امواج صوتی در عمق سنجی دریا

هادی فدوی حسینی و یلدا رشیدی از مشهد

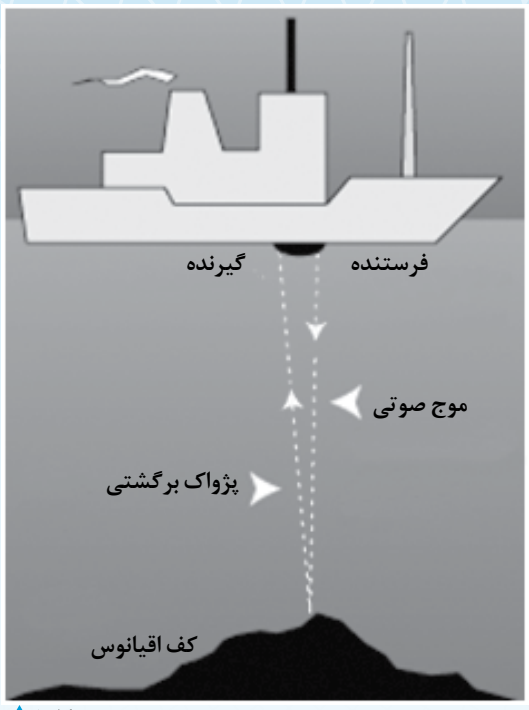
چکیده

تعیین عمق دریاها یک ضرورت دریانوردی و امکانی فیزیکی است. عمق‌سنجی، روش‌ها و شیوه‌های گوناگونی متناسب با درخواست و نیاز ما دارد. اختراع عمق‌سنجی صوتی، راهکار جدید و مؤثری است که بر پایهٔ بازتاب صوت طراحی و اجرا شده است. جذب، پراکندگی یا بازتاب رفتارهایی است که موج صوتی در برابر کاوشگر و در زیر دریا بروز می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: عمق‌سنج صوتی (سونار)، مبدّل، کاوشگر صوتی، بازتاب صوت

نقشهٔ اعماق اقیانوس‌ها و دریاها مشخص است. در گذشته، برای تعیین عمق دریاها از یک طناب که به وزنه‌ای متصل بود، استفاده می‌کردند. طناب از بالای کشتی به پایین فرستاده می‌شد و وقتی وزنه به کف دریا برخورد می‌کرد، روی آن علامتی زده و وزنه بالا کشیده می‌شد؛ آن‌گاه با اندازه‌گیری فاصلهٔ علامت تا وزنه عمق دریا در آن نقطه تعیین می‌گردید. این روش نقشه‌برداری کف دریا به زمان زیادی احتیاج دارد. به‌ویژه هنگامی که عمق‌سنجی از آب‌های عمیق انجام می‌گیرد.

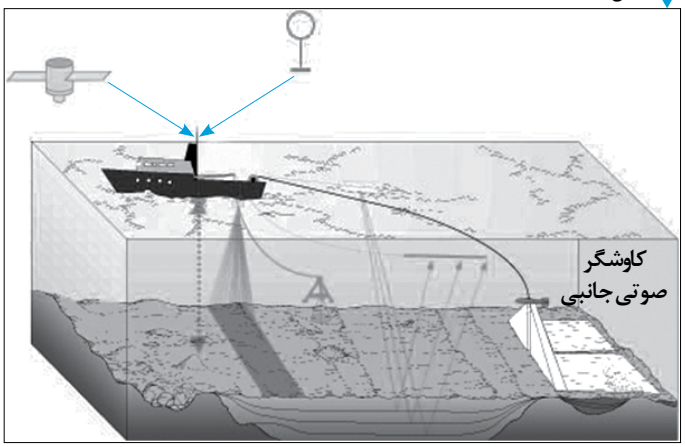
اختراع عمق‌سنج صوتی[1] (سونار)، نقشه‌برداری کف دریا را دگرگون کرد. فرستنده و گیرنده امواج صوتی، **مبدل**[2] نامیده می‌شود. فرستنده یک تپ[3] صوتی به داخل آب می‌فرستد، تپ بعد از برخورد با کف دریا، باز می‌تابد. مبدل می‌تواند بازتاب سیگنال‌های صوتی را دریافت کند. رایانه‌ها با دقت، زمان رفت و برگشت سیگنال صوتی را اندازه می‌گیرند. در آب کم‌عمق امواج صوتی خیلی سریع برمی‌گردند و در آب‌های عمیق‌تر زمان بیشتری برای دریافت بازتاب صوت لازم است. عمق دریا با دانستن سرعت صوت در آب محاسبه می‌شود (سرعت صوت در آب تقریباً ۱۵۰۰ متر در هر ثانیه است). به این روش نقشه‌برداری از کف دریا **عمق‌سنجی صوتی**[4] می‌گویند.



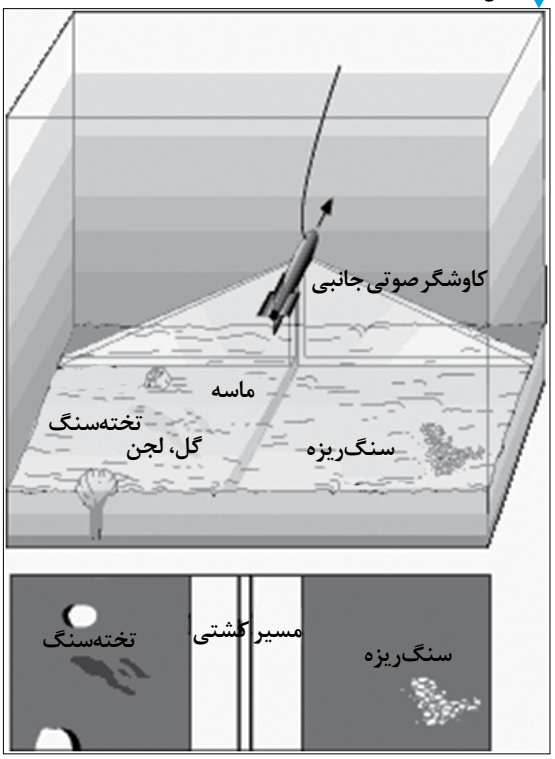
شکل ۱

عمق‌سنج صوتی می‌تواند در بسامدهای مختلف صوت کار کند؛ از آن می‌توان برای به‌دست آوردن اطلاعات مفید از بستر و ستون آب و حتی اشیا در دریاها و اقیانوس‌ها استفاده کرد. برای مثال از بسامد ۱۲ کیلوهرتز برای اندازه‌گیری عمق آب، بسامدهای پایین‌تر حدود ۳/۵کیلوهرتز برای بررسی لایه‌های رسوبی کف دریا و بسامدهای بالاتر حدود ۲۰۰ کیلوهرتز برای شناسایی ماهی و پلانکتون استفاده می‌شود.

شکل ۲



شکل ۳



شکل ۴. تصویر بستر دریای بیفورت که آثار تخریب ناشی از حرکت کوه‌های یخی روی آن مشخص است.

نوعی عمق‌سنج صوتی که به‌وسیلهٔ کشتی یدک می‌شود و برای پیدا کردن اشیا در کف دریاها مورد استفاده قرار می‌گیرد، **کاوشگر صوتی جانبی**[۵] نامیده می‌شود. از این وسیله برای نگاه کردن به جزئیات بستر دریاها استفاده می‌کنند. (شکل ۲)

این وسیله سیگنال‌های صوتی را که انرژی آن‌ها در یک نوار باریک متمرکز است، عمود بر مسیر کشتی در حال حرکت به طرف بستر ارسال می‌کند. این سیگنال‌ها بعد از برخورد به بستر یا مانع بازمی‌تابند. بازتاب این سیگنال‌های صوتی به‌وسیله میکروفون‌های زیر آبی حساس که در یدکش قرار دارند، دریافت می‌شوند.

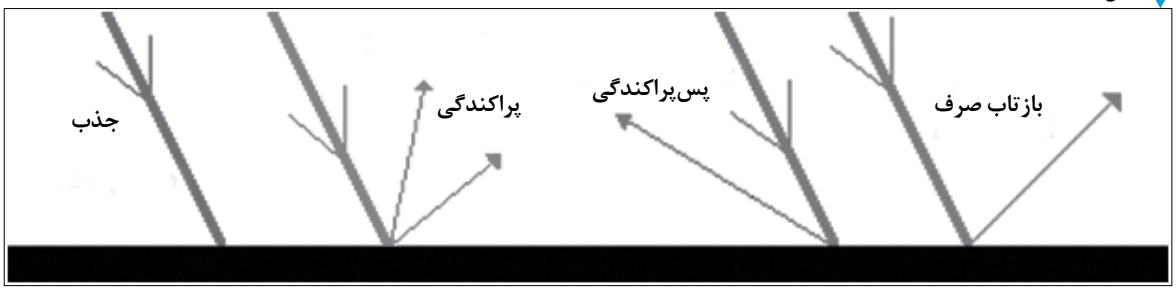
سیگنال‌های میکروفون زیر آبی برای پردازش و ایجاد تصویر به کشتی فرستاد می‌شود. این تصویر و اطلاعات از سطحی است که کاوشگر صوتی از روی آن عبور می‌کند. قسمت‌های تاریک‌تر تصویر نشان‌دهندهٔ بازتاب قوی‌تر امواج صوتی هستند. سیگنال‌ها بیشتر به یک ثبت‌کننده گرافیکی که تصویر می‌سازد، فرستاده می‌شوند.(شکل ۳)

تصویر زیر شکل مسیر یک کاوشگر صوتی را نشان می‌دهد. وسط تصویر، مسیر کاوشگر است. یک خط سیاه (یا دو خط سیاه) درست در وسط تصویر وجود دارد. این نشان‌دهندهٔ امواج صوتی گسیل شده از دستگاه و دریافت فوری امواج به‌وسیله هیدروفون‌های روی دستگاه است. فضای سفید خالی، خارج از خطوط سیاه، زمان لازم برای طی مسافتی است که صوت در درون آن طی می‌کند. اولین بازتاب از کف دریا (یا بعضی اوقات از سطح دریا) است. بازتاب‌های بعدی از کف دریا و اشیائی است که در فاصله‌های دورتر از کاوشگر صوتی قرار دارند. کاوشگر صوتی خیلی حساس است و می‌تواند اجسامی کوچک‌تر از یک سانتی‌متر را در کف اقیانوس اندازه‌گیری کند.(شکل ۴)

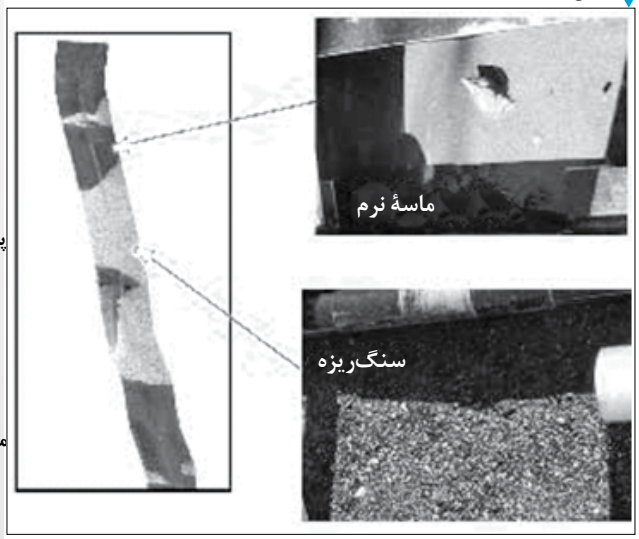
کاربردهای کاوشگر صوتی عبارت است از: جست‌وجوی اشیای کف دریا (کشتی‌های غرق شده و خطوط لوله، هواپیماهای سقوط کرده، محموله‌های گم شده)، نقشه‌برداری تفصیلی کف دریا، پژوهش در خواص و ویژگی‌های کف دریا (اندازه بافت و...) و مشاهدهٔ ویژگی‌های کف دریا مثل آتش‌فشان‌های زیر آب.

هنگام ارسال صوت به وسیلهٔ کاوشگر صوتی به بستر اقیانوس چند حالت می‌تواند برای موج صوتی رخ دهد. شاید موج در کف دریا جذب و بازتابیده شود. بازتاب صوت به چند طریق صورت می‌گیرد. صوت می‌تواند مستقیم به عقب

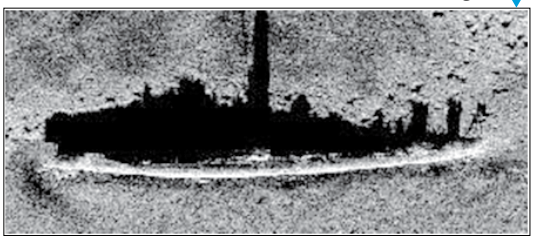
شکل۵



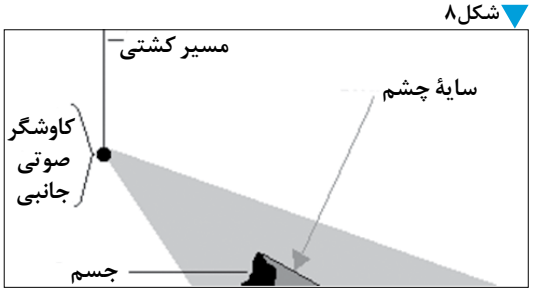
شکل۶



شکل۷



شکل۸



بازتابیده شـود یا آنکه در مسیرهای مختلف پراکنده گردد. این پراکندگی می‌تواند در جهت حرکت کشتی یا به طرف کاوشگر باشد .(شکل۵)

مقدار جذب و پراکندگی در جهات مختلف به ویژگی‌های کف دریا بسـتگی دارد. مواد سـخت مثل صخره‌ها بیشـتر از مـواد نرم مثـل گل و لای صوت را پراکنـده و مواد نرم صوت را بیشـتر جذب می‌کنند. بازتاب‌های مختلف صوت ناشـی از پراکندگی به‌وسـیلهٔ یدک‌کش دریافت، و سـبب ایجاد تصاویر متفاوتی از کف دریا می‌شود. تصاویر زیر مثال‌هایی هستند که نشان می‌دهند چگونه یک ویژگی کف دریا (اندازهٔ بافت بستر) به‌وسیله کاوشگر ردیاب صوتی مشخص می‌شود.(شکل۶)

عکس سـمت چپ، تصویر حاصل از ردیاب صوتی را نشان می‌دهد و در طرف راسـت دو نمونه به‌دسـت آمده از سـطوح حاصل از تصویر ردیاب اسـت. ماسـهٔ نـرم در تصویر تاریک‌تر است؛ زیرا بیشـتر انرژی صوتی از دانه‌های یکنواخت بازتابیده می‌شود. سـنگ‌ریزه‌ها در تصویر روشن‌ترند؛ زیرا سنگ‌ریزه‌ها بیشتر انرژی صوتی را پراکنده می‌کنند.

از کاوشـگر صوتی جانبی بیشـتر وقت‌ها برای پیدا کردن اشیائی مانند کشتی‌های شکسته در کف دریا استفاده می‌شود. تصویر زیر، زیردریایی آمریکا را که در سال ۱۹۲۰ م. غرق شده است، نشان می‌دهد. زیردریایی یک سایهٔ بزرگ دارد. (سایه در تصویر سیاه اسـت) و خود زیردریایی، قسمت روشن در پایین تصویر است.

عوارض در کف دریا به‌صورت سایه در تصویرهای کاوشگر صوتی ظاهر می‌شـوند که این به‌خاطر ویژگی هندسی پرتوی صوت در برخورد با اجسـام اسـت. شکل زیر چگونگی به‌وجود آمدن را نشان می‌دهد.(شکل۷)

عوارض در کف دریا به صورت سایه در تصویرهای کاوشگر صوتی ظاهر می‌شـوند که به این خاطر ویژگی هندسی پرتوی صوت در برخورد با اجسـام اسـت. شکل زیر چگونگی به‌وجود آمدن سایه را نشان می‌دهد.

صـوت حاصل از ردیـاب صوتـی جانبی بعـد از برخورد به اجسـام بازتابیده می‌شود. بخشـی از کف دریا، که به‌خاطر وجود اشـیا امواج صوتی را دریافت نکرده اسـت بازتابی ندارد. این قسـمت در تصویر ردیاب صوتی به‌صورت سایه است. سایه سـفید خواهد بود. سـایه در تصویر زیر دریایی بالا سیاه است، زیرا رنگ‌ها را برای مشخص نمودن زیردریایی معکوس کرده‌اند.

پی‌نوشت

1. sonar
2. transducer
3. pulse
4. echosounding
5. side scan scnar

منابع

1. Discovery of sound in the sea, office of marine programs, univesity of Rhode Island.
2. Robert H. Stewart, “Introduction Physical Ocenography”. Department Physical oceanography, Texas A & M University.
3. Spindel, R.C., and P.F. Worcedter, “Occan acoustic tomography.” Scientific American, 263, 94-99 (October, 1990)
4. Seminar of the 1st APEC Occan-Related Ministerial Meeting, Proceedings Aprii 22-23, 2002. Seoul, Korce
5. http://www.pmol.noaa.gov/vents/nemo/index.html