نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۳

Vol.2, No.2, Summer 2014

۵۱-۶۰

کاربرد سنجش از دور صوتی در کلاس‌بندی رسوبات دریائی: فرصت‌ها و چالش‌ها

علیرضا امیری سیمکوئی*

دانشیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اصفهان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۰۹

چکیده

سنجش از دور صوتی به یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت کلاس‌بندی[1] بستر دریاها و رودخانه‌ها تبدیل شده است. این روش علاوه بر اینکه هزینه‌ی کمتری در مقایسه با روش مرسوم نمونه‌برداری از بستر دریا دارد می‌تواند اطلاعات پیوسته‌ای از تمام بستر دریا فراهم‌سازد. استفاده از سیگنال‌های اکوساندرهای تک و چند پرتوئی به‌عنوان یک روش کارا جهت کلاس‌بندی رسوبات دریائی و رودخانه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این روش عموماً شدت و شکل سیگنال‌های صوتی برگشتی به‌عنوان پارامترهای تعیین کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. پتانسیل بالای استفاده از این روش یک روش ارزان‌تر را ارائه خواهد داد. از آن‌جا که اطلاعات برداشت شده توسط اکوساندرها نویز بالائی دارد، با استفاده از روش‌های آماری و ابزارهای ریاضی نحوه برخورد با این نوع اطلاعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. به‌عنوان نمونه روش کمترین مربعات با قیود نا منفی و کراندار جهت برآورد پارامترهای توابع توزیع در سیستم‌های چند پرتوئی و روش آنالیز مولفه‌های اصلی در سیستم‌های تک پرتوئی قابل استفاده است. نمونه‌هائی از اطلاعات برداشت شده توسط اکوساندرهای تک و چند پرتوئی پردازش می‌گردد و نتایج کلاس‌بندی حاصله ارائه خواهد گردید. فرصت‌ها و چالش‌های روش‌های استفاده شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: اکوساندر تک و چند پرتوئی، کلاس‌بندی رسوبات دریائی، روش آنالیز مولفه‌های اصلی

* نویسنده مکاتبه کننده : علیرضا امیری سیمکوئی، اصفهان، خیابان هزارجریب، کدپستی ۷۳۴۴۱- ۸۱۷۴۶ تلفن: ۰۳۱-۳۷۹۳۴۰۹۸

Email: ar.amirisimkooei@gmail.com

۱- مقدمه

نیاز به استفاده از منابع موجود در دریاها و اقیانوس‌ها منجر به درخواست‌های متعددی برای تهیه‌ی نقشه‌های اقیانوسی گشته است. این نقشه‌ها ممکن است شامل اطلاعات هندسی از سطح فیزیکی دریاها باشد که به‌عنوان نمونه می‌توان به چارت‌های دریائی اشاره‌کرد. آنها اساساً عمق‌های اندازه‌گیری شده توسط اکوساندرها را نشان می‌دهند. اصول اندازگیری عمق توسط اکوساندرها بر مبنای زمان رفت و برگشت یک پالس صوتی است که توسط ترانس‌دیوسر ارسال، توسط بستر دریا منعکس و توسط ترانس‌دیوسر مجدداً دریافت می‌گردد. با مشخص بودن زمان ارسال سیگنال و همچنین معلوم بودن سرعت انتشار صوت در آب می‌توان عمق را اندازگیری نمود. عمق‌های اندازگیری‌شده را می‌توان بر حسب موقعیت مسطحاتی نقاط برداشت‌شده ترسیم نمود تا نقشه‌ی عمق‌یابی (چارت عمق‌یابی) حاصل گردد. بنابراین این نقشه اطلاعات توپوگرافی بستر دریا را نشان می‌دهد.

کسب اطلاعات بیشتر از بستر حوزه‌های آبی از دیگر نیازهای بشر در تمام ادوار بوده‌است. روش های قدیمی برای کسب اطلاعات از رسوبات کف دریا محدود به نمونه‌برداری مستقیم بود که قطعاً هزینه‌های زیادی در برداشت، چون کشتی‌ها و تجهیزات خاصی را طلب می‌کرد و نیاز به اندازه‌گیری طولانی مدت و پس‌پردازش‌های پرزحمت داشت. این روش تنها می‌توانست از همان منطقه‌ی برداشت شده اطلاعاتی را فراهم کند. به‌عبارت دیگر قسمت اعظمی از کف دریا هم‌چنان ناشناخته باقی‌می‌ماند[۱]. عکس‌برداری یا استفاده از تصاویر ویدئویی راه‌حل‌های دیگری برای حل این مسئله بودند اما این ابزارها هنوز برای تهیه نقشه فراگیر نشده‌اند[۲]. سنجش از دور ماهواره‌ای نیز تنها در مناطق کم‌عمق ممکن است قابل استفاده‌باشد[۳]. در نتیجه روش مناسب برای اطلاع از سطوح کف دریا استفاده از سیستم‌های سنجش از دور صوتی می‌باشد.

امروزه حجم اطلاعات وسیعی توسط اکوساندرها قابل برداشت می‌باشد. برای مثال استفاده از اکوساندرهای چند پرتوئی امکان پوشش پیوسته از تمام بستر دریا را فراهم می‌سازد. سئوالی که ممکن است رخ دهد این است که آیا این اطلاعات برای کلاس‌بندی رسوبات دریائی نیز قابل استفاده است؟ پاسخ این سئوال مثبت است چرا که استفاده از شدت و شکل سیگنال دریافت شده در حقیقت حامل اطلاعات مفیدی به منظور کلاس‌بندی نوع رسوبات دریائی می‌باشد. این اطلاعات از رسوبی به رسوب دیگر تفاوت خواهد داشت و این تفاوت‌ها ابزاری جهت کلاس‌بندی خواهند بود. در این مقاله مروری بر روش‌های امروزی کلاس‌بندی رسوبات دریائی با استفاده از سیگنال‌های اکوساندرهای تک و چند پرتوئی خواهیم داشت. به این منظور روشهای ارائه شده در مراجع[۱،۲،۳] مورد استفاده قرار می‌گیرد، که دو مرجع آخر توسط مولف ارائه گردیده است. بنابراین این مقاله بیشتر به معرفی این دو روش پرداخته و کاربرد آن‌ها را روی دیتاهای جدیدی، که توسط اکوساندرهای تک و چند پرتوئی در دریا و رودخانه به‌دست آمده‌است، ارائه خواهد کرد. برای جزئیات بیشتر و استفاده از روابط و فرمول‌های مربوطه خواننده علاقمند به مراجع فوق الذکر مراجعه نماید.

۲- استفاده از اکوساندرها در کلاس‌بندی رسوبات

۲-۱- اکوساندرهای تک پرتوئی

اهمیت استفاده از اکوساندرهای تک پرتوئی در هزینه‌ی پائین این تجهیزات در مقایسه با اکوساندرهای چندپرتوئی می‌باشد. این وسایل پالس‌های صوتی با طول پالس کوتاه به بستر دریا ارسال می‌دارند و با اندازگیری زمان رفت و برگشت این پالس صوتی و مشخص بودن سرعت انتشار صوت در آب می‌توان عمق بستر را اندازگیری نمود. این اطلاعات سپس به‌صورت یک نقشه (چارت) عمق‌یابی بر حسب مختصات نقاط ترسیم می‌گردد. شکل ۱ نحوه‌ی استفاده از این روش را

نشـان مـی‌دهـد. پیـک نمـایش داده شـده در شـکل لحظه‌ی دریافت سیگنال را نشـان مـی‌دهـد. همچنـین به‌واسطه اینکه شکل سیگنال‌های دریافتی از یـک نـوع رسوب به رسوب دیگـر متفـاوت اسـت، ایـن تفـاوت‌هـا کمک می‌کند تا بتوان رسـوبات را کـلاس‌بنـدی نمـود. به‌عنوان مثال می‌توان رسوبات را از لحاظ دانه‌بندی بـه رسوبات ریزدانه و یا درشت‌دانه تقسـیم نمـود. شـکل ۲ شکل سیگنال دریافتی را برای سه نوع رسـوب مختلـف نشان می‌دهد.

در این مقاله از یک روش تجربـی جهـت کـلاس‌بنـدی اطلاعـات مربـوط بـه اکوسـاندرهای تـک اشـعه استفاده خواهد شد[۵]. این روش مبتنـی بـر اسـتخراج بعضی از مشخصه‌های شکل سیگنال دریافتی می‌باشـد. این مشخصات شامل ۱) انرژی کل، ۲) گستره زمـانی، و ۳) چولگی سیگنال دریافت شده می‌باشد. انرژی کل در واقـع مقـدار سـیگنالی اسـت کـه از لحظـه‌ی دریافت سیگنال تـا آخـرین لحظـه‌ای کـه آن سـیگنال توسط اکوساندر دریافت می‌گـردد، محاسـبه مـی‌شـود. آن در حقیقت مساحت زیر منحنـی سـیگنال دریـافتی اسـت. گسـتره‌ی زمـانی مربـوط بـه تمرکـز و یـا پراکنش سیگنال حول مقدار متوسـط مـی‌باشـد. بـرای مثال اگر مدت زمان کل دریافت سـیگنال کوتـاه باشـد این کمیت کوچک خواهد شد. چولگی میزان کشـیدگی سیگنال دریافتی به سمت راست را نشان می‌دهـد. ایـن مشخصات به‌همراه مشخصات دیگری توسط مرجع [۵] ارائه شده است. در این مقاله تنها از این سه مشخصه‌ی آماری استفاده می‌گردد. به واسطه‌ی این‌که سـیگنال‌هـا در معرض نویز بالا هستند مشخصه‌های محاسـبه شـده نیز تغییرات زیادی خواهند داشت. به‌همـین علـت یـک متوسط‌گیری روی مشخصه‌های سـیگنال‌هـای متـوالی صورت می‌پذیرد. این متوسط گیری باعث کـاهش نـویز مشخصـه‌هـای محاسـبه شـده و نتیجتـاً باعـث افزایش قدرت کلاس بندی خواهد گردید.

در مرحله بعد بـه علـت ایـن کـه تعـداد مشخصـه‌هـای استفاده شده ممکن است زیاد باشد، امکان کلاس‌بنـدی آنها ناممکن می‌گردد. به همین علت این مشخصه‌هـا را به‌عنوان ورودی روش آنالیز مولفه‌هـای اصـلی[1] (PCA) [۶] مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌دهـیم. در ایـن حالـت ایـن مشخصـه‌هـا بـه ۲ و یـا ۳ مؤلفـه‌ی اصـلی تقلیل می‌یابند. مؤلفه‌های اصلی حـداکثر تغییرپـذیری این مشخصه‌ها را نمایش می‌دهند. در حقیقت بخشی از اطلاعـات در فرآینـد آنـالیز مؤلفـه‌هـای اصـلی از بـین می‌رود. اما به هر حال قسمت اعظم این اطلاعات توسط مؤلفه‌های اصلی بیان می‌گردد.

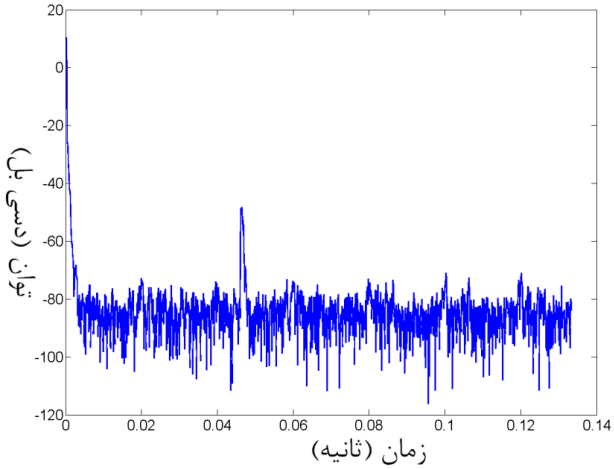
مؤلفه‌های اصلی سپس به‌عنـوان ورودی روش کیمینـز[2] جهت کلاس‌بندی استفاده مـی‌شـود[۷]. در ایـن روش اطلاعات به‌گونه‌ای کلاس‌بندی می‌گردنـد کـه فاصـله‌ی بـین نقـاط در یـک کـلاس حـداقل ممکـن باشـد، امـا فاصله‌ی بین کلاس‌ها حـداکثر ممکـن باشـد. اطلاعـات کلاس‌بندی شده در نهایت بـر حسـب مختصـات نقـاط ترسیم می‌گردد که نقشه کلاس‌بندی نامیده مـی‌شـود. کلاس‌های به‌دست آمده از ایـن روش دارای مشخصـات صوتی مشابه مـی‌باشـند و بـه همـین خـاطر بـه آن‌هـا کلاس‌های صوتی اطلاق می‌گردد. این کلاس‌ها ارتبـاط با خواص فیزیکی رسوبات مثل اندازه و شکل دانه‌بنـدی و همچنین نوع جنس رسوبات دارد.

۲-۲- اکوساندرهای چندپرتوئی

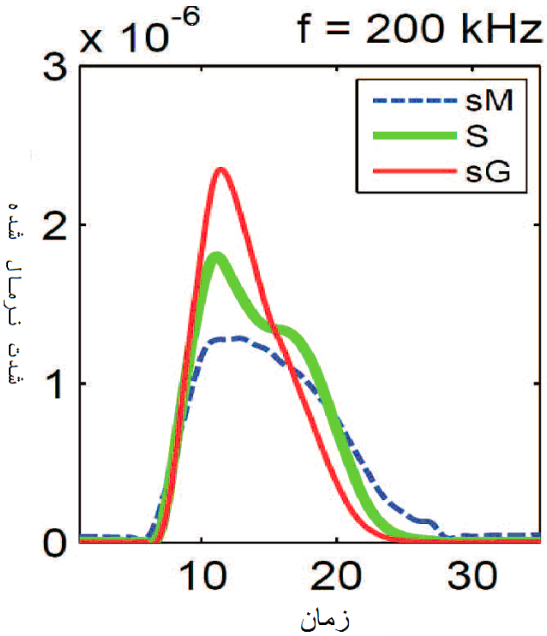
اکوسـاندرهای چنـدپرتوئی[3] (MBES) سیسـتم‌هـایی هستند برای تهیه‌ی نقشه که امواج عریضی را عمود بـر امتداد حرکت کشتی ارسال نمـوده و سـطح وسـیعی از کف دریا را برداشت می‌نمایند. این تجهیزات قابلیت این را دارنـد کـه ۱۰۰ درصـد منطقـه مـورد مطالعـه را پوشش‌دهند. بنـابراین بـه‌جـای ارسـال یـک سـیگنال، رشته‌ای از سیگنال‌ها که هر کدام با امتداد قائم زاویه‌ای می‌سازند ارسال می‌گردد. با اندازه‌گیری فواصل مایـل و مشخص بودن زاویه می‌توان عمق را برای هـر سـیگنال

1 Principal component analysis
2 K-means
3 multi-beam echo-sounder

محاسبه نمود.



شکل ۱: یک مثال نوعی از سیگنال دریافت شده توسط اکوساندر. محور افقی زمان سیر سیگنال و محور قائم توان سیگنال دریافتی را نشان می‌دهد.



شکل ۲: سیگنال دریافت شده توسط اکوساندر روی ۳ نوع رسوب مختلف به‌صورت گل ماسه (sM)، ماسه (S)، و شن ماسه (sG).

یکی از عواملی که شدت موج برگشتی از کف دریا را تحت تأثیر قرار می‌دهد زاویه‌ی تلاقی سیگنال با بستر دریا می‌باشد. بنابراین تصحیحاتی توسط دستگاه‌های چندپرتوئی به این مشاهدات صورت می‌پذیرد تا این وابستگی زاویه‌ای حذف گردد. روش‌هایی برای اعمال این تصحیحات وجود دارد؛ به‌طور مثال با استفاده از قانون لامبرت[1] می‌توان شدت موج برگشتی

1 Lamberts law

را تصحیح نمود. تصاویری که بعد از اعمال تصحیح به‌دست‌می‌آیند با تصاویر حاصل از ساید اسکن سونار SSS[1] قابل مقایسه هستند و این نقشه می‌تواند برای کلاس‌بندی مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی تغییرات موج برگشتی نسبت به زاویه می‌تواند در کلاس‌بندی انواع رسوبات کف دریا مفید واقع شود اما مشکل این روش آن است که اگر نوع رسوبات در طول یک نوار متفاوت باشد نمی‌توان بین تغییرات زاویه‌ای و تفاوت واقعی در نوع رسوبات تفکیک قائل شد.

روشی که در این‌جا مورد استفاده قرار می‌گیرد آن است که دیتاها هم‌چنان شامل این وابستگی زاویه‌ای باشند. اما به‌جای استفاده از رفتار زاویه‌ای موج برگشتی، اندازه‌گیری در یک زاویه‌ی خاص را مبنای کلاس‌بندی قرار می‌دهیم. هدف از این بخش ارائه یک روش کلاس‌بندی با استفاده از مشاهدات در یک زاویه‌ی مشخص می‌باشد (رجوع شود به مراجع[۱،۳]).

علاوه بر وابستگی زاویه‌ای، شدت و دامنه‌ی امواج برگشتی در اکوساندرها وابسته به ماهیت و خواص فیزیکی رسوبات کف دریاست. بنابراین این اطلاعات در کلاس‌بندی مفید واقع می‌شوند. برای آب‌های عمق کم، اکوساندرهای چندپرتوئی با فرکانس‌هایی در حد چند کیلوهرتز (فرکانس بالا) احتیاج است. علت این است که فرکانس‌های بالای صوتی به‌شدت جذب محیط می‌گردند و تنها از این فرکانس‌ها در مناطق کم عمق می‌توان استفاده نمود. این سیگنال‌ها تنها می‌توانند اطلاعات سطحی و اطلاعاتی را تا عمق چند سانتی‌متری رسوبات فراهم سازد. طول پالس صوتی مورد استفاده در موقع ارسال موج حدود ۰.۱ میکرو ثانیه می‌باشد.

شدت سیگنال‌ها به‌عنوان متغیرهای تصادفی دارای توابع توزیع احتمال مختلفی می‌باشند، که از جمله می‌توان به توزیع نمائی اشاره کرد. با توجه به این واقعیت که سیگنال‌های هر اشعه از جمع تعدادی پیکسل مستقل با توزیع‌های یکسان به‌دست می‌آید، طبق قضیه‌ی حد مرکزی، برای یک نوع رسوب، توزیع شدت سیگنال صوتی با توزیع نرمال تقریب خواهد شد. این واقعیت باعث می‌گردد تا برای رسوبات مختلف، مجموعه‌ای از توزیع‌های نرمال معرف توزیع احتمال باشند، که مبنای روش کلاس‌بندی رسوبات می‌باشد. سپس روش کمترین مربعات با قیود نامنفی و قیود کراندار (رجوع شود به مراجع[۸،۹])، جهت برآورد پارامترهای توابع توزیع و همچنین سهم توابع توزیع نرمال برای هر نوع رسوب استفاده می‌شود. فرض نرمال بودن تابع توزیع مشاهدات برای آب‌های عمیق که در آن تعداد پیکسل‌های مستقل زیاد می‌باشد فرض قابل قبولی خواهد بود.

استفاده از این روش در آب‌های کم عمق به واسطه‌ی کم بودن تعداد پیکسل‌های مستقل و عدم برقراری شرایط قضیه‌ی حد مرکزی مشکل می‌شود. بنابراین برای کاربرد روش در آب‌های کم عمق پیشنهاد می‌گردد تا به‌جای استفاده از یک سیگنال، مجموعه‌ای از سیگنال‌ها در جهت حرکت کشتی و در جهت عمود بر حرکت کشتی استفاده گردد. میانگین سیگنال روی چنین سطحی دارای نویز کمتر بوده و استفاده از قضیه حد مرکزی را امکان پذیر می‌سازد. همچنین به‌واسطه‌ی قابلیت محاسبه‌ی شیب سطحی بستر رودخانه (دریا) امکان اعمال تصحیحات به مقادیر شدت موج برگشتی فراهم می‌گردد. روش ارائه شده در ذیل روی دیتاهای مختلف تست گردیده و قابلیت این روش مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصله با نمونه‌های برداشت شده از بستر رودخانه مورد مقایسه قرار گرفته که همبستگی آماری بالائی را نشان می‌دهد.

این روش بر مبنای استفاده از قانون بیز استوار است[۱۰]. اطلاعات ورودی این روش شدت موج برگشتی در یک زاویه مشخص است. هیستوگرام این اطلاعات نشان دهنده‌ی تأثیر و ترکیب ناشی از رسوبات مختلف است. هر رسوب با

1 side scan sonar

یک تابع توزیع نرمال مشخص می‌گردد. بنابراین این هیستوگرام را بایستی با مجموعه‌ای از توابع نرمال تقریب کرد. هر توزیع نرمال (گوس) معرف یک کلاس صوتی می‌باشد. هر توزیع نرمال با میانگین و واریانس خود مشخص می‌گردد که نامعلومند. همچنین سهم هر تابع جهت فیت شدن به هیستوگرام نامعلوم است. بنابراین برای هر تابع نرمال ۳ مجهول وجود دارد. هر گاه r کلاس موجود باشد، تعداد کل مجهولات 3r خواهد شد. در حالت کلی تعداد کلاس‌ها (r) نیز نامعلوم می‌باشد. روش برآزش دادن به این صورت است که ابتدا یک تابع گوس به هیستوگرام فیت می‌گردد. سپس آماره‌ای که شکل درجه دومی از اختلافات بین مدل و هیستوگرام است محاسبه می‌گردد. این آماره دارای توزیع خی دو می‌باشد. هرگاه آزمون این آماره رد شد، منحنی نرمال دیگری به توزیع‌های قبلی اضافه می‌گردد و این فرآیند تا زمانی که این آزمون قبول شود تکرار می‌گردد. در هر تکرار جهت برآزش توزیع‌های نرمال و برآورد پارامترهای توابع توزیع و همچنین سهم توابع توزیع نرمال، روش کمترین مربعات با قیود نامنفی و قیود کراندار استفاده می‌شود. رجوع شود به مراجع[۸،۹]

سپس با استفاده از قاعده بیز محل تلاقی توزیع‌های نرمال مشخص کننده‌ی مرز بین کلاس‌های صوتی است. هرگاه این کلاس‌بندی برای مقادیر اندازه‌گیری شده در زوایای مختلف انجام شود، می‌توان این کلاس‌ها را برحسب موقعیت نقاط برداشت شده ترسیم نمود و نهایتاً یک نقشه کلاس‌بندی از ناحیه‌ی برداشت شده ترسیم کرد.

۳- نتایج عددی و توضیحات

در این بخش نتایج عددی کلاس‌بندی حاصل از روش‌های فوق‌الذکر از اطلاعات برداشت شده در دریا و رودخانه ارائه خواهد شد. اطلاعات برداشت شده در دریا توسط اکوساندر تک‌پرتوئی می‌باشد و اطلاعات رودخانه توسط اکوساندر چندپرتوئی برداشت شده است.

۳-۱- اکوساندر تک پرتوئی

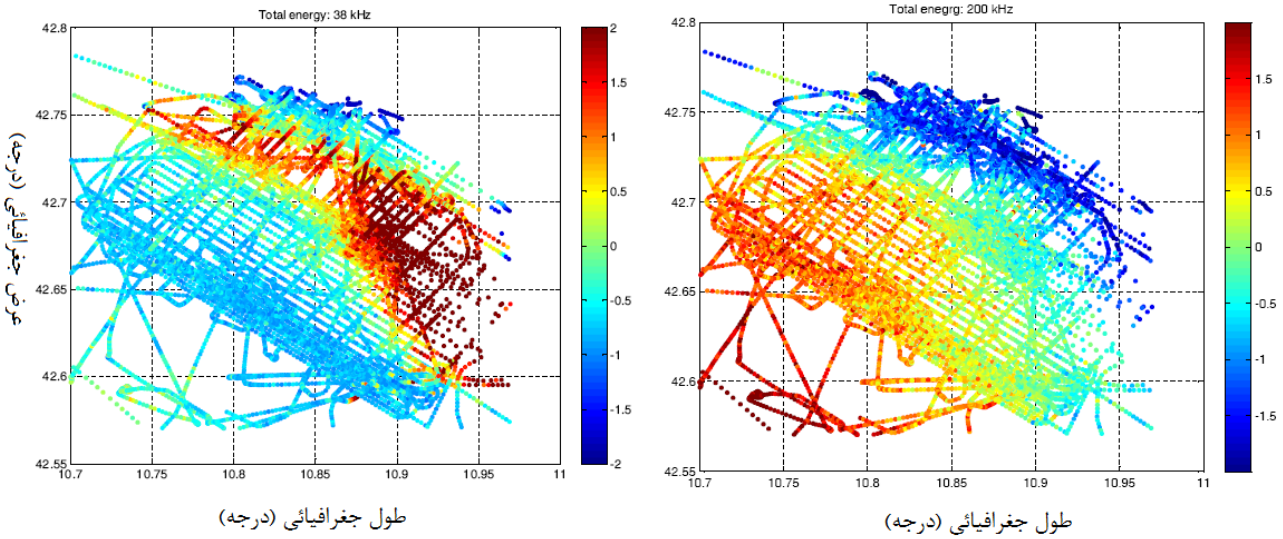
اطلاعات استفاده شده در این قسمت توسط دستگاه اکوساندر تک پرتوئی EA600 برداشت شده است. این اطلاعات مربوط به منطقه‌ای در جنوب شرقی جزیره‌ی البا[1] در نزدیکی ایتالیا واقع است. در این بخش برخی از مشخصه‌های استخراج شده از شدت و شکل سیگنال دریافتی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. آنگاه روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی به منظور کاهش تعداد این اطلاعات به مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌گردد. در نهایت روش کیمینز جهت کلاس‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل ۳ مقدار انرژی کل سیگنال دریافت شده را روی ناحیه‌ی مورد نظر برای دو فرکانس مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد مقدار انرژی دریافت شده در قسمت‌های مختلف این ناحیه متفاوت است. چنین مشخصه‌هائی را می‌توان برای فرکانس ۱۲ کیلوهرتز نیز ترسیم کرد. همچنین می‌توان اطلاعات هندسی شکل سیگنال دریافتی را نیز استفاده نمود. این اطلاعات شامل گستره‌ی زمانی و چولگی سیگنال در فرکانس‌های مختلف می‌باشد.

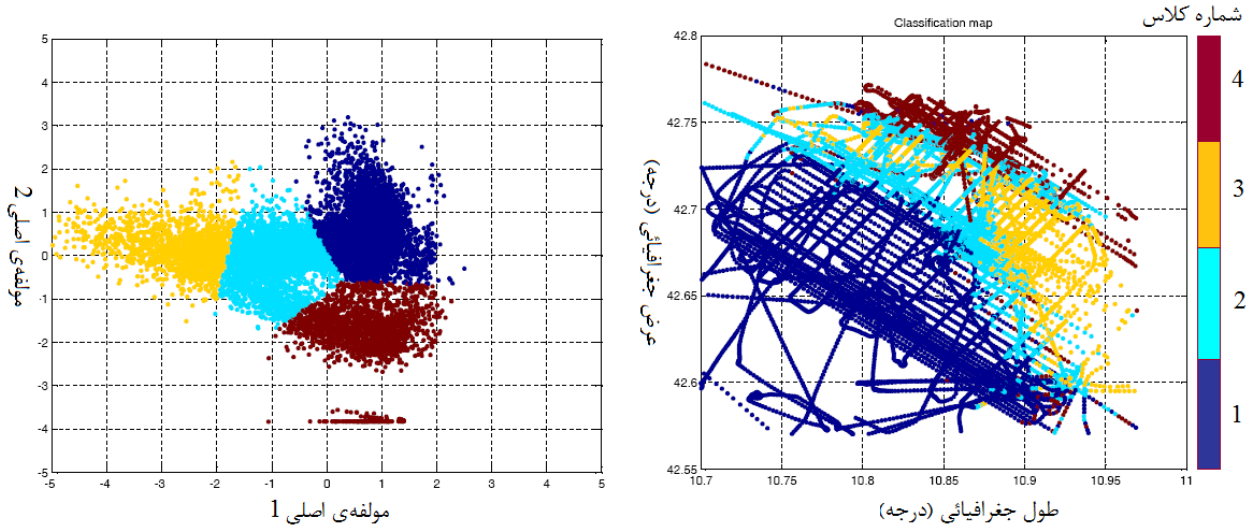
به‌واسطه این که تعداد این مشخصه‌ها می‌تواند در حالت کلی زیاد باشد، آنها را با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی به ۲ و یا ۳ مؤلفه تبدیل می‌کنیم. این مؤلفه‌ها قسمت اعظم تغییرپذیری مشخصه‌های اولیه را دارا می‌باشند. بنابراین آن‌ها را با استفاده از روش کلاس‌بندی کیمینز به کلاس‌های مختلفی تبدیل می‌کنیم. این کلاس‌ها را سپس برحسب موقعیت نقاط ترسیم می‌نمائیم تا نقشه‌ی کلاس‌بندی به‌دست‌آید. شکل ۴ (چپ) مولفه‌ی اصلی اول و دوم را برای چهار کلاستر ارائه شده با استفاده از روش کا-مینز نشان می‌دهد[۷]. منظور از کلاستر اطلاعاتی است که در یک کلاس قرار می‌گیرند. شکل ۴ (راست) نقشه‌ی

1 Elba

کلاس‌بندی را با استفاده از اولین و دومین مؤلفه‌ی اصلی نشان می‌دهد. در این نقشه تنها از مشخصه‌های انرژی در ۳ فرکانس ۱۲، ۳۸، و ۲۰۰ کیلوهرتز استفاده گردیده است. در این کلاس‌بندی تعداد کلاس‌ها ۴ انتخاب گردیده است. لازم به ذکر است که جهت انتخاب بهینه کلاس‌ها روش‌هایی وجود دارد که از حوصله مباحث این مقاله خارج است.



شکل ۳: نقشه‌ی انرژی نرمال شده (میانگین صفر و واریانس یک) سیگنال دریافتی در دو فرکانس ۳۸ کیلوهرتز (چپ) و فرکانس ۲۰۰ کیلوهرتز (راست). این اطلاعات در حقیقت مساحت زیر منحنی در شکل ۲ می‌باشد.



شکل ۴: چهار کلاستر (ارائه شده با ۴ رنگ مختلف) که توسط روش کا-مینز به کلاس‌های مختلف تقسیم شده است بر حسب مؤلفه‌های اصلی اول و دوم (چپ). نقشه‌ی کلاس‌بندی به‌دست آمده از مؤلفه‌های اصلی اول و دوم بر حسب موقعیت جغرافیائی نقاط (راست).

۳-۲- اکوساندر چندپرتوئی

دیتاهای استفاده شده در این قسمت توسط دستگاه اکوساندر چندپرتوئی EM3002 برداشت شده است. این اطلاعات در رودخانه‌ی وال (واصل هلند و آلمان) در سال ۲۰۰۸ برداشت شده است. این دستگاه در

فرکانس ۳۰۰ کیلوهرتز با طول پالس ۱۵۰ میکروثانیه کار می‌کند. تعداد اشعه‌ها (پرتوها) در یک پینگ[1] ۲۵۴ اشعه می‌باشد. این اشعه‌ها متعلق به زوایای برخورد مختلفی از ۶۰- درجه تا ۶۰+ درجه می‌باشد (اشعه قائم دارای زاویه برخورد ۰ درجه می‌باشد). روش ارائه شده‌ی فوق (مرجع[۳]) جهت کلاس‌بندی رسوبات رودخانه‌ای در این منطقه از رودخانه‌ی وال استفاده خواهد شد.

به علت عمق کم رودخانه، مجبور به استفاده از چند اشعه مجاور و چند پینگ مجاور جهت انجام متوسط‌گیری می‌باشیم. این همچنین باعث ایجاد یک سطح کوچک (۰.۵ متر در ۰.۵ متر) می‌گردد و بنابراین می‌توان تصحیحات شیب را به مقادیر اندازگیری شده اعمال نمود. شکل ۵ هیستوگرام مقدار سیگنال بازگشتی (BS)[2] متوسط تصحیح شده را در زاویه ۶۰ درجه نشان می‌دهد(BS مقدار شدت سیگنال دریافتی بر حسب واحد دسی‌بل می‌باشد). هرگاه با استفاده از روش ارائه شده توابع گوس را به این هیستوگرام فیت کنیم می‌توان ۳ تابع گوس پیدا نمود که معرف ۳ کلاس صوتی می‌باشد. محل تلاقی این توابع مرز بین کلاس‌ها می‌باشد. می‌توان آنالیز مشابهی را برای اطلاعات استخراج شده در زوایای مختلف انجام‌داد. با این روش تمام مقادیر سیگنال بازگشتی را می‌توان به یکی از کلاس‌های ۱، ۲، و ۳ اختصاص داد.

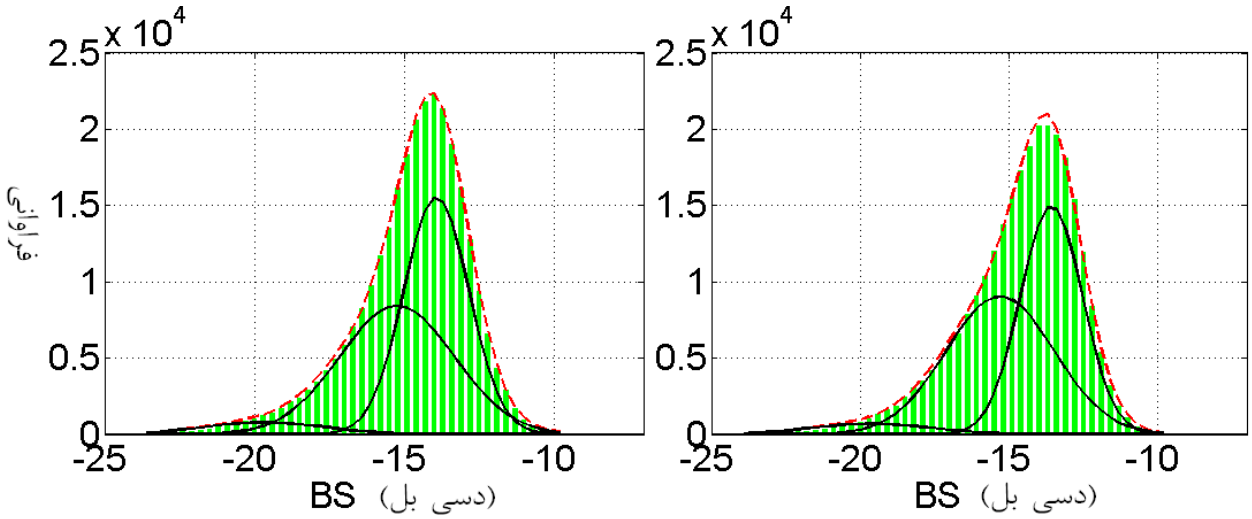
شکل ۶ نقشه‌ی کلاس‌بندی را در این قسمت از رودخانه نشان می‌دهد. ۳ رنگ استفاده شده معرف ۳ کلاس صوتی است. جهت ارزیابی نتایج، نمونه‌های رسوبی را در طول مسیر رودخانه برداشت نموده و نتایج متوسط اندازه‌ی دانه‌ها را با نتایج کلاس‌بندی مقایسه نموده‌ایم. ضریب همبستگی نسبتاً بالائی بین این دو نتیجه قابل محاسبه می‌باشد.

۳-۳- فرصت‌ها و چالش‌ها

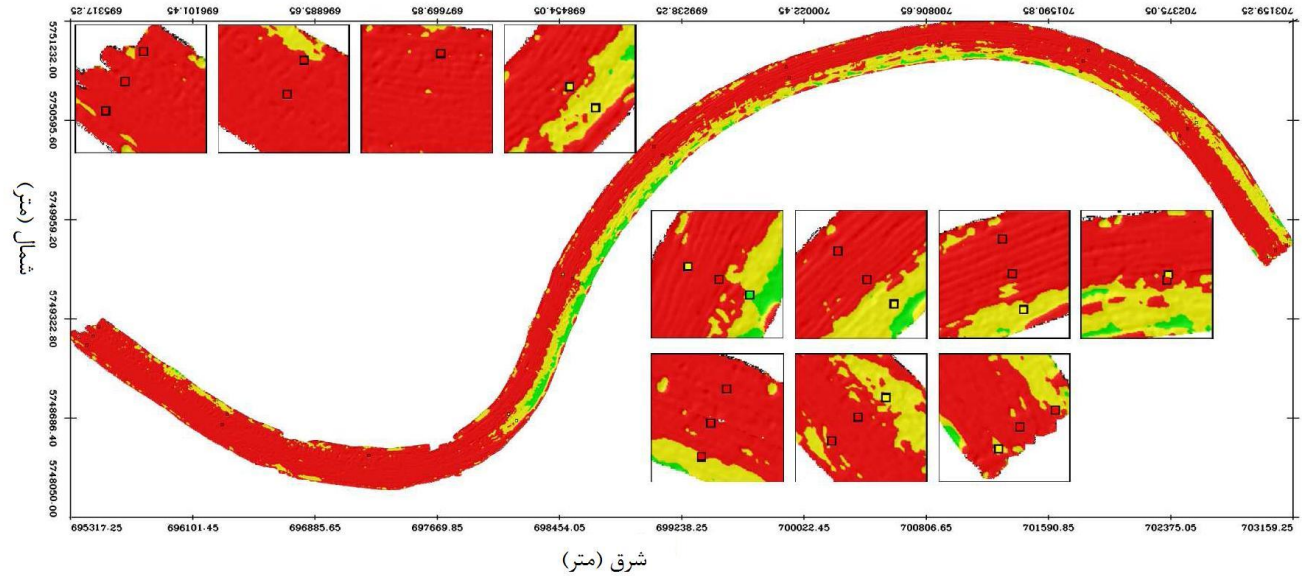
یکی از سئوالات مشترک در تمام روشهای کلاس‌بندی سنجش از دور این است که نتایج کلاس‌بندی چقدر قابل اعتماد می‌باشد. جهت تائید نتایج حاصل از کلاس‌بندی با استفاده از روش‌های ارائه شده چندین راه پیشنهاد شده است. یکی از متداول‌ترین راه‌ها استفاده از نمونه‌های برداشت شده از بستر دریا و رودخانه در بعضی از نقاط به‌صورت گسسته می‌باشد. این نمونه‌ها سپس در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و بعضی از ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال می‌توان توزیع اندازه‌ی دانه‌ها را برای نمونه‌ها به‌دست آورد و از روی آن نهایتاً متوسط اندازه‌ی دانه‌ها قابل محاسبه خواهدبود. متوسط دانه‌بندی ممکن است با نتایج حاصل از کلاس‌بندی مقایسه گردد. نتایجی که تا کنون بر مبنای استفاده از اکوساندرهای تک و یا چندپرتوئی به‌دست آمد حاکی از همبستگی بالای نتایج کلاس‌بندی با نمونه‌ها می‌باشد.

یکی از چالش‌های امروزی استفاده از دستگاه‌های اکوساندر جهت کلاس‌بندی رسوبات دریائی نحوه‌ی تعبیر کلاس‌های به‌دست آمده است. به‌عنوان مثال ارتباط بین کلاس‌های صوتی و مشخصات فیزیکی رسوبات چگونه است؟ متأسفانه این ارتباط بسیار پیچیده است. یک راه‌حل برای این موضوع استفاده از نمونه‌های رسوبی برداشت شده از بستر دریا (و آنالیزشده در آزمایشگاه) می‌باشد، که در فصل قبل توضیح داده شد. راه‌حل دیگر امکان استفاده از فیزیک مسئله است. امروزه مدل‌های فیزیکی گسترش یافته‌اند که ارتباط و عمل متقابل بین رسوب و موج صوتی را بیان می‌کنند[۱۱،۱۲]. این ارتباط قطعاً جهت تعبیر نتایج کلاس‌بندی مفید واقع خواهد گردید.

1 ping
2 backscatter



شکل ۵: هیستوگرام مقدار متوسط BS در زاویه برخورد ۶۰ درجه به همراه ۳ تابع گوس معرف ۳ کلاس صوتی. ترانس‌دیوسر چپ (شکل چپ) و ترانس‌دیوسر راست (شکل راست).



شکل ۶: نقشه‌ی کلاس‌بندی صوتی رودخانه وال (کیلومتر ۸۸۶-۸۷۶) در هلند. این نقشه از ترکیب نتایج کلاس‌بندی در زوایای مختلف به‌دست آمده است. جهت مقایسه‌ی بصری نتایج کلاس‌بندی با نمونه‌های برداشت شده از بستر دریا (مربع‌های کوچک)، در این محل‌ها مقیاس بزرگتری ارائه گردیده است. در این مقایسه متوسط درشتی دانه‌بندی نمونه‌ها (آنالیز شده در آزمایشگاه) به ۳ کلاس تقسیم گردیده است و این نتایج با ۳ کلاس صوتی مقایسه گردیده است.

۴- نتیجه‌گیری

روش سنجش از دور صوتی به یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت کلاس‌بندی رسوبات دریاهای تبدیل شده است. از مشخصه‌های بارز این روش هزینه‌ی کم در مقایسه با روش‌های مرسوم نمونه‌برداری و همچنین پوشش کامل منطقه‌ی مورد مطالعه است. در این مقاله روش‌های پیشنهادی مؤلف در مراجع[۳،۴] روی دیتاهای جدیدی از سیگنال‌های اکوساندرهای تک و چندپرتوئی مورد ارزیابی مجدد

قرارگرفت. هر دو روش عموماً بر مبنای شدت و شکل سیگنال‌های صوتی برگشتی استوار می‌باشد چرا که آن‌ها پارامترهای تعیین کننده‌ای در کلاس‌بندی رسوبات می‌باشند. همان‌طور که انتظار می‌رفت کارائی این روش‌ها مورد تائید قرار گرفت. به علت این‌که اطلاعات برداشت شده توسط اکوساندرها دارای نویز بالا هستند، این دو روش با استفاده از روش‌های آماری و ابزارهای ریاضی نحوه‌ی برخورد با این نوع اطلاعات را توضیح می‌دهند. نتایج کلاس‌بندی به سهولت بین نواحی مختلف از منطقه برداشت شده تمایز قائل گردید و این نتایج با استفاده از نمونه برداری‌های انجام شده مقایسه گردید. از جمله مسائل امروزی استفاده از دستگاه‌های اکوساندر جهت کلاس‌بندی رسوبات دریائی ارتباط بین کلاس‌های صوتی و مشخصات فیزیکی رسوبات است. این مهم می‌تواند به‌عنوان یکی از چالش‌هائی باشد که در آینده به آن پرداخته خواهدشد.

تشکر و قدردانی. از تصحیحات پیشنهادی داوران محترم که موجب بهبود کیفی مقاله گردید تشکر و قدردانی می‌گردد. اطلاعات مورد استفاده در این مقاله از گروه سنجش از دور صوتی دانشگاه صنعتی دلفت هلند بدست آمده که بدین وسیله از آن تشکر می‌گردد.

مراجع

[1] Simons D.G. and M. Snellen, 2009. A Bayesian approach to seafloor classification using multi-beam echo-sounder backscatter data, *Applied Acoustics*, 70, 1258–1268

[2] Simons, D.G., 2010. *Seafloor mapping*, lecture notes, Acoustic Remote Sensing Group, Delft University of Technology, Tthe Netherlands.

[3] Amiri-Simkooei, A.R., M. Snellen, D.G. Simons, 2009. Riverbed sediment classification using MBES backscatter data, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126 (4): 1724:1738.

[4] Amiri-Simkooei, A.R., M. Snellen, D.G. Simons, 2011. Principal component analysis of single-beam echo-sounder signal features for seafloor classification, IEEE *Journal of Oceanic Engineering*, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 36(2): 259-272

[5] van Walree P.A., J. Tegowski, C. Laban, and D.G. Simons. 2005. Acoustic seafloor discrimination with echo shape parameters: A comparison with the ground truth. *Continental Shelf Research*, 25:2273–2293.

[6] Jolliffe, I. 2002. *Principal Component Analysis*, ser. Springer Series in Statistics, 2nd ed. New York: Springer

[7] Seber, G.A.F. 1984. *Multivariate Observations*. New York: Wiley

[8] Lawson C.L. and R.J. Hanson, 1974. *Solving Least-Squares Problems.* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ).

[9] Coleman T.F. and Y. Li, 1996. An interior trust region approach for nonlinear minimization subject to bounds," *SIAM J. Optim*. 6, 418–445.

[10] Teunissen, P.J.G, D.G. Simons, and C.C.J.M. Tiberius 2005. *Probability and Observation Theory*, Delft University, Delft, The Netherlands

[11] Sternlicht, D.D. and C.P.D. Moustier, 2003. Remote sensing of sediment characteristics by optimized echo-envelope matching, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 114, no. 5, pp. 2727–2743

[12] Snellen, M., K., Siemes, and D.G. Simons, 2011. Model-based sediment classification using single-beam echosounder signals, *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129 (5): 2878:2888

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.2, No.2, Summer 2014

Application of acoustic remote sensing in seafloor sediment classification: opportunities and challenges

AliReza Amiri-Simkooei

Associate Professor, Department of Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, University of Isfahan

Abstract

Acoustic remote sensing is a commonly used method for seafloor and riverbed sediment classification. In comparison with the conventional method of grab sampling, this method not only is of limited cost but also provides a complete overview of the bottom composition for the entire surveyed area. The use of single- and multi-beam echo-sounders data as an efficient way for seafloor and riverbed sediment classification is studied. The intensity and the shape of the received signals can provide useful information, which indicate the high potential capability of this limited-cost method. Because the received signals are subject to high statistical noise, a few mathematical and statistical tools are to be used to properly encounter this issue. The method of least-squares subject to non-negative and bounded constraints can be used for classification of multi-beam echo-sounder (MBES) data, while the principal component analysis is useful for single-beam echo-sounder (SBES) data. Two data sets on SBES and MBES will be used to illustrate the high potential capability of the proposed method for seafloor classification. The opportunities and challenges of these methods will be discussed.

Key words: Single- and multi-beam echo-sounders, seafloor sediment classification, principal component analysis

Correspondence Address: Department of Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran Tel: +9831-37934098
Email: ar.amirisimkooei@gmail.com