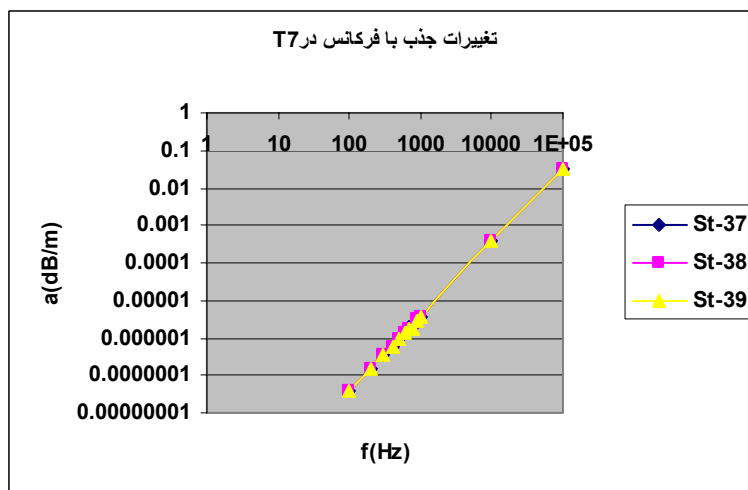
شکل (۶): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۴



شکل (۷): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۵

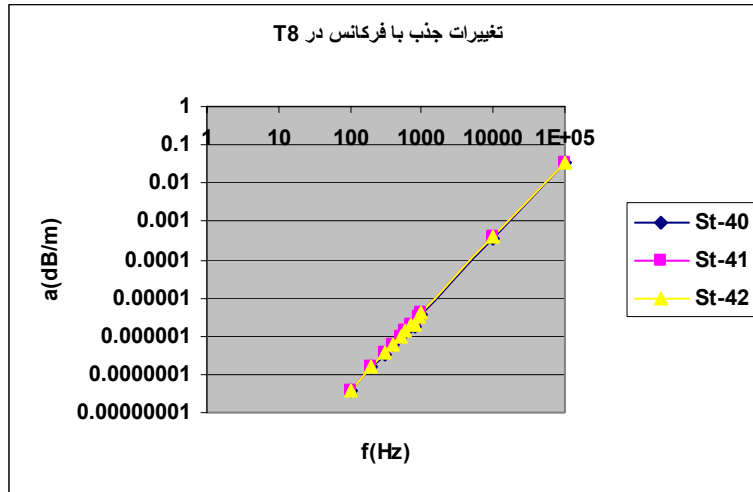


شکل (۸): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۶

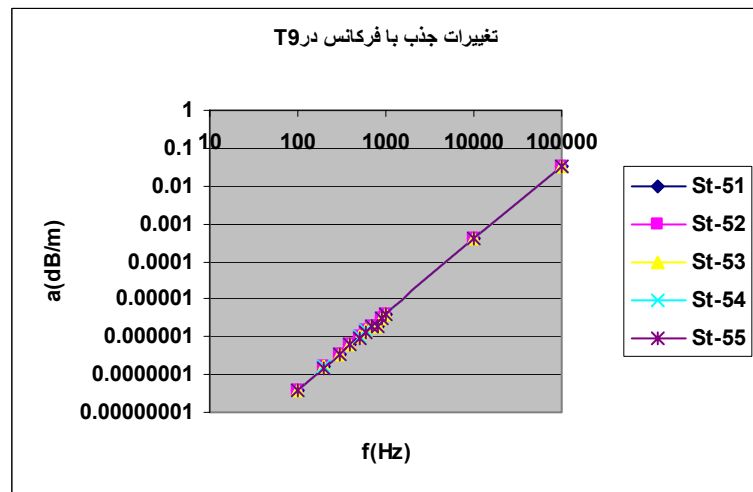


شکل (۹): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۷

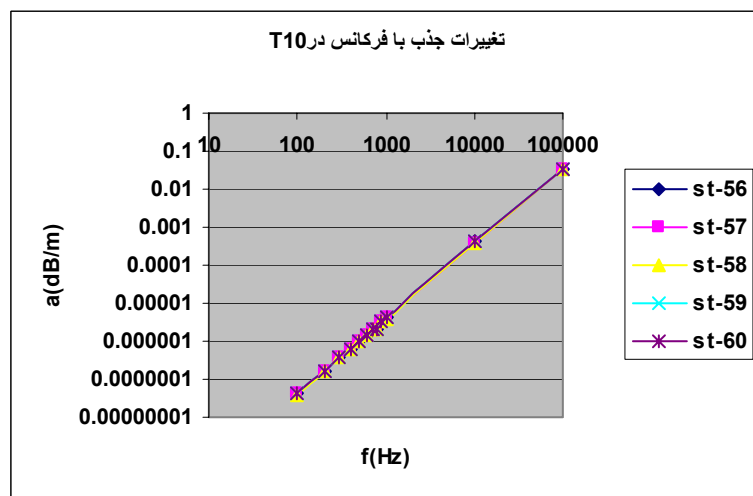




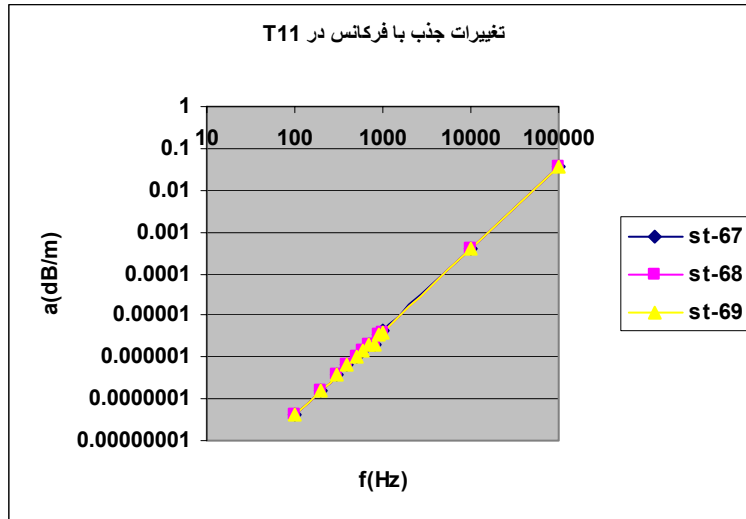
شکل (۱۰): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۸



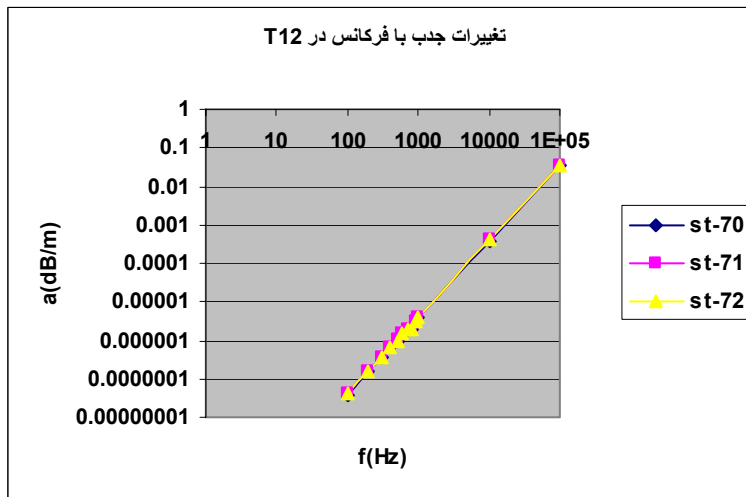
شکل (۱۱): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۹



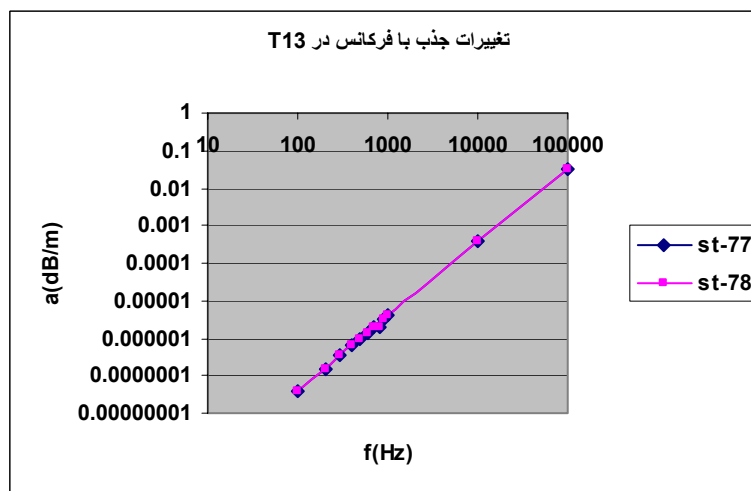
شکل (۱۲): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۱۰



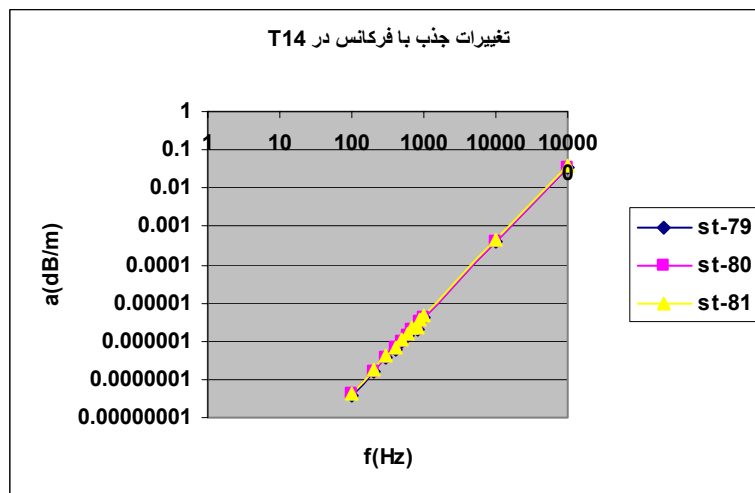
شکل (۱۳): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۱۱



شکل (۱۴): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۱۲



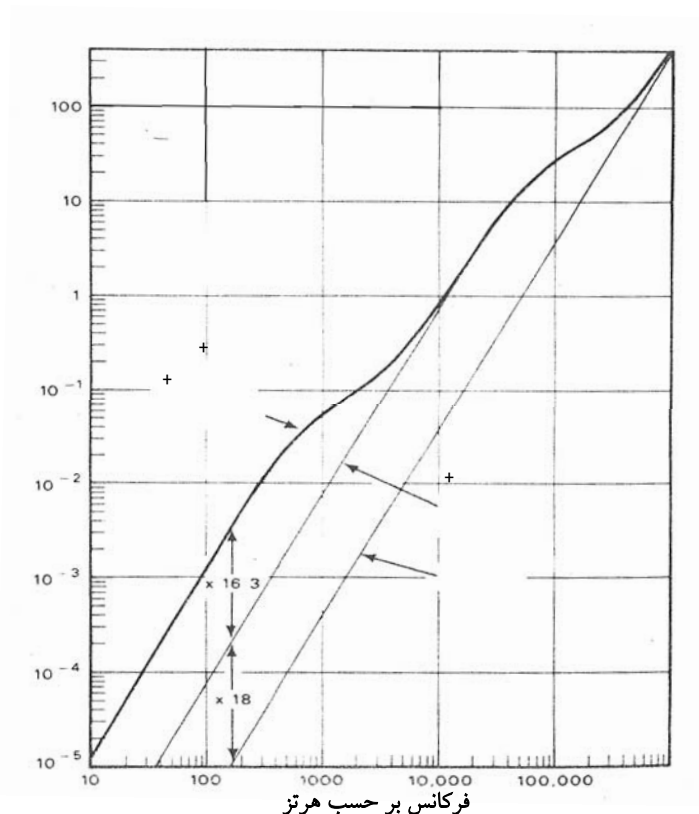
شکل (۱۵): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۱۳



شکل (۱۶): تغییرات جذب با فرکانس در ترانسکت ۱۴

مقایسه بین، این منحنی‌ها که بیانگر تغییرات جذب با فرکانس در نواحی شمالی خلیج فارس است و شکل (۱۷) که منحنی تجربی تغییر جذب با فرکانس در آب دریای لیمن و فلمینگ (Fleming - Lyman)<sup>(۱۱)</sup> است، نشان می‌دهد که شکل ظاهری نمودار تغییرات جذب با فرکانس در خلیج فارس با منحنی تجربی جذب ناشی از آب و سولفات منیزیم مطابقت دارد و انحنایی که مربوط به جمله اسید بوریک است، مشاهده نمی‌شود بنابراین می‌توان گفت که میزان اسید بوریک در خلیج فارس ناچیز است و یا، اسید بوریک در آب دریا وجود دارد ولی این کربناتها هستند که مانع جذب صوت توسط اسید بوریک می‌شوند.

فرض دوم صحیح تر بنظر می‌رسد زیرا که اولاً pH آب دریا بین ۷/۳ تا ۸ متغیر است. و محیط عاری از اسید نیست. ثانیاً، بخشی از رسوبات منطقه را کربناتها تشکیل می‌دهند (خصوصاً رسوبات نیمه جنوبی) و کربناتها بر جذب صوت توسط اسید بوریک تاثیر منفی دارند.<sup>(۵)</sup> بنابراین با توجه به منحنی‌های جذب در آبهای خلیج فارس، می‌توان گفت که دو عامل آب و سولفات منیزیم بر جذب صوت در خلیج فارس موثراند. در مقایسه‌ای ساده بین مقادیر جذب ناشی از آب و سولفات منیزیم در می‌یابیم که در محدوده فرکانسی مورد مطالعه (۱۰۰ هرتز تا ۱۰۰ کیلو هرتز) عامل موثر بر جذب صوت در خلیج فارس ملکول سولفات منیزیم است. نکته دیگر اینکه هرچه فرکانس صوت فرستاده شده کمتر باشد، انتشار صوت آسانتر صورت می‌گیرد زیرا که میزان جذب و به تبع آن تضعیف در فرکانسهای پایین کمتر است و علاوه بر این، تاثیر اسید بوریک (که عامل جذب صوت در فرکانسهای پایین است) بر جذب صوت در خلیج فارس بسیار ناچیز است.



شکل (۱۷): تغییرات جذب با فرکانس در آب دریای لیمن و فلمینگ در دمای ۴ درجه سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر<sup>(۱۱)</sup>

در تحقیقات مشابه که توسط آقای لووت (J.R.Lovett) در خلیج آلاسکا انجام شده است، نتایج زیر بدست آمده است:<sup>(۱۲)</sup>

فرکانس (هرتز)	جذب (دسی بل بر متر)
۷۵۰	$۲/۲۱ \times ۱۰^{-۵}$
۱۵۰۰	$۵/۴۷ \times ۱۰^{-۵}$
۳۰۰۰	$۱/۴۷ \times ۱۰^{-۷}$

جدول (۲): مقادیر جذب بر حسب فرکانس در خلیج آلاسکا<sup>(۱۲)</sup>

که با نتایجی که برای جذب صوت در نواحی شمالی خلیج فارس بدست آمده است تقریباً مشابه است. همانطور که در بخش (۲-۱) اشاره شد، برای بدست آوردن مقادیر جذب در نواحی شمالی خلیج فارس از مدل فرانکو و گریسون استفاده شده است، اما می توان برای منحنی جذب صوت در خلیج فارس، رابطه جدیدی ارائه کرد که از لحاظ شکل ظاهری با مدل مارش و شالکین مطابقت داشته باشد. این رابطه با استفاده از دستور fit در نرم افزار MATLAB بدست آمده است. ابتدا با کمک نرم افزار EXCEL مقادیر جذب بر حسب فرکانس محاسبه شده و سپس مقادیر بدست آمده، به نرم افزار MATLAB منتقل شدند. سپس شکل عمومی مدل مارش و شالکین را نیز به این نرم افزار وارد کرده و مقادیر ثابت را با دقتی از مرتبه  $۱۰^{-۵}$  بدست آوردیم. رابطه بدست آمده

با این روش، در جدول (۳) و در مقایسه با دیگر دریاها و اقیانوسها آمده است. مقایسه ای ساده بین نواحی شمالی خلیج فارس و سایر دریاها در جدول (۳) نشان می دهد که اولاً: جذب صوت در خلیج فارس نسبت به سایر دریاها کمتر است. ثانیاً: میزان جذب ناشی از اسید بوریک در منطقه مورد مطالعه ناچیز و قابل صرفنظر است.

جمله سولفات منیزیم	جمله اسید بوریک	شوری بر حسب جز در هزار	دما بر حسب درجه سیلسیوس	اقیانوس و دریا
$0.01f^2$	$\frac{0.1f^2}{1+f^2}$	۳۵	۴	اطلس
$0.006f^2$	$\frac{0.8f^2}{1+(\frac{f}{1.7})^2}$	۳۸	۱۳	مدیترانه
$0.007f^2$	$\frac{0.9f^2}{1+(\frac{f}{1.5})^2}$	۴۰	۲۲	دریای سرخ
$0.006f^2$	$\frac{0.6f^2}{1+(\frac{f}{1.2})^2}$	۳۶	۱۵	خلیج عدن
$0.01f^2$	$\frac{0.5f^2}{1+f^2}$	۳۴	۴	آرام
$0.003f^2$	$\frac{7.75 \times 10^{-8} f^2}{1+(\frac{f}{0.68})^2}$	۳۹/۱۶	۳۴/۸۰	خلیج فارس

جدول (۳): مقایسه ای بین مقادیر جذب در اقیانوسها و دریاها

## نتیجه گیری

- اسید بوریک و pH ، بر میزان جذب صوت در خلیج فارس تاثیر چندانی ندارد.
- عامل غالب جذب صوت در نواحی شمالی خلیج فارس، سولفات منیزیم موجود در آب دریاست.
- جذب در نواحی شمالی خلیج فارس از رابطه  $0.003f^2 + \frac{7.75 \times 10^{-8} f^2}{1 + (\frac{f}{0.68})^2}$  (برای دو جمله اسید بوریک و سولفات منیزیم) تبعیت می کند.

## Reference:

1. Mohseni Arasteh, A., *On the Propagation of Sound in Persian Gulf Area*, Thesis, Islamic Azad Uni., Science and Research Branch (2000).
2. Kinsler, L.A., Frey, A.R., Coppers, A.B., and Sanders, J.V., *Fundamentals of Acoustics*, John wiley and sons Inc. (2000).
3. Thorp, W.H., *J. Acoust. Soc. Am.*, **42**, 270 (1967).
4. Garrison, G.R., Early, E.W., and Wen, T., *J. Acoust. Soc. Am.*, **59**, 1278 (1976).
5. Mellen, R.H., Scheifele, P. M. and Browning D.G., *Nav. Underwater Syst. Ctr.*, Tech. Rept., 7923 (1987).
6. Schulkin, M., and Marsh, H.W., *J. Acoust. Soc. Am.*, **34**, 864 (1962).
7. Fisher, F.H., and Simmons, V.P., *J. Acoust. Soc. Am.*, **62**, 558 (1977).
8. Francois, R.E., and Garrison, G.R., *J. Acoust. Soc. Am.*, **72**, 896 (1982).
9. Francois, R.E., and Garrison, G.R., *J. Acoust. Soc. Am.*, **72**, 1879 (1982).
10. Oceanographic cruise, ROPME Aea Area (2001).
11. Clay, C.S., and Medwin, H., *Acoustical Oceanography*, Wiley publications (1977).
12. Lovett, J.R., *J. Acoust. Soc. Am.*, **58**, 620 (1975).