

ارزیابی میزان داده‌های هیدرو گرافی مورد نیاز در عمق‌یابی ماهواره‌ای

مژده ابراهیمی کیا^{۱*}، محمد سعادت سرشت^۲

۱- کارشناس ارشد فتوگرامتری، گروه مهندسی نقشه برداری، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۳- استادیار فتوگرامتری، گروه مهندسی نقشه برداری، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۳۰

چکیده

عملیات عمق‌سنجی در نواحی ساحلی وسیع به روش مستقیم آبنگاری (عمق‌سنجی با اکوساندر) بسیار هزینه‌بر بوده و زمان زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین سنجش از دور با توجه به توانایی بالا در جمع‌آوری اطلاعات در زمان کوتاه و در محدوده‌ای وسیع، راهکاری بسیار مناسب و مؤثر می‌تواند باشد. در تحقیق پیشرو به دو روش عمق‌یابی ماهواره‌ای یکی بر مبنای اصول فیزیکی و دیگری بر مبنای نگاشت عددی (روش شبکه عصبی) اشاره می‌شود و در داده‌ای یکسان با هم مقایسه می‌شوند سپس با توجه به سادگی و بهینه‌تر بودن نتایج روش دوم، تاثیر میزان اندازه‌گیری‌های مستقیم برای کالیبره کردن یا آموزش این روش با مقایسه اختلاف میانمقادیر خروجی با مقادیر عمق اندازه‌گیری شده ارزیابی می‌شود. در واقع هدف از انجام آزمونهای این قسمت پاسخ به این پرسش است که تا چه حد روشهای عمق‌یابی سنجش از دور به داده‌های صحرایی نیاز دارند و به بیان دیگر رابطه تغییر دقت عمق‌سنجی با تغییر تعداد و پراکندگی نقاط کنترل چگونه است و آیا می‌توان با تعداد محدودی از خطوط عمق‌یابی به دقت معقولی رسید؟ بررسی‌ها نشان می‌دهد که علاوه بر کارایی روش شبکه عصبی در برآورد عمق تنها یک مسیر هیدروگرافی از ساحل تا میانه دریا می‌تواند نتایج رضایت بخشی (RMSE حدود ۱/۶ و ضریب همبستگی ۰/۹۲) را ارائه دهد.

کلیدواژه‌ها: عمق‌یابی، فیزیک تضعیف نور، تصاویر ماهواره‌ای

* نویسنده مکاتبه‌کننده: مژده ابراهیمی کیا، تهران، خیابان شریعتی معلم سازمان جغرافیایی، ۰۲۱-۸۸۴۰۰۱۱۱

۱- مقدمه

بطور کلی عملیات عمق‌سنجی در نواحی ساحلی برای طلاع از اجزای زیر آب به منظور انجام فعالیتهایی نظیر کشتیرانی، لایروبی، قراردعی خطوط لوله و کابل، تعیین نقاط پر خطر ساحلی، مطالعات هیدرولوژیکی، تهیه نقشه‌های جنس بستر، اطلاع از زیستگاه‌های دریایی، جهت کاربرد در امور محیط زیست، نظامی و مهندسی و نظایر آن ضرورت دارد. اندازه‌گیریهای دوره‌ای از مناطق ساحلی وسیع به روش مستقیم آبنگاری (عمق‌سنجی با اکوساندر) بسیار هزینه‌بر بوده و زمان زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین سنجش از دور با توجه به توانایی بالا در جمع‌آوری اطلاعات در زمان کوتاه و در محدوده‌ای وسیع، راهکاری بسیار مناسب و مؤثر می‌تواند باشد. و یا زمانی که منطقه مورد مطالعه پر خطر بوده و یا امکان تردد و انجام اندازه‌گیری‌های مستقیم در آن نباشد که هر دو این موارد شامل کشور ما با نواحی ساحلی وسیع می‌شود بنابراین نیاز به استفاده از روش‌های غیر مستقیم عمق‌یابی که بتواند با تعداد نقاط کنترل محدود مقادیر عمق را بطور مطلوبی ارائه دهد حقیقتی انکار ناپذیر می‌باشد. اساس روش عمق‌یابی از روی تصاویر ماهواره‌ای، بر مبنای وابستگی طیفی تصویر با عمق آب می‌باشد. به بیان دیگر هرچه آب عمیق‌تر باشد تصویر تیره‌تر بوده که علت اصلی آن جذب و پراکندگی انرژی نور در آب است. البته عکس این عبارت همیشه صحیح نمی‌باشد یعنی همیشه نمی‌توان گفت هرچه تصویر تیره‌تر باشد، عمق آب بیشتر است.

همین مساله باعث شده است که دقت و بکارگیری روش عمق‌سنجی سنجش از دور با محدودیتهای قابل توجهی همراه باشد. علت این امر آن است که شدت درجات روشنایی تصویر علاوه بر میزان عمق آب به عوامل متعدد دیگری نیز وابسته است که مهمترین آنها عبارتند از طول موج نور،

کالیبراسیون طیفی سنجنده، توان تفکیک طیفی و مکانی سنجنده، پدیده اختلاط طیفی، اثرات زمین مرجع سازی تصویر، اثرات اتمسفری و فرا اتمسفری، برق خورشیدی روی سطح آب، تلاطم آب، زاویه میل اخذ تصویر، میزان شفافیت ستون آب، مواد محلول و شناور در آب، جنس بستر آب و میزان بازتابش آن و در نهایت حداکثر عمق آب. هرچه این عوامل با دقت و صحت بیشتری مدلسازی شوند، اثرات آنها بصورت ترمهای تصحیحی از روی درجات روشنایی تصویر برداشته شده و عمق آب با صحت بالاتری بدست می‌آید.

مهمترین این عوامل میزان شفافیت و حداکثر عمق آب است که بطور مستقیم روی نفوذپذیری نور در آب تاثیر می‌گذارد. بطور کلی روش عمق‌یابی سنجش از دور (بخصوص تعیین عمق از روی تصاویر سنجنده‌های غیر فعال) تنها در نواحی آبی شفاف و کم عمق (عمق کمتر از حداکثر ۳۰ متر) قابل بکارگیری است که معمولاً این شرایط در دریاچه‌ها و سواحل دریایی کم عمق وجود دارد. همچنین عدم آگاهی از تغییرات جنس بستر که به‌طور مستقیم روی شدت نور بازتاب یافته و در نتیجه درجات روشنایی تصویر تاثیر می‌گذارد باعث می‌شود که تخمین عمق آب با خطاهای شدیدی همراه شود.

به این ترتیب دقت توپوگرافی بستر بدست آمده از روش عمق‌یابی سنجش از دور را نمی‌توان در حد روشهای مستقیم اندازه‌گیری در هیدروگرافی دانست ولذا نمی‌توان برای کاربردهای دقیق مانند ناوبری کشتی‌ها به آن اطمینان نمود. اما خروجی این روش برای انجام مطالعات کم هزینه و سریع در پهنه‌های آبی گسترده و البته کم عمق و شفاف قابل استفاده است که تمرکز اصلی در آنها بررسی ساختار ژئومورفولوژی بستر آب و نحوه تغییرات آن یا ارائه یک زون‌بندی کلی از تغییرات عمق آب می‌باشد. البته اخیراً با معرفی سنجنده‌های با توان تفکیک طیفی و مکانی بالا امکان بکارگیری

بطور کلی از مقدار رادیانس بدست آمده از آب عمیق جهت تصحیح استفاده می شود که این مقدار نمی تواند برای تمام نقاط تصویر قابل بکارگیری باشد یا به عبارتی تاثیرات جو و ستون آب در تمامی نقاط تصویر یکسان نیست.

از روش های دسته دوم می توان به روش شبکه عصبی اشاره کرد که از طریق آموزش قادر به برقراری ارتباط میان درجات روشنایی با مقادیر عمق بوده و با توجه به پارامترهای مجهول گسترده (از جمله تنوع در جنس بستر و ستون آب) می تواند راه حل ساده تری باشد. در ادامه سعی گردیده است تا علاوه بر شناسایی بهینه ترین روش عمق یابی ماهواره ای، تاثیر کمترین مقدار خطوط عمق یابی اندازه گیری شده بر نتایج حاصل از آن ارزیابی شود.

۲- داده ها و منطقه مورد مطالعه

تصویر ماهواره ای مورد استفاده، تصویر آیکونوس از منطقه شمال شرقی جزیره کیش در چهار باند می باشد که بصورت پن-شارپن^۳ خریداری شده است و دارای رزولوشن یک متر می باشد.

علاوه بر تصویر داده های هیدروگرافی به تعداد ۳۵۵۰ نقطه نیز برای کالیبراسیون و ارزیابی از این منطقه تهیه گردیده است. این نقاط توسط جهاد دانشگاهی در سال ۱۳۷۶ برای این منطقه تهیه شده است. تعیین موقعیت مسطحاتی این نقاط به روش ماهواره ای تفاضلی و با دقت حدود ۲-۳ متر و تعیین عمق توسط اکوساندر نسبت به چارت دیتوم هیدروگرافی و با دقت ۳۰-۱۰ سانتی متر بوده و تصحیحات جزر و مدی روی آن انجام شده است. جزیره کیش یکی از مناطقی است که به دلیل سرمایه گذاری زیاد به مقاصد مختلف دارای اطلاعات مکانی فراوان مانند نقشه های هیدروگرافی و نقشه های بزرگ مقیاس می باشد. همچنین

این روش در نواحی کوچک مانند اسکله ها یا رودخانه ها (کم عمق و شفاف) برای انجام کاربردهایی نظیر تخمین حجم لایروبی بستر آب نیز فراهم آمده است. در زمینه استفاده از سنجش از دور برای تهیه نقشه بستر آب های کم عمق روش های مختلفی ارائه شده است. اکثر و نه تمام این روش ها را می توان به دو دسته کلی تقسیم بندی نمود:

۱) روش های مبتنی برمدلسازی فیزیکی تعامل نور با آب و محیط: که در آن سعی شده مسیر نور با توجه به رفتار آن در تعامل با محیط مدل سازی شود.

این روش ها گاه بر مبنای ثابت بودن شرایط محیطی از جمله جنس بستر و ستون آب جابجایی^۱ و یا دارای بررسی های آزمایشگاهی و یا میدانی هستند پلکان^۲ [۲] در الگوریتم بیان شده فرض شده است که دو باند موجود است به قسمی که نسبت بازتابندگی های کف در این باندها بدون توجه به تغییر نوع بستر ثابت باقی می ماند.

۲) روش های مبتنی بر برازش تابع بین فضای ورودی و خروجی: این روش ها بر مبنای ایجاد نگاشت یک تابع بین فضای ورودی که همان درجات روشنایی و فضای خروجی که همان عمق است می باشند.

از روش های دسته اول علاوه بر روش های مذکور می توان روش تعیین عمق مبتنی بر ترکیب باندها [۲] را نام برد که به تفصیل بیشتری بدان پرداخته می شود. این روش بر این اساس است که مقادیر رادیانس یا روشنایی تصحیح شده هر باند بعد از اعمال لگاریتم، ارتباط خطی با عمق داشته باشند و این امر زمانی مهیاست که تصحیحات مربوط به اثرات جوی و ستون آب بخوبی بر روی رادیانس انجام گیرد. که در این روش

1 Jupp

2 Polcyn

3 Pan-Sharp

کم عمق از کلاسه‌های محدودی از جمله مرجانها، جلبکها و ماسه تشکیل یافته است.

نواحی ساحلی این جزیره از عمق تقریباً کم و شفافیت نسبتاً خوب برخوردار بوده و بستر آن در نواحی



شکل ۱: منطقه و تصویر مورد مطالعه

h ثابت پلانک و V فرکانس نور است) برای یک طیف خاص ثابت است تغییر در جریان انرژی به سوی پایین با تغییر در تعداد فتون‌ها متناسب خواهد بود. همچنین شانس تضعیف با ضخامت جسمی که نور از آن عبور می‌کند افزایش می‌یابد. با معلوم بودن N فتون بالای یک رسانا مثل آب با ضخامت Δr ، کاهش تعداد فتون‌ها ΔN برابر با حاصلضرب N در Δr خواهد بود که در فرمول دیده می‌شود در این فرمول ثابت تناسب α ضریب تضعیف می‌باشد.

$$\Delta N = -\alpha N \Delta r \quad \text{رابطه (۱)}$$

با گرفتن حد زمانی که هر دو ΔN و Δr به صفر نزدیک می‌شوند معادله زیر یا قانون بیر را می‌سازد:

$$\frac{dN}{N} = -\alpha dr \quad \text{رابطه (۲)}$$

و

$$N(r) = N_0 e^{-\alpha r} \quad \text{رابطه (۳)}$$

با توجه به ارتباط نسبی میان جریان انرژی و N ، معادله بالا را می‌توان به فرم زیر نوشت که در آن Φ جریان انرژی است. این معادله، کاهش نمایی جریان انرژی را زمانی که از رسانا می‌گذرد نمایش می‌دهد که در آن a به عنوان ضریب تضعیف استفاده شده است [۳]:

$$\Phi(r, \lambda) = \Phi(0, \lambda) e^{-a(\lambda)r}$$

۳-۱-۲- بازتابندگی زیر سطح آب $\tau_{rs}(\lambda)$

بازتابندگی زیر سطح آب $\tau_{rs}(\lambda)$ با نسبت میان انرژی

۳- تئوری

بطور کلی فیزیکی تضعیف نور در آب و قواین مورد استفاده آن و همچنین چگونگی روش‌های عمقیابی غیر مستقیم در این بخش بررسی می‌شوند.

۳-۱- فیزیک تضعیف نور در آب

در این بخش به نحوه و میزان تضعیف نور هنگام گذر از ستون آب تحت عنوان مدل انتقال انرژی تابشی و همچنین مفهوم و چگونگی محاسبه بازتابندگی زیر سطح آب در دو زیر بخش جداگانه پرداخته می‌شود.

۳-۱-۱- مدل انتقال انرژی تابشی

مدل انتقال انرژی تابشی به توصیف ریاضی تضعیف نور هنگام گذر از جسم آب می‌پردازد. هنگامی که فتون‌ها از داخل آب عبور می‌کنند، دستخوش پراکنش و جذب توسط ذرات و مولکول‌های آب می‌شوند. این امر، جریان انرژی را که از حاصلضرب انرژی هر فتون در تعداد فتون‌ها در واحد سطح و در واحد زمان بدست می‌آید را تضعیف می‌کند. جریان انرژی هنگام گذر به سمت پایین بتدریج کاهش می‌یابد و سرانجام در عمقی بسته به خصوصیات آب به صفر می‌رسد. این فرآیند تضعیف نور را می‌توان با قانون بیر^۱ مدلسازی نمود [۳].

از آنجا که انرژی در هر فتون (حاصلضرب h و v که

1 Beer

پس پراکنش^۲ تغییر جهت می دهد:

$$E_{uw}(Z) = b_{bd}(Z)E_d(Z) \quad (۶)$$

رابطه $B_{bd}(Z)$ ضریب پس پراکنش برای تابش بسوی پایین در عمق Z است. انرژی فرودی در عمق z تابش خورشیدی $E_d(0-)$ تضعیف شده است (در اینجا به اختصار با (0) نشان داده می شود) که بنابر قانون بیر برابر است با:

رابطه (۷)

$$\left[E_d(Z) = E_d(0) \exp \left[- \int_0^Z K_d(z) dz \right] \right]$$

$K_d(Z)$ ضریب تضعیف پخش^۳ وابسته به عمق برای انرژی فرودی است. همچنین انرژی بازتابیده از عمق Z تا سطح آب بتدریج تضعیف شده و وقتی به سطح آب می رسد میزان این انرژی برابر است با:

رابطه (۸)

$$E_{uw}(Z \rightarrow 0) = E_{uw}(Z) \exp \left[- \int_Z^0 K_u(z) dz \right]$$

که $K_u(Z)$ ضریب تضعیف پخش وابسته به عمق برای تابش به سوی بالاست. با انتگرالگیری روی کل Z از سطح تا عمق H ، کل انرژی بازتابیده ناشی از ستون آب بدست می آید.

رابطه (۹)

$$E_{uw}(0) = E_d(0) \int_0^H b_{bd}(Z) \exp \left[- \int_0^Z (K_d(z) + K_u(z)) dz \right] dz$$

انرژی بازتابیده از سطح بستر ناشی از انرژی فرودی و منعکس شده از آن در عمق H می باشد:

رابطه (۱۰)

$$E_{ub}(H) = AE_d(0) \exp \left[- \int_0^H K_d(z) dz \right]$$

که در آن A بازتابندگی عمق است. این تابش هنگام انتشار به سمت سطح تضعیف می شود:

رابطه (۱۱)

$$E_{ub}(0) = AE_d(0) \exp \left[- \int_0^H (K_d(z) + K_u(z)) dz \right]$$

بازتابیده از آب به انرژی فرودی در آب درست در زیر فصل مشترک آب و هوا (0^-) تعریف می شود [۴]. چنانچه بازتابندگی نور آسمان در فصل مشترک در نظر گرفته نشود:

$$r_{rs}(\lambda) = E_u(0^-, \lambda) / E_d(0^-, \lambda) \quad (۴)$$

جریان به سمت پایین $E_d(0-, \lambda)$ از تشعشع خورشید و روشنایی آسمان نشأت می گیرد. ترکیب طیفی آن به زاویه زنیت خورشید و خصوصیات جوی (هواریزه)^۱ بستگی دارد. مقدار جریان به سمت بالا در جسم آب، $E_u(0-, \lambda)$ به دو عامل پس پراکنش که سبب می شود تا فتون های به سمت پایین در حرکت، به سمت عقب برگردند و عامل جذب که فتون ها را نابود می کند و شانس برگشت به سمت عقب را از آنها می گیرد برمی گردد. این بحث را می توان به فرم زیر بیان کرد:

$$r_{rs}(\lambda) = f \left[b_b(\lambda) / a(\lambda) \right] \quad (۵)$$

که شامل ضرایب پس پراکنش b_b و جذب از جسم آب a می شود. این ضرایب با واحد m^{-1} احتمال پس پراکنش و جذب در واحد طول را در امتداد مسیر پرتو نشان می دهند. همچنین فاکتور بدون بعد f و تغییراتش به طول موج λ بستگی دارد و بین 0.3-0.5 تغییر می کند و اساساً به زاویه خورشید بستگی دارد. برای بیان دقیقتر این بازتابندگی بهتر است تا سهم هر یک از عناصر ستون آب و بستر آب روی بازتابش خروجی مورد بحث قرار گیرند. بنابراین برای اثر ستون آب می توان گفت سهم آن از جمع عمودی سهم لایه های بسیار باریک آب δz از سطح تا کف به عمق H حاصل می شود [۵]. در لایه δz در عمق Z ، قسمتی از تابش به سوی پایین به علت

²Backscatter

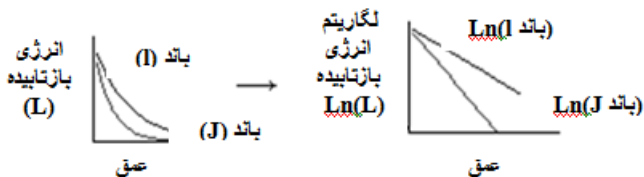
³Diffuseattenuationcoefficient

¹Aerosol

روش تصحیح جوی براساس اهداف تیره است.

$$X_i = \ln (L_i - L_{si}) \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

در این رابطه L_i انرژی بازتابیده پیکسل در باند i و L_{si} انرژی بازتابیده میانگین آب عمیق در باند i است. بنابراین $L_i - L_{si}$ برابر انرژی بازتابیده تصحیح جوی شده می باشد. همانطور که قبلاً ذکر شد شدت نور به صورت نمایی با افزایش عمق در آب کاهش می یابد و در نتیجه لگاریتم انرژی های تصحیح جوی شده به طور خطی با افزایش عمق کاهش می یابند.



شکل ۲: نحوه ارتباط انرژی بازتابیده و لگاریتم آن با عمق [۶]
با توجه به ارتباط خطی میان X_i با مقادیر Z ،
در روش استفاده از n باند، متغیر دیگر به فرم Y_i
به صورت زیر تعریف می شود:

$$Y_i = \sum_{j=1}^N A_{ij} X_j \quad \text{رابطه (۱۶)} \quad r_{rs} = r_{rs}^{dp} (1 - \exp(-2KH)) + A \exp(-2KH)$$

که از دوران سیستم مختصات مربوط به n متغیر X_i بدست می آید. در نتیجه از n متغیر Y_i یک متغیر Y_n وابسته به عمق بدست می آید که دارای فرمول زیر خواهد بود:

$$Y_n = B_m - Cz \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

$n-1$ متغیر دیگر غیر وابسته به عمق و تابعی از بازتابندگی های بستر هستند. در معادله (۱۷) B_m تابعی از ترکیبات بستر و C تنها به ضرایب تضعیف آب وابسته است. ضرایب A_{nj} برای متغیر Y_n از شرایط متعادل بودن سیستم مختصات جدید و ضرایب تضعیف آب بدست می آیند. فرمول (۱۷) را می توان به فرم ساده تری مطابق زیر نوشت:

$$\sum_{j=1}^N A_{nj} X_j = B_m - Cz \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

مجموع معادلات (۹) و (۱۱) انرژی به سمت بالا را تشکیل می دهد. با فرض آنکه ضرایب تضعیف پخش و b_{bd} وابسته به تغییر عمق نباشند و $K_u = K_d$ باشد، یک راه حل تحلیلی ساده برای میدان نوری به سمت بالا در سطح بدست می آید:

رابطه (۱۲)

$$E_u(0) = E_d(0) \left[\frac{b_{bd}}{2K_d} (1 - \exp(-2K_d H)) + A \exp(-2K_d H) \right]$$

برای آب عمیق نسبت انرژی بازتابیده به انرژی فرودی وقتی H بینهایت شود، بازتابندگی زیر سطح آب برای آب عمیق تعریف می شود (r_{rs}^{dp}). اگر این شرط مرزی به معادله (۱۲) اعمال شود b_{bd} به $2K_d$ معادل r_{rs}^{dp} می شود. بنابراین بازتابندگی زیر سطحی، نسبت $E_u(0)$ به $E_d(0)$ است زمانی که درست زیر سطح آب کم ژرف به عمق H اندازه گیری می شوند:

رابطه (۱۳)

رابطه (۱۴)

$$r_{rs} = r_{rs}^{dp} + (A - r_{rs}^{dp}) \exp(-2KH)$$

ترم اول سمت راست فرمول (۱۳) مربوط به سهم ستون آب و ترم دوم مربوط به سهم کف آب است [۵].

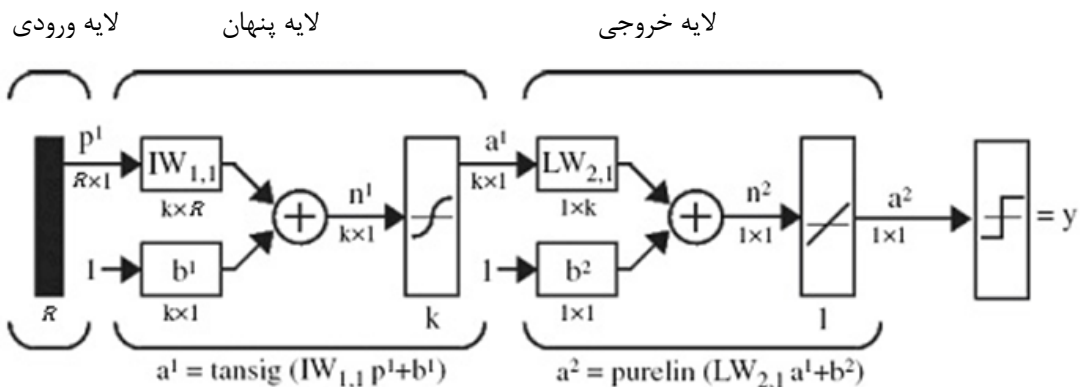
۳-۲- روش های عمق سنجی مورد آزمون

در این بخش برای هر یک از روش های فیزیکی و نگاشت عددی عمق سنجی نمونه ای آورده شده و توضیح داده می شوند.

۳-۲-۱- روش تعیین عمق مبتنی بر ترکیب باندها Lyzenga(1978)

Lyzenga [۲] روشی مستقل از تغییر عمق برای تهیه نقشه جنس بستر دریا پیشنهاد کرده است که تنها برای آبهای شفاف نوع یک یا دو مناسب است. در این

به شبکه‌های عصبی مصنوعی و چگونگی آموزش این شبکه‌ها را در کتب مرجع مانند [۷] مطالعه نمایید. با توجه به اینکه اثبات شده است که شبکه پرسپترون با لایه پنهان سیگموئید و لایه خروجی خطی یک تقریبگر عمومی مسائل غیرخطی می‌باشد، در این تحقیق مسأله تقریب عمق بوسیله شبکه عصبی از روی مقادیر رادیانس در هر باند برای هر نقطه توسط این شبکه انجام گرفته است.



شکل ۳: شبکه مورد استفاده در تقریب تابع تعیین عمق [۱۰]

و مکانی نقاط کنترل با توجه به تراکم آنها می‌شود.

۴-۱- آماده‌سازی داده‌ها

جهت استخراج واقعی‌تر اطلاعات عمق از روشهای عمق‌یابی لازم است تا پیش پردازش‌هایی بر روی تصاویر و داده‌های هیدروگرافی صورت گیرد این تصحیحات شامل تصحیح هندسی و رادیومتریک تصویر و تصحیح جزر و مدی نقاط هیدروگرافی می‌باشد. جهت تصحیح هندسی از نقشه بزرگ مقیاس جزیره کیش استفاده شد و تصویر نسبت به آن با انتخاب نقاط مشترک و استفاده از معادلات رشنال هم مرجع شد سپس با تهیه ماسکی باینری نواحی آبی از نواحی خشکی جداسازی شد. مقادیر عمق‌یابی شده هیدروگرافی نیز با استفاده از جدول تصحیحات جزر و مدی نسبت به زمان تصویر برداری تصحیح شد

یا $z = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n$ ضرایب a_0 تا a_n را می‌توان از طریق رگرسیون با داشتن چند نقطه با عمق معلوم بدست آورد.

۳-۲- روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی ANN

شبکه‌های عصبی مصنوعی از اتصال وزندار عناصر ساده‌ای به نام نورون تشکیل شده‌اند. وزنها از طریق ارتباط میان جفت مقادیر ورودی و خروجی معلوم در فرآیند آموزش شبکه بدست می‌آیند. جزئیات مربوط لایه خروجی

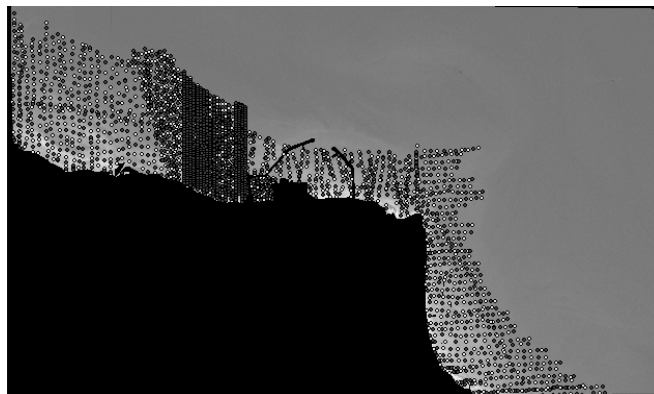
در این شبکه R ورودی‌ها یا مقادیر رادیانس برای هر نقطه در هر باند و k تعداد نورون‌های لایه پنهان و یا لایه سیگموئید می‌باشد که در این تحقیق با آزمایش مقدار بهینه آن بدست آمده است. بدین‌منظور با استفاده از نقاط عمق‌یابی شده معلوم به‌عنوان داده آموزشی و مشخص بودن ورودی (درجات خاکستری) و خروجی (عمق‌های متناظر)، شبکه آموزش داده می‌شود و در یک فرآیند بهینه‌سازی، وزن‌ها بدست می‌آیند. سپس در مرحله ارزیابی، مقادیر عمق نقاط چک که در آموزش شرکت نکرده‌اند با استفاده از این شبکه بدست می‌آید و با مقادیر واقعی آنها مقایسه می‌شود.

۴- پیاده سازی

این بخش شامل آماده سازی داده‌ها، ارزیابی روشهای عمق‌یابی، بررسی رابطه وابستگی عمق با مقادیر طیفی

مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با اعمال ضرایب کالیبراسیون سنجنده این درجات خاکستری به مقادیر رادیانس مربوطه تبدیل گردید.

و مقادیر درجات خاکستری متناظر نقاط در هر باند بدست آمد و بصورت یک در میان جدا شد و تحت عنوان مقادیر چک و کنترل در دو جدول



شکل ۴: پراکندگی نقاط چک و کنترل. نقاط تیره کنترل و نقاط روشن چک هستند

۴-۲- ارزیابی روشهای عمقیابی

نتایج حاصل از این دو روش بر روی نقاط چک مطابق جدول زیر با مقادیر RMSE، حداکثر خطای قدرمطلق^۱، مقدار ضریب همبستگی (R) و متوسط قدرمطلق ده خطای حداکثر^۲ بدست آمده است. در تمامی نمودارهای نتایج (شکل ۵ و ۶ سمت چپ)، خطوط نوسان دار ناشی از محاسبات عمقیابی و خط ممتد مقادیر اندازه گیری شده می باشد.

همچنین در شکل های ۷ و ۸ ناحیه مورد بررسی و DSM حاصل از عمق یابی هیدروگرافی و در شکل ۹ قدرمطلق اختلاف مقدار عمق محاسباتی با مقدار این DSM به همراه هیستوگرام خطا برای هر دو روش نشان داده شده است.

۴-۳- بررسی رابطه وابستگی عمق با مقادیر

طیفی و مکانی نقاط کنترل با توجه به تراکم آنها

در این آزمون بررسی می شود که برای عمق یابی به روش غیرمستقیم هیدروگرافی از جمله روش شبکه عصبی به چه تعداد و با چه فواصلی خطوط عمقیابی نیاز است. بدین منظور تعداد و تراکم این خطوط به

تدریج کاهش داده می شود.

لازم به ذکر است که تعداد نقاط چک ثابت بوده و مقدار عمق نقاط چک توسط داده های مکانی و طیفی نقاط کنترل محاسبه شده است و تنها نقاط کنترل کاهش یافته اند. و خطای RMSEch در نقاط چک، حداکثر خطای قدرمطلق، میزان همبستگی میان عمق در نقاط چک بدست آمده با مقادیر واقعی (R) و متوسط قدر مطلق ده خطای حداکثر ارائه شده است:

این آزمونها در شش مرحله بصورت زیر انجام پذیرفت: در حالت اول ۱۷۸۳ نقطه کنترل بطور تقریباً یکنواخت با تراکم متوسط ۸۵ متر بکار گرفته شده است.

در حالت دوم ۳۲۹ نقطه کنترل در ۲۵ مسیر عمق یابی بکار گرفته شده است که در آن فاصله متوسط مسیرهای عمق سنجی ۳۷۰ متر است.

در حالت سوم ۱۷۹ نقطه کنترل در ۱۵ مسیر عمق یابی بکار گرفته شده است که در آن فاصله متوسط مسیرهای عمق سنجی ۶۰۰ متر است.

در حالت چهارم ۱۰۴ نقطه کنترل در هفت مسیر عمق یابی بکار گرفته شده است که در آن فاصله متوسط مسیرهای عمق سنجی ۱۴۰۰ متر است.

در حالت پنجم ۷۳ نقطه کنترل در سه مسیر عمق یابی بکار گرفته شده است که در آن فاصله متوسط مسیرهای عمق سنجی ۳۰۰۰ متر است.

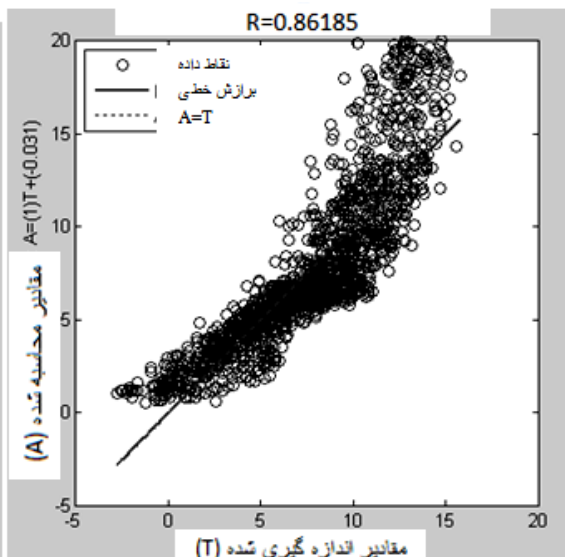
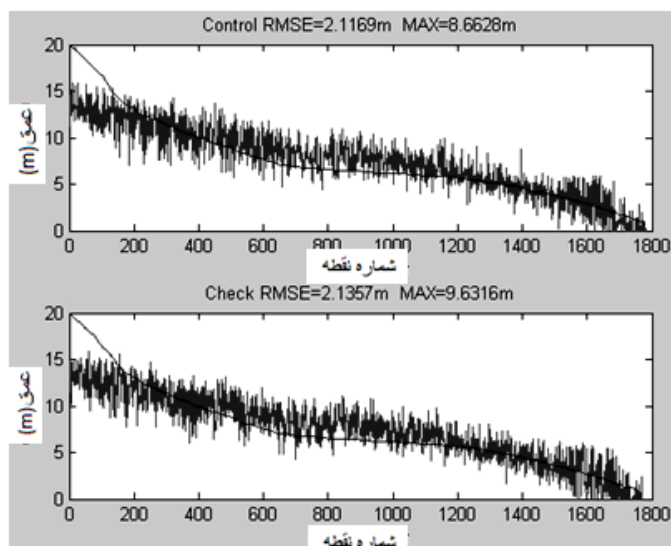
1 MaxError

2 MATE

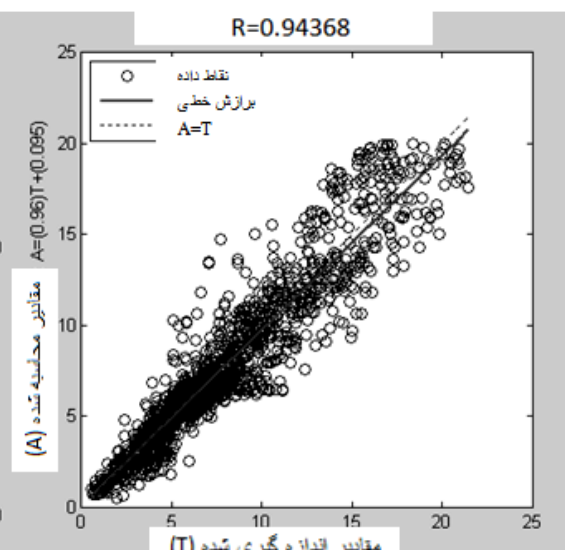
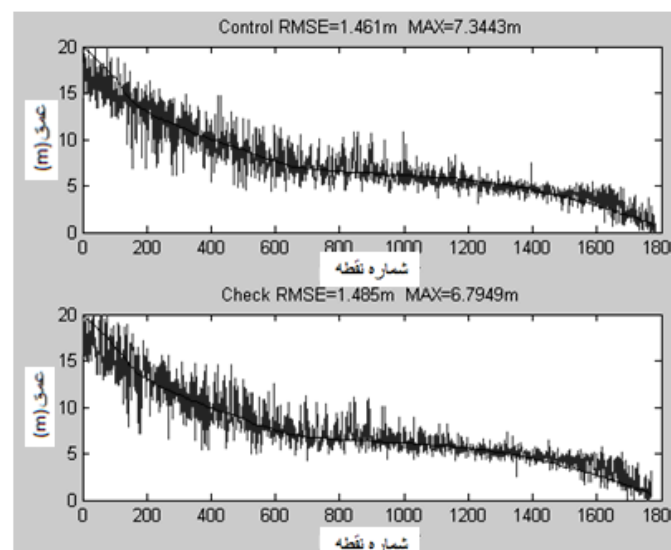
نقاط کنترل را نشان میدهد. همچنین شکل ۱۱ تعداد و پراکندگی نقاط چک را نشان می دهد.

در حالت ششم ۳۴ نقطه کنترل در تنها یک مسیر عمق یابی بکار گرفته شده است.

جدول ۲ نتایج آزمونها و شکل ۱۰ تعداد و پراکندگی



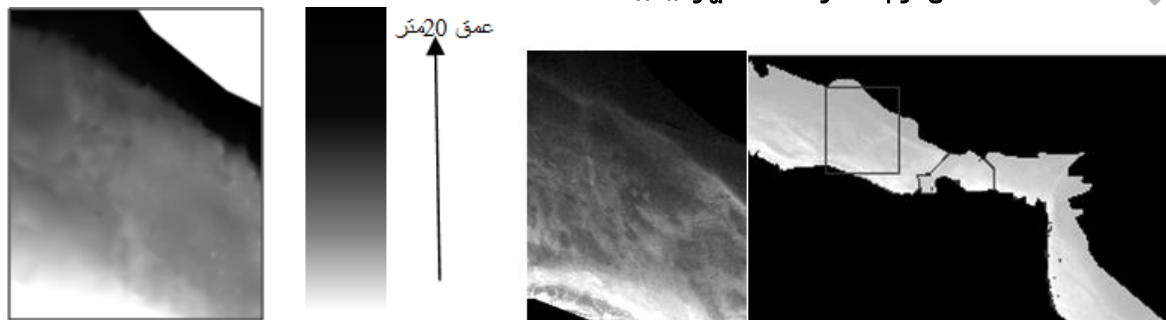
شکل ۵: نتایج روش Lyzenga روی داده های رادیانس



شکل ۶: نتایج اعمال روش ANN روی درجات روشنایی چهار باند

جدول ۱: نتایج اعمال روش ANN و روش Lyzenga

روشهای عمق یابی سنجش از دور مورد آزمون		RMSE	حداکثر خطای قدرمطلق	مقدار ضریب همبستگی	متوسط قدرمطلق ده خطای حداکثر
۱	روش Lyzenga	۲.۱۴	۹.۶۳	۰.۸۶	۷.۵۹
۲	روش ANN	۱.۴۸	۶.۷۹	۰.۹۴	۵.۵۳

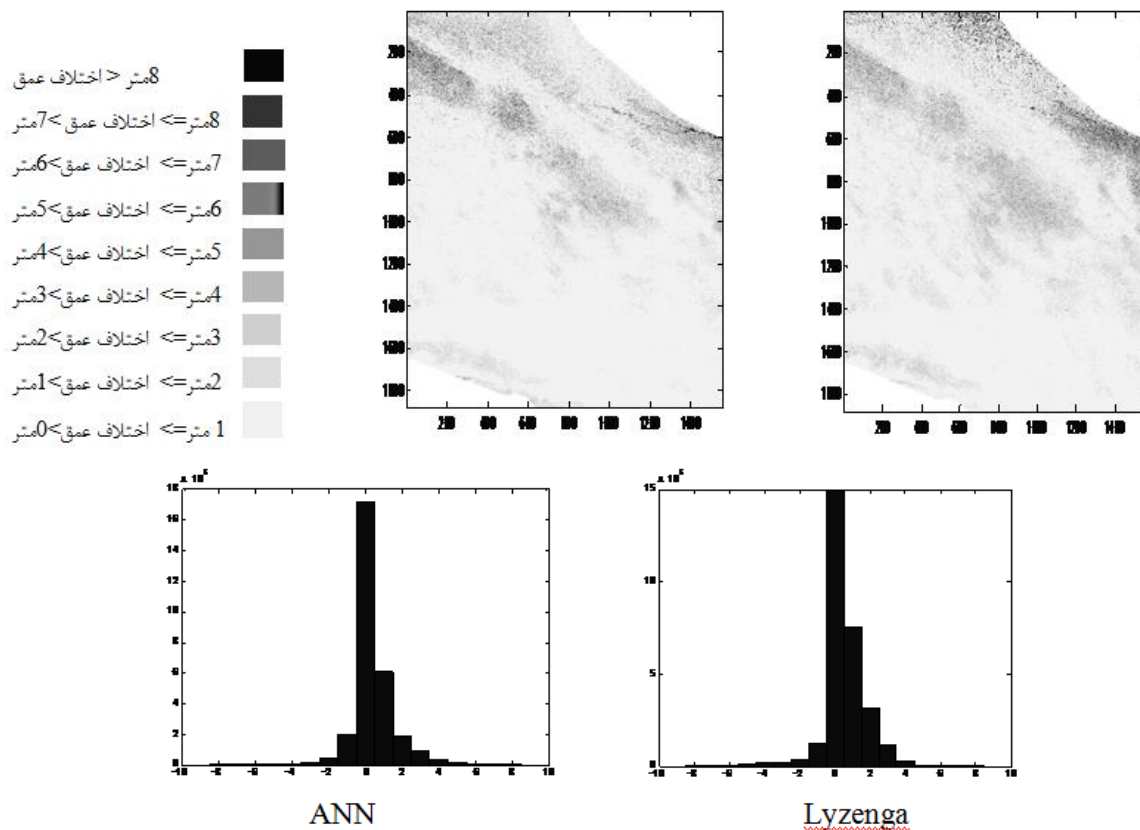


شکل ۷: نمایش ناحیه مورد بررسی

(۱۶۵۵ ستون در ۱۸۸۰ سطر)

شکل ۸: نمایش DSM بدست آمده

از نقاط هیدروگرافی در ناحیه مورد بررسی



شکل ۹: نمایش توزیع مکانی و هیستوگرام خطاهای روشهای عمق یابی

جدول ۲: آزمونهای کاهش تدریجی مسیرهای عمق یابی هیدروگرافی (واحد به متر)

روش تخمین عمق	حالت	RMSEch	حداکثر خطای قدرمطلق	R	متوسط قدرمطلق ده خطای حداکثر
روش عمق یابی بر مبنای آموزش شبکه عصبی	اول	۱.۴۷	۶.۳۲	۰.۹۴	۵.۴
	دوم	۱.۴۸	۶.۹۷	۰.۹۴	۵.۹۹
	سوم	۱.۴۹	۶.۴۶	۰.۹۴	۵.۶۵
	چهارم	۱.۴۹	۶.۵۵	۰.۹۳	۵.۷۴
	پنجم	۱.۶۵	۷.۷۹	۰.۹۴	۶.۸۳
	ششم	۱.۶۶	۵.۸۷	۰.۹۲	۵.۴۴

۵- نتایج

جوابی نخواهد داشت. روش عمق سنجی مبتنی به ANN روشی کاملاً عددی است و یک تابع نگاشت ضمنی را از درون داده های کنترل استخراج می کند، توانسته است مدل فیزیکی تضعیف نور در آب را بخوبی مدلسازی نماید و خود را به دقت روش های فیزیکی برساند این مساله توانایی روش های عددی در هوش مصنوعی را نشان می دهد.

روش Lyzenga با بکاربردن چندین طیف در محاسبات عمق، اثر تغییر جنس بستر را به حداقل می رساند اما بواسطه باقی ماندن بعضی خطاهای جوی و ستون آب در مقادیر ورودی خطای آن از روش ANN بیشتر است. همچنین این روش در ناحیه ای که دارای پوشش تیره و متراکم باشد و مقدار رادیانس آن از مقدار آب عمیق کمتر باشد



حالت دوم



حالت اول



حالت چهارم



حالت سوم

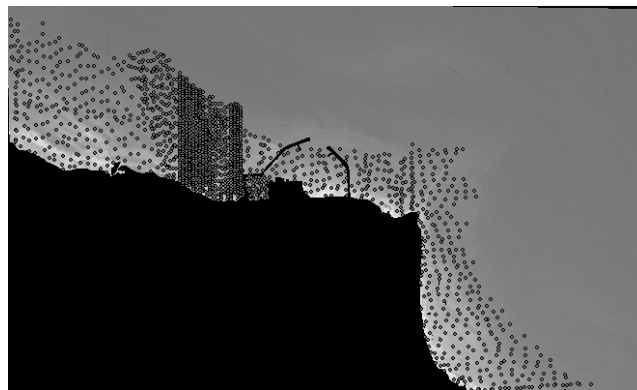


حالت ششم

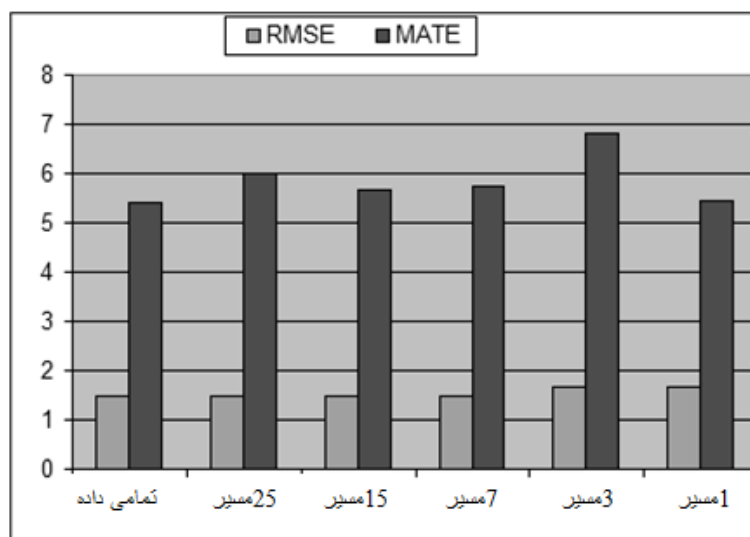


حالت پنجم

شکل ۱۰: تعداد و پراکندگی نقاط کنترل با کاهش مسیرهای عمق یابی هیدروگرافی



شکل ۱۱: نمایش پراکندگی نقاط چک به تعداد ۱۷۶۹ نقطه



شکل ۱۲: تاثیر تعداد مسیرهای عمق سنجی بر کیفیت نتیجه نهایی

عمق سنجی بگونه‌ای طراحی شوند که اعماق مختلف آب را پوشش دهند که به معنی حرکت از ساحل به میانه دریا است.

با بررسی دقیقتر شکل مشاهده می‌شود که گاهی افزایش مسیرهای عمق سنجی حتی موجب کاهش جزئی دقت نتیجه نهایی می‌شود. یک علت این امر در ماهیت اتفاقی روش عمق سنجی بکار رفته در این آزمون‌ها یعنی روش عمق سنجی مبتنی بر ANN است. علت مهم دیگر به نظر مولف وجود الگوی مکانی خطا در منطقه است که ناشی از تغییرات شرایط نوری آب و جنس بستر می‌تواند باشد. بکارگیری

اما بزرگترین ضعف این روش ناپایداری آن است و اینکه در هر بار تکرار آموزش شبکه امکان عدم همگرایی وجود دارد و حتی در صورت همگرایی، مقدار تابع مطلوبیت متفاوت بوده و عمق‌های محاسباتی مقادیر متفاوتی در هر تکرار هستند

با بررسی شکل ۱۲ که از جدول ۲ بدست آمده است، این نتیجه مهم و جالب بدست آمد که نمی‌توان گفت افزایش تعداد مسیرهای عمق سنجی موجب افزایش دقت نتیجه نهایی می‌شود و بنابراین یک مسیر عمق سنجی برای جمع‌آوری نقاط کنترل کافی است. تنها نکته مهم این است که مسیر یا مسیرهای

از روش ساده آموزش شبکه عصبی و استفاده از تنها یک مسیر عمق یابی به دقت نسبتاً خوبی دست یابیم که این امر می تواند برای مطالعات حوزه آبی و مناطق پر خطر و وسیع مفید و موثر باشد.

نقاط کنترل در نواحی خطادار میتواند موجب ورود خطاهای بیشتری به برآورد پارامترهای مدل عمق سنجی شود و دقت نتیجه نهایی را کاهش جزئی دهد. اما آنچه قابل توجه است آن است که با بکارگیری

۸- منابع

- Sharif University Science publication Ins (Persian).
- [1] Edwards, A.j., Crude bathymetric mapping using Landsat TM Satellite imagery . Application of satellite and airborne image data to coastal management. Thematic modules and lessons. <http://www.noc.soton.ac.uk/bilko/> Access:12/1/2009
- [2] Lyzenga, D. R. 1978. Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. Applied Optics. Vol. 17, No. 3
- [3] Bukata, R.P., Jerome, J.H., Kondratyev, K.Y. and et al, 1995, Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters. Florida, CRC Press, Boca Raton.
- [4] Edwards, M.P., A. Environment and development in coastal regions and in small islands. Coastal management sourcebooks 3. Part 2 The Acquisition, Correction and Calibration of Remotely Sensed Data. <http://www.unesco.org/csi/pub/source/rs10.htm> .Access:4/8/2008
- [5] [Werdell, P. J., Roesler, C. S. 2003. Remote assessment of benthic substrate composition in shallow waters using multispectral reflectance. Limnol. Oceanogr., 48(1, part 2), 557–567
- [6] Jerlov, N.G., 1951, Optical Studies of Ocean Water. Report of Swedish Deep-Sea Expeditions 3, 73–97.
- [7] Bill, R., Jackson, T., Translator: Alborzi, M., Familiarity with neural networks. Sanati
- [8] Edwards, A.j., 1998, Crude bathymetric mapping using Landsat TM Satellite imagery. Application of satellite and airborne image data to coastal management. France: Unesco's workshops, 103-120
- [9] Alpers, W., Campbell, G., Wensink, H., and et al. 1997. Chapter 10. Underwater Topography. Graduate college of Marine studies, University of Delaware, Newark, DE, USA. 245-262
- [10] Matlab Microsoft 2007. mathworks inc.
- [11] Jupp, D.L.B., 1988, Background and extensions to depth of penetration (DOP) mapping in shallow coastal waters. In: Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone. Gold Coast, Queensland, IV.2.1-IV.2.19.
- [12] Antoine, Q., 2005, Chapter 3 depth determination. Manual on Hydrography., International Hydrographic Bureau 4. 119-198.



The Assessment of Required Hydrographic Data for Remote Sensing Bathymetry

Ebrahimi kia, M. ^{*1}, Saadat Seresht, M. ²

1-Ms.c of Photogrammetry in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran

2- Assistant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran

Abstract

Today, depth mapping of coastal and waterfront areas is necessary for various aims such as shipping, dredging, underwater piping, hazardous area detection, hydrological studies, material mapping of water bed, information collection from marine settlements for environment preservation, military and engineering applications. Periodical depth mapping of wide water areas by classic hydrographic method (via ecosounder) is expensive and time consuming. Therefore, due to high capability of remote sensing in rapid data collection from wide area, it can be an effective and proper complementary method for this purpose. Attention to this issue is more important for our country which has long shorelines. At this paper two physical and mathematical bathymetric methods are evaluated. The first method is based on physical behaviour of light attenuation in water column while the second method is a numerical fitting between image gray levels and according water depths by means of artificial neural network (ANN). Our initial experiments show that although the first method has physical meaning but the second method is more accurate and simpler too. Both methods require a set of known hydrographic depths as calibration data. Therefore, our next experiments try to answer two principal questions: how much can reduce the hydrographic filed operations in remote sensing bathymetry and how much is the accuracy of waterbed topography extracting from satellite images? The result of our experiments shows that introducing of only one hydrographic line perpendicular to coastline as calibration data to ANN method is able to produce satisfied result with depth accuracy RMSE 1.6m and correlation coefficient 92%.

Key words: Bathymetry, light attenuation physic, Satellite images.