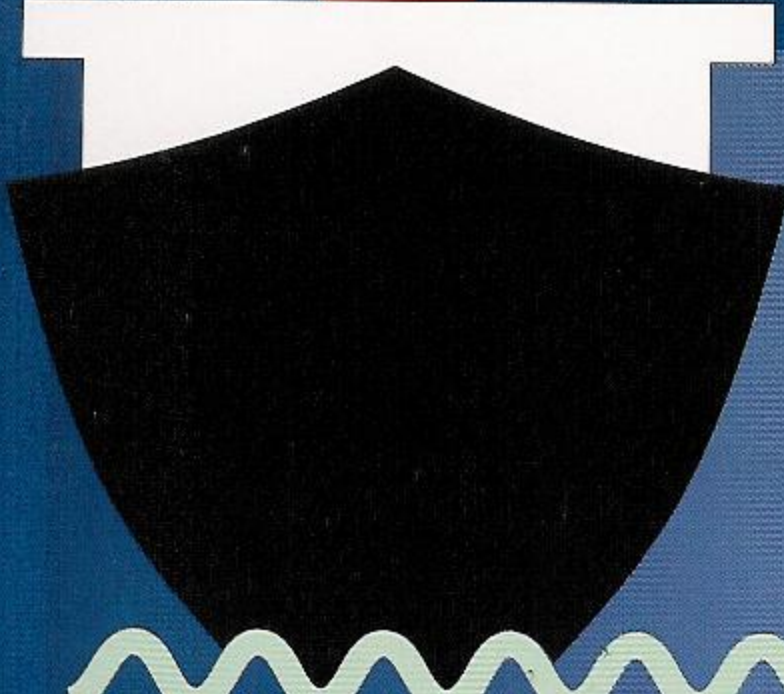
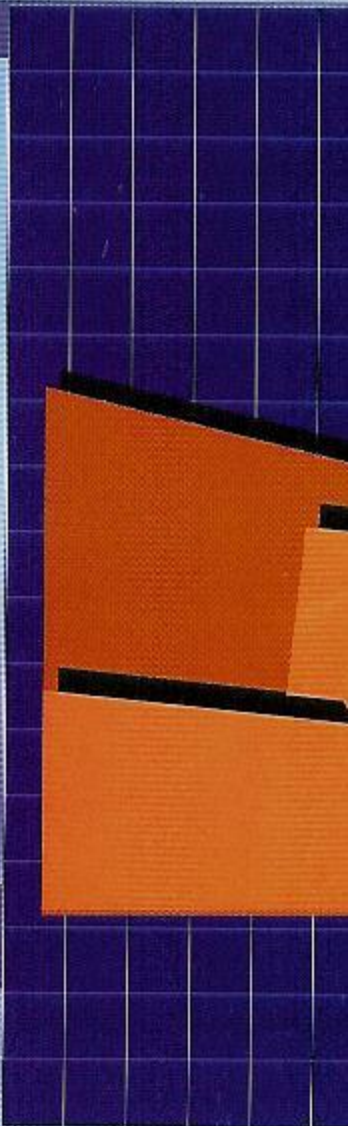




سازمان بنادر و کشتیرانی



# هیدروگرافی و لایروبی در محدوده بنادر



مرکز تحقیقات

بهار ۱۳۸۳



سازمان بنادر و کشتیرانی

# هیدروگرافی و لایروبی در محدوده بنادر



مرکز تحقیقات

بهار ۱۳۸۳

سازمان بنادر و کشتیرانی

مرکز تحقیقات

نام کتاب: هیدروگرافی و لایروبی در

محدوده بنادر

تألیف: علی مرادی

بهار ۱۳۸۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

صفحه

### فصل اول - هیدروگرافی

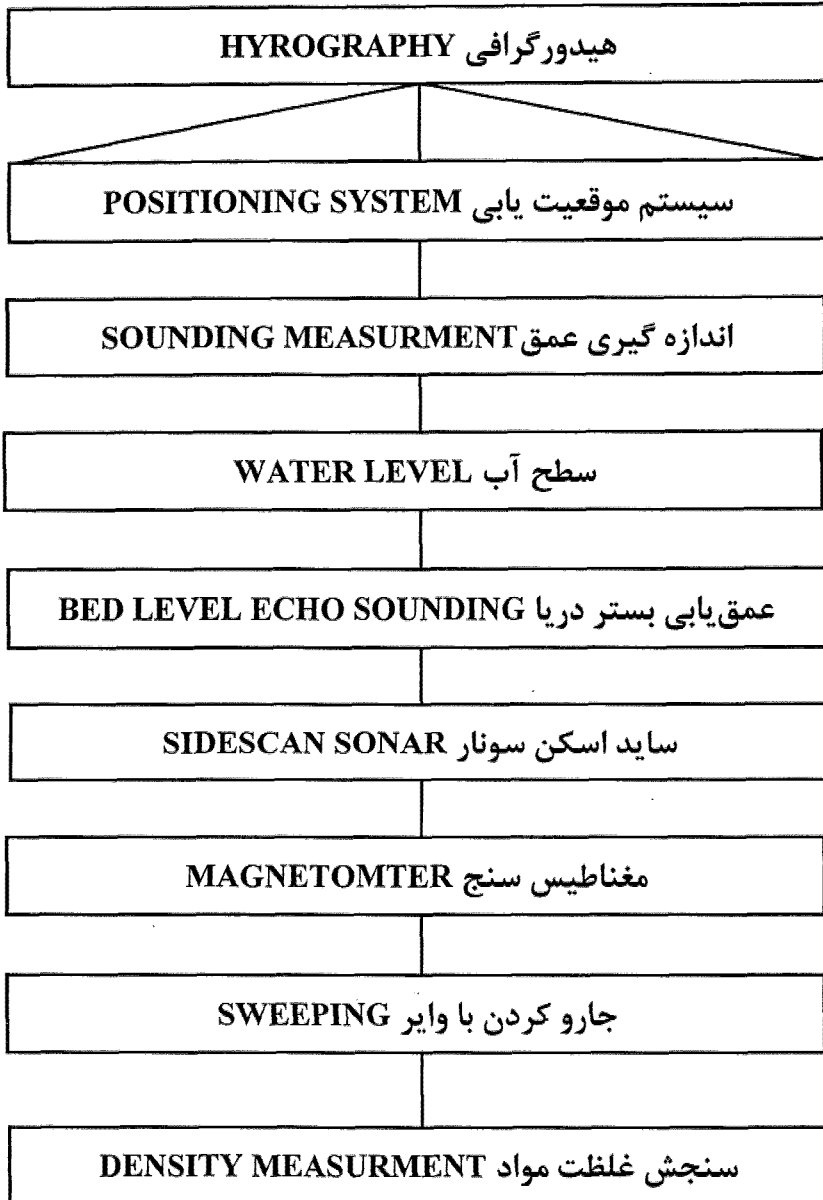
۱	کلیات
۲	مقدمه
۴	موقعیت یابی
۱۶	عمق آب
۲۱	اندازه‌گیری عمق آب
۲۲	اکوساندرها
۳۳	سیستم‌های کامپیوتری
۳۴	قایق هیدروگرافی
۳۹	فهرست تجهیزات مورد نیاز در روی قایق هیدروگراف
۴۲	اندازه‌گیری غلظت مواد بستر دریا
۴۴	روشهای بسترشناسی دریایی
۴۶	روشهای نمونه‌گیری از بستر دریا
۴۷	برش مقطعی مواد تشکیل دهنده بستر دریا
۴۸	قایق هیدروگرافی مجهز به اکوساندر مالتی بیم
۴۹	منابع

۵۰	فصل دوم - لایروبی
۵۱	مشخصات و ابعاد لایروبی
۵۲	مقدمه
۵۴	ناوبری و لایروبی
۵۷	عمق راه آبی
۶۰	عرض آبراه
۶۴	عمق کانال
۶۷	عرض کانال
۷۷	هزینه لایروبی اولیه
۸۰	عمق مطلوب یک آبراه
۸۵	منابع

# فصل اول

## هیدروگرافی

کلیات





## مقدمه

هیدروگرافی "مطالعه، تفسیر و نقش برداری از اقیانوسها، دریاها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها" تعریف می‌شود. هیدروگرافی اهمیت ویژه‌ای در عملیات لایروبی در جائیکه محدودیت زمانی و مکانی وجود دارد، دارا می‌باشد. هیدروگرافی برای تعیین میزان لایروبی و نظارت بر آن پس از انجام لایروبی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. قبل، بعد و در حین عملیات لایروبی لازم است از منطقه مورد نظر هیدروگرافی صورت گیرد.

برای ارزیابی میزان لای برداری انجام شده، لازم است نقشه‌های هیدروگرافی تهیه گردد. انجام عمل هیدروگرافی قبل و در حین لایروبی در تعیین اثرات لایروبی بر محیط زیست دریایی کمک می‌نماید.

هیدروگرافی منطقه تخلیه مواد لایروبی شده قبل از شروع تخلیه مواد و نیز بطور منظم و دوره‌ای صورت می‌گیرد. هیدروگرافی قبل از لایروبی برای بررسی دستیابی به اهداف طراحی شده ضروری است و تکرار آن بررسی میزان کم عمقی را نشان خواهد داد.

هیدروگرافهای تکراری و دوره‌ای کمک می‌کند تا الگوی رژیم رسوب گذاری منطقه و همچنین استفاده اقتصادی از لایروبه‌ها، صورت گیرد. دقت و

سرعت دو عامل ضروری در عمل هیدروگرافی می‌باشد. استفاده از ابزارهای الکترونیکی مدرن و تکنولوژی مینی کامپیوترها، روشهای جدیدی را برای جمع آوری و پردازش اطلاعات را فراهم آورده است، موقعیت دقیق نقاط در جائیکه اعماق اندازه گیری می‌شوند و سطح آب در لحظه دقیق بطور اتوماتیک با فواصل سریع، به کمک دستگاههای دقیق که بر روی قایق مخصوص هیدروگرافی نصب شده است که این دستگاهها منطقه از قبل تعیین شده مشخص و، کار می‌کنند، این اطلاعات بعداً می‌تواند بر روی نقشه برای اهداف لایروبی (برنامه ریزی، بررسی، نظارت) با استفاده از چاپگرهای دارای سرعت زیاد، پیاده و رسم شود.

## ۱- موقعیت یابی POSITONING

نقشه برداری هیدروگرافی از یک شناور متحرک بر روی یک سطح متحرک، حاصل می‌شود. بنابراین سیستم موقعیت یابی در امر هیدروگرافی از ماهیت پویایی برخوردار می‌باشد. خطاهایی که در اثر کاربرد غیر صحیح زمانی در اجزای مختلف سیستم، سنجش موقعیت و مشکلات در تعیین فواصل، ایجاد می‌شود. اعمال یک دقت یکنواخت استاندارد این مزیت را خواهد داشت تا موقعیت یابی در مرحله بررسی و آنچه که در طول انجام کار است، یکسان باشد.

### ۱-۱- سیستم‌های کلاسیکی موقعیت یابی (CLASSICAL

SYSTEM)

#### ۱-۱-۱- خط‌های راهنما (LEADING LINES)

استفاده از خط‌های راهنما برای موقعیت یابی یکی از ساده‌ترین روش‌های موقعیت یابی می‌باشد. از این روش برای هیدروگرافی بنادر، سواحل رودخانه‌ها یا پروژه‌های بنادر در

دست احداث استفاده می‌شود. یک سری از علائم راهنما که معمولاً بطور موازی با یکدیگر هستند در امتداد اسکله‌ها یا محل‌های دیگر خشکی علامت گذاری می‌شود، قایق عمق‌یاب در مابین یک جفت از این خط‌های حرکت می‌نماید. موقعیت قایق را بوسیله زاویه سکستانت که بر روی آن می‌باشد و یا توسط ایستگاه تئودولیت ساحلی، می‌توان تعیین نمود. دقت این روش کم است (۵-/+ متر).

#### ۱-۱-۲- روش استفاده از کابل (WIRE MTHOD)

هنگامیکه عمق‌یابی در نزدیکی اسکله‌ها یا مناطق داخلی بندر می‌باشد، این روش مناسبتر است که در آن افراد تیم هیدروگراف عمل کامل عمق‌یابی را تحت کنترل دارند، بدین معنا طناب یا وایر از یک قرقره که دارای طناب سیمی یا کتان است، باز می‌شود، سر دیگر این کابل در اسکله محکم شده است و خطوط هم عمق قبل از گرفتن

سمت توسط هیدروگراف، صفر می‌شود. دقت این روش در حدود  $\pm 1$  متر می‌باشد.

### ۱-۱-۳- زاویه افقی سکستانت (HORIZONTAL

### SEXTANT ANGLE)

این روش یک سیستم عمق‌یابی کاملاً شناخته شده می‌باشد و در حال حاضر بطور گسترده و در بنادر کوچک در اکثر کشورهای در حال توسعه در جائیکه ابزار پیشرفته دائم وجود ندارد، بکار برده می‌شود. این روش در محل‌هاییکه فواصل کوتاه، دید خوب و علائم ساحلی وجود داشته باشد، مناسب می‌باشد و از لحاظ کاربرد ساده و نیز اقتصادی می‌باشد. موقعیت‌یابی در این روش اندازه‌گیری همزمان دو زاویه یا اندازه‌گیری دو زاویه متقاطع یک ترانزیت حاصل می‌شود. عمق یابی در همان زمان ثبت می‌گردد. حداقل دوره بین دو فقره خواندن عمق، یک دقیقه یا ۵۰ متر می‌باشد.

دقت میانگین در این روش  $\pm 5$  متر تا  $\pm 10$  متر می‌باشد و برای فواصل ۲ تا ۱۵ کیلومتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. سکستان در کشورهای توسعه یافته که از ابزارهای بصری و الکترونیکی استفاده می‌شود، تقریباً کاربرد ندارد.

#### ۱-۱-۴- تئودولیت (THEODOLITE)

تئودولیت یک ابزار دقیق چشمی برای موقعیت‌یابی در فواصل نزدیک یا نسبتاً دور دست، می‌باشد. لیکن این ابزار مستلزم دستگاه‌های تماس رادیویی زیاد را لازم دارند. همچنین افراد قابل توجهی لازم است تا عمل موقعیت‌یابی صورت پذیرد. پرسنل هیدروگرافی از این دستگاه وقتی که نیاز به دقت زیادی داشته باشند، استفاده می‌نمایند. کاربرد تئودولیت محدود به دید خوب (VISIBILITY) می‌شود.

۱-۱-۵- سیستم‌های موقعیت‌یابی چشمی (OPTICAL)

(POSITIONING SYSTEM)

این نوع سیستم‌های موقعیت‌یابی به یک ایستگاه ساحلی و یک هدف بر روی قایق هیدروگراف، نیاز دارند. هدف روی قایق از نوع منشور منعکس‌کننده، ساخته شده است. فاصله بوسیله تابش اشعه لیزر یا اشعه مافوق قرمز، تعیین می‌گردد و سمت توسط یک دستگاه کدر (CODER) مشخص می‌گردد. این سیستم‌ها که توسط کامپیوتر کنترل می‌شوند بطور کامل اتوماتیک کار می‌کنند. بعضی از این سیستم‌ها دارای مسیریاب اتوماتیک می‌باشند. به کمک ارتباط رادیویی با قایق عمق‌یاب برای ارسال اطلاعات دیجیتالی اعماق از قایق به کامپیوتر میسر می‌گردد. این سیستم‌ها برای فواصل کوتاه (تا ۵ کیلومتر) ابزار بسیار دقیق می‌باشند. دقت عمق‌یابی در حدود چند

سانتی متر است. این سیستم‌ها مزیت کاربرد در دیدهای کم مانند باران و مه را دارا می‌باشند.

### ۱-۱-۶- سیستم‌های موقعیت یابی رادیویی (Radio

#### Positoning System)

در فواصل دور دست در مناطقی که دید کم است سیستم‌های موقعیت یابی به کمک امواج رادیو، مناسبتر از سیستم‌های چشمی می‌باشد.

سیستم‌های موقعیت یابی رادیویی مدرن، درجه بالایی از دقت را حتی در شرایطی که دید ضعیف است، را تأمین می‌نمایند. در این روش دقت فاصله‌یابی برای فواصل ۱ تا ۶۰ کیلومتری، حدود ۵ متر می‌باشد. سه دستگاه بیکن ساحلی نیاز است تا منطقه‌ای بوسعت ۱۵ کیلومتر مربع را پوشش دهد.

استفاده از سیستم موقعیت یابی رادیویی در بنادر و ورودی آن‌ها یا مناطق ساحلی، مستلزم نصب بیکنهای



ساحلی دارد، تعداد و محل قرار گرفتن بیکنها بستگی به فرکانس‌های مورد استفاده دارد.

موقعیت با تقاطع دو یا چند فاصله کمانی بطور همزمان از قایق هیدروگراف، اندازه گیری می‌شود.

قبل از انتخاب هر نوع سیستم موقعیت‌یابی رادیویی، می‌بایست مطالعه کلی با تأکید بر پارامترهای زیر، صورت گیرد:

- نقشه تاپوگرافی محل (Topography Chart)

- سطح مناطقی که سیستم

باید پوشش دهد

- پارامترهای منطقه

- منبع نیروی برق

- دقت مورد انتظار از

سیستم موقعیت‌یابی

- تعداد قایق‌هایی که به طور همزمان در منطقه قرار خواهند گرفت

- تعداد و محل موانع

(Obstructions)

دو نمونه موجود سیستم موقعیت یابی رادیویی عبارتند از:

#### ۱- سیستم اندازه‌گیری اختلاف فاز

اساس سنجش اختلاف فاز در این سیستم توسط دستگاه اصلی موجود در قایق امواج و فرکانس‌های مشابه ارسالی از ایستگاه‌های زمینی، استوار است، اندازه‌گیری فرکانس این امکان را فراهم می‌سازد تا فاصله بین قایق و ایستگاه‌های دیگر تعیین گردد.

مزیت این سیستم:

- سخت‌افزار ساده دارد و در نتیجه باعث کاهش قیمت می‌گردد.

- در فواصل دور دست می‌توان بکار گرفت

**معايب سيستم:**

- ابهام در اندازه گيري (اختلاف فاز در جهت ۳۶۰ درجه مي تواند انتشار يابد) که نیاز به تنظيم خاصی جهت دريافت امواج دارد.
- سرعت نسبي حرکت امواج راديويی از ويژگي های محل مورد نظر، متأثر مي گردد (سرعت متفاوت در دريا و خشکي دارد) که اين امر باعث کاهش دقت مي گردد.
- دقت اين سيستم در حدود ۱۰ متر مي باشد.

**اقدامات زیر قبل از انجام هیدروگرافی می**

**بایست صورت گیرد:**

- تعیین موقعیت دقیق ایستگاه های ساحلی
- تنظيم دقیق دستگاه ها
- تنظیمات لازم برای : موقعیت آنتن دريافت کننده امواج راديويی و آنتن آبی عمق ياب و اختلاف

ارتفاع بین آنتن ایستگاه‌های مادر و آنتن

ایستگاه‌های ساحلی

- تعادل در خواندن فواصل برای سرعت در انجام

امور عادی هیدروگرافی

## ۲- سیستم اندازه گیری فاصله

این سیستم‌ها شامل هماهنگی یکطرفه بین

ایستگاه‌های ساحلی و ایستگاه مادر در روی قایق

هیدروگرافی می‌باشد. پالسی که از ایستگاه مادر

مستقر بر روی قایق ارسال می‌گردد، توسط

ایستگاه‌های زمینی دریافت می‌گردد، سپس این

ایستگاه‌ها همان پالس را به ایستگاه مادر (قایق) پس

می‌فرستند.

دستگاه مستقر بر روی قایق مدت زمانی که طول

می‌کشد تا پالسها به ایستگاه‌های ساحلی برخورد

کنند و از آن برگشت داده شوند را اندازه‌گیری

می‌نمایند. دانستن سرعت انتشار امواج، محاسبه

فاصله را امکان پذیر می نماید. موقعیت با اندازه گیری همزمان فاصله و جهت تعیین می گردد. مزیت این سیستم عبارت است از:

- در موقعیت یابی هیچگونه ابهامی وجود ندارد
- دقت بهتر از سیستم اندازه گیری اختلاف فاز می باشد.

سیستم می بایست با منبأ قرار دادن فواصل معلوم تنظیم گردد و قبل از شروع به کار و در پایان هر دوره عملیات هیدروگرافی، تنظیم و بررسی گردد. بررسی های مشابه برای سیستم فاصله - فاصله (Range-Range) لازم است قبل از شروع عملیات، زوایای عمودی و افقی را با هم برای تعیین ارتفاع قایق هیدروگرافی نسبت به ایستگاه ساحلی، بعمل آید این امکانات نیاز به ثبت سطح آب را از بین می برد.

۱-۱-۷- سیستم موقعیت یاب جهانی (Global Positioning

System)

سیستم موقعیت یاب ماهواره‌ای که امروزه در سراسر جهان برای اهداف موقعیت یابی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به GPS معروف می‌باشد. این سیستم در هر جای دنیا قابل استفاده می‌باشد و توانایی ارائه موقعیت در هر نقطه از کره زمین را با استفاده از دستگاه‌های گیرنده دارا می‌باشد. استفاده از این سیستم در مقایسه با سیستم‌های دیگر بسیار آسان می‌باشد. برای اهداف هیدروگرافی از سیستم دیفرانسیل GPS (DGPS) استفاده می‌گردد. در سیستم GPS یک ایستگاه زمینی که ارتباط آن با ماهواره برقرار می‌باشد با شناورهای موجود در دریا برای کاهش انحراف ناشی از حرکت استفاده کننده را برعهده دارد که این باعث دقت دستگاه‌های گیرنده بر روی شناورهائی که برای اهداف هیدروگرافی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌گردد.

## ۲- عمق آب Water Depth

سطح بستر دریا معمولاً با اندازه‌گیری عمق آب در نقطه‌ای بالای بستر دریا و ثبت همزمان سطح دریا نسبت به نقطه مبنای مناسب، تعیین می‌گردد. سطح آب توسط تاید گیج ثبت می‌گردد و عمق آب بوسیله اکوساندر یا میل عمقیاب تعیین می‌شود.

### ۲-۱- تاید گیج (Tide Gage)

تاید گیج که شامل خط کش مدرج نیز می‌باشد یکی از مناسبترین و قابل اعتمادترین روشهای اندازه‌گیری سطح آب در هر نقطه و زمان می‌باشد. خواندن مندرجات در روی تاید گیج می‌تواند توسط دستگاه واکی تاکی به قایق هیدروگراف یا ایستگاه‌های ساحلی ارسال گردد.

در مدخل بنادر یا کانال رودخانه‌ائی که در نزدیکی ساحل که دستگاه تایدگیج و تایدپل مستقر است، خواندن سطح آب از تایدگیج با اختلاف  $\pm 10$  سانتیمتر از روی قایق هیدروگراف،

کشتی لایروبی یا کشتی‌های دیگر توسط دوربین امکان پذیر می‌باشد.

خط کش مدرج همچنین برای تنظیم و آزمایش کار تایدسنج اتوماتیک، مورد استفاده قرار می‌گیرد. تنظیم دستگاه لازم است با توجه به خطوط فاصل جغرافیایی کشور و اعمال آن به مبنای نقشه تا دقت یک سانتیمتر برای اعماق هیدروگرافی شده، محاسبه گردد.

در بنادر بزرگ و شلوغ لازم است از تایید گیج‌های اتوماتیک (Automatic Tide Gage) یا ماری گراف (Marigraph) برای تحلیل ارتفاع جزر و مد استفاده گردد تا پیش‌بینی دقیق ارتفاع آب صورت گیرد. همچنین نمونه‌های برداشت و ثبت ارتفاع آب برای مدت طولانی جهت اعمال در محاسبات جزر و مد، لازم می‌باشد.

تایید گیج با خط کش مدرج برای این نوع نمونه برداری مناسب نمی‌باشد و می‌بایست توسط تایدگیج اتوماتیک، ثبت گردد.



نوع شناور تایید گیج‌ها از اقتصادی‌ترین و قابل اعتمادترین روش برای برای کسب گزارشات جزر و مد آب می‌باشد.

نوع فشاری ماری‌گرافها که نیازی به هیچگونه نگهدارنده در زیر سطح آب ندارد، برای مناطقی که توسعه نیافته و کم عمق مناسب می‌باشند. همچنین در حال حاضر ماری‌گرافهای مافوق صوت وجود دارد که نوع مدرن آن، آنتنهای فرستنده و گیرنده آن در بالای آب قرار می‌گیرد و مشاهدات جزر و مد را از طریق UHF یا VHF به گیرنده‌های مستقر در اتاق هاربرمستر، اتاق مرکز هیدروگرافی و بر روی قایق هیدروگرافی ارسال می‌گردد.

بنابراین اطلاعات مربوط به جزر و مد را در هر زمان حقیقی می‌توان دریافت نمود. دستورات عملکردی این نوع گیج‌ها را می‌توان از طریق کنترل از راه دور، اعمال نمود.

در دهانه رودخانه‌های بزرگ قابل دریانوردی یا در رودخانه‌های بزرگ مانند اشلدت (هلند)، تایمز (انگلیس)، کروند (فرانسه) یا بنادر بمبئی و کلکته (هند) بانکوک (تایلند)، مناطقی هستند که از بالا آمدن آب برای هدایت کشتی استفاده می‌گردد. یک شبکه که

به طور اتوماتیک اطلاعات مربوط به ارتفاع آب را ارسال می دارد، دارای مزیت‌های زیادی می‌باشد، از جمله:

- ایمنی دریانوردی و استفاده کارآ از اعمال موجود کانال،  
اهنمائی و دریانوردان به اطلاعات جزر و مدی از طریق شبکه VHF دسترسی پیدا می نمایند.

- تولید نقشه جات دقیق و سریع برای برآورد اهداف لایروبی

- مطالعه تحقیقی درباره نحوه انتشار جزر و مد در دهانه مدخل ورودی و همچنین دقت در امر پیش‌بینی ارتفاع آب در زمان معین را فراهم می‌آورد.

## ۲-۲- قابلیت اعتماد و دقت

قابلیت اعتماد و دقت یک تایید گیج اتوماتیک خیلی حائز اهمیت می‌باشد و از طریق موارد زیر حاصل می‌گردد:

- مطالعه دقیق محل استقرار تاید گیج، کیفیت ثبت متاثر از آشفتگی (Agitation) سطح آب و بی ترتیبی (Anomaly) محل در نحوه انتشار ارتفاع آب، می‌گردد.
- یک سکو با چارچوب که تاید گیج در روی آن مستقر است، بطور دقیق بر مبنای نقشه جغرافیای منطقه حاشیه، تنظیم می‌گردد.
- ثبات تاید گیج اتوماتیک که بطور مطلوب آزمایش شده باشد.
- نگهداری و تعمیر منظم و دوره‌ای، علی‌الخصوص لوله تاید گیج شناور برای حذف هر گونه مانع در ارسال داده‌ها برای مراکز مورد نظر.
- خطای نهایی در عمق‌یابی در بنادر به منظور برآورد نیازهای کشتیرانی و لایروبی می‌بایست کمتر از ۱۰ سانتی‌متر باشد.
- خطای نهایی برای اندازه‌گیری جزر و مد ۲ سانتی‌متر می‌باشد که با توجه به خطاهای دیگر که در امر عمق‌یابی دخیل هستند و آنچه که مورد نیاز است، را برآورد نماید.

### ۳- اندازه‌گیری عمق آب Water Depth

#### ۳-۱- طناب سرب‌دار Lead Line

طناب سرب‌دار یک طناب با انعطاف‌پذیری زیاد و کشش ناپذیر است که معمولاً تکه‌های زنجیر یا سیم به وزنه استوانه‌ای سربی، متصل می‌باشد. طناب به قسمت‌هایی علامت‌دار تقسیم می‌شود. معمولاً هر نیم متر یک علامت گذاشته می‌شود.

استفاده از طناب سرب‌دار در جریان‌ات آبی و نیز اعماق بیش از ۲۰ متر محدودیت دارد. اگر چه کاربرد طناب سرب‌دار در عمق‌یابی بنادر تقریباً از بین رفته است لیکن برای اندازه‌گیری اعماقی که به قایق‌های هیدروگرافی دسترسی وجود ندارد، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

همچنین برای اندازه‌گیری عمودی سازه‌های دریایی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

افراد هیدروگرافی که دارای تجربه هستند می‌توانند در شرایطی که رسوب شدید و گل سیال وجود داشته باشد و استفاده از اکوساندرهای مافوق صوت خطا دار باشد، با استفاده از طناب‌های

سربدار عمق قابل دریانوردی را تعیین نمایند. ارزیابی نشان داده است که این اندازه‌گیری دارای قابلیت اطمینان خوبی هستند.

### ۲-۳- اکوساندرها Echo Sounders

اکوساندرهای مافوق صوت امروزه به طور گسترده برای اندازه‌گیری اعماق دریا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

اساس کار اکوساندرها ارسال پالسهای کوتاه مافوق صوت از طریق آنتن آب (Transducer) که بر روی قایق هیدروگراف متصل است، کار می‌نماید.

زمان رفت و برگشت پالس بین آنتن زیر آبی (Transducer) و برخورد آن به بستر دریا و انعکاس از آن مجدداً به آنتن زیرآبی بر می‌گردد، اندازه گرفته می‌شود. با معلوم بودن سرعت صوت در آب (بعد از اعمال تصحیحات لازم)، امکان محاسبه عمق آب، وجود خواهد داشت.

### تنظیم (Calibration)

بی دقتی‌های ناشی از استفاده غیر صحیح اکوساندرها به خاطر اعتماد زیاد به این نوع دستگاه‌ها، مشابه هم نمی باشد. بنابراین نکاتی وجود دارد که موجب بروز خطاهای بزرگ می‌گردد. فرو رفتگی آنتن زیرآبی در داخل آب در اثر فرورفتگی قایق به علت سرعت (Squat)، رولینگ (Rolling)، پیچنگ (Pitching)، هوینگ (Heaving) و وزن قایق، تغییر می‌یابد.

قبل از عمق‌یابی فاصله آنتن زیر آبی (Tranducer) که معمولاً در بدنه قایق هیدروگراف نصب شده است، می بایست بررسی گردد که آیا می‌تواند با توجه به میزان بار قایق و غلظت آب که به طور گسترده در یک منطقه تغییر می‌یابد، باعث اختلاف در اعماق بوجود می‌آورد. این اصلاحات می بایست بطور دوره‌ای با تقاضای شرایط محیطی، صورت گیرد.

در مدخل بنادر تنظیم دستگاه می‌بایست بطور سیستماتیک قبل از هر عمق‌یابی صورت گیرد. از آنجائیکه شوری شوری آب و درجه حرارت آن ممکن است بطور قابل توجهی در مابین آب جزر و مد

متفاوت باشد، لذا اصلاحات می بایست حداقل یکبار در طول عملیات صورت گیرد.

بار چک (Bar Check) دقیقترین سیستم تنظیم دستگاه اکوساندر می باشد. لیکن انجام بار چک قدری مشکل می باشد. در این شرایط اعمال تنظیمات با وصل آنتن (Transducer) به دستگاه عمقیاب و یک صفحه منعکس کننده با قراردادن در عمق های مختلف، امکان پذیر می گردد.

سرعت قایق در امر عمقیابی یک فاکتور مهم می باشد، صرفنظر از اندازه قایق، وقتی که در حال حرکت است ایجاد فرورفتگی (Squat) در آب می نماید که اثرگذاری قابل توجهی در آبخور قایق خواهد داشت (ممکن است  $0/2$  متر وقتی که سرعت قایق  $10$  گره باشد).

برای محاسبه Squat از جدول مربوطه استفاده می گردد. تأثیرات رولینگ و پیچینگ ممکن است در بعضی مواقع قابل توجه باشد، بعنوان مثال عمقیابی در یک شیب یا نزدیکی آن

مستلزم دقت زیاد دارد، نیاز به اکوساندرهای با پرتوافکنی باریک خواهد داشت.

نوعی از تصحیح کننده‌ها را برای از بین بردن کلیه خطاهای ناشی از زوایای مختلف رولینگ و پیچینگ می‌توان بکار برد. آنتن‌های زیر آبی (Transducers) ثابت با حرکت آزاد (Swiceling) با امواج الکترونیکی یا Mobile بر روی صفحه جاپروسکوپ در روی قایق‌های بزرگ هیدروگرافی، کاربرد دارند.

همچنین (Heaving) ممکن است اثر قابل توجهی در دقت عملکرد هیدروگرافی در منطقه‌ای که دارای موج مرده (Swell) وجود دارد، می‌گذارد که این حالت بطور مداوم در کانال‌های خارجی در بنادر بزرگ رخ می‌دهد.

چهار روش برای از بین بردن Hwaving وجود دارد:

- ۱- محافظت از تکان خوردن بطور دستی
- ۲- محافظت از تکان خوردن بوسیله کامپیوتر
- ۳- اصلاحات لازم از طریق اعمال فرمولهای ریاضی
- ۴- اصلاح به وسیله تنظیم کننده هوینگ (Heaving)



### ۱-۲-۳- فرکانس پالس و پهنای پرتو Pluse Frequency and Beam Width

اکوساندرهای مدرن با فرکانس‌های مافوق صوت از ۵ تا ۷۰۰ کیلوهرتز کار می‌کند و اغلب در دو فرکانس بطور همزمان عمل می‌نمایند.

امواجی که از طریق فرکانس زیاد ارسال می‌گردند دارای انرژی کم می‌باشد که از طریق بستر دریا که غلظت کمتر دارد، منعکس می‌گردند. در حالیکه امواجی که از طریق فرکانس پائین ارسال می‌گردند از لایه‌هایی که دارای غلظت کم هستند عبور کرده و از لایه‌های سخت‌تر انعکاس می‌یابند.

انتخاب فرکانس بر پایه ماهیت بستر دریا برای دقت عمق‌یابی، حائز اهمیت می‌باشد. بعنوان مثال در کانال دسترسی بنادر در محلی که دارای لایه‌های گلی می‌باشد، استفاده از فرکانس ۷۰۰ کیلوهرتز یا بیشتر از سطح گل

سیال را فراهم می‌سازد و در صورت استفاده از فرکانس ۳۰۰ کیلو هرتزی انعکاس‌های مختلفی از داخل لایه‌های گل‌های سیال پدید خواهد آمد.

### ۲-۲-۳- دقت و فراوانی عمق‌ها

دقت یکی از اهداف عمق‌یابی در شرایط غالب در طول عمق‌یابی می‌باشد. خطای مجاز برای دقت در عمق‌یابی در مناطق آب‌های بسته می‌بایست کمتر از ۱ درصد اندازه عمق باشد، این خطا شامل کالیبرسیون اکوساندر، شرایط دریا و اصلاحات جزر و مد را شامل می‌گردد.

فراوانی عمق‌یابی (فواصل جدا سازی خطوط اعماق و فضای بین عمق‌های ثبت شده در طول این خطوط) پارامترهایی هستند که اهداف را مشخص می‌نمایند. جهت‌های خطوط عمق‌یابی می‌بایست تعیین شود، معمولاً با زاویه قائمه بر محور خطوط منحنی‌های تراز کانال دسترسی، مشخص می‌شوند.

اکوساندر اعماق اندازه‌گیری شده را بصورت مداوم بر روی چارت (کاغذ) بطور آنالوگ یا دیجیتال بر روی نوار مغناطیسی یا دیسک، ثبت می نماید.

### ۳-۳- پرتو افکنی سوناری (Sonar Seewping) و برش مقطعی با

#### استفاده از مغناطیس سنج (Magnetometer Profiling)

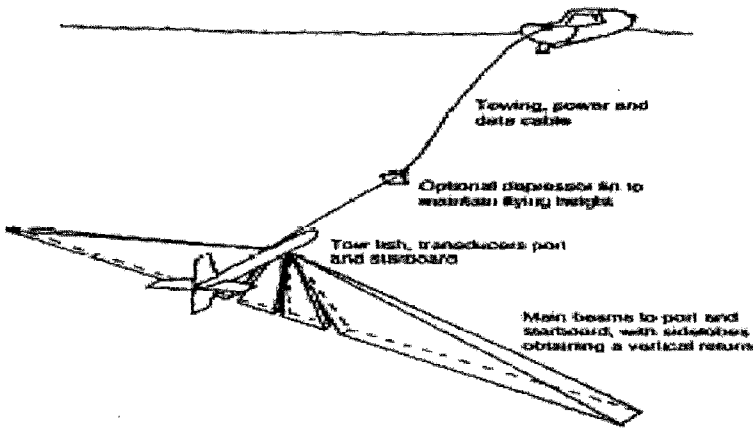
ساید اسکن سونار را عمق یاب حاشیه پرداز، تعریف می نمایند. آنتن زیر آبی (Transducer) می تواند بطور یدک توسط قایق هیدروگراف کشیده یا در کف کشتی تعبیه می شود. آنتنها با زاویه بسته در هر دو طرف قایق امواج می فرستند. سطح پوشش از ۷۵ تا ۱۵۰ متر می باشد. کلیه خطوط عمق یابی می بایست به ترتیب لبه روی همدیگر را تا صد درصد بیوشانند.

دو دستگاه Fish که در سطح برابر و تقریباً در ۱۰٪ برد قرار گیرند.

سه نوع فرکانس مورد استفاده قرار می گیرد، فرکانس ۵۰ هرتز برای کارهای شناسائی، فرکانس ۱۰۰ هرتز اغلب برای

هیدروگرافی عادی و فرکانس ۵۰۰ هرتز برای بررسی جزئیات،  
مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل زیر:



استفاده از دستگاه ساید اسکن سونار برای مناطقی که قرار است  
لایروبی گردند، قبل از شروع لایروبی یا قبل از بازگشائی آبراه  
جدید برای دریانوردی، مناسب می باشد. موانعی که بعنوان خطر  
برای لایروبی، دریانوردی و یا امور مهندسی را پیدا و شناسایی  
می شوند.

اطلاعات سایید اسکن سونار را می‌توان بر روی نوارهای مغناطیسی ضبط نمود. پردازش کامپیوتر تغییرات در سرعت قایق و انحرافات را می‌تواند اصلاح نماید و یک گزارش منحصر بفرد از بستر دریا برای تهیه عکس‌های چند تکه، ارائه نماید. به علت اینکه سایید اسکن سونار روش ساده و ارزان در پوشش مناطق بزرگ ارائه می‌دهد، استفاده وسیع از آن را در طراحی و کنترل امورات لایروبی توصیه می‌گردد. سایید اسکن سونار را می‌توان برای اهداف عمقیابی نیز بکار گرفت.

در حال حاضر سیستم هیدروگرافی جدید اسکنینگ (Scanning) که از سایید اسکن سونار مناسبتر است، در حال شکل‌گیری می‌باشد. این دستگاه‌ها از پرتو چندگانه اکوساندر استفاده می‌نمایند که پرتوهای کوتاه را بطور دقیق از هر دو طرف قایق ارسال می‌نمایند. دقت عمودی آن در حدود ۲۵ سانتی‌متر است، استفاده از این نوع دستگاه‌ها برای اهداف عمومی هیدروگرافی به‌گران بودن قیمت و نیز کاربرد آن‌ها در هیدروگرافی ساحلی، محدود می‌گردد.

### ۳-۴- تعیین اشیاء زیرآبی با استفاده از مغناطیس سنج

#### (Magnetometr Profiling)

در این روش یک دستگاه مغناطیس سنج میدان‌های مغناطیسی نزدیک به بستر دریا پیدا و ثبت می‌نمایند. عناصر آهنی موجود در زیر بستر دریا می‌تواند توسط مگنتومیتر (Magnetometr) شناسائی گردد. مشابه ساید اسکن سونار توسط دو دستگاه Fish که توسط کابل به ثبت کننده متصل است، کار می‌نماید. انحرافات مغناطیسی ناشی از خطوط لوله زیر دریائی، مهمات زیرآبی و دیگر آثار مغناطیسی را پیدا می‌نماید. اثرات اشیاء آهنی که در زیر آب می‌باشند قابل اندازه‌گیری می‌باشند اگر چنانچه وزن شی مورد مورد نظر بیش از ۱۰۰ کیلو و نزدیکتر از ۱۰ متر به Flash باشد، تعیین شی امکان پذیر است. برای کارهای با دقت زیاد خطوط یک در میان می‌بایست در جهت خلاف جهت با حرکت Flash تا جای ممکن نزدیک به بستر دریا حرکت نماید.

### ۵-۳- پردازش داده‌ها

روش کلاسیک برای ترسیم نقشه‌های هیدروگرافی مراحل زیر را شامل می‌گردد:

- هیدروگرافی از گزارشات ثبت شده توسط عمق‌یاب در

موقعیت بلافاصل اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد. این عمل

یک جفت اطلاعات عمق و موقعیت را ارائه می‌نماید.

- پس از تبدیل عمق به منبای نقشه، عدد اعماق بر روی

نقشه نوشته می‌شود و منحنیهای هم عمق بوسیله دست

کشیده می‌شود. این روش نیاز به تعداد زیادی افراد با

تجربه دارد و نیز زمان زیادی لازم است تا نقشه تهیه

گردد، بعنوان مثال پردازش دستی اطلاعات برای رسم

نقشه یک کانال دو کیلومتری بمدت چند روز وقت لازم

است تا تهیه شود.

بنادر متوسط تا بزرگ و حتی در بنادر کوچک که رسوب گذاری

زیادی دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روشها در زیر

شرح داده شده‌است.

### سیستم‌های کامپیوتری:

جمع آوری داده‌های کامپیوتری از یک منطقه شامل چهار اندازه‌گیری همزمان خواهد شد که عبارتند از:

- عمق یابی

- موقعیت

- زمان

- ارتفاع جو و مد

دریافت تعداد این داده‌ها بستگی به سرعت قایق از ۰/۵ ثانیه تا چند ثانیه طول می‌کشد و بر روی نوار مغناطیسی ضبط می‌گردد.

اطلاعات ثبت شده وارد کامپیوتر می‌گردد و به ثبات برای تهیه نقشه وصل می‌گردد. برنامه ریزی کامپیوتری می‌تواند سطوح هم عمق بین نقاط شبکه، تغییرات در خشکی در بین دو عمل هیدروگرافی، تعداد محاسبات، تغییرات در تعداد محاسبات و علامت‌گذاری مناطق بالای سطح تعریف شده را تعیین نماید.



سیستم‌های جمع‌آوری اطلاعات تمام اتوماتیک جمع‌آوری، ثبت و پردازش اطلاعات را بطور منسجم در یک عملیات مداوم، انجام می‌دهد.

اطلاعات هم می‌تواند در روی قایق و هم در خشکی پردازش شوند. برنامه پردازش که توسط زبان بیسیک (Basic) نوشته شده باشد با دستگاههایی که حداقل هزینه را دارند، کار می‌کند. در شکل ساده آن این دستگاهها شامل کامپیوترهای رومیزی که مجهز به مانیتور گرافیکی با یک صفحه کلید برای وارد نمودن اطلاعات، یک دستگاه چاپگر، توانایی ذخیره اطلاعات و نهایتاً یک دستگاه ثبت اتوماتیک می‌گردد.

#### ۴- قایق هیدروگراف Survey Launch

قایق هیدروگراف یک شناور مخصوص برای استفاده مقاصد هیدروگرافی می‌باشد. یک قایق هیدروگراف می‌بایست طوری انتخاب گردد تا مناسب آب و هوا و حالت دریای منطقه که قایق غالباً در آنجا فعالیت دارد، باشد. مشخصات اصلی قایق هیدروگراف عبارتند از:

- طول، عرض و آبخور
  - سرعت و قابلیت مانور
  - اتاق سکان بزرگ و با نور کافی
  - محل نصب آنتن‌ها (Tranducers) در بدنه و با در نظر گرفتن
  - محل نصب آنتن‌های رادیوئی، تریم (Trim) و Sqaut
  - منبع برق مستقل برای تجهیزات هیدروگرافی
  - محل اقامت برای افراد با توجه به شرایط منطقه
- در بعضی از بنادر برای هیدروگرافی از هاورگرافتها بلحاظ سرعت بیشتر استفاده می‌نمایند.
- از قایق‌هایی که هم در خشکی و هم در دریا می‌تواند حرکت نمایند برای عمق‌یابی آبهای کم عمق استفاده می‌گردد. مشخصات و فهرست تجهیزات برای قایق هیدروگراف برای استفاده از یک بندر متوسط در شرایط دریایی متوسط به شرح ذیل است.

#### ۴-۱- مشخصات قایق هیدروگرافی

قایق هیدروگراف می بایست مناسب منطقه‌ائی که در آن کار خواهد کرد، طراحی و ساخته شود. قایق باید تحت کلاس لویدز LRBC برای آبهای حفاظت شده ساخته شود.

قایق هیدروگراف می بایست دارای بدنه آهنی باشد تا از آسیب‌های احتمالی که در اثر به گل نشستن پیش می‌آید، جلوگیری شود.

حفاظت کافی از دستگاههای زیر می بایست صورت گیرد:

- آنتن زیرآبی عمق‌یاب (Transducer)

- تیغه سکان و پروانه

- سیستم کولر

طول قایق هیدروگراف براساس الگوی موج غالب در منطقه مشخص و طراحی می‌گردد.

تریم (Trim) قایق هیدروگرافی با حداکثر بارو تجهیزات

نمی‌بایست بطرف جلو باشد (Trim By Head)

سطح آزاد بدنه از آب (Free Board) قایق هیدروگراف می بایست از عرشه اصلی ۹٪ متر در حالت حداکثر باز باشد.

محل نصب آنتن‌های زیر آبی (Transducer) می بایست در نقطه‌ائی انتخاب گردند که اثرات رولینگ (Rolling) و پیچینگ (Pitching) حداقل ، باشد.

لوله آگزوز می بایست در بالای عرشه اصلی ترجیحاً در بالای اتاق فرماندهی قرار گیرد. این مسأله مطابق با مشخصات لویدز باشد. فضای کافی در عرشه پاشنه می بایست برای انجام عمل بارچک (Bar Check) و نمونه‌گیری از بستر دریا، در نظر گرفته شود.

افراد هیدروگراف در قایق هیدروگراف می بایست دارای:

- شمای دورنمای منطقه را داشته باشند.
- تماس دید مستقیم و ارتباط کلامی مستقیم بین افراد هیدروگراف و سکاندار وجود داشته باشد.
- فضای کافی برای کلیه تجهیزات کامپیوتر وجود داشته باشد.

- امکانات تهویه هوا لازم است در پل فرماندهی و محل کار افراد هیدروگراف برای تداوم کار دستگاههای کامپیوتری، فراهم گردد.

- دکل قایق هیدروگراف می‌بایست قابلیت جمع شدن یا چرخش پذیری به منظور نصب دستگاههای موقعیت یاب را داشته باشد. دکل پایه در بالای آنتن زیر آبی (Transducer) ثابت برای اجتناب از خطاهای ناشی از جابجائی، نصب گردد.

قایق می‌بایست توانائی حرکت مداوم (۲-۴ گره دریایی) را داشته باشد، بنابراین کنترل دقیق سرعت و تعادل مناسب، ضروری می‌باشد. موتور اصلی قایق که برای چرخش پروانه از آن استفاده می‌گردد می‌بایست از نوع موتورهای دریایی باشد، که به گیربکس با امکانات عقب گرد و تقلیل دهنده با شیر اطمینان برای اعمال سرعت کم، باشد.

## ۲-۴- فهرست تجهیزات مورد نیاز در روی قایق هیدروگراف

اکوساندر (عمق‌یاب) با مشخصات زیر:

- ساخته شده از قسمت‌های کوچک باشد
- قابلیت اندازه‌گیری عمق از ۵-۰ و ۷۰-۰ متر با گام‌های ۱۰ متری را داشته باشد.
- نرخ عمق‌یابی کمتر از ۲۰ عمق در ثانیه را داشته باشد.
- دارای کانال فرکانس دوگانه باشد.
- آنتهای زیرآبی (Tranducers) با کارائی زیاد با پهنای پرتوافکنی ۸ درجه و ۲۰ درجه باشد.
- آمپلی فایر با دستگاه دیجیتالی مجزا برای فرکانس هر کانال و برای ردیابی پویای بستر دریا.
- دستگاه ثبت کننده با عرض حدود ۲۰۰ میلیمتر
- ثبت اتوماتیک کلیه پارامترهای مهم مانند علامت‌گذاری دیجیتالی سرعت صوت در آب، برد عمق‌یابی اصلی و فاز بندی، ابتدای خط عمق، زمان، فاصله و علامت گذاری

حوادث مهم و غیره در حاشیه چارت، امکان ثبت داشته باشد.

- یک دستگاه فرونشان چرخش حلقوی قایق (Heave) بطور اتوماتیک.

- تنظیم دستی برای جزر و مد، آبخور، سرعت صوت و اصلاح خرابی چارت

- اتصالات برای سیستم کامپیوتری

- منبع برق ۲۴ وات DC

- تست خودکار

- دقت عمل تا ۱۰ سانتیمتر

- دمای کار عملیاتی از ۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد

تجهیزات موقعیت یاب برد کوتاه:

- اندازه گیری فاصله به طور اتوماتیک

- محو بازتابهای اضافی و حذف امواج میکروویو

- دقت تا ۱ متر

- کارکرد سیستم بطور کامل از طریق هوایی باشد.

- منبع تغذیه ۲۴ ولت DC
- دمای عملیاتی از ۰ تا ۵۰ درجه برای ایستگاه مادر و برای ایستگاه‌های فرعی از ۱۰- تا ۵۰ درجه سانتیگراد باشد.

### ۳-۴- جمع آوری و پردازش داده‌ها

- پردازش اطلاعات کامپیوتری با ترمینال اپراتور، صفحه نمایش و امکانات چاپ
- دریافت اطلاعات با استفاده از چاپگر و نوارهای مغناطیسی
- نشان دهنده مسیر چپ / راست بطور اتوماتیک، نشانگر فاصله اتوماتیک و غیره.
- برنامه‌های نرم افزاری برای چاپ از پیش و تعیین خطوط مسیر و شبکه هیدروگرافی.
- منبع تغذیه برای تجهیزات بالا می بایست در روی قایق هیدروگرافی در نظر گرفته شود.

### ۴-۴- تجهیزات اختیاری

- ساید اسکن سونار با دو دستگاه Fish و ثبات



- چگالی سنج با دو دستگاه Fish
- سیستم اندازه‌گیری تئودولید و متعلقات
- جریان سنج برای ثبت سرعت و جهت حرکت جزر و مد و جریانات آبی که توانائی کار تا عمق ۲۵ متر با بویه لنگر غرق شونده و طناب مورد نیاز جریان سنج بهتر است امکانات ثبت خودکار را داشته باشد.

#### ۵- اندازه‌گیری غلظت مواد بستر دریا Density Measurement

در اکثر بنادر بستر کانال دسترسی از سیال معلق به غلظت بین ۱/۰۵ تا ۱/۳ تن بر متر مکعب پوشیده است این امر به طور قابل ملاحظه‌ائی مشکلات عمقیابی را در زمینه نگهداری و هدایت کشتی‌های با آبخور زیاد را افزایش می‌دهد.

یکی از مشکلات بزرگ در اندازه‌گیری عمق این است که دستگاه‌های عمقیاب پس از طوفان وقتی که لایه سیال گسترش یافته و با لایه‌های دیگر مخلوط می‌گردد که این مسئله باعث کاهش کاذب عمق آب می‌گردد. این عوامل مهم باعث شده تا در تعریف بستر سخت و امکان

مداخله طوفان در جابجائی مواد سیال عوامل مثبت در تعریف عمق قابل دریانوردی در مناطق گلی، بوجود آید.

واژه عمق دریایی (Nutical Bottom) عبارتست از مقدار غلظت موجود در سیال معلق ساکن در بالای بستر دریا که در بالای سطح آن کشتی‌ها بطور ایمن دریانوردی می‌نمایند..

در تعریف "قابلیت دریانوردی ایمن" (Safe Navigability) دو معیار می‌بایست فراهم گردد:

- بدنه کشتی می‌بایست بدون آسیب دیدگی حتی چنانچه

فاصله کشتی از بستر به‌صفر نیز برسد، عبور نماید

- فرمان‌های هدایتی کشتی نمی‌بایست بطور معکوس عمل

نمایند.

برای اندازه‌گیری غلظت دو روش اکوستیک و هسته‌ائی نیز بکار می‌رود:

### ۱-۵- روش اکوستیک

اصول کار روش اکوستیک براساس انتشار صوت در آب استوار

است (سرعت صوت یا رقیق شدن آن در آب)

## ۲-۵- روش هسته‌ائی

روشهای هسته‌ائی براساس رفتار تشعشع هسته‌ائی در مواد معلق استوار است.

از لحاظ تئوری و تجربی ثابت شده‌است که تشعشع انرژی ارسالی به درون یک گل و لای با ضخامت محدود و ثابت، فقط به غلظت بستگی دارد (و به عدد اتمی و یا نوع رسوب بستگی ندارد).

## ۶- روش‌های بستر شناسی دریا Geotechniques

ویژگی‌های موادی که باید لایروبی گردند، بطور موثر در عملکرد کارها و فرآیند لایروبی تأثیر می‌گذارد.

### ۱-۶- طبقه بندی مواد بستر دریا

طبقه بندی عملی است که طی آن مواد بستر دریا در گروه‌های خاص خود قرار می‌گیرند و برحسب ویژگی‌ها طبقه بندی می‌گردند.

### تعداد نمونه گیری:

تعداد نمونه گیری فراوانی نقاطی است که از منطقه نمونه گیری یا آزمایش، بعمل آمده باشد. تعداد نمونه گیری از منطقه‌ائی به منطقه دیگر فرق می‌کند.

حداقل تعداد نمونه گیری در یک شرایط عادی از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$N = 3 + \frac{A^{\frac{1}{2}} \times D^{\frac{1}{3}}}{50}$$

$N$  = تعداد حفره یا نمونه‌های برداشته شده از منطقه

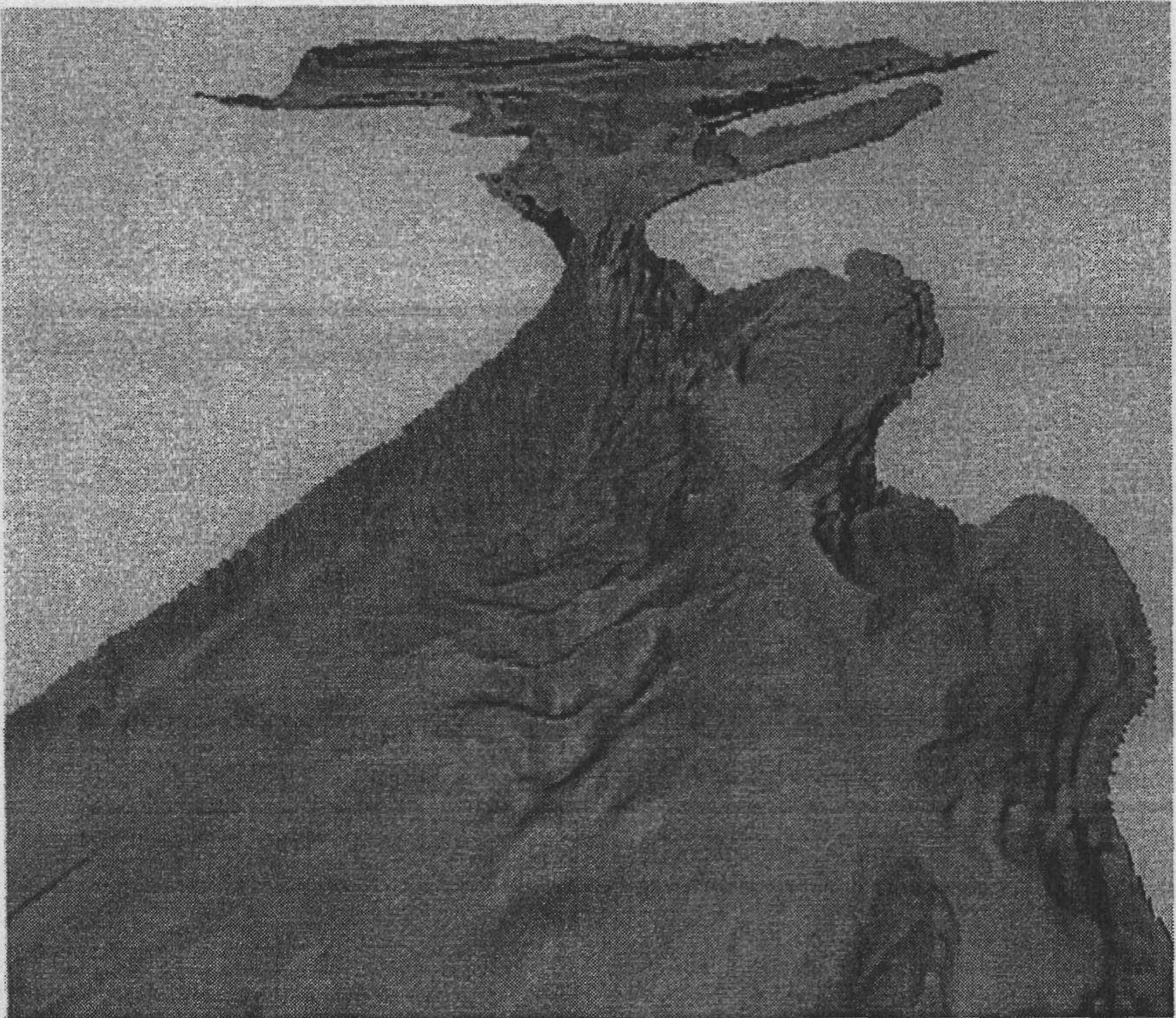
$A$  = مساحت منطقه مورد نظر برحسب مترمربع

$D$  = عمق متوسط که باید تعمیق گردد

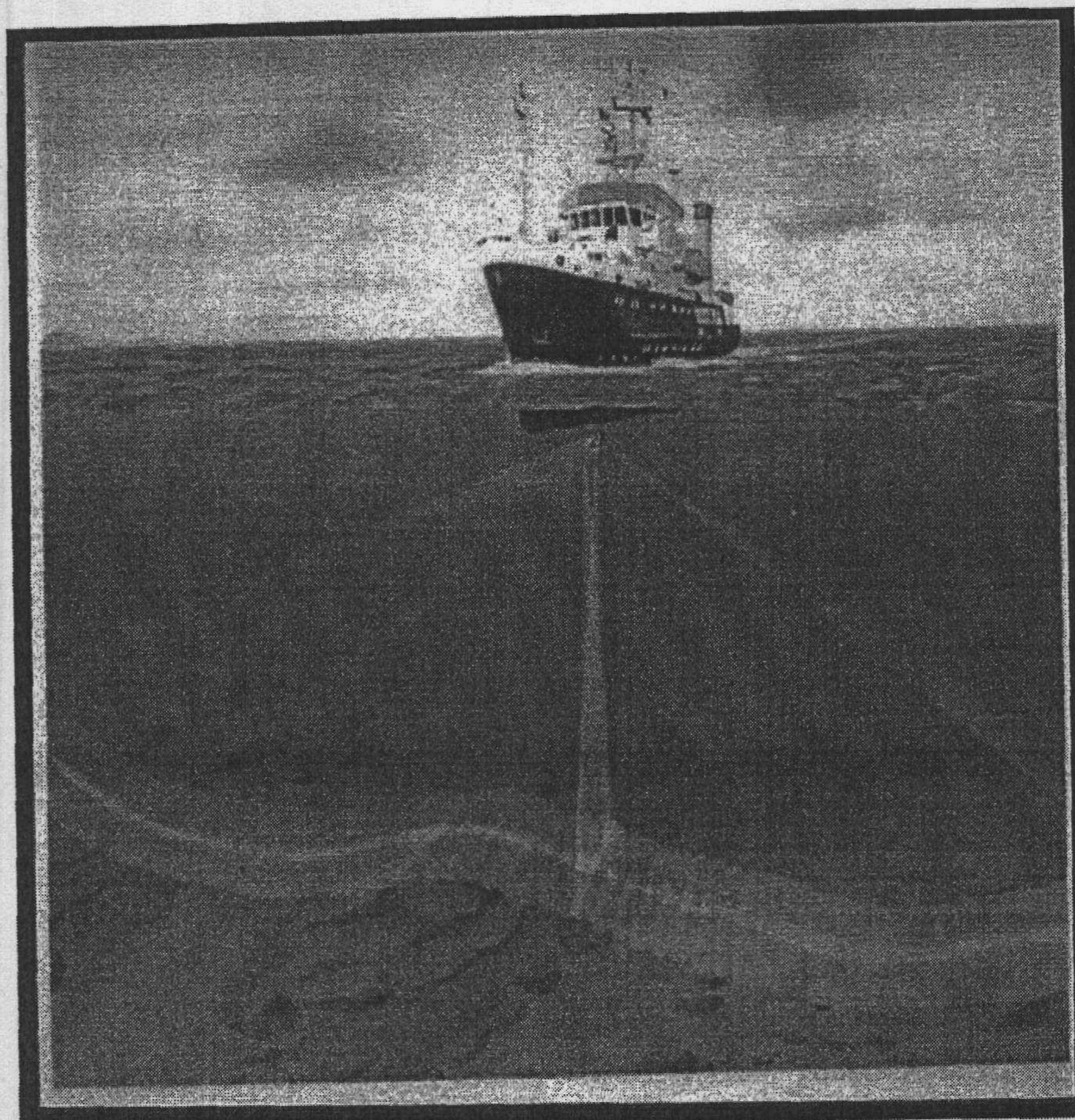
ویژگی‌های منطقه کافی یا ناکافی بودن تعداد نمونه‌برداری را نشان خواهد داد.

۲-۶- روشهای نمونه گیری

- ایجاد حفره با مته (Shell & Auger Boring)
- سوراخ کردن با وسایل چرخشی (Rotary Drilling)
- نمونه گیری بوسیله نیروی جاذبه (Gravity Sampling)
- نمونه برداری ارتعاشی (Vibro Coring)
- حفره سازی با اعمال فشار آب (Jet Probing)
- ایجاد حفره با شستن بستر دریا (Wash Boring)
- نمونه برداری بوسیله چنگک (Grap Sampling)
- نمونه برداری مقطع طولی لرزه‌ایی (Seismic Reflection Profiling)
- نمونه برداری مقطع طولی مغناطیسی (Macrometer Profiling)
- ساید اسکن سونار (Side Scan Sonar)



برش مقطعی مواد تشکیل دهنده بستر دریا



قایق هیدروگرافی مجهز به مالتی بیم اکوساندر

منابع

- 1- Permanent International Association of Navigation Congresses,  
Economic Methods of Channel Maintenance, Supplement  
To Bulletin No.67, Brussele, 1984
- 2- Permanent International Association of Navigation Congresses,  
Classification of Soils & Rocks To Be Dredged Supplement To  
Bulletin No.47, Brussele, 1984.
- 3- Permanent International Association of Navigation Congresses,  
Nacigation In Muddy Areas, Supplement To Bulletin No.43,  
Brussele, 1983.
- 4- H. De Vlieger & J. De Cloedt , "Nacitracker: A Ggiant Step  
Foreware In Tactics & Economics of Maintenance Dredgin",  
Tarra Et Aqua No.35, December 1987.
- 5- British Srandard Specification (B.S.S) No.6349



# فصل دوم

## لایروبی

مشخصات و ابعاد لایروبی  
IDENTIFICATION & DIMENSIONING

نیازمندی‌های ناوبری لایروبی  
Navigational Requirement

عرض کانال Channel Width

عمق کانال Channel Depth

امواج Waves

وسویل Swell

اسکوات Squat

تحلیل اقتصادی لایروبی  
Economic Analysis

هزینه لایروبی

Cost of Dredging

هزینه سرمایه‌ایی

Capital Cost

هزینه نگهداری

Maintenance Cost

منافع تعمیق کانال برای پذیرش کشتی‌های  
با آب‌خور زیاد

کاهش زمان انتظار Reduced Waitning Time

افزایش تردد کشتی‌ها Increased Traffic

کاهش هزینه حمل Reduced Freight Cost

## مقدمه

اتحادیه بین‌المللی بنادر (IAPH) در نشست خود در سال ۱۹۸۳ در ونکور کانادا، عنوان می‌نماید "اساسا" کلیه بنادر مهم جهان به انجام لایروبی منظم و دوره‌ای نیاز دارند تا کشتی‌هایی را که در امر تجارت داخلی یا بین‌المللی فعالیت دارند را پذیرا باشند. و اضافه می‌نماید "لایروبی برای ایجاد اطمینان در حرکت کشتی‌ها که بر اقتصاد اکثر کشورهای جهان موثر می‌باشد، ضرورت دارد".

## اهداف لایروبی

۱- ناوبری Navigation

۲- کنترل سیل Flood Control

۳- احداث و بازیابی زمین Construction & Reclamation

۴- معدن کاوی (استخراج معدن) Mining

۵- قوت بخشیدن به ساحل Beach Nourishment

۶- ایجاد مسیر برای جاگذاری لوله و کابلهای زیرآبی General Uses

Like Under Water Foundation For Pipe Line

۷- زهکشی در مناطق باتلاقی برای از بین بردن منابع آلوده کننده

Drainage on Swampy Area & To Remove Pollutans

عمده ترین استفاده لایروبی در حمایت از فرآیند نوبر می باشد

۸- نگهداری، افزایش با بهبود راه آبی بنادر و کانالها

Maintaining, Increasing or Otherwise Improving Waterways,

Harbors & Channels.

۹- ایجاد (احداث) بنادر، حوضچه‌ها، لنگرگاه یا حوضچه توقف

مخصوص قایقهای کوچک و تسهیلات دیگر برای نوبری.

Creating Harbours, Basins, Marinas & Other Facilities

for Navigation

بنابراین لایروبی برای نوبری یک فعالیت مهم به شمار می رود. ضرورت

لایروبی از خارج از نیازهای نوبری نشأت گرفته و مشخصات و ابعاد آن

با فرآیند نوبری عجین می گردد.

دو روش مطالعه در زمینه لایروبی حائز اهمیت می باشد:

۱- محل مطلوب و ابعاد کانال، حوضچه‌ها و مناطق دیگر که قابلیت

نوبری دارند به منظور تأمین نیازهای نوبری

۲- تحلیل و بررسی اقتصادی راه‌آبی (Fairway)

### ناوبری و لایروبی Navigation & Dredging

لایروبی برای اهداف ناوبری بگونه زیر تعریف می‌گردد:

”حفر و جمع‌آوری مواد ناخواسته از بنادر و آبراهها از طریق اعمال نیروی فیزیکی به منظور تغییر شکل طبیعی آبراه برای افزایش مطلوبیت“ در انجام این عمل امکان جابجائی معادلات طبیعی منطقه لایروبی خیلی محتمل می‌باشد.

لایروبی اولیه یا جمع‌آوری بکر مواد از بستر دریا Capital

”Dredging یا “Development Dredging“ نامیده می‌شود.

جمع‌آوری و برداشت مکرر مواد ته‌نشین شده Maintenance

”Dredging نامیده می‌شود. روشهای پذیرفته شده متفاوتی برای لایروبی

Capital و لایروبی Maintenance وجود دارد لیکن اساس فرآیند هر دو

یکسان می‌باشد.

## لازمه‌های ناوبری Navigational Requirements

لازمه‌های ناوبری، نیازهای لایروبی را تعریف می‌نماید. برای شناورهای کوچک این نیازها به معنی سازگاری بین ابعاد شناور و فضای آبراه می‌باشد. برای کشتی‌های بزرگتر نیازها با ورود اثرات هیدرودینامیکی با پیوستن عواملی مانند سرعت کشتی، کشش کف و اطراف، فاصله توقف و واکنش دستگاههای هدایت کشتی، پیچیده‌تر می‌گردد.

دسترسی مطلوب به یک بندر یعنی قابلیت استفاده از یک کانال دسترسی مستقیم با در نظر گرفتن جهت جریانات آبی و مرتفع‌ترین موج که طراحی این گونه کانال بندرت قابل حصول است. گسترش امورات لایروبی می‌بایست برای برآورد نیازهای ناوبری و هدایتی کشتی‌های بزرگتر صورت گیرد و هزینه‌های قابل توجهی برای نگهداری و انتقال رسوبات در کانالهایی که به طور مصنوعی ایجاد شده‌اند را موجب می‌شود و این بدین معناست که هزینه زیاد اولیه و هزینه تکرار مستمر لایروبی با ایمنی ناوبری به هم دیگر پیوسته که با هم دیگر طراحی مطلوب هندسی عمق و عرض کانال را شکل می‌دهد.

اغلب کانالهای دسترسی برای طراحی عمق و عرض کانالها در جهت برآورد نیازهای ناوبری استفاده می‌شوند، که این مسئله با توجه به قانون

سرانگشتی (تجربی) برای کشتی‌ها و بنادر کوچک با روش شبیه سازی پیچیده، مغایرت می‌کند.

داده‌های ورودی در این روش از تجارب مدل‌های کوچک و بررسی میدانی، حاصل می‌گردد. انتخاب روش، اندازه و اهمیت کانال به مرحله مطالعه و محیط دریا، بستگی دارد. برای شروع قانون سرانگشتی (تجربی می‌توان اولین تخمین را برای ابعاد کانال ارائه داد. قوانین تجربی زیادی برای انواع کشتی‌های مختلف و طبقه بندی آن‌ها و شرایط محیطی متغیر وجود دارد. این قوانین براساس عمومیت و استفاده از اشکال بزرگ آن از شرایط دقیق فیزیکی محل در کانال در نظر گرفته نشده است. اگر چنانچه این شرایط محلی بعنوان عوامل مهم تلقی گردند، مطالعات جزئیات بیشتر لازم می‌باشد تا مرحله اول تخمین صورت گیرد.

مثالهای این روشها تحت عنوان "استاندارد" توسط برخی از کشورها برای بعد بندی کانالها، آورده شده‌است. استانداردهای ژاپنی و هندی مثالهایی از این نوع می‌باشند.

## عمق راه آبی

### الف - استاندارد ژاپنی

عمق راه آبی (Fair Way) عامل مهمی می‌باشد که از آبخور بارگیری شده حداکثر کشتی در حالیکه حرکت نوسانی برای عوامل طبیعی مانند: امواج، بادهای، جریان‌های آبی و تریم (Trim) کشتی در نظر گرفته می‌شود، نباید کمتر باشد.

در این حالت "عمق مناسب" عمقی است که با اعمال نمودن اضافات (Allowances) به عمق، تعیین می‌گردد. در جدول ۱-۱ (استاندارد ژاپنی) حاصل می‌گردد. (عمق حوضچه)

اضافات (Allowances) در شرایطی مانند: رولینگ (Rolling)، پیچینگ (Pitching)، تریم (Trim) و اسکوات (Squat) و همچنین وضعیت بستر دریا، متغیر می‌باشد. این شرایط ممکن است برای آبراه‌های خاص که در آن آبخور کشتی‌هایی که از این آبراه استفاده می‌نمایند همیشه آبخور آنها از کشتی‌های پر کمتر باشد، مانند کانال دسترسی به داک کشتی سازی یا آبراهی که برای کشتی‌های با بار کم در نظر گرفته‌اند، شامل نمی‌شود.



جدول ۱-۱ اعماق حوضچه‌ها (استاندارد ژاپنی)

اندازه کشتی	عمق آب (متر)	نوع کشتی	اندازه کشتی	عمق آب (متر)	نوع کشتی	
۷۰۰ (DWT)	۴/۵	تانکر	۱۰۰۰(GRT)	۵	مسافری	
۱۰۰۰ (DWT)	۵		۳۰۰۰(GRT)	۶		
۲۰۰۰ (DWT)	۵/۵		۵۰۰۰(GRT)	۷/۵		
۳۰۰۰ (DWT)	۶/۵		۱۰۰۰۰(GRT)	۹		
۵۰۰۰ (DWT)	۷/۵		۲۰۰۰۰(GRT)	۱۰		
۱۰۰۰ (DWT)	۹		۳۰۰۰۰(GRT)	۱۱		
۱۵۰۰۰ (DWT)	۱۰		۷۰۰ (DWT)	۴/۵		جنرال کارگو
۲۰۰۰۰ (DWT)	۱۱		۱۰۰۰ (DWT)	۵		
۳۰۰۰۰ (DWT)	۱۲		۲۰۰۰ (DWT)	۵/۵		
۴۰۰۰۰ (DWT)	۱۳		۳۰۰۰ (DWT)	۶/۵		
۵۰۰۰۰ (DWT)	۱۴		۵۰۰۰ (DWT)	۷/۵		
۷۰۰۰۰ (DWT)	۱۵		۱۰۰۰۰ (DWT)	۹		
۱۰۰۰۰۰ (DWT)	۱۶		۱۵۰۰۰ (DWT)	۱۰		
۱۵۰۰۰۰ (DWT)	۲۱		۲۰۰۰۰ (DWT)	۱۱		
۲۰۰۰۰۰ (DWT)	۲۲		۳۰۰۰۰ (DWT)	۱۲		
۲۵۰۰۰۰ (DWT)	۲۳		۴۰۰۰۰ (DWT)	۱۳		
			۵۰۰۰۰ (DWT)	۱۴		

## هیدروگرافی و لایروبی در ممدوده بنادر

اندازه کشتی	عمق آب (متر)	نوع کشتی
۱۰۰۰۰ (DWT)	۹	کشتی‌های حامل زغال سنگ
۱۵۰۰۰ (DWT)	۱۰	
۲۰۰۰۰ (DWT)	۱۱	
۳۰۰۰۰ (DWT)	۱۲	
۵۰۰۰۰ (DWT)	۱۳	
۷۰۰۰۰ (DWT)	۱۵	
۹۰۰۰۰ (DWT)	۱۶	
۱۰۰۰۰۰ (DWT)	۱۹	
۱۵۰۰۰۰ (DWT)	۲۰	

اندازه کشتی	عمق آب (متر)	نوع کشتی
۱۰۰۰ (GRT)	۵	کشتی‌های فری
۲۰۰۰ (GRT)	۵/۵	
۳۰۰۰ (GRT)	۶	
۴۰۰۰ (GRT)	۶/۵	
۶۰۰۰ (GRT)	۷/۵	
۱۳۰۰۰ (GRT)	۸	

GRT = وزن ناخالص

DWT = وزن بار قابل حمل

### ب - استاندارد هندی

عوامل زیر در طراحی عمق کانال می بایست مد نظر گرفته شود:

۱- اندازه ، آبخور ، شکل و سرعت کشتی

۲- تریم (TRIM) کشتی در هنگام عبور از کانال، کشیده شدن

(DRAG)

۳- سرعت جریان آبی در کانال

۴- اسکوات (SQUAT)

۵- آیا کانال به طور کلی محدود است یا نیمه محدود و یا اصلا

محدودیت ندارد؟

۶- تعداد راههای دریایی در کانال

۷- الگوی رفتار باد و موج

۸- تغییرات جزر و مدی

۹- میزان شوری آب و مواد بستر کانال

۱۰- فاصله خالص زیر کشتی (Net Under Keel Clearance)

با ملاحظه موارد فوق فاصله کشتی از بستر دریا نباید کمتر از ۱۰

درصد و در محل دایره دورزنی و در مبادی ورودی غیر حفاظتی نباید از ۲۰

درصد آبخور، کمتر باشد.

عرض آبراه

الف - استاندارد ژاپنی

- عرض آبراههای استاندارد

آبراه دو طرفه (تردد دو طرفه) با توجه به جدول ۲ و با توجه به طول آبراه و شرایط ناوبری تعیین می‌گردد.

- آبراه ویژه

آبراه ویژه آبراهی است که حجم ترافیک قابل توجهی دارد، آبراهی که توسط قایق‌های بادبانی مورد تلاقی قرار می‌گیرد و آبراهی که برای کشتی‌های ULCC عرض آنها می‌بایست با توجه به جدول ۲ تعیین گردد.

- آبراه و کانال برای کشتی‌های ماهیگیری یا کشتی‌های کمتر از ۵۰۰ تن (DTW) عرض کانال می‌بایست براساس شرایط واقعی تعیین شود.

جدول ۲ (عرض کانال با استاندارد ژاپنی)

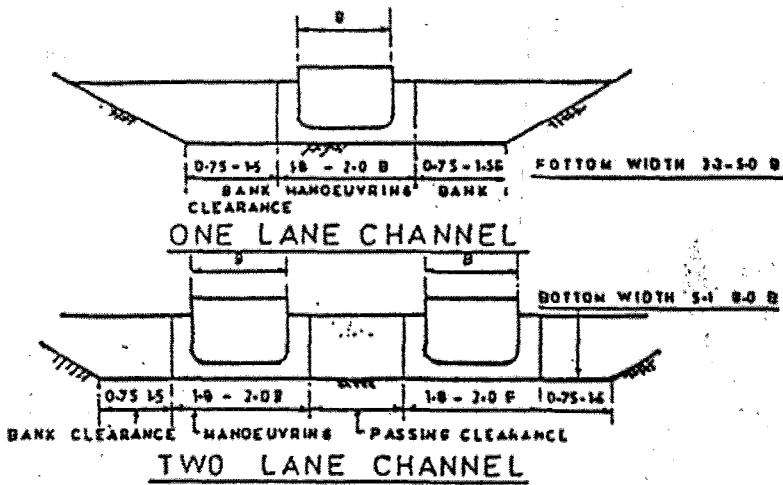
عرض کانال	شرایط ناوبری	طول آبراه (کانال)
$2 * L$	کشتی‌ها غالبا از کنار همدیگر عبور می نمایند	آبراه یا کانال نسبتا طویل
$1/5 * L$	شرایط غیر از شرایط بالا	
$1/5 * L$	کشتی‌ها غالبا از کنار همدیگر عبور می نمایند	آبراه و کانال به غیر شرایط بالا
$1 * L$	شرایط غیر از شرایط بالا	

حداکثر طول کشتی = L

ب - استاندارد هندی

عرض کانال برای آبراه یک طرفه و دو طرفه مطابق شکل زیر تعیین

می‌گردد:



### روشهای طراحی آبراه

روشهای طراحی برای آبراه بنادر بزرگ و با دقت بالا، بر پایه مطالعات دریائی، مشخصات هیدرومکانیکی کشتیها استوار است. ابعاد افقی و عمودی کانال / حوضچه از ابعاد کشتیها و با ویژگیهای رفتار آنها در امواج، باد و جریانات تعیین می‌گردد.

## عمق کانال

عمق کانال قابل کشتیرانی عمدتاً در گرو فاصله کف کشتی از بستر دریا (Keel Clearance) به منظور عبور ایمن کشتیهائی که طراحی شده‌اند تا از آبراه یا کانال استفاده نمایند بستگی دارد. کشتی طراحی شده برای پذیرش در بندر، بزرگترین اندازه کشتی است که با حداکثر آب‌خور مشخص آن اجازه ورود به بندر را دارد. این اندازه بر پایه ملاحظات اقتصادی تعیین می‌گردد.

عمق کانال با توجه به متغیرهای زیر تعیین می‌گردد:

- آب‌خور و تریم (TRIM) اولیه کشتی
- نوسانات سطح آب در اثر جزر و مد و تأثیر باد بر رفتار کشتی
- اسکوات (SQUAT)
- حرکت کشتی در اثر امواج
- از نظر ریاضی عمق کانال را با توجه به معادل زیر تعیین می

$$h = D + Z + I + R + C + \#$$

$$h = \text{عمق کانال}$$

$$D = \text{آب‌خور یک کشتی مورد نظر، ساکن در روی آب آرام}$$

$$Z = \text{تریم (TRIM) و اسکوات (SQUAT)}$$

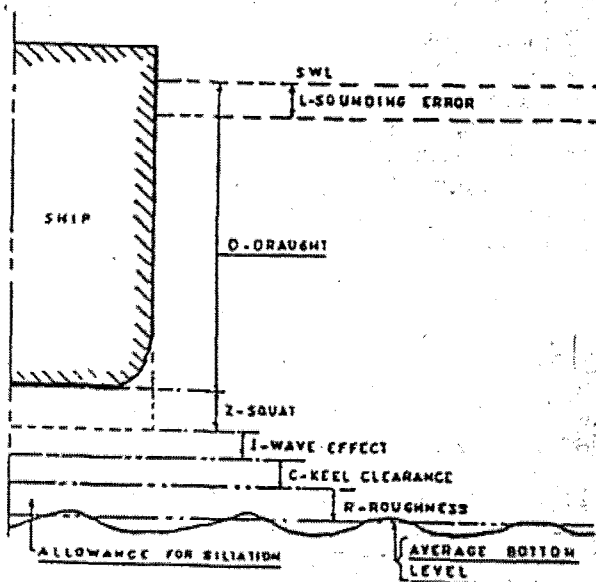
I = شدت حرکات عمودی کشتی در اثر امواج

R = ناهمواری بستر دریا (اثرات لایروبی ناهمگون)

C = فاصله کف کشتی از بستر کانال (Keel Clearance)

# = خطای عمق یابی

شکل زیر عوامل فوق را نشان می دهد





اسکوات (SQUAT) فرورفتگی و تریم (TRIM) نشست، یک کشتی در حال حرکت است در حالیکه کشتی در طول کانال حرکت می نماید جابجائی آب در اثر عبور کشتی باعث افزایش جریان بازگشتی در اطراف کشتی و بین بستر کانال و قسمت تحتانی کشتی می گردد. این امر باعث کاهش سطح آبهای همجوار شده و در نتیجه موجب تغییر در اسکوات (SQUAT) و تریم (TRIM) کشتی می شود.

اسکوات (SQUAT) با طول کشتی به نسبت مربع سرعت در حرکت به جلو، افزایش می یابد و در نتیجه باعث کاهش فاصله قسمت تحتانی کشتی از بستر کانال (Keel Clearance)، می گردد.

فرمول ریاضی برای محاسبه اسکوات (SQUAT) که از اندازه گیری مدلها و اندازه های واقعی بدست آمده، برای تخمین میزان فرورفتگی کشتی در آب در اثر سرعت در جایی که عمق آب محدود است، بکار می رود. اسکوات (SQUAT) هنگامی که کشتی از بالای آبهای کم عمق عبور می کند، افزایش می یابد. امواج اثر خیلی زیادی در میزان عمق کانال دارد که بستگی به امواج محلی، گرایش کانال به طرف سمت موج غالب و نسبت طول موج به ابعاد

کشتی دارد. حرکات کشتی در امواج را می‌توان با استفاده از حساسیت رفتار خصوصیت‌های کشتی محاسبه نمود. خصوصیت‌های رفتاری کشتی بستگی به عمق آب، سرعت کشتی و زاویه موج، دارد.

حساسیت‌های رفتاری خصوصیت‌های کشتی را هم می‌توان با استفاده از مدل و هم از طریق محاسبه ریاضی، به دست آورد. برای تعیین حساسیت رفتاری خصوصیت‌های کشتی از طریق فرمول ریاضی، برنامه‌های کامپیوتری وجود دارد که با کمک آن‌ها می‌توان این رفتار را محاسبه نمود.

### عرض کانال

عرض کانال در گرو مشخصات هدایتی کشتی و تیکه در اثر موانع خارجی از قبیل کشش ساحلی، جریانات متقاطع، باد و امواج، می‌باشد. کشتی‌های بزرگ به هنگام عبور از کانال‌های کم عمق بیشتر در معرض خطر قرار می‌گیرند. عرض کانال بر پایه قوانین غیر علمی تعیین می‌گردد، علاوه بر استانداردهای اشاره شده قوانین دیگر برای انواع کشتی‌ها و طبقه بندی آن‌ها وجود دارد.

در مدل کوچک بندر عبور کشتی مدل از کانال، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. کشتی مدل با کامپیوتر مستقر در ساحل، هدایت می‌گردد. سرعت کشتی مدل، اصلاحات سکان، نیروی مورد نیاز از سمت جلو (BOW) و پاشنه (STERN) توسط امواج رادیویی کنترل می‌شوند.

اثرات باد و یدک کش را با استفاده از پروانه‌های برقی تعبیه شده در روی کشتی مدل می‌توان نشان داد. این روش ارزش محدود دارد. اول اینکه هزینه مدل کوچک کانال نسبتاً زیاد می‌باشد، دوم اینکه اپراتور نظارت کلی بر منطقه عملیات دارد و یاد می‌گیرد که بطور ایمن بدون سعی زیاد مدل را هدایت نماید. مزیت این روش این است که رفتار هیدرودینامیکی کشتی و اثرات محیط (مانند کشش ساحلی) بر روی مانورهای کشتی بطور صحیح مد نظر قرار می‌گیرد.

روش دوم استفاده از کشتی‌های بزرگ دارای نفر می‌باشد. شرایط خیلی نزدیک به واقعیت انتخاب می‌شود و مسئله اصلی کوچک کردن مقیاس زمان می‌باشد.

روش جامع تحلیل رفتار هدایتی کشتی‌ها در کانال، استفاده از شبیه سازی (سمیلاتور) می‌باشد. در این روش کشتی با زمان واقعی حرکت می

نماید. دستورات هدایتی از پل فرماندهی کشتی صادر می‌شود که شامل کلیه تجهیزات ناوبری موجود در پل فرماندهی می‌گردد.

شبهه ساز توسط یک کامپیوتر کنترل می‌شود که این کامپیوتر برنامه ریزی شده تا لایه‌ها و مسائل مربوط به بستر دریا (کانال) و انواع مختلف کشتی‌ها را بیوشاند.

این شبهه سازی مزیت بزرگی دارد و آن اینکه کشتی در زمان واقعی با استفاده از راهنمای محلی، هدایت می‌گردد. این امر رفتار واقعی کشتی را در کانال ارائه می‌دهد.

عملیات (مانور) با شبهه ساز بارها تحت شرایط متعدد تکرار می‌شود تا اطلاعات آماری به دست آید.

### تعیین ابعاد کانال بطور عملی و لایروبی اولیه (Capital Dredging)

ابعاد کانال‌های ناوبری عبارتند از:

۱- حداقل عرض در سطح کف کشتی

۲- حداقل عمق در قسمت تحتانی کشتی

دو مورد فوق از نیازهای ناوبری ناشی می‌گردد. به منظور نیل به طراحی تجربی ابعاد، ناهمواری و شیب اطراف کانال نیز می‌بایست شناسایی و تعیین گردد. شیب اطراف کانال عمدتاً به ویژگی‌های مواد تشکیل دهنده و شرایط هیدرولیکی دارد و ممکن است شیب از ۱:۲ تا ۱:۱۵، متغیر باشد. ناهمواری‌های مختلف لازم است مورد ملاحظه قرار گیرند تا بطور تجربی عمق کانال تعیین شود، مانند:

- فضای رسوب گذاری (Silting Bufer Space)

- فضای شکل گیری موج شنی بعد از لایروبی (Formtion After

Dredging Space for Ripple and Wave)

- فضا برای خطاهای عمقیابی (Allowance for Sounding

Inaccracies)

- لایروبی مازاد به لحاظ تکنیکی (Technical Overdredge)

فضا برای رسوب گذاری کمک می‌نماید تا مازاد رسوب پخش گردد تا ظرفیت لایروبی نگهداری مورد نیاز تا جای ممکن بر حسب میانگین سالانه صورت گیرد. این کار موجب می‌شود تا مدتی که طول می‌کشد تا رژیم

رسوبگذاری تشکیل گردد، بدون اینکه به گذر ایمن کشتی‌ها آسیبی برسد، تردد کشتی‌ها امکان پذیر باشد.

شکل گیری چین و موج شنی در بستر کانال ممکن است پس از لایروبی صورت گیرد. شکل گیری چین و موج شنی باعث کاهش عمق کانال ۱ تا ۲ متر حتی بدون رسوب گذاری خالص، می‌گردد.

بی دقتی‌های ناشی از عمل عمق‌یابی به شرایط هنگام عمق‌یابی بستگی دارد و این مسئله نمی‌بایست عمق ناوبری را تحت تأثیر خود قرار دهد. بنابراین می‌بایست برای طراحی درصدی را بعنوان خطای عمق‌یابی در نظر گرفته شود.

لایروبی مازاد به منظور تکنیکی برای ناهمواری‌های کف کانال لایروبی شده که در اثر مجرای آب و آبریز شکل می‌گیرد، لازم می‌باشد.

## خلاصه

دسترسی به بنادر در سراسر دنیا از طریق کانالهای لایروبی شده امکان پذیر می‌گردد. تعیین مسیر، عمق و عرض این کانال‌ها معمولاً بین نیازمندیهای ناوبری، فیزیکی، محیطی، وضعیت دریا، شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های بستر دریا، سازش داشته باشد.

ایمنی ملاحظه اصلی می‌باشد. ملاک و استانداردهای عمومی که از طریق غیر عملی به دست می‌آید، تخمین اولیه مفیدی را فراهم می‌سازد. ایراد اصلی این روش این است که شرایط محیطی را ندیده می‌گیرد. در هر جائیکه شرایط ایجاب نماید اطلاعات کسب شده از طریق تجربی می‌بایست با جزئیات مورد مطالعه قرار گیرد و آزمایشها را با استفاده از کشتی‌های مدل و شبیه سازی کامپیوتری در شرایط محیطی مشابه، صورت گیرد.

ابعاد می‌بایست بطور مناسب اصلاح گردند تا شیب طرفین (Side Slope)، ناهمواری (Tolerances)، رسوب گذاری (Siltation)، فضای حائل (Buffer)، خطاهای عمقیابی (Sounding Inaccuracies) و لایروبی مازاد از لحاظ تکنیکی (Technical Overdredging) را فراهم آورد.

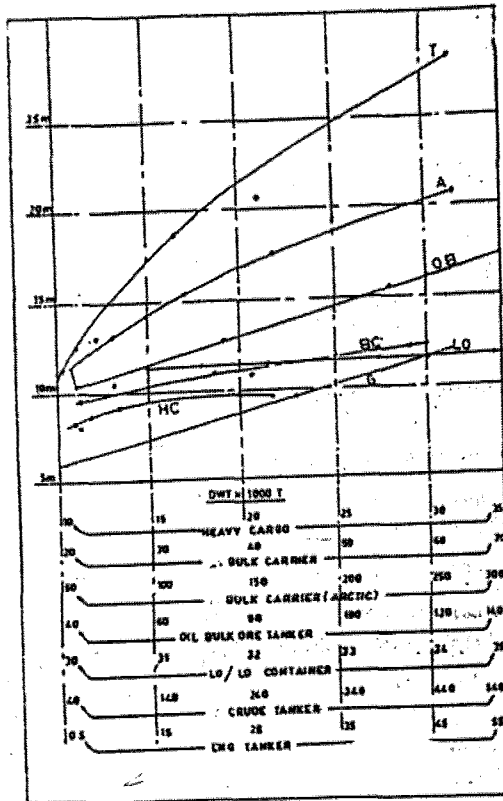
تحقیق و مطالعه متمرکز در تعیین فاصله تحتانی کشتی از بستر کانال (Keel Clearance)، کمک شایانی نماید.

مفهوم عمق ناوبری در کاهش هزینه لایروبی نگهداری در برخی از بنادر بزرگ دنیا، نقش زیادی دارد و حیطة کاربرد مناسب آن در بنادری که آشنا به مسائل رسوب گذاری با مواد کم غلظت، می باشد.

### تحلیل اقتصادی آبراه

شکل زیر تناژ (DWT) و آبخور ۷ نوع کشتی امروزی که در بنادر مختلف تردد می نمایند را نشان می دهد.





اندازه کشتی‌ها از ۵۰۰ تن (DWT) تا ۴۶۰۰۰۰ تن (DWT) متغیر می‌باشد که آب‌خور آن‌ها از ۶ متر تا ۲۸ متر در نوسان است. لازمه‌های یک کانال برای عبور کشتی‌های با آب‌خور ۲۸ متر به اندازه کانال ۳۵ متر عمق خواهد بود.

هیدروگرافی و لایروبی در ممدوده بنادر

جدول زیر آبخورهای بنادر مهم کشورهای آسیایی را نشان می‌دهد

کشور	عمیق‌ترین بندر	آبخور (متر)
ایران	بندر امام - بندر شهید رجایی	۱۲/۳-۱۲/۵
اندونزی	بلاوین	۱۴/۵
پاکستان	پورت قاسم	۱۰
تایلند	بانکوک	۸/۵
سری لانکا	کلمبو	۱۲/۱
چین	شانگهای - دالین	۱۷/۵-۱۰/۵
فیلیپین	مانیلا	۱۲
مالزی	پورت کلنگ	۱۳/۵
میانمار	یانگون	۹
هند	بمبئی	۱۴/۵

رشد روزافزون کشتی‌ها از لحاظ بزرگی اغلب تقاضا برای کانالها، حوضچه‌ها و اسکله‌های عمیق‌تر را ایجاد می‌نماید. یکی از راهها برای تأمین این نیازها لایروبی است و راههای دیگر عبارتند از:

۱- توسعه امکانات بندری به طرف دریا

۲- انتقال بندر به محلی با عمق زیاد

۳- استقرار بویه‌هایی مخصوص مهار کشتی در آب عمیق

۴- احداث جزیره مصنوعی در آبهای عمیق‌تر

هیچکدام از این راهها ارزان نمی‌باشد. لایروبی عمده، بیشترین هزینه را دارا می‌باشد و هزینه بعدی ممکن است برای لایروبی نگهداری کانال برای همیشه مورد نیاز باشد.

قبل از سرمایه‌گذاری طویل‌المدت که اثرات آن زمان زیادی طول می‌کشد تا در اقتصاد بندر ظاهر گردد، لازم است امکان سنجی اقتصادی، مالی هزینه و منافع، صورت گیرد.

هزینه‌های لایروبی عبارتند از سرمایه‌گذاری برای لایروبی اولیه و نیز هزینه‌های نگهداری بعد از آن می‌باشد. مزایای افزایش آب‌خور در اثر لایروبی عبارتند از:

- کاهش زمان انتظار کشتی‌ها در نتیجه تأمین میزان ارتفاع آب ناشی از جزر و مد برای کشتی‌های بزرگ.
  - کاهش تأخیر در تخلیه و بارگیری و این در نتیجه سرعت زیاد در امر تخلیه و بارگیری کشتی‌های بزرگ و نیز وجود تجهیزات با تکنولوژی پیشرفته.
  - افزایش تردد.
  - صرفه‌جویی در کرایه به لحاظ استفاده از کشتی‌های بزرگ و یا تخلیه و بارگیری به میزان بیشتر.
- هر دو هزینه و سود می‌بایست برای تعیین استمرار آن، عددی گردد.

#### هزینه‌ها

#### هزینه لایروبی اولیه (Capital Costs)

برآورد آن نوع هزینه، آسان می‌باشد. انجام لایروبی اولیه بوسیله فرموله کردن کمیتی و کیفیتی مواد لایروبی، شرایط محیطی که در آن لایروبی صورت می‌گیرد، امکان پذیر می‌باشد.

### هزینه لایروبی نگهداری (Maintenance Costs)

در زمینه هزینه‌های لایروبی نگهداری موارد زیادی دخیل می‌باشند، از جمله مقدار رسوب‌گذاری که لازم است تخمین زده شوند. برای یک کانال موجود تعمیق شده، اولین تخمین برآورد نسبت هندسی آن می‌باشد. برای یک کانال جدید التاسیس برآورد رسوب‌گذاری، منبع رسوب‌گذاری، مشخصات مواد ته نشین شده، الگوی رسوب‌گذاری فصلی، ترکیبات مواد، غلظت، اندازه دانه‌های مواد، می‌بایست تعیین گردد. علاوه بر اینها هزینه‌های آبی نیز می‌بایست برای انحرافات، و متغیرهای غیر قابل پیش‌بینی دیگر، تعیین شود.

با وجود همه اینها تنها امکان ارزیابی تخمینی وجود خواهد داشت.

### مزایا

#### الف - کاهش زمان انتظار

در اغلب بنادر از بالا آمدن آب مد برای پذیرش کشتی‌های بزرگ، استفاده می‌نمایند. کشتی‌ائی که به بندر می‌رسد می‌بایست منتظر بالا آمدن سطح آب مناسب برای عبور ایمن از کانال به سوی اسکله‌ها باشد (عمق

## هیدروگرافی و لایروبی در محدوده بنادر

لایروبی شده + سطح آب مد بالای مبنای نقشه). هر چه آبخور کشتی زیاد باشد مدت آب مد کوتاه خواهد بود.

کشتی‌ها زمان رسیدن خود را به کانال طوری تنظیم می نمایند که از آب مد برای عبور ایمن استفاده نمایند. در صورتیکه آب مد را از دست بدهند می بایست ۱۰-۱۲ ساعت برای مد بعدی منتظر بمانند.

با افزودن عمق لایروبی میزان مد برای کشتی‌های بزرگ نیز افزایش می یابد و نسبت زمان انتظار به محدودیت آب مد کاهش می یابد. کاهش هزینه در نتیجه کاهش زمان انتظار حاصل می گردد.

جدول زیر رابطه آبخور و هزینه را نشان می دهد:

نوع کشتی	آبخور	هزینه در ساعت (\$)
فله بر	بین ۳۴-۳۸ فیت	۴۰۰ دلار
	بین ۴۸-۵۰ فیت	۷۱۵ دلار
	بالای ۵۰ فیت	۸۲۵ دلار
کانتینر بر	بین ۳۴-۳۸ فیت	۶۸۰ دلار
	بین ۳۸-۴۰ فیت	۷۵۰ دلار
	بالای ۴۰ فیت	۹۰۰ دلار

## ب - کاهش کرایه

با افزایش آبخور اندازه کشتی قابل پذیرش نیز افزایش می یابد. هم هزینه‌های عمده و هم هزینه‌های جاری با پذیرش کشتی‌های بزرگ کاهش می یابد و در نتیجه باعث کاهش کرایه در اثر عمیق سازی کانال می‌گردد.

## تحلیل

هنگامیکه مزایا و هزینه‌ها کمی (عددی) شدند، تعمیق سازی کانال می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد و یا عمق مطلوب یک آبراه تعیین می‌گردد. با استفاده از هزینه‌ها و مزایا، تحلیل‌های مالی و اقتصادی می‌تواند با روش سنتی صورت گیرد. اگر چنانچه نرخ بازگشت داخلی منطقی باشد (بالای ۱۰٪) پروژه را می‌توان موفق تصور کرد.

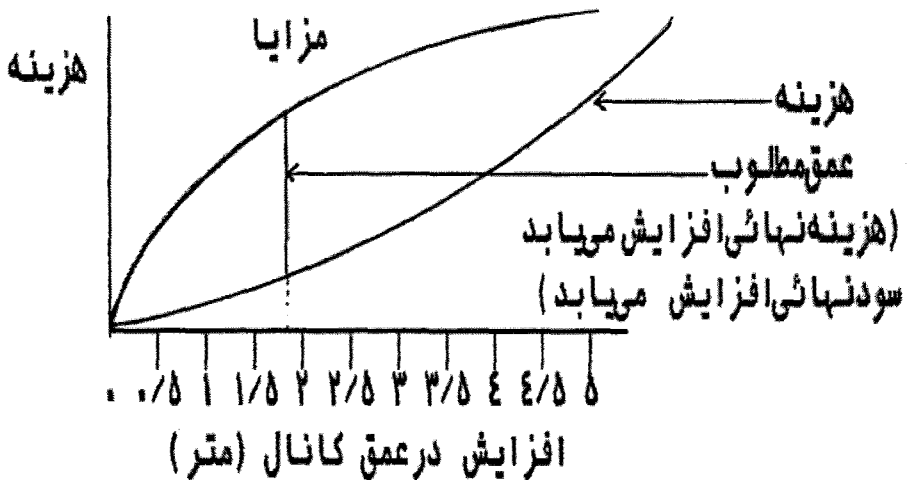
## عمق مطلوب یک آبراه

با افزایش عمق مزایای کانال دسترسی افزایش می یابد، لیکن نرخ افزایش در مزایا با افزایش عمق کانال دسترسی کاهش می یابد. از طرف دیگر

هزینه‌ها با افزایش عمق کانال دسترسی افزایش می‌یابد و نرخ افزایش به رشد خود ادامه می‌دهد.

عمق مطلوب آبراه در نقطه‌ای قرار می‌گیرد که در آنجا هزینه لایروبی اضافی با مزایای اضافی برابر می‌شود.

جدول زیر هزینه را در مقابل افزایش عمق نشان می‌دهد



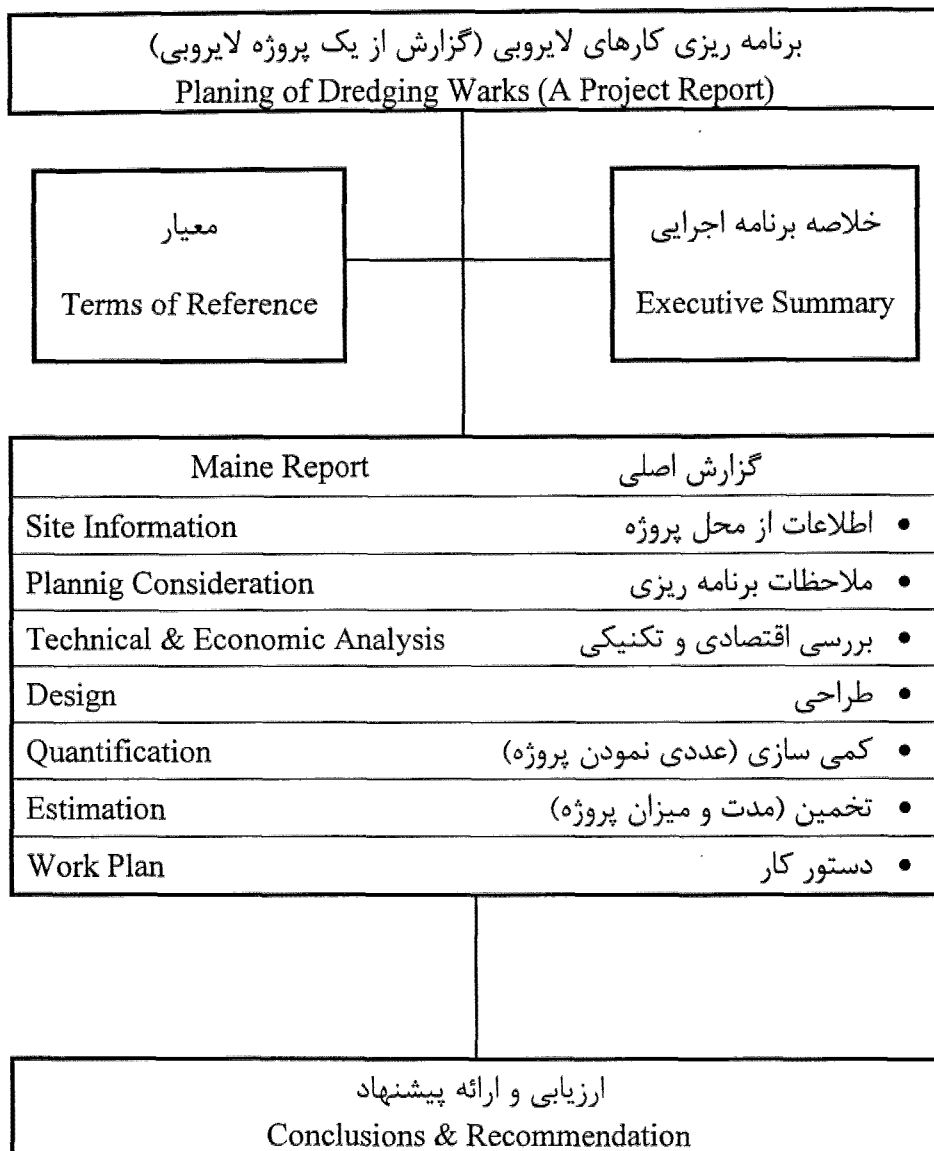


خلاصه

گامهای لازم برای تحلیل اقتصادی یک پروژه لایروبی:

- ۱- تهیه یک گزارش کامل از کلیه امورات لایروبی فعلی و آینده، حجم لایروبی، عمق مورد نیاز و هزینه‌ها
- ۲- تحلیل تردد کشتی‌های فعلی، کرایه، امکانات تخلیه و بارگیری، زمان انتظار و هزینه‌های ناشی از انتظار برای افزایش آب مد، محدودیتهای ناوبری و انحرافات فصلی
- ۳- تحلیل مشخصات ناوبری کانال: زمان عبور، اندازه جزر و مد، فاصله تحتانی کشتی از بستر کانال
- ۴- مزایای کاهش زمان انتظار کشتی، افزایش ترافیک و کاهش کرایه
- ۵- تحلیل هزینه - مزایا برای تأیید امکان پذیری یا انتخاب ابعاد مطلوب کانال

نمودار زیر ارزیابی یک پروژه لایروبی را نشان می‌دهد



لایروبیها و مشخصات آنها

Dredgers & Their Characteristics

لایروبیهای هیدرولیکی  
Hydraulic Dredgers

- لایروب مکنده مخزن‌دار  
Trailing Suction Dredger
- لایروب مکنده تیغه‌ای  
Cutter Suction Dredger
- لایروب سطلی چرخشی  
Bucket Wheel Dredger
- لایروب خاک اندازی  
Dustpan Dredger

لایروبیهای مکانیکی  
Mechanical Dredgers

- لایروب سطلی زنجیره دار  
Bucket Chain Dredger
- لایروب چنگکی مخزن‌دار  
Grab Hopper Dredger
- لایروب ملاقه‌ای  
Dipper / Backhoe Dredger
- لایروب چنگکی پاتونی  
Grab Patoon Dredger

لایروبیهای مخصوص  
Special Dredgers

- لایروب جت پمپ  
Jet Pump Dredger
- لایروب با نیروی باد  
Air Lift Dredger

انتخاب پروژه لایروبی  
Selection of Dredging Plant

- توالی  
Sequence
- مثالهای بارز  
Illustrative Examples

فهرست منابع

- 1- General Design Criteria for Depths of Dredged Navigational Facilities, Dredging Costal Ports, Marine Board, Commission on Engineering & Technical Systems, National Research Council, National Academy Press, Washington, Dc. 1985.
- 2- Permanent International Association of Navigation Congress, Report of the International Commission for the Reception of Large Ship.
- 3- Permanent International Association of Navigation Congress, Dimensions & Layout of Channels & Fairways (Report of Permanent Technical Committee II, Working Group No.7)
- 4- British Standard Specification (BSS) No. 5370 (Part I) 1984
- 5- Indian Standard Specification No. 4651 (Part V) 1980
- 6- J.V.D Weide & Others, Design & Operational Use of navigation Channels, Seatec V.
- 7- Technical Standards for Ports & Harbour in Japan 1980