دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
K. N. Toosi University of Technology
دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک
Geodesy & Geomatics Engineering Faculty

«هیدروگرافی»

مقدمه

تهیه کننده : بهمن تاج فیروز
1394

عناوین درس

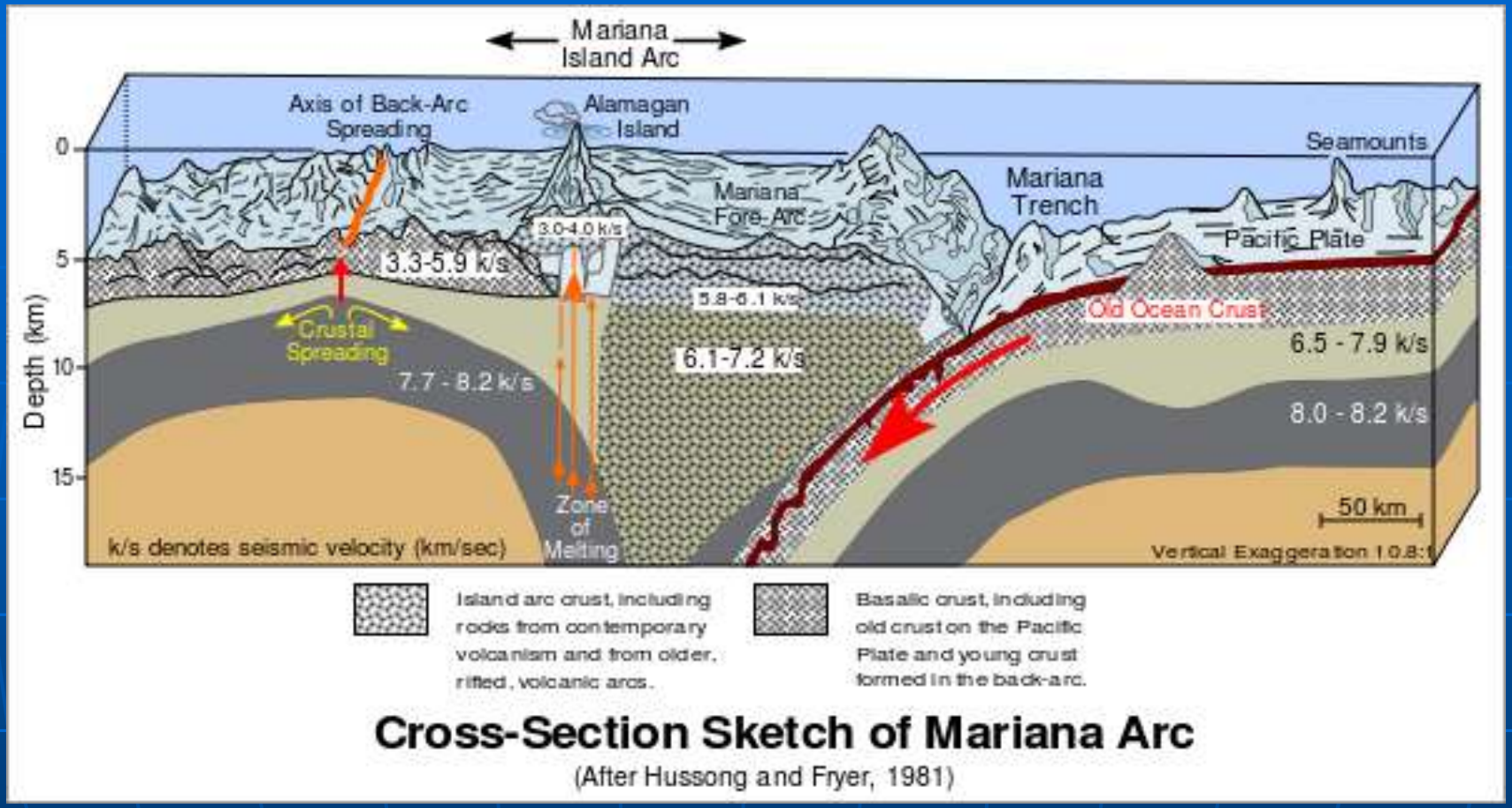
- مقدمات
- تعیین موقعیت در دریا- سامانه های GNSS
- امواج صوتی – خواص فیزیکی آب دریا-عمق یابی- دستگاه ها- کالیبراسیون
- کشند- نیرو های مولد کشند- سطوح جزرومدی – آنالیز کشند و پیش بینی

Hydrography

- Hydro + graphy
- Marine Surveying
- Ocean surfaces are more than 70% of the Earth surface.
- the ocean contains 97% of the Earth's water
- Atlantic :Pacific :Indian (Persian Gulf + Oman Sea)
- Arctic , Antarctic
- Max Land Height (Altitude): 8,848 m
- average depth of 3,682 metres
- maximum depth is 10,923 metres
- **average depth of the ocean is about 4 times greater than the average elevation of the land**

Hydrography

- The **Mariana Trench** or **Marianas Trench** is the deepest part of the world's oceans.
- It is located in the western Pacific Ocean, to the east of the Mariana Islands.

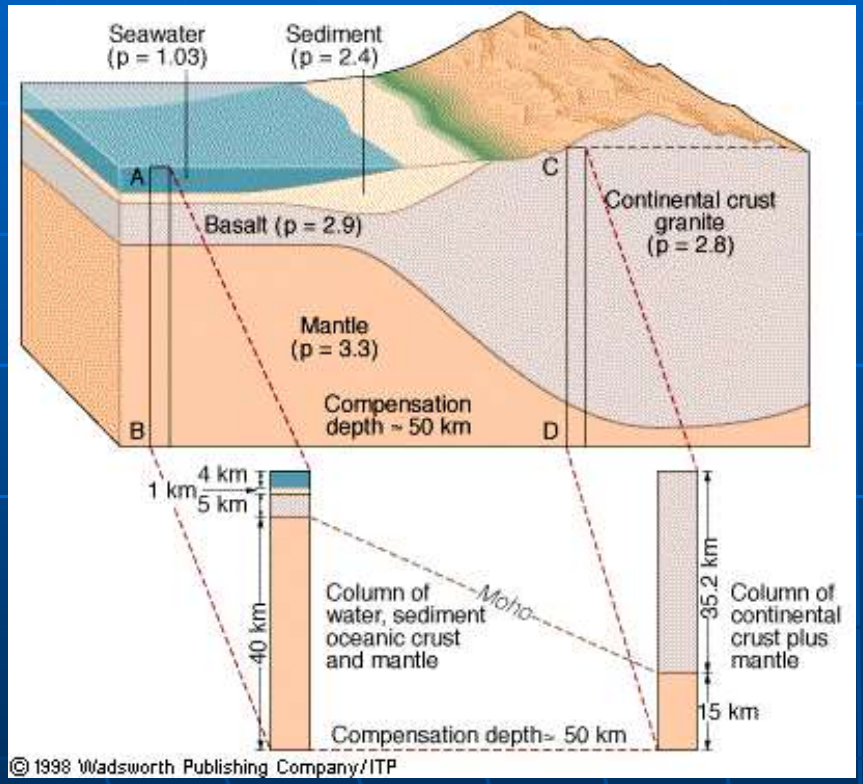


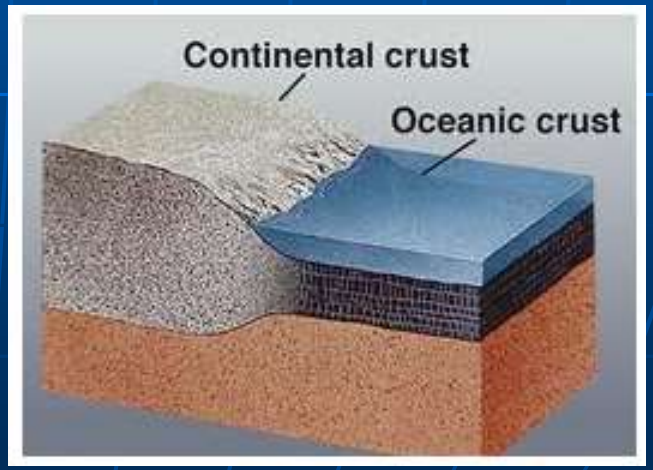
Cross-Section Sketch of Mariana Arc

(After Hussong and Fryer, 1981)

Marianas Trench

Oceanic Crust





Hydrography

- Hydrography involves the surveying and mapping of rivers, lakes and oceans which gives us information about what the seafloor and movement of water above that seafloor looks like.
- Hydrographic information in its most public form is published as nautical charts and sailing directions both digitally and in hardcopy.
- In a strictly navigational context, these publications are critical for providing mariners with the information they need to navigate ships safely and efficiently.
- Used in conjunction with meteorological information, nautical publications provide a basis for decision making on where and when a ship can be taken.
- High resolution hydrographic information in the form of seabed imagery provides a basis for engineering decisions on matters such as where to locate subsea installations such as pipelines or communications cables.
- It also provides useful base mapping for the support of scientific research.

access to harbours and navigable

- But what makes waters navigable?
- Knowledge of water depth, hazards, tides and current
- Hydrographic information provides the basis for this knowledge
- Bringing goods to and from market by sea; access to fisheries, sources of energy and rich natural resources at sea all depend on sound hydrographic information.
- transportation

hydrographic information

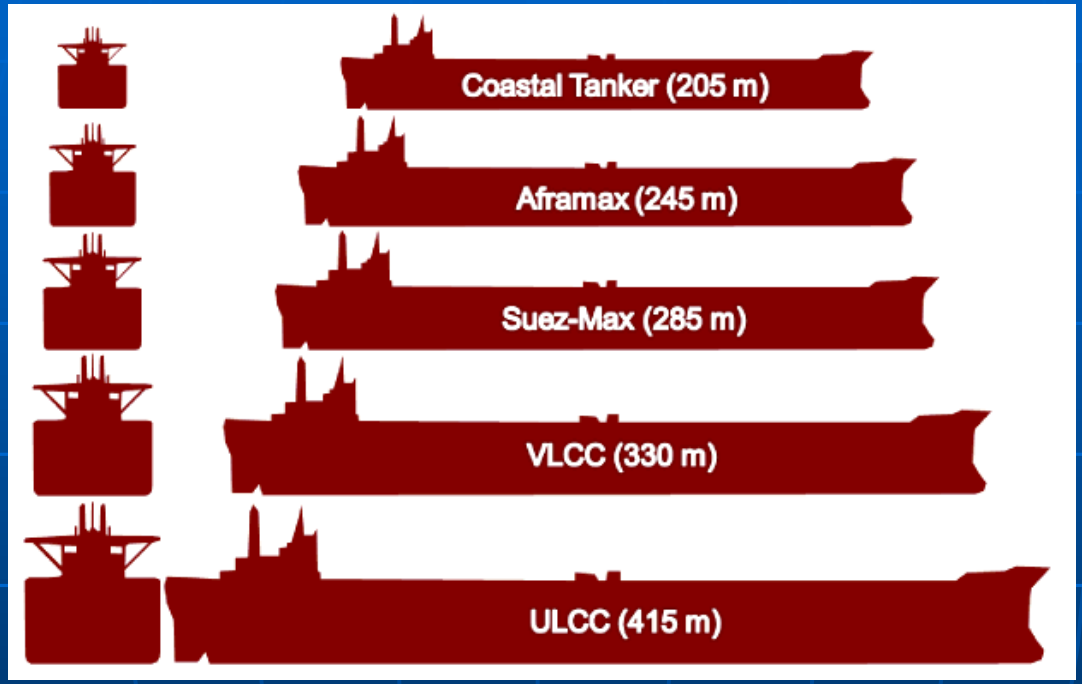
- **Exploration and Extraction (Gas and Oil),**
- **Installations (oil /gas platform rig);**
- **Resource development,**
- **Port construction;**
- **Coastal managements;**
- **Dredging and maintenance;**
- **Electricity Plant;**
- **Energy Productions (Tides ,Currents ,Winds);**
- **Desalination plants;**
- **Harvesting and Extraction;**
- **Transportation of people and cargo;**
- **Navigation (Merchant and military fleets);**
- **Aquatic Science;**
- **Fishing;**
- **National sovereignty and defence;**
- **Resorting/Surfing/sailing;**
- **all of which support economic development,are enabled by hydrographic information.**

Oil Rig/Platform

(VLCC و ULCC)

- "Supertankers" are the largest tankers, including very large crude carriers (VLCC) and ULCCs with capacities over 250,000 DWT.
- These ships can transport 2,000,000 barrels (320,000 m3) of oil/318 000 metric tons.
- By way of comparison, the IR o about 1.6 million barrels (250,000 m3) of oil per day in 2009.
- **Deadweight tonnage** (DWT)is a measure of how much weight a ship is carrying or can safely carry.

Tanker size


Coastal Tanker (205 m)
Aframax (245 m)
Suez-Max (285 m)
VLCC (330 m)
ULCC (415 m)

بنادر

Costa Concordia **cruise ship accident**

the grounded cruise ship Costa Concordia off the Tuscan island of Giglio, Italy,

Costa Concordia cruise ship accident

Event	Grounding of cruise ship *Costa Concordia*
Cause	Ran aground on a reef
Location	Off Isola del Giglio, Tuscany, Italy
Date	13 January 2012
Captain	Francesco Schettino
On board	
Losses	32 dead, 2 missing and presumed dead and 64 injured
Operator	Costa Cruises

conclusion

- Through surveys and mapping (charting), surveyors have always played a role in supporting development and thus provide an essential connection between hydrography and the basis for a sustainable economy.
- http://www.fig.net/pub/figpub/pub57/pub57_full.pdf
- Report on the Economic Benefits of Hydrography

منابع

- هیدروگرافی برای مهندسان نقشه بردار-بهمن تاج فیروز ناشرسازمان نقشه برداری کشور-1388
- هیدروگرافی –ترجمه حسین رضا نیا
- شناحت کشند – مترجمین تاج فیروز- رضا نیا
- دستورالعمل های همسان نقشه برداری- جلد 7 آبنگاری
- Manual on Hydrography(IHO M-13)-IHO;2005(last edition 2011)
- Hydrography ; C.D. de Jong, G. Lachapelle,S. Skone, I.A. Elema – Delft university ; 2002
- Admiralty Manual of Hydrographic Surveying Vol. I @ II- Admiralty hydrogr. dept
- Hydrographic Surveying, engineering and design- USCE
- Sea Surveying; Alan E. Ingham
- Hydrography for the surveyor and engineer; Alan E. Ingham
- Hydrographic Surveying; Elementary.; Stuart Victor Semour Craigie Messum,2012
- General instructions for the hydrographic surveyors (GIHS)- Admiralty hydrogr. dept
- Hydrographic Dictionary; IHO
- IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44); 2008

سازمان های بین المللی

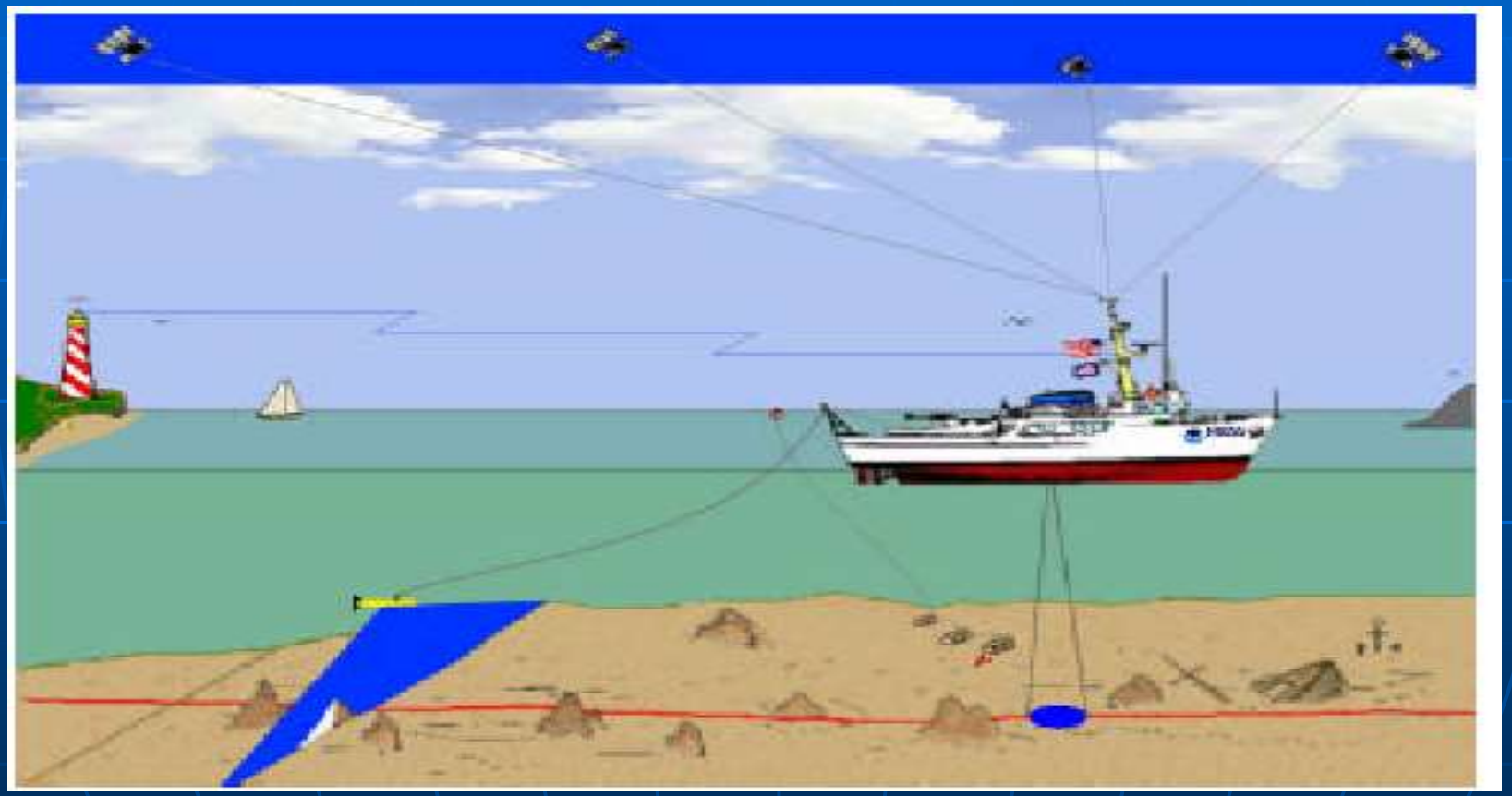
- International Hydrographic Organization (IHO)
- International Federation of Surveyor (FIG)
- IOC
- IMO
- SOLAS
- UKHO
- NOAA

سازمان های ملی

- سازمان نقشه برداری کشور
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
- شرکت ملی نفت ایران
- صنایع نفت وگاز (اکتشاف و استخراج)
- سازمان بنادر و دریانوردی
- نیروی دریایی
- شیلات (ماهیگیری و پرورش ماهی و آبزیان) – ساخت و مدیریت بنادر صیادی
- وزارت خانه های راه – نیرو- مخابرات- توریسم
- صنایع بندرسازی و لایروبی
- کشتیرانی تجاری و نظامی و تفریحی
- مدیریت منابع آب (سدها و دریاچه ها – رودخانه)
- مهندسین مشاور (طراحی سازه های بندری و دریایی –نفت وگاز- و غیره)
- مهندسین مشاور هیدروگرافی و نقشه برداری

- منشاء فن نقشه برداری دریائی به نیاز دریا نوردان به نقشه هائی دریائی (Chart) برمی گردد . اگرچه قدیمی ترین نقشه های دریائی درقرن چهاردهم میلادی درایتالیا تهیه میشد ، اما شواهد موجود نشانگر دسترسی دریانوردان درگذشته های دوربه بعضی اطلاعات توصیفی بوده است . درطول قرون بیشترفعالیتهای هیدروگرافی تقریبا بطور کامل اختصاص به ماهیگیری وصنایع کشتیرانی داشته واین فعالیتها با روشها وابزارنامناسب (نسبت به استانداردهای امروز) انجام میشد . پس ازپایان جنگ جهانی دوم وآغاز رشد وتوسعه سریع تکنولوژی ، فعالیتهای دریایی که موجب اصلی آن نیازبشر به منابع غذائی ، معدنی وانرژی میباشد ، تحرک بیشتری یافت . با افزایش این فعالیت ها حوزه عملکرد نقشه برداری دریائی گسترش یافت . علاوه براینها نیازبه اطلاعات دقیق دراین زمینه وهمچنین استخراج واستفاده ازنتایج اطلاعات بطور همزمان (Real Time) براهمیت هیدروگرافی

«هيدروگرافي عبارت‌است از علم اندازه گيري و ترسيم پارامترهايي براي توصيف دقيق طبيعت و شكل بستر دريا نسبت به‌موقعيت جغرافيايي عوارض زمين و ديگر ويژ گي حركت‌هاي دريا.»

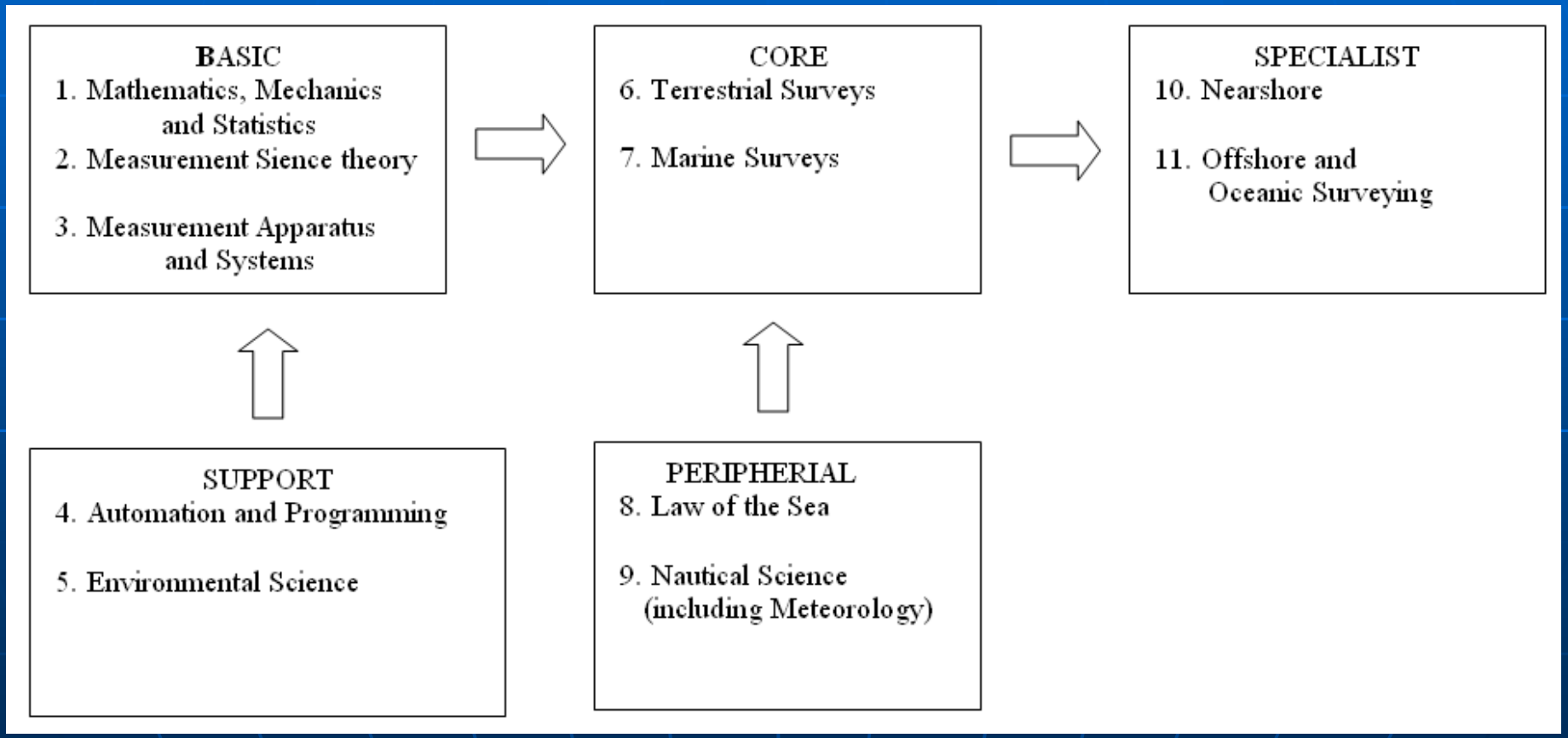


- به‌عبارت دیگر، هیدروگرافی (آب‌نگاری) شاخه‌ای از علوم کاربردی است که در بارهٔ اندازه‌گیری و توصیف عوارض توپوگرافی بستر، زیربستر، خواص فیزیکی دریاها، مناطق ساحلی مجاور آن‌ها، و سایر منابع آبی دیگر و پدیده‌های مرتبط با دریا نظیر کشند، جریان‌های آبی، حفاظت از محیطزیست و . . . بحث‌می‌کند.
- مهمترین هدف هیدروگرافی تهیه چارت های ناوبری به منظور ناوبری بی خطر(ایمن) می باشد.

- به همین جهت نیازبه نقشه بردارانی که درزمینه های مختلف مربوط آگاهی های وسیعی دارند ، احساس میشود. این نیازتوسط جامعه نقشه برداران دریائی مورد توجه قرارگرفته وتوسط گروههای تعیین استاندارد وبرنامه های آموزشی درسازمانهای (FIG/IHO) پیشنهاد شده است که :

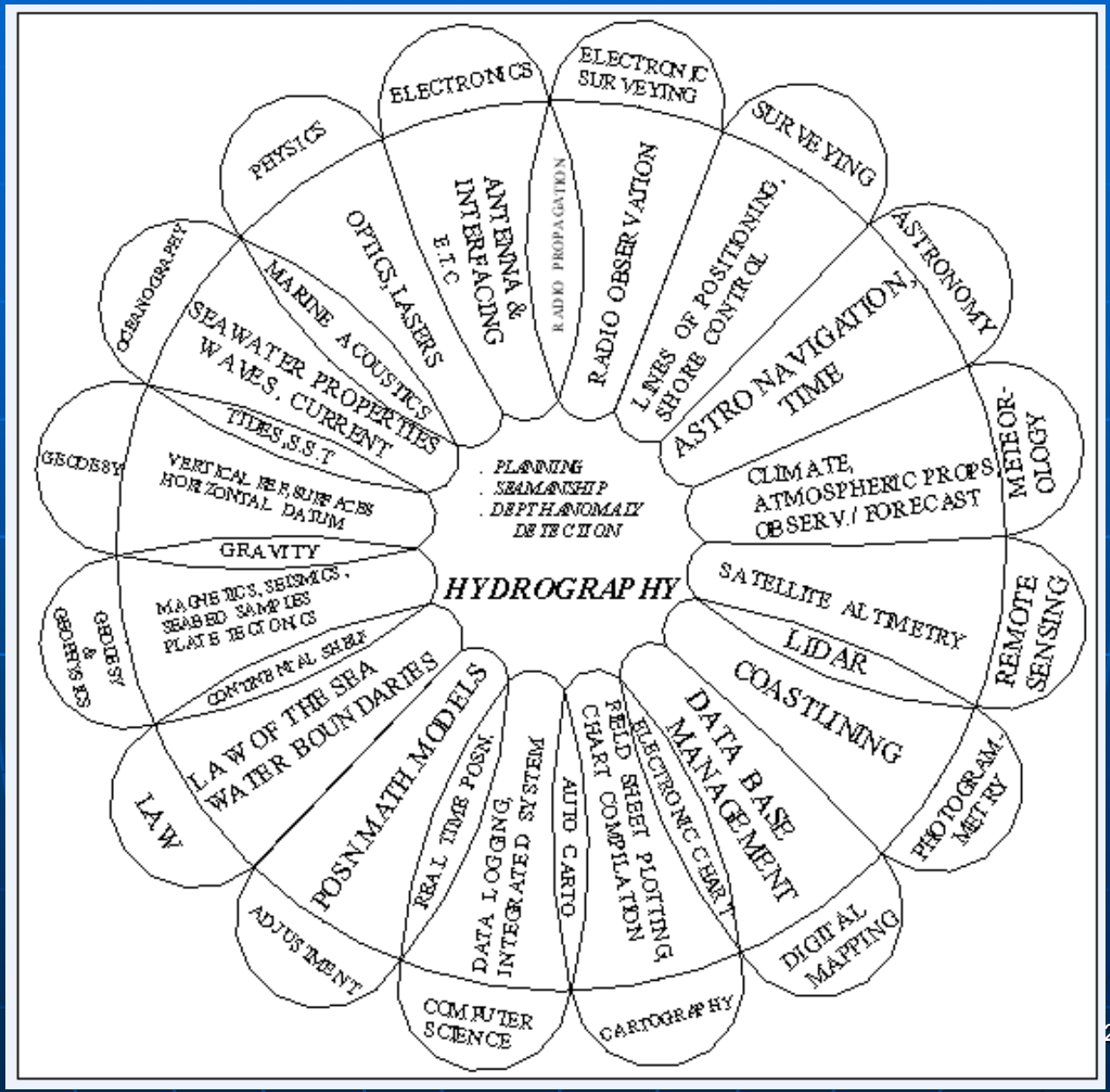
یک نقشه بردار دریائی به منظوربالا بردن توانائی های خود بایستی آموزش جامع ووسیعی درتمام زمینه های نظری وعملی هیدروگرافی ورشته های وابسته دیده باشد . بنابراین یک هیدروگراف با تجربه بایستی قادر به طراحی وهدایت هرگونه عملیات هیدروگرافی بوده ومسئولیت اجرای کامل ودقیق آنها را به عهده گیرد ونیزدرعملیات هیدروگرافی با خلاقیت تمام قادربه ارزیابی اطلاعات بدست آمده باشد .

برنامه پیشنهادی IHO/FIG برای نائل شدن به مهارتهای بنیادی هیدروگرافی



مباحث

- نقشه برداری هیدروگرافی بعنوان مبحثی ویژه ارتباط تنگاتنگی با دیگر شاخه های علوم دارد



کجا،چگونه و چرا چارت ناوبری را به کار می بریم؟

THE RESULT OF AN INADEQUATE HYDRO-CARTOGRAPHIC CAPABILITY

ناوبری ایمن

سازمان های بین المللی هیدروگرافی و دریایی

- International Hydrographic Organization (IHO)
- International Federation of Surveyor (FIG)
- IOC
- IMO
- SOLAS
- UKHO
- NOAA

IHO MEMBER STATES
2013

International Hydrographic Organization
Organisation hydrographique internationale (French)

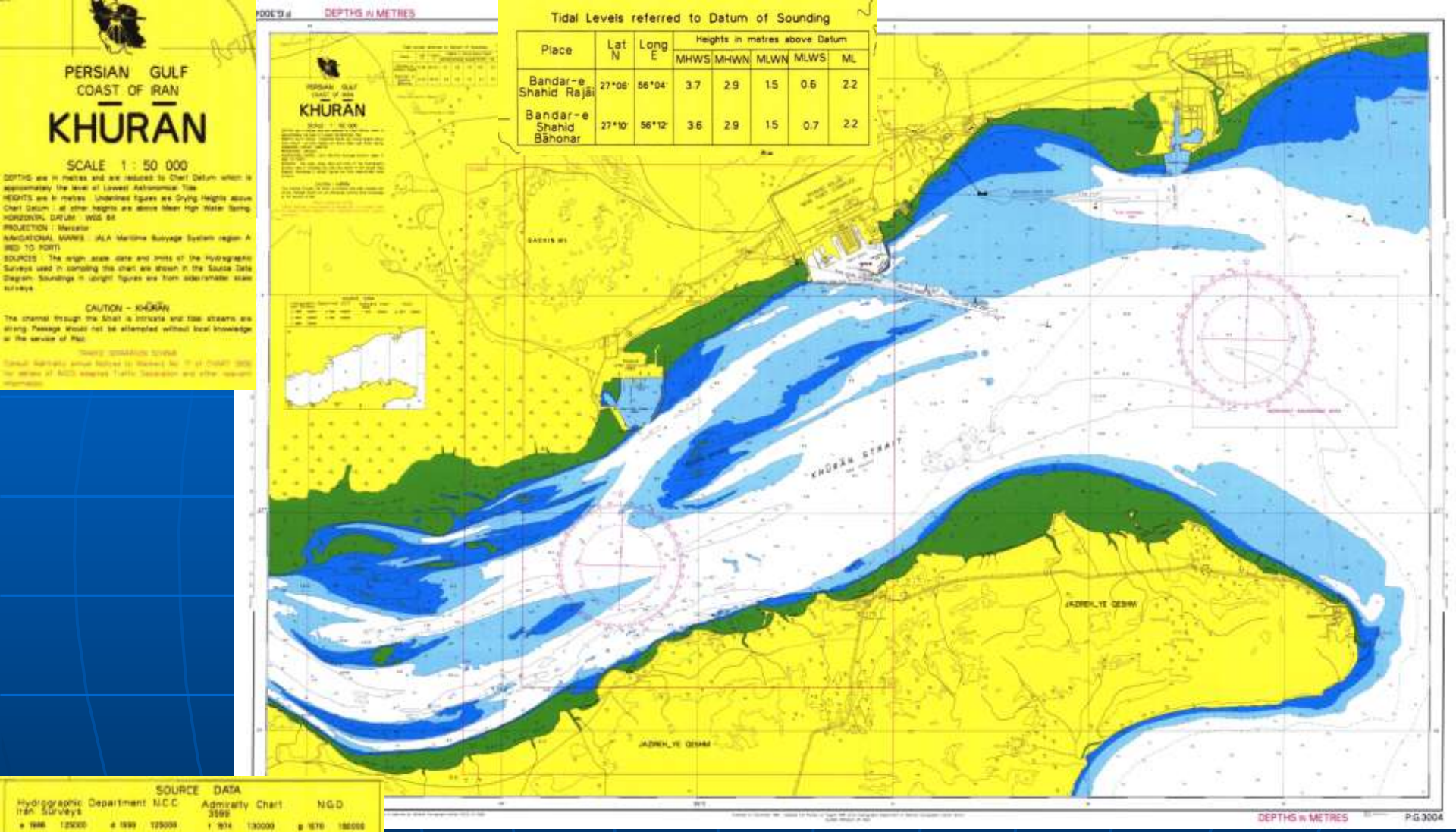
Member states
Approved, but awaiting membership
Membership applications

Formation	21 June 1921
Headquarters	International Hydrographic Bureau
Location	Monaco
Membership	81 States
Official languages	English, French
Directing Committee	Robert Ward (Australia) President Mustafa Iptes (Turkey) Director - Regional Coordination Programme Gilles Bessero (France) Director - Technical Programme
Website	http://www.iho.int/

سازمان های ملی هیدروگرافی و دریایی

- سازمان نقشه برداری کشور –مدیریت هیدروگرافی
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح- مدیریت هیدروگرافی
- سازمان بنادر و دریانوردی
- مرکز ملی اقیانوس شناسی
- سازمان شیلات
- شرکت ملی نفت
- صنایع دریایی
- سازمان زمین شناسی
- بخش خصوصی - مهندسین مشاور- لایروبی و مهندسی دریایی

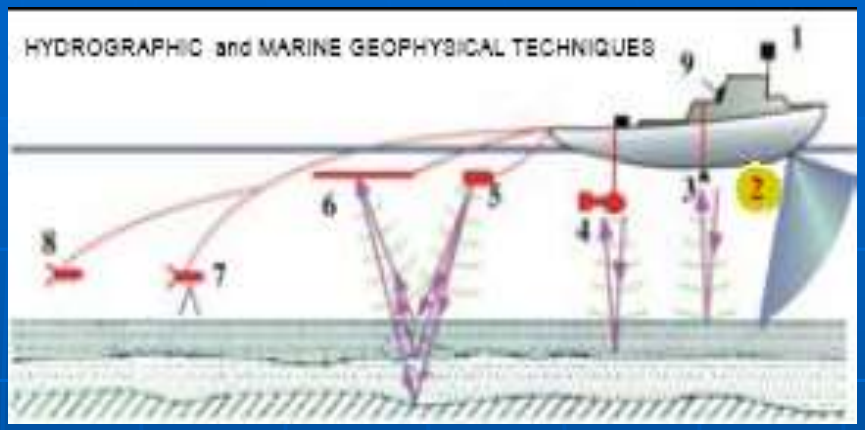
چارت ناوبری بندر بوشهر
(سازمان نقشه برداری کشور)



چارت ناوبری منطقه خوران
(بندرعباس- جزیره قشم)

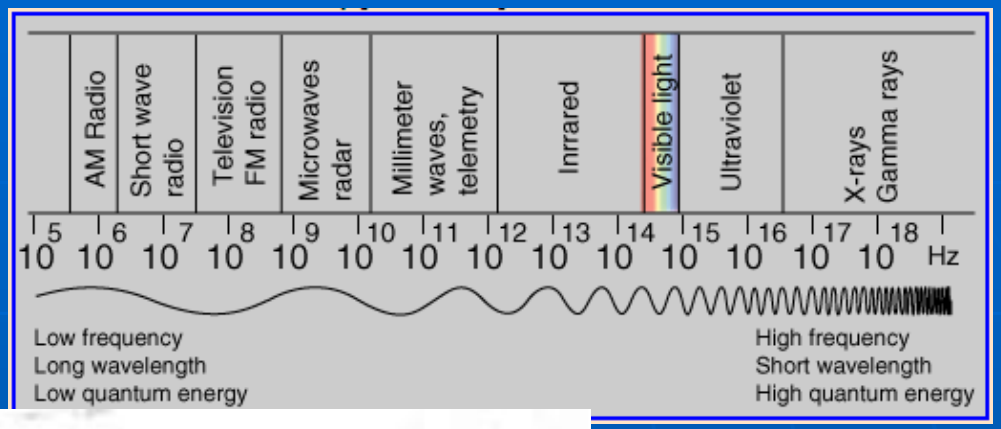
اختلافات عمده بین تعیین موقعیت دردریا وزمین

- **1-عوارض ساخته شده وثابت دردریا بندرت یافت میشود و اینکه برخلاف خشکی، دردریا ایستگاه مشاهدات ثابت نبوده وبطورمداوم درحال حرکت است (حرکت چندمتردرثانیه یک کشتی).**



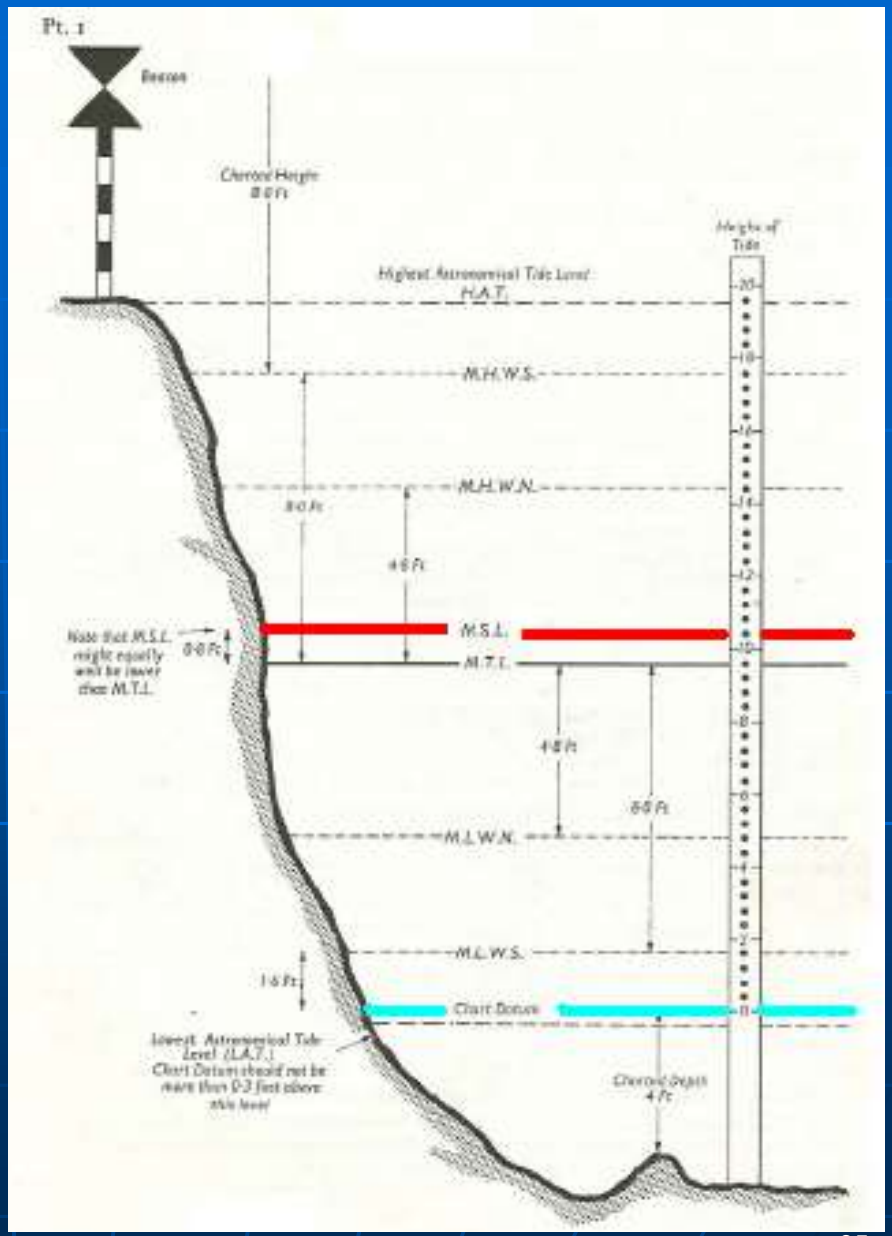
- دستگاههای تعیین موقعیت دردریا میبایست بطورپیوسته ومداوم قادربه اندازه گیری برای تعیین وتعبیر موقعیت باشند . درحالیکه این نوع تعیین موقعیت درخشکی ضروری نبوده ونیزدقتهای بدست آمده تحت این شرایط دردریا همواره کمتراست .

2- انتشارامواج الکترومغناطیسی: دستگاههای EDM (فاصله یابهای الکترومنیتیک)که درژئودزی مورد استفاده قرارمیگیرنددارای امواج مایکروویوو یامادون قرمز بادید مستقیم (L.O.S) میباشند . دردریا فواصل ورای خط دید بایستی اندازه گیری شوند وبنابراین امواج الکترومنیتیک با فرکانس های پائین تری مورد استفاده قرارمی گیرند . مدت زمان (t) انتشاراین امواج را نمی توان با استفاده ازسرعت ثابت (v) برای فواصل (x) خط دید مستقیم تعیین نمود (x = vt) . وهمینطورمیبایست یک نوع کاملا جدید ازامواج برای عبورازلایه های آب درنظرگرفت (امواج الکوستیکی). سرعت امواج



- **3-** ارتفاع وعمق:

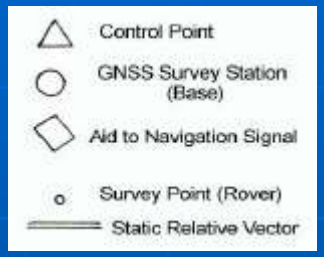
درخشکی ارتفاع ازژئوئید ودردریا ازکف بستر دریا تاسطحی نزدیک به ژئوئید اندازه گیری میشود . ازآنجائیکه سطح دریا توسط جزرومدوجریانهای آبی وبادنوسان می نماید بنابراین اندازه گیری نیزتحت تاثیرفوق میباشد بواسطه اینکه سطح متوسط دریاها (M. S. L) بعنوان سطح مبنای ارتفاعی میباشد. بنابراین عمق یابی (Sounding) وترازیابی (Levelling) ارتباط نزدیکی به هم دارند ، اگرچه بندرت ارتفاع وعمق نسبت به یک مسطح مبنا اندازه گیری میشوند .

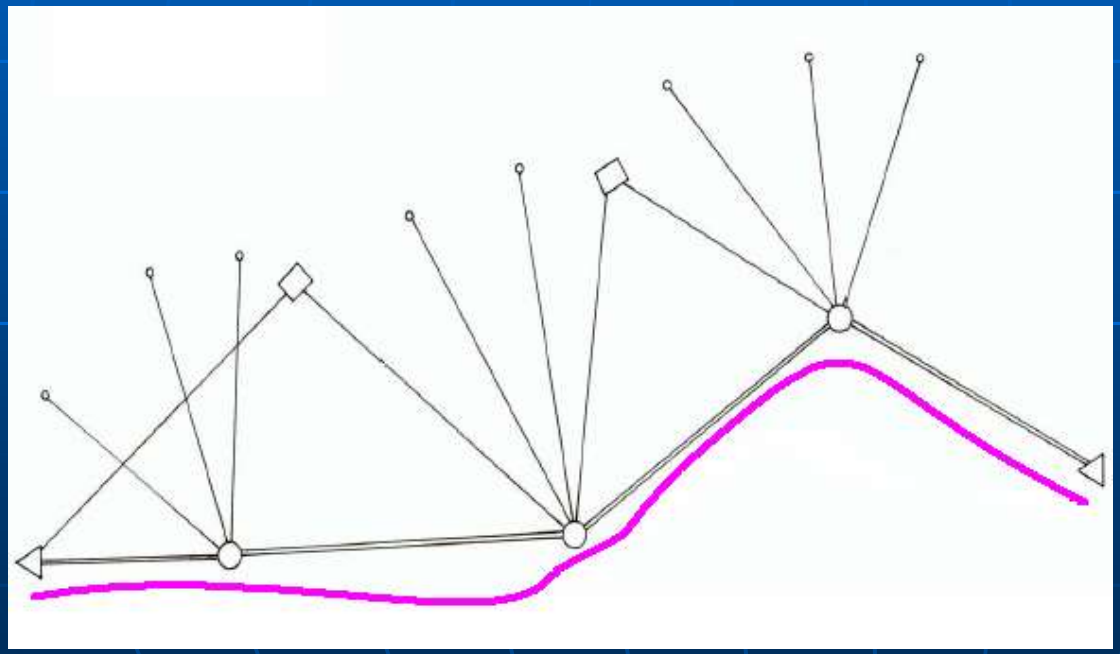


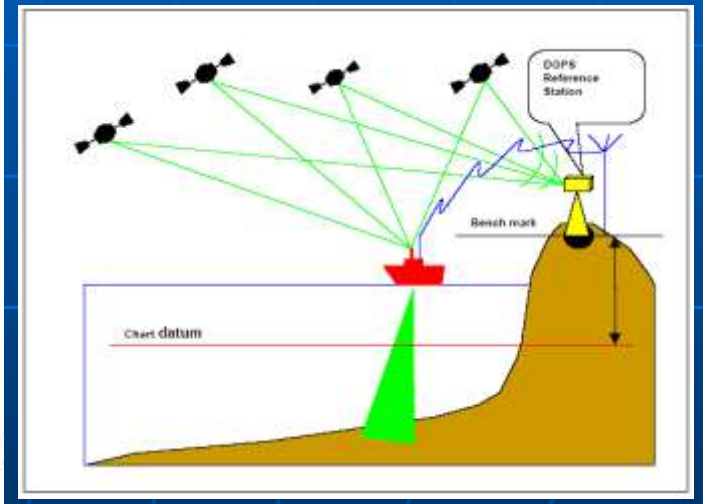
وظایف و اهداف

1. ایجاد نقاط کنترل ساحلي از شبکهٔ ژئودتيك
2. تعیین‌موقعیت افقی شناور هیدروگرافی
3. تعیین‌عمق
4. مشاهدات نوسانات سطح آب
5. عمل جاروب نمودن، تعیین و آشکارسازی عارضه‌هاي خطرناك زيرآبي
6. اندازه‌گیری و بررسی جریان‌هاي آبي و كشندي
7. تعیین‌موقعیت مکانی عوارض ساحلی و دریایی، که برای امور ناوبری کاربرد دارند
8. نمونه‌برداري از بستر دريا
9. تعبیر و تفسیر لایه‌های زیربستر دریاها به‌لحاظ ساختار زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی
10. بررسي توپوگرافي و ژئومورفولوژي كف دريا

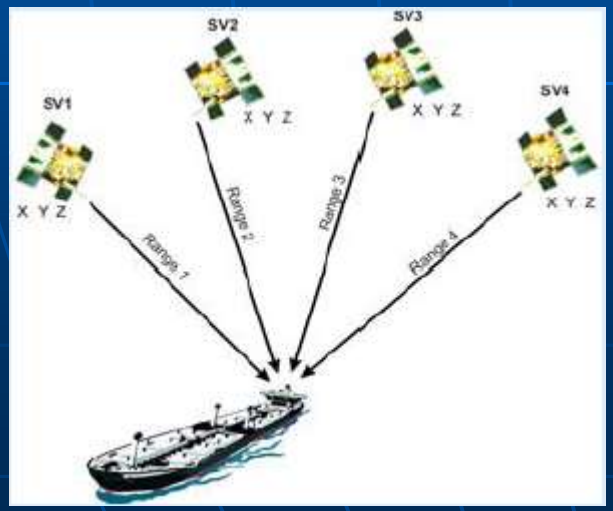
1. ايجاد نقاط كنترل ساحلي از شبكهٔ ژئودتيك



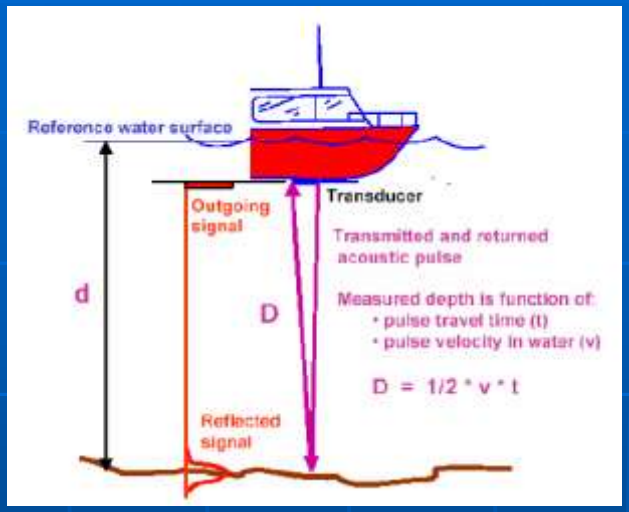


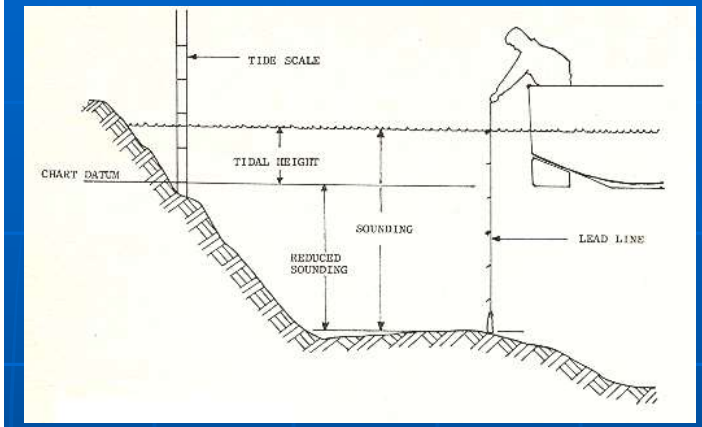


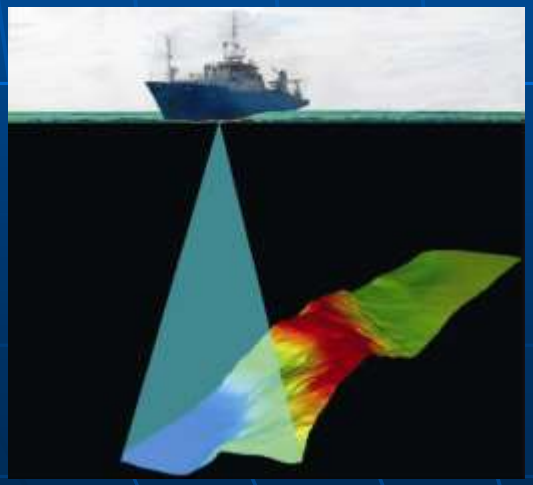
2. تعیین‌موقعیت افقی شناور هیدروگرافی

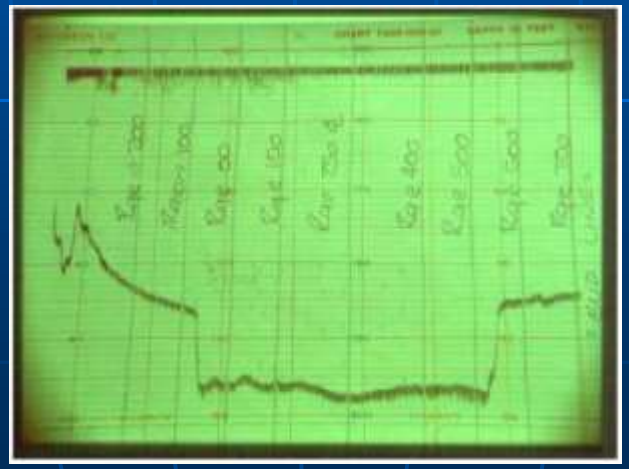


3. تعیین عمق

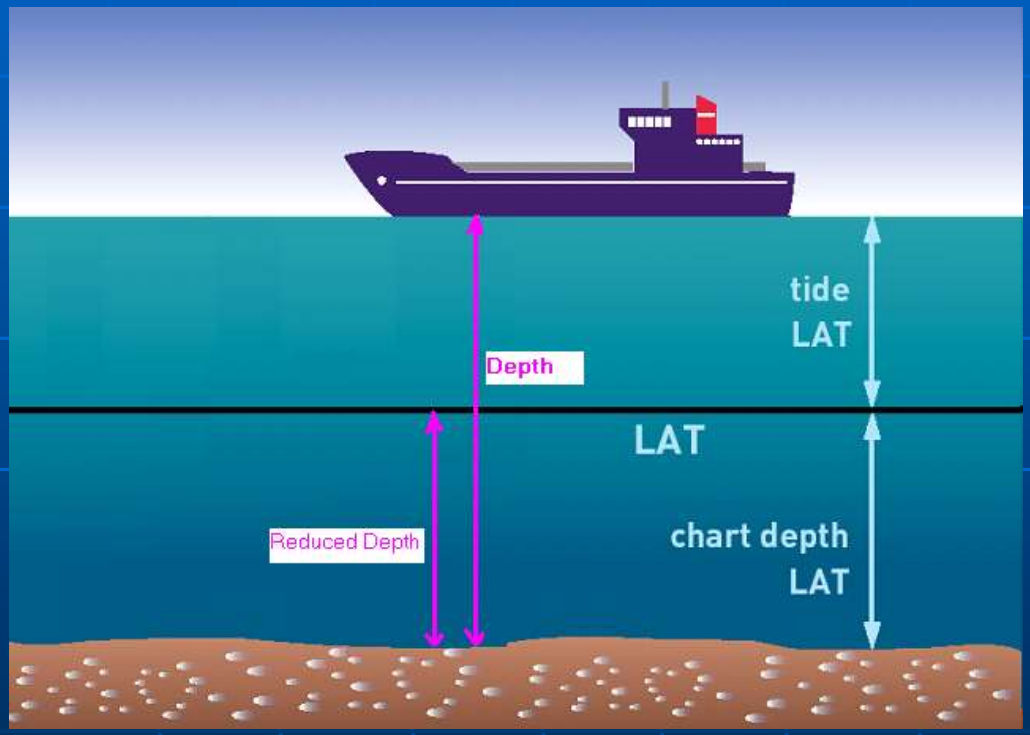

Reference water surface
Transducer
Outgoing signal
Transmitted and returned acoustic pulse
d
D
Measured depth is function of:
• pulse travel time (t)
• pulse velocity in water (v)
D = 1/2 * v * t
Reflected signal

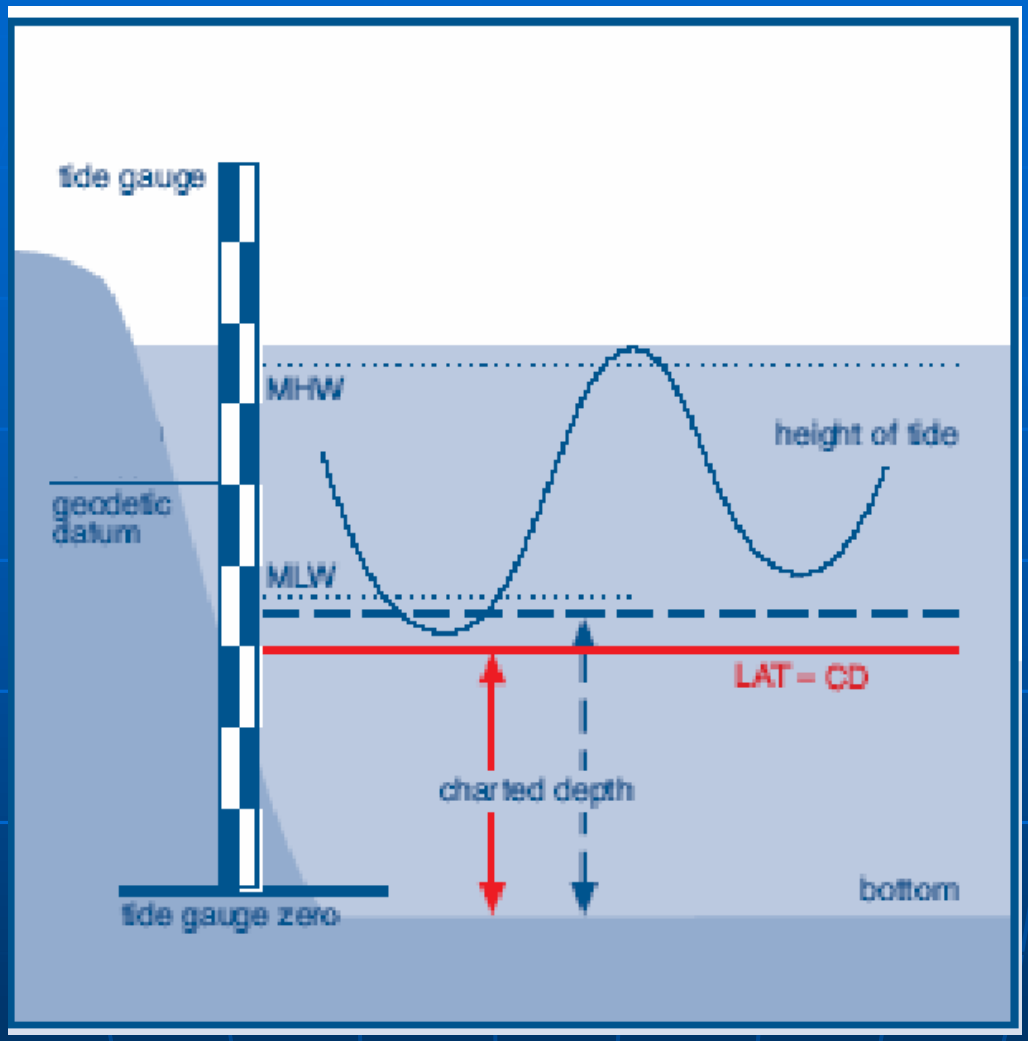

TIDE SCALE
TIDAL HEIGHT
CHART DATUM
SOUNDING
REDUCED SOUNDING
LEAD LINE





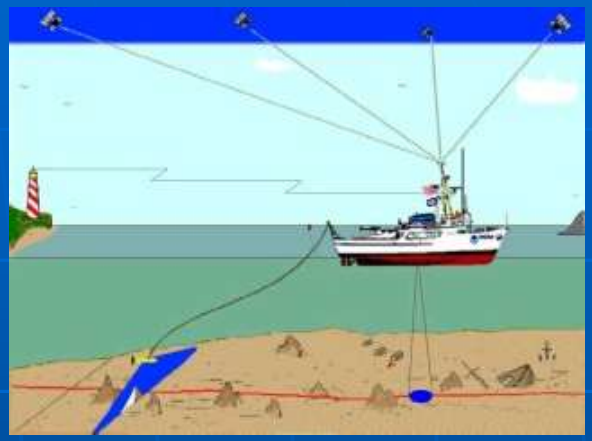
4. مشاهدات نوسانات سطح آب

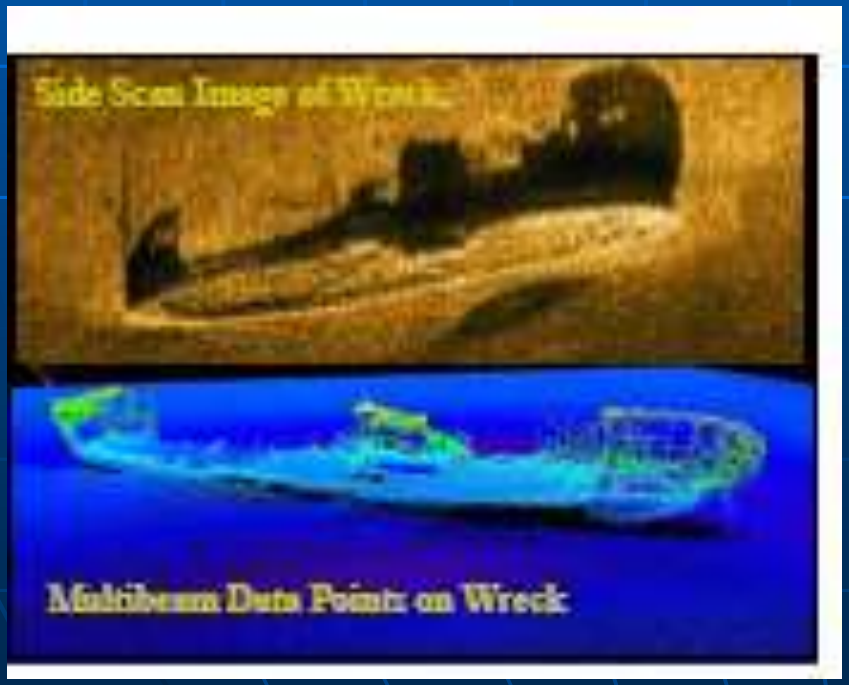


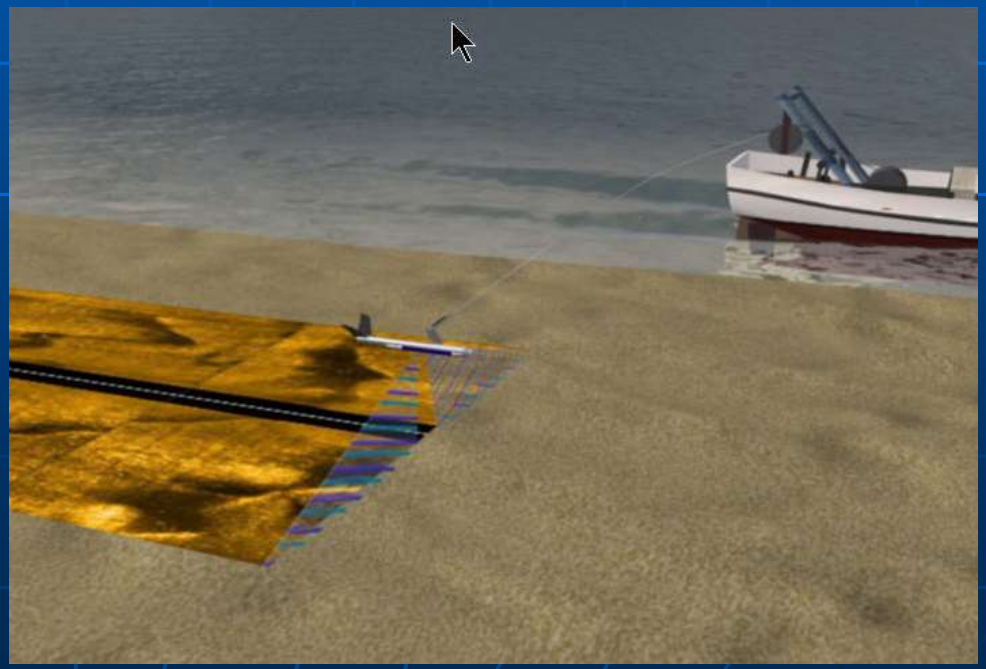


اندازه‌گیری کشند نسبت به‌سطح‌مبنای عمق‌یابی (CD) بر روی اشل‌کشند (Tide pole)

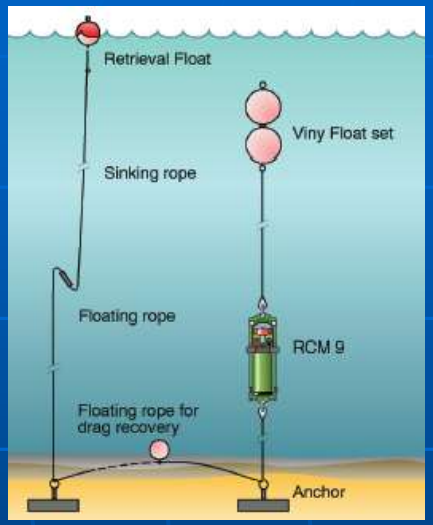
5. عمل جاروب نمودن، تعيين و آشكارسازى عارضه‌هاي خطرناك زيرآبي

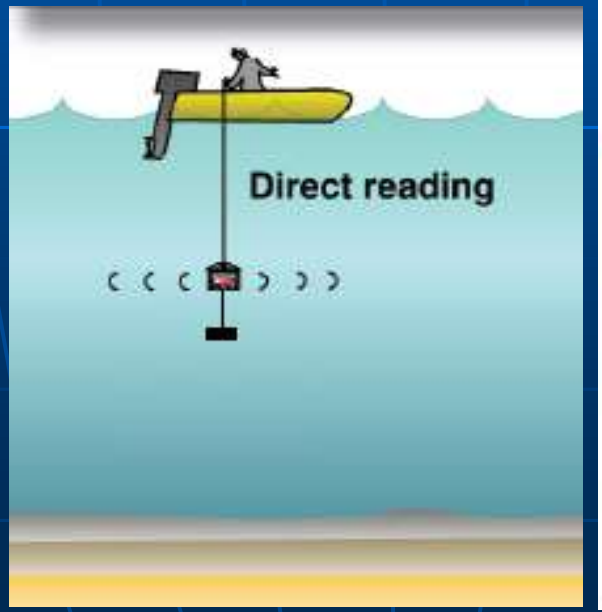


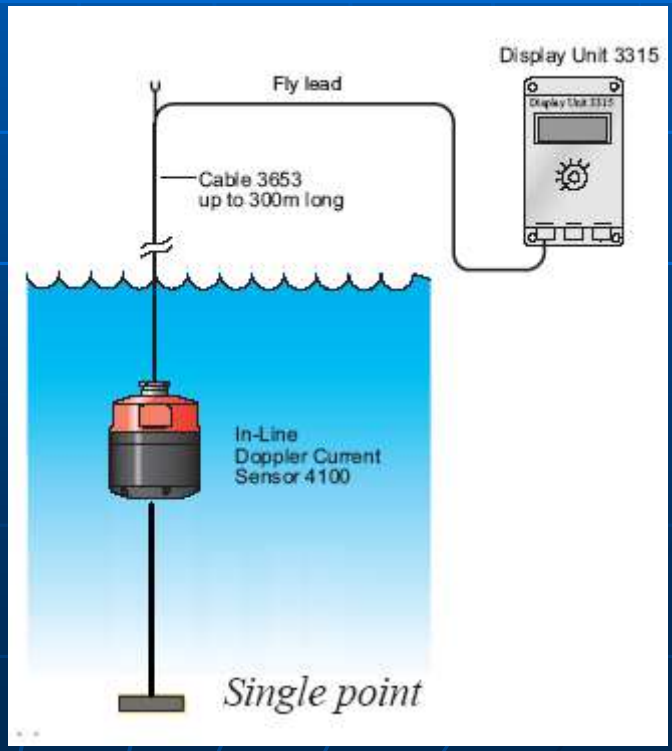




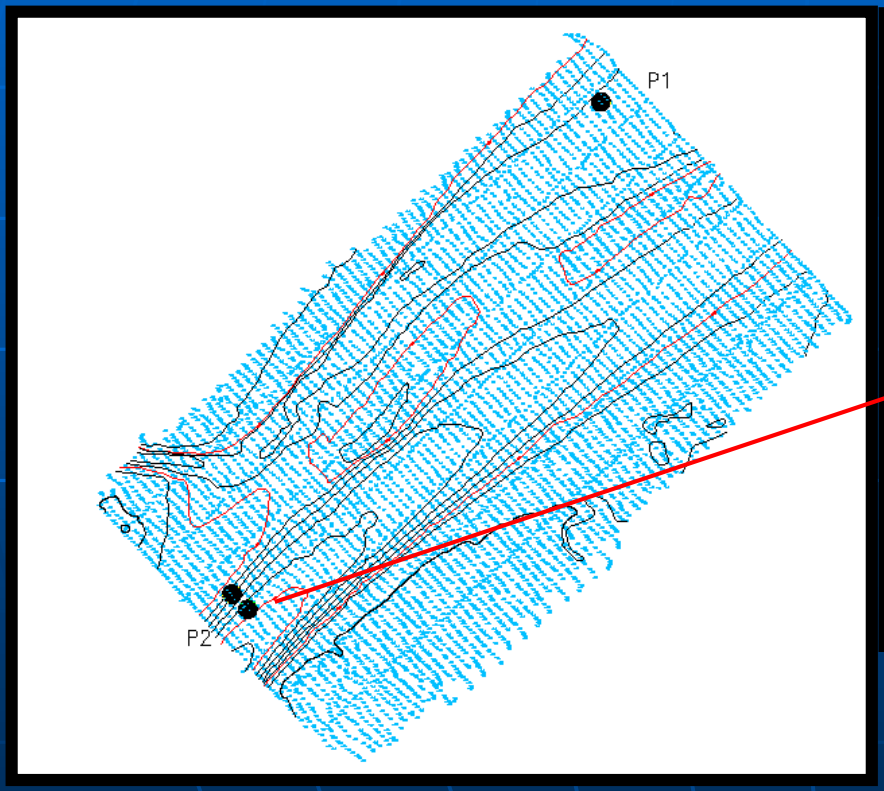
6. اندازه‌گیری و بررسی جریان‌هاي آبي و کشندي

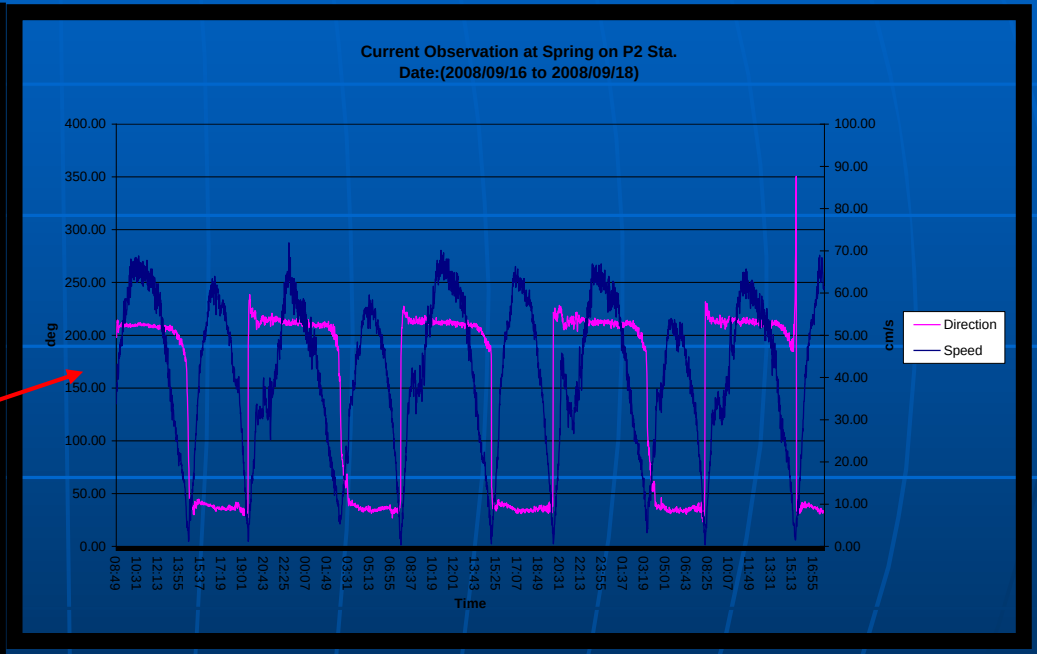






مقادیر وسرعت و جهت جریان

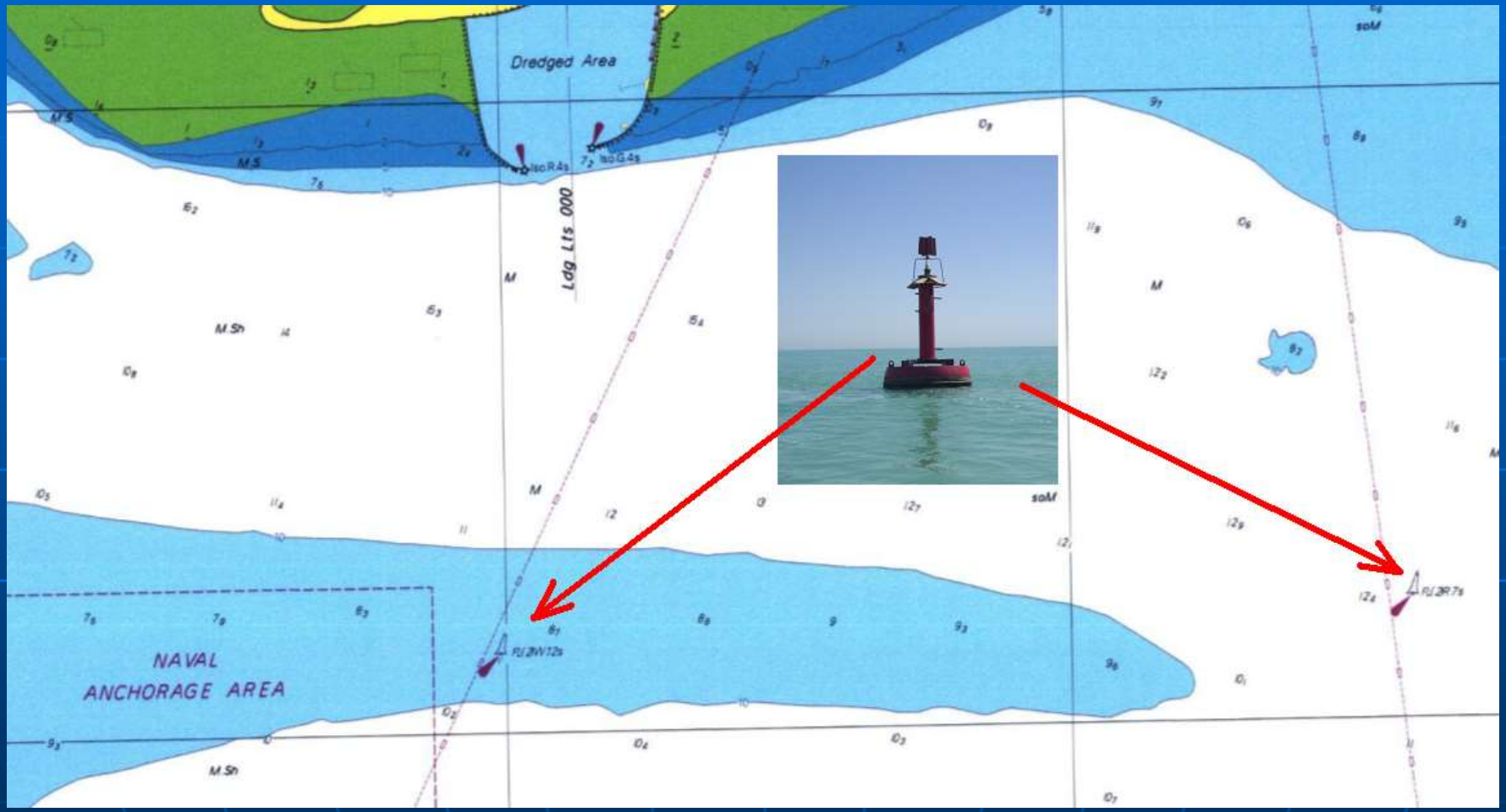




7. تعیین‌موقعیت مکانی عوارض ساحلی و دریایی، که برای امور ناوبری کاربرد دارند

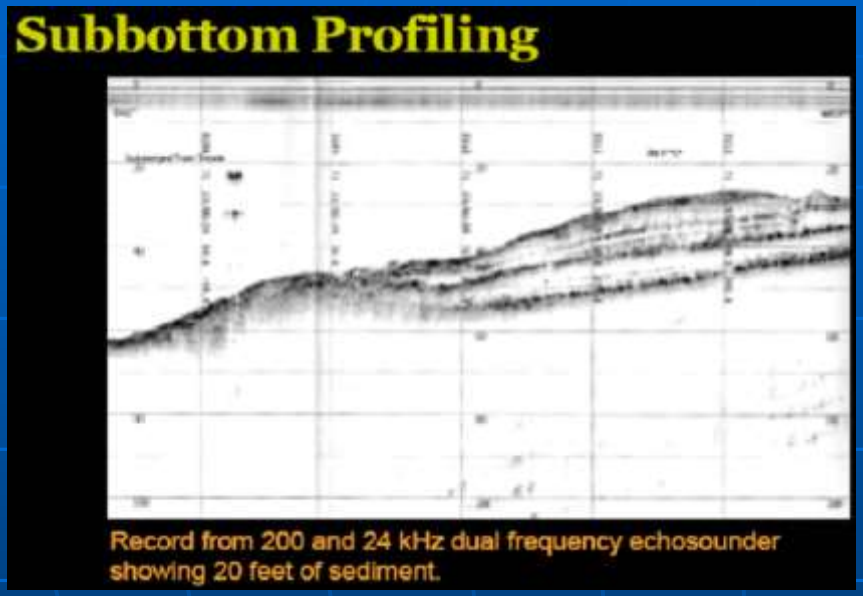
- علائم کمک ناوبری
- فانوس دریایی
- چراغ های دریایی
- خط ساحلی
- توپوگرافی ساحل
- غیره

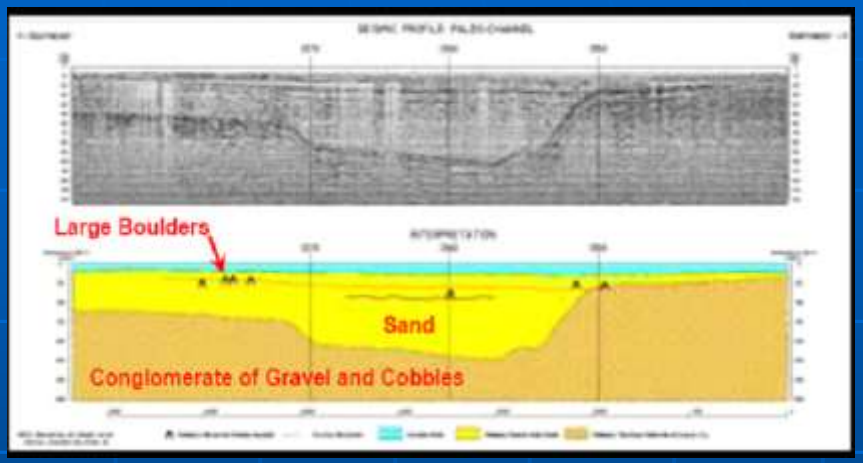
Navigational Buoys

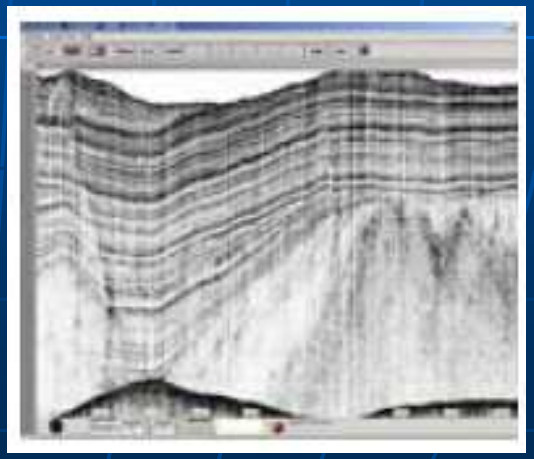

Dredged Area
Ldg. Lts. 000
NAVAL
ANCHORAGE AREA
soM
M.Sh

8. نمونه‌برداري از بستر دريا

9. تعبیر و تفسیر لایه‌های زیربستر دریاها به‌لحاظ ساختار زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی

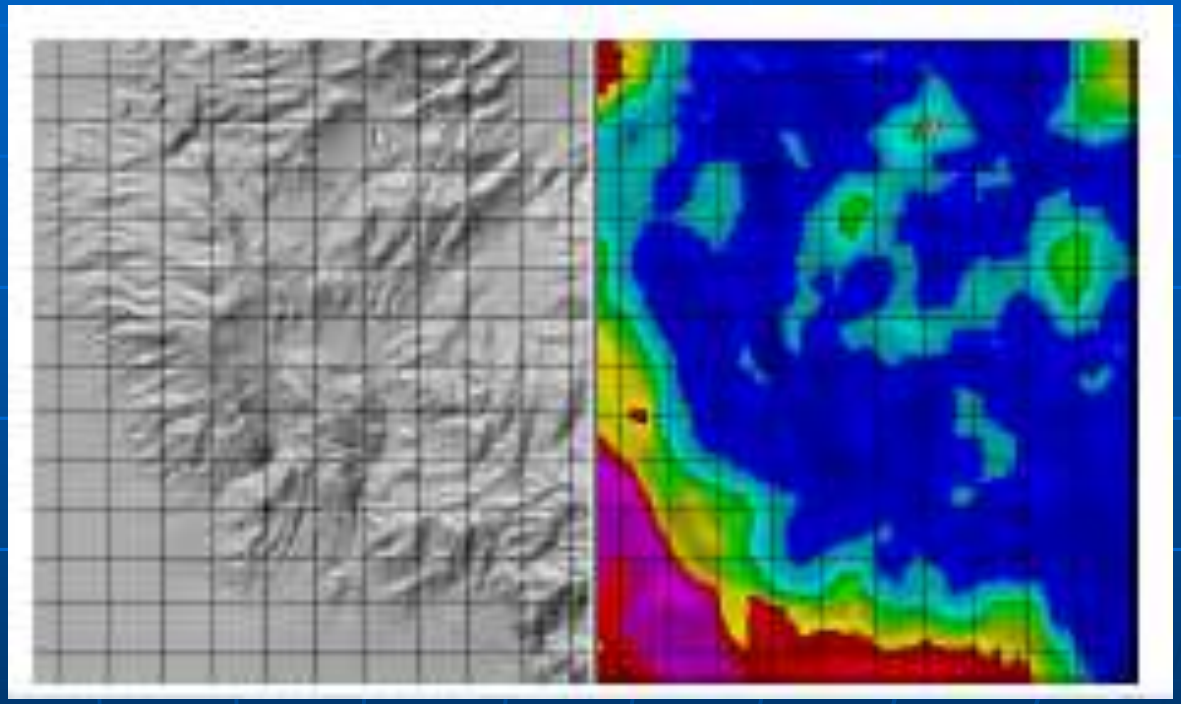


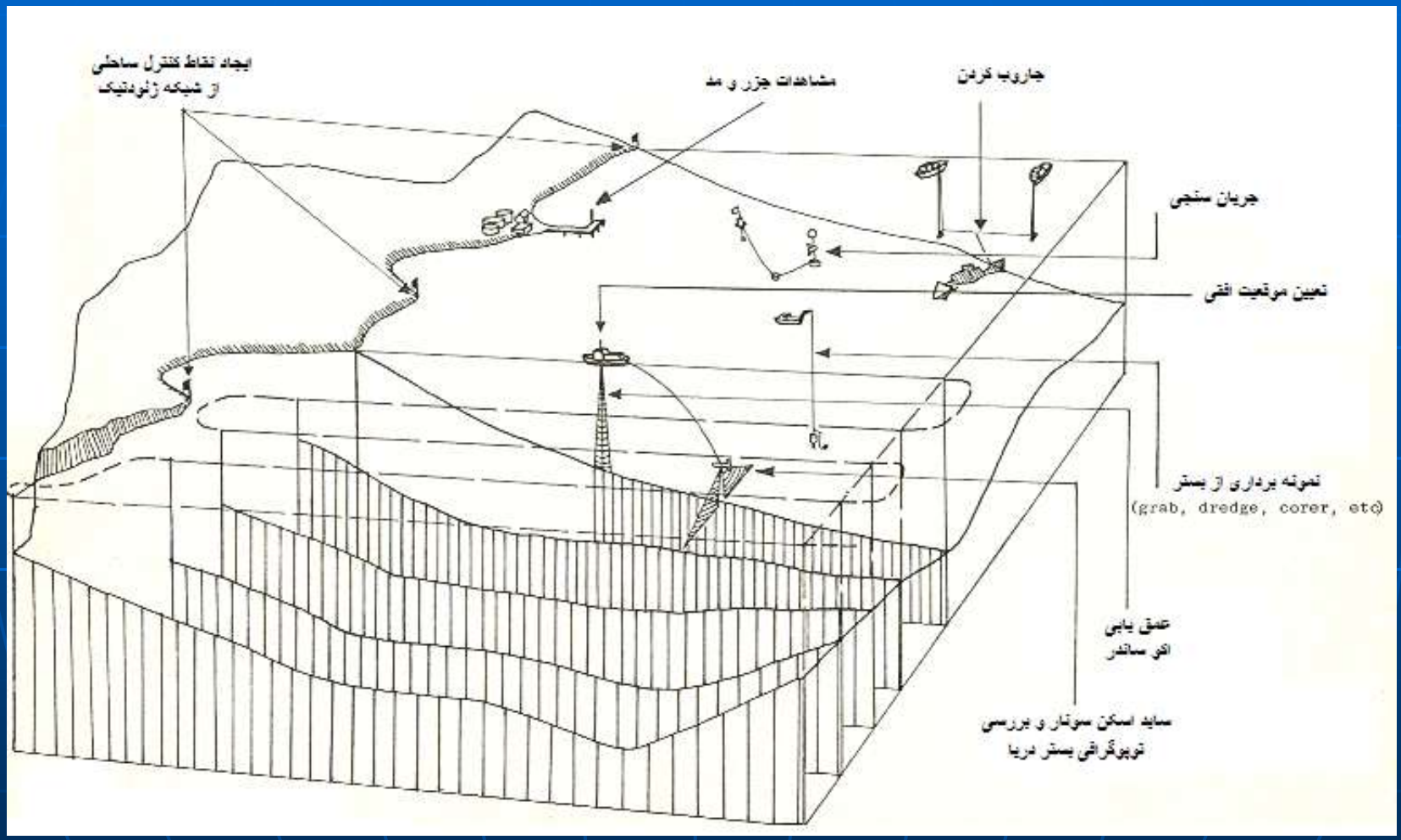




10. بررسي توپوگرافي و ژئومورفولوژي كف دريا

- مشخصات مورفولوژی
- شیب
- چین خوردگی
- همواری ها
- بافت توپوگرافی




ایجاد نقاط کنترل ساحلی
از شبکه ژئودتیک
مشاهدات جزر و مد
جاروب کردن
جریان سنجی
تعیین موقعیت افقی
نمونه برداری از بستر
(grab, dredge, corer, etc)
عمق یابی
اکو ساندر
سایید اسکن سونار و بررسی
توپوگرافی بستر دریا

وظايف اصلي نقشه‌برداري دريايي

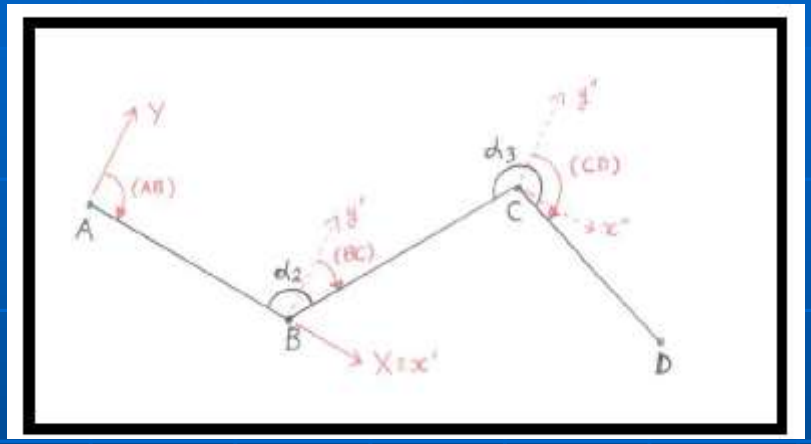
1. ايجاد نقاط كنترل ساحلي
2. تعيين‌موقعيت شناور(كشتي – قايق) در يك سيستم مشخص
3. تعيين‌موقعيت نقطه متناظر در كف دريا در يك سيستم مشخص
4. تعيين‌عمق متناظر در بستر دريا نسبت به‌يک سطح‌مبنا
5. مشاهدات نوسانات سطح آب نسبت به‌سطح‌مبنای عمق‌یابی

چند عنوان از عمليات دريايي، كه به‌هيدروگرافي مربوط مي‌شوند

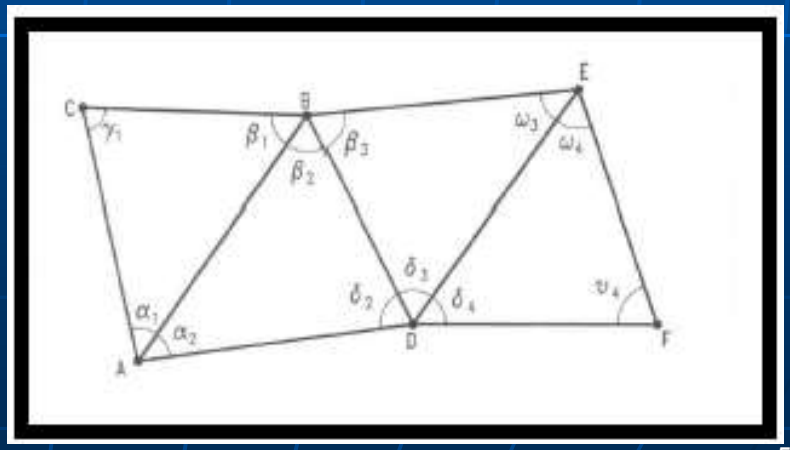
- 1 - تعيين توپوگرافي كف دريا، شامل عوارض طبيعي و ساخته شدهٔ مصنوعي براي تهيهٔ چارت‌های ناوبری به‌منظور دريانوردي بي‌خطر
- 2 - تعيين نقشه‌هاي زمين‌شناسي و ژئوفيزيكي برای اكتشاف منابع طبيعي
- 3 - تعيين مكان تجهيزاتي كه به‌منظور اكتشاف منابع طبيعي در سطح و كف دريا مورداستفاده قرارمي‌گيرند
- 4 - عمليات مهندسي دريايي مانند لاي‌روبي برای تسهيل كشتي‌راني در بنادر، نصب كابل‌ها و خطوط لوله زيرآبي
- 5– مشخص‌نمودن موقعيت كشتي‌هايي كه در جستجوي منابع طبيعي‌اند
- 6- پروژه‌هاي زيست‌محيطي جلوگيري از آلودگي، و پاك‌سازي درياها
- 7 - تعيين مرزهای قانونی در درياها و رودخانه‌ها

سطوح کنترل قائم و افقی

- برای کنترل سیستم‌های ارتفاعی (قائم) و افقی مختصات، ضروری است شبکه‌ای از نقاط پایهٔ مرجع یا سطوح مبنایی (Datum) در اطراف محدودهٔ عملیات هیدروگرافی ایجادشود.



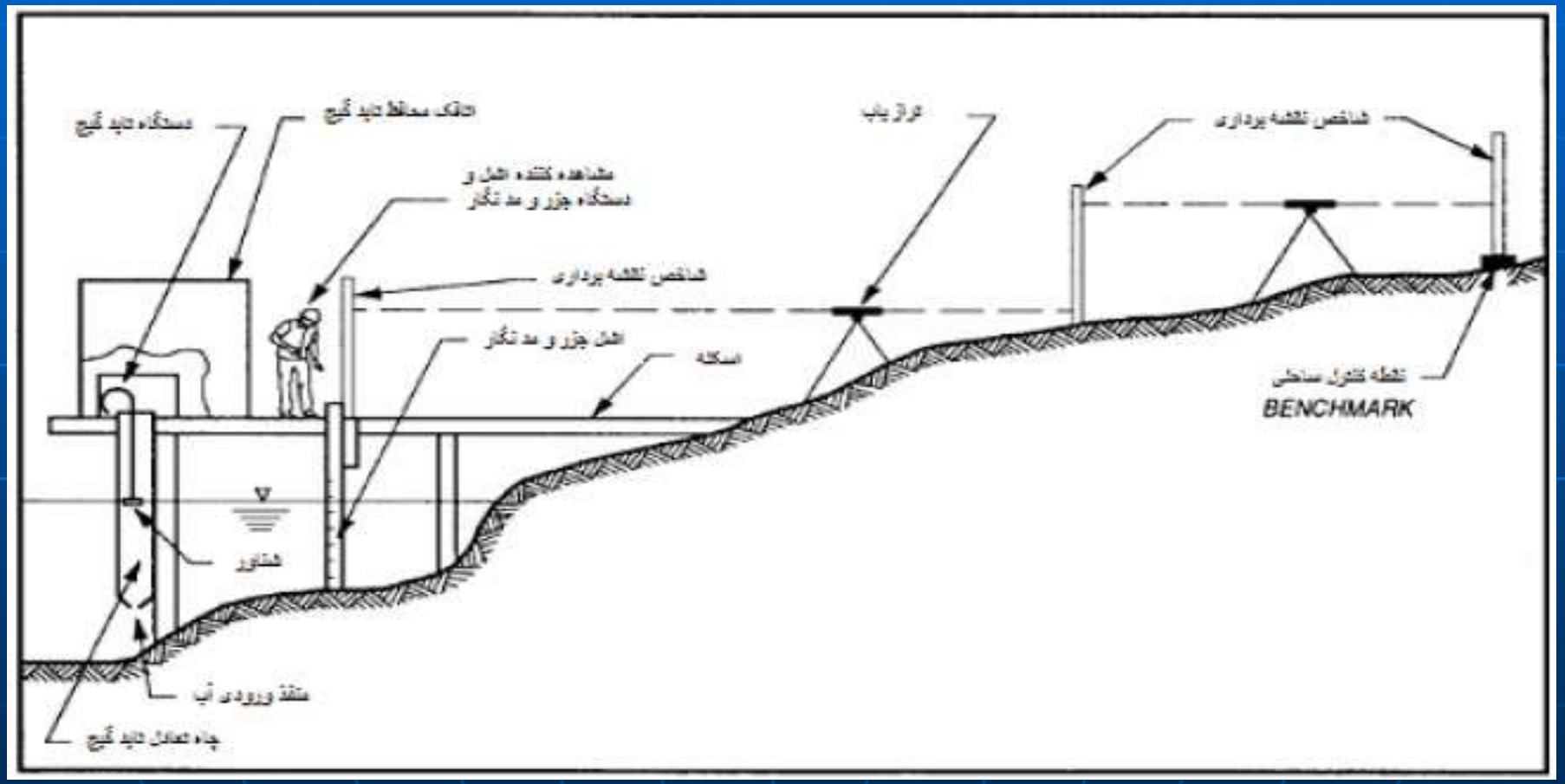
- در صورت گسترش چنین نقاطی، باید در محدودهٔ عملیات نقشه‌برداری هیدروگرافی با مشاهدات مثلث‌بندی، پیمایش‌هایی الکترونیک، و مشاهداتGPS درمنطقهٔ نقشه‌برداری مورد نظر شبکه‌ای از نقاط ایجادکرد .



سطوح مبنای ارتفاعی(قائم)

- میانگین سطح دریا MSL
- چارت دیتم CD
- دریانورد مطمئن خواهدبود که عمق زیرکشتی درحال‌تردد، همیشه بیش‌تر از عمق مندرج در چارت منطقهٔ موردتردد خواهدبود.
- چارت‌های ناوبری ابزاری برای ناوبری ایمن و بی‌خطر به‌حساب‌می‌آید .
- این سطوح مبنا پایدار و دائمی‌اند. از آن‌جاکه تغییرات و نوسانات سطح آب دریا را می‌توان در نزدیکی یک نقطهٔ مبنایی در سواحل اندازه‌گرفت؛ این مشاهدات را می‌توان برای تمام منطقهٔ مورد نقشه‌برداری هیدروگرافی اعمال‌کرد.
- بزرگی ابعاد منطقهٔ هیدروگرافی در سواحل باز نباید از10کیلومتر بیش‌تر باشد .
- سازمان‌های ملی نقشه‌برداری هر کشور مسئول ایجاد شبکه‌هایی از نقاط پایهٔ ساحلی‌اند .
- مشاهدات کشندی نسبت به‌این نقاط مبنایی انجام‌می‌شود .
- در عملیات نقشه‌برداری هیدروگرافی، علاوه بر توپوگرافی بستر دریا، نقشه‌برداری از خط ساحل نیز موردنیازاست.
- این نقشه‌برداری باید نسبت به‌همان نقاط مبنای ساحلی انجام‌شود.
- به‌طور معمول، بالاترین حد وقوع مدآب دریا (HWL) در شرایط طبیعی آب‌وهوایی را می‌توان خطساحلی درنظرگرفت.
- معمولا تراز صفر را خط پایین یا پایین‌ترین جزر (LWL) گویند.

ارتباط بین نقطه کنترل ساحلی و تاید گیج



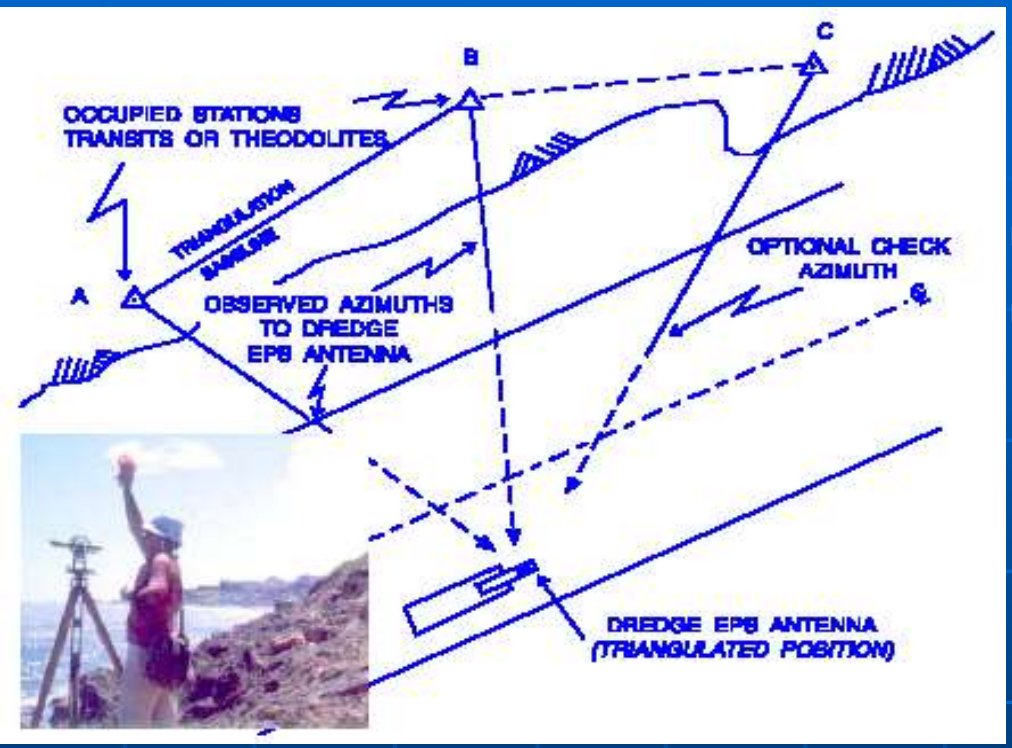
مفهوم خط موقعیت

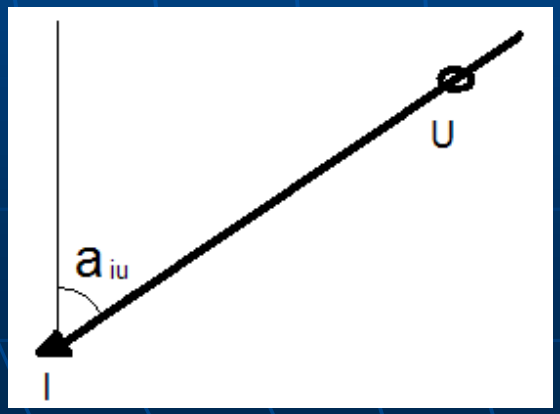
- اندازه‌گیری‌هایی که یک هیدروگراف باید برای تعیین‌موقعیت افقی شناور هیدروگرافی در سطح دریا انجام‌دهد به‌طورکلی همان‌هایی‌است که در زمین انجام‌می‌شود، یعنی زاویه، سمت وفاصله. روشی دیگر، که عموما از آن در دریا استفاده‌می‌شود، اندازه‌گیری تفاوت‌فاصله است که در عملیات نقشه‌برداری زمینی کاربرد ندارد. هر یک از اندازه‌گیری‌ها، که نسبت به‌یک مبدا انجام‌می‌شود، مکان هندسی واحدی را ایجادمی‌کندکه آن‌را خطموقعیت Line Of Position(LOP) نامند

خطوط موقعیت در هیدروگرافی

- 1- خطموقعیت سمت Direction
- 2- خطموقعیت فاصله Circle
- 3- خطموقعیت زاویهٔ محاطی Suntance Angle
- 4- خطموقعیت تفاوت فاصله (دسته هذلولی‌ها)- Hyperbolic

1- خطموقعیت سمت Direction

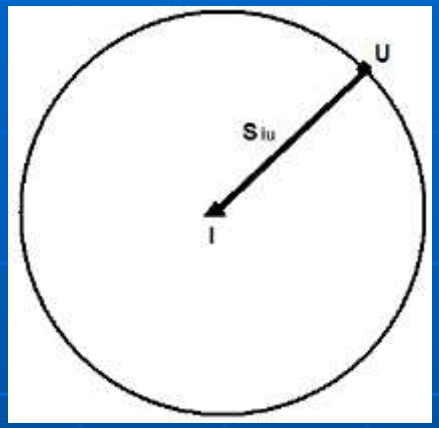


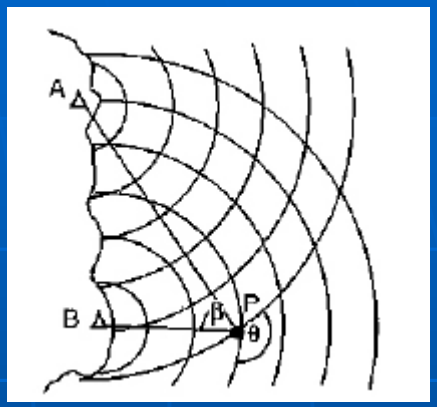


- $a_{iu}=\arctan(\Delta x_{iu}/\Delta y_{iu})$
- $\Delta x_{iu}=x_u-x_i$, $\Delta y_{iu}=y_u-y_i$
- به‌طوری‌که در آن x_u, y_u مختصات نقطهٔ مجهول U است، x_i, y_i مختصات نقطهٔ معلوم I و a_{iu} سمت اندازه‌گیری‌شده است.
- با اندازه گیری حداقل دو سمت از دو نقطهٔ ثابت ساحلی، می‌توان موقعیت نقطهٔ U را با عمل تقاطع تعیین‌کرد.

2- خطموقعیت فاصله Circle

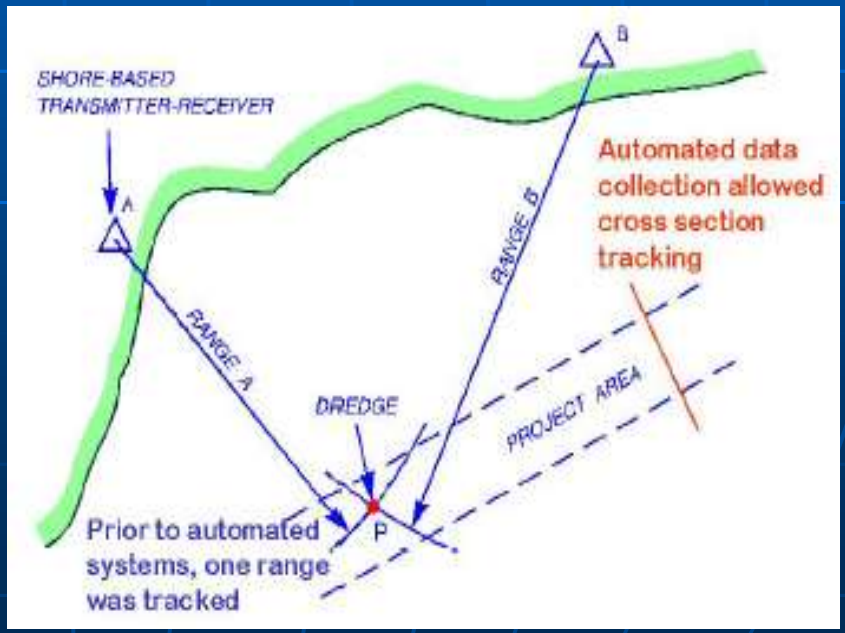
- مکان‌هندسی تمام نقاطی که از یک نقطهٔ مرکزی فاصلهٔ مساوی‌دارند، که خطموقعیت فاصله یا دایره‌های هم‌مرکز نامیده‌می‌شود. این روش در اندازه‌گیری فاصله از زمین یا دریا کاربرد دارد. مدل ریاضی خط موقعیت فاصله به‌صورت زیراست.



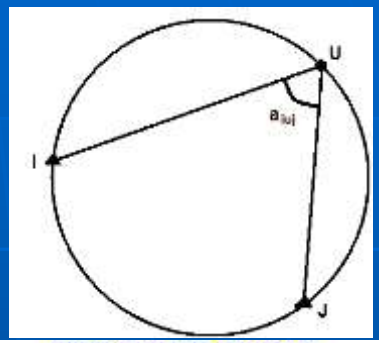


- $S_{iu}=\pm\sqrt{\Delta x_{iu}^2+\Delta y_{iu}^2}$
- $\Delta x_{iu}=x_u-x_i$, $\Delta y_{iu}=y_u-y_i$

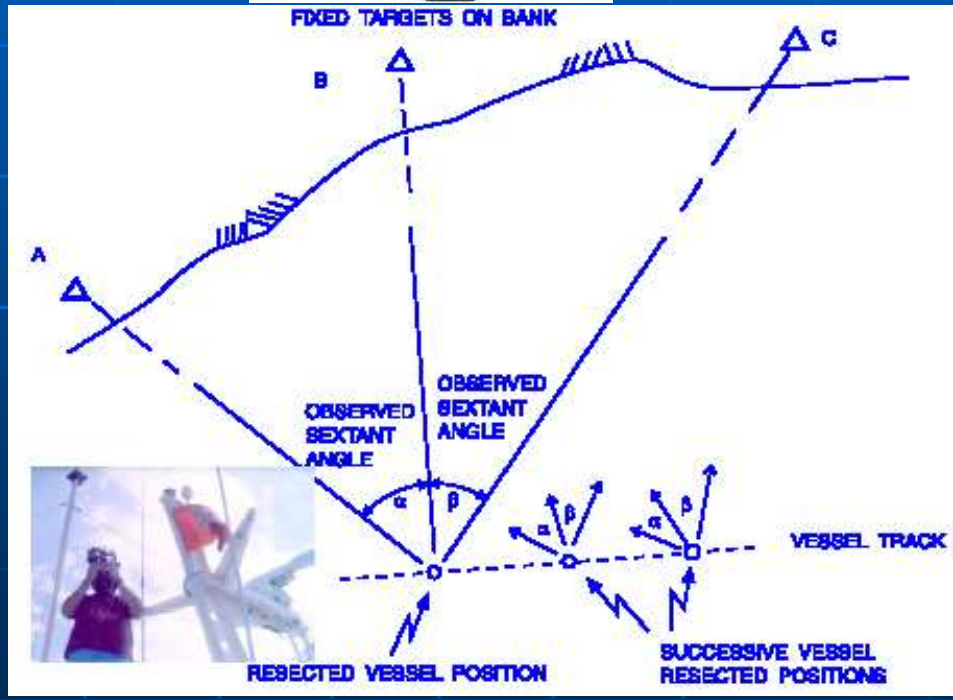
که در آن x_u, y_u مختصات نقطهٔ مجهول U و x_i, y_i مختصات نقطهٔ معلوم I و S_{iu} فاصلهٔ اندازه‌گیری‌شده‌است. با اندازه‌گیری حداقل دو فاصله از دو ایستگاه ثابت ساحلی (A وB) طبق شکل می‌توان موقعیت شناور هیدروگرافی را تعیین‌کرد.



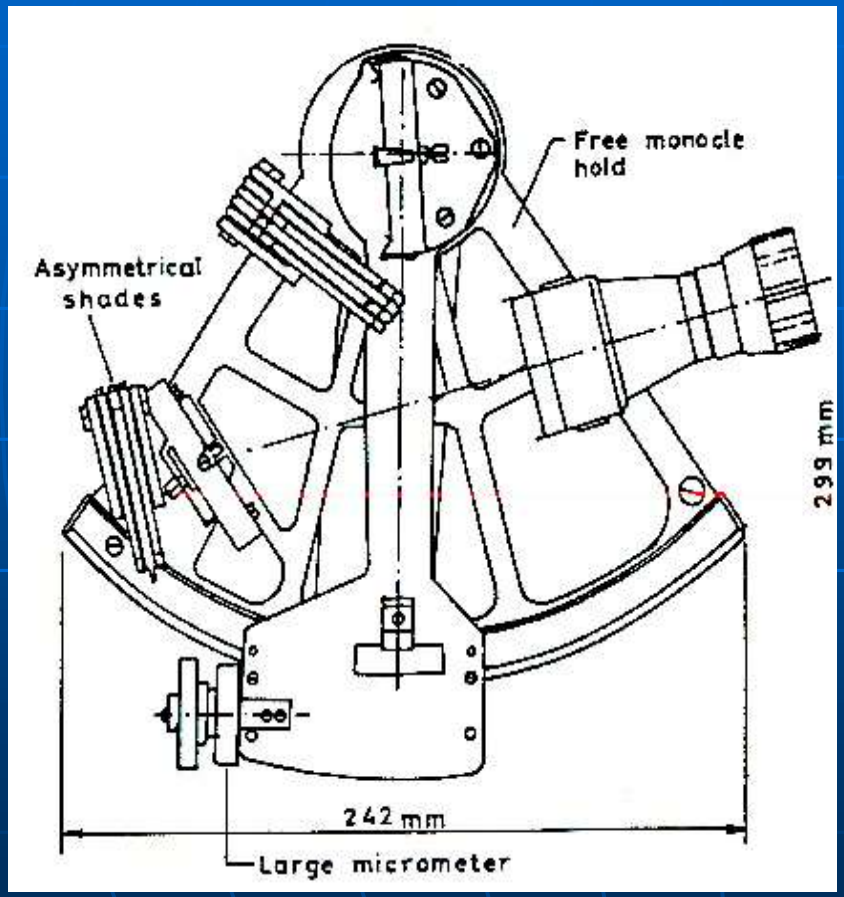
3- خطموقعیت زاویهٔ محاطی Suntance Angle



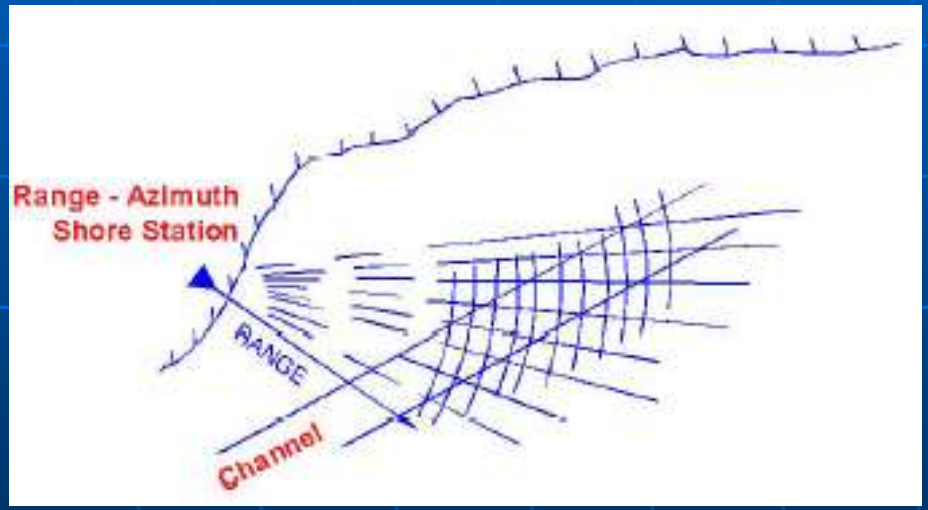
- مکان‌هندسی تمام نقاطی‌است که از یک یا دو نقطهٔ معلوم ساحلی زوایای مساوی‌دارند و دایره‌های مختلف‌المرکز نیز خوانده‌می‌شوند.
- این روش در اندازه‌گیری زاویه با سکستانتSextant از دریا کاربرد دارد و مدل ریاضی آن چنین‌است:
- $\cos a_{iuj} = (S_{iu}^2 + S_{ju}^2 - S_{ij}^2)/2S_{iu}\,S_{ju}$
- $S_{ij} = \sqrt{\Delta x_{ij}^2 + \Delta y_{ij}^2}$, $S_{iu} = \sqrt{\Delta x_{iu}^2 + \Delta y_{iu}^2}$, $S_{ju} = \sqrt{\Delta x_{ju}^2 + \Delta y_{ju}^2}$
- $\Delta x_{iu} = x_u - x_i$, $\Delta y_{iu} = y_u - y_i$,
- $\Delta x_{ij} = x_j - x_i$, $\Delta y_{ij} = y_j - y_i$
- که در آن x_u, y_u مختصات نقطهٔ مجهول U است، x_i, y_i و x_j, y_j به‌ترتیب مختصات نقاط معلوم I و J و a_{iu} زاویهٔ محاطی اندازه‌گیری‌شده‌است.



sextant


Free monocle hold
Asymmetrical shades
299 mm
242 mm
Large micrometer

تعیین‌موقعیت فاصله – سمت



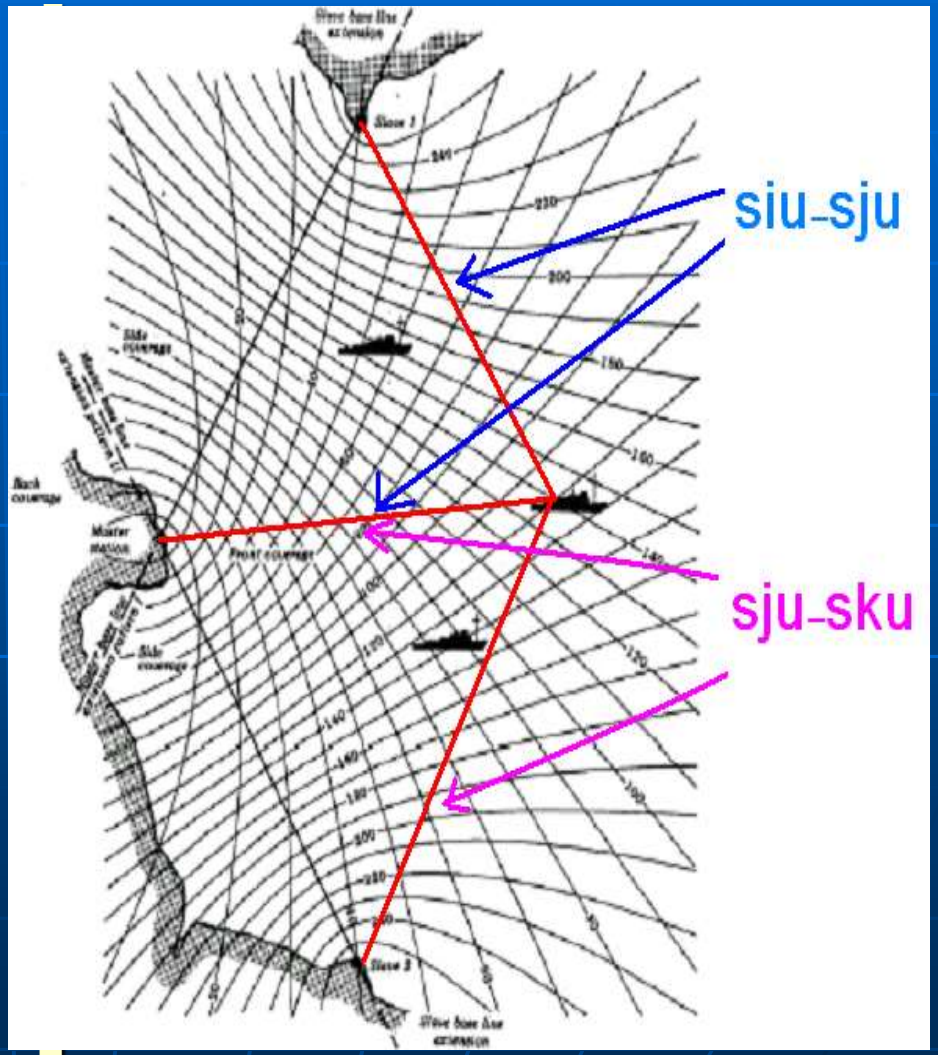
4- خطموقعیت تفاوت‌فاصله Hyperbolic

مکان‌هندسی تمام نقاطی‌است که از دو نقطهٔ ساحلی تفاوت فاصلهٔ مساوی‌دارند. فاصلهٔ نقاط ثابت ساحلی I و J را خطمبنا می‌نامند. با اندازه‌گیری دو دسته تفاوت‌فاصله از سه نقطهٔ ساحلی، می‌توان مختصات نقطهٔ U در دریا را (از طریق تقاطع دسته منحنی‌های هذلولی) تعیین‌کرد. معمولا ایستگاه میانی را Master و دو ایستگاه دو طرف را Slave گویند. سه ایستگاه معمولا به‌شکل V به‌طرف منطقهٔ موردنقشه‌برداری آرایش‌داده می‌شوند.

مدل ریاضی خطموقعیت تفاوت‌فاصله عبارت‌است‌از:

- $C_{iuj} = S_{iu} - S_{ju}$
- $S_{iu} = \square\square x_{iu}^2 + \square y_{iu}^2$
- $S_{ju} = \square\square x_{ju}^2 + \square y_{ju}^2$
- $\square x_{iu} = x_u - x_i$, $\square y_{iu} = y_u - y_i$

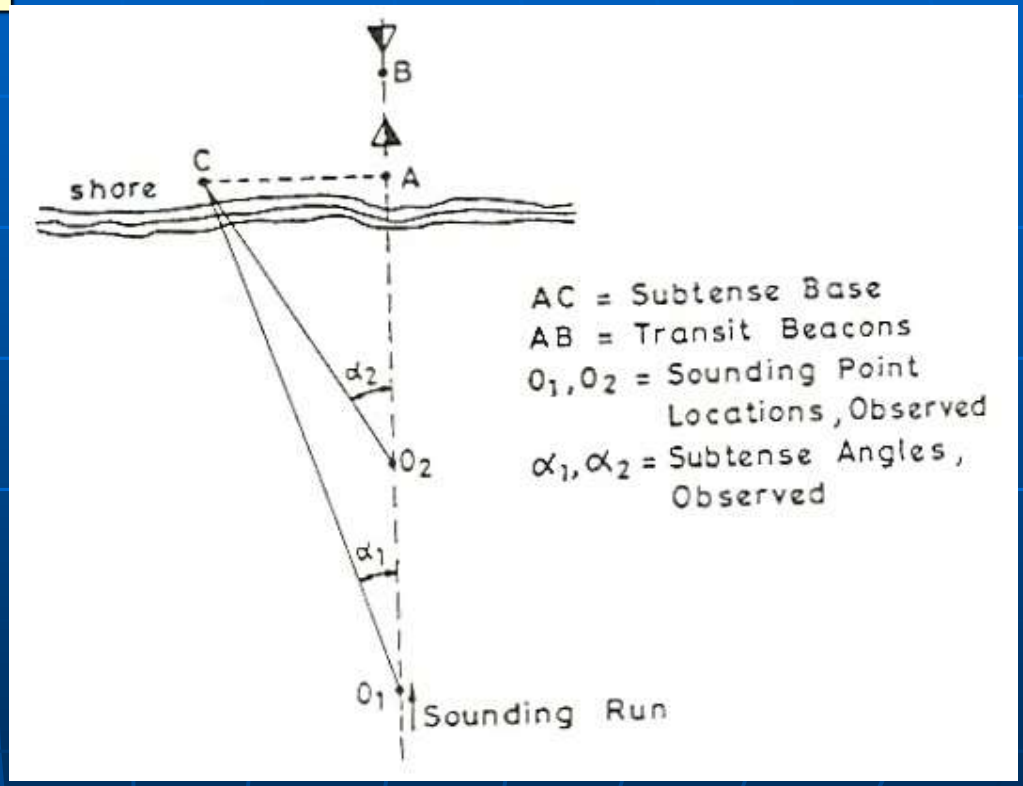
که در آن x_i, y_i مختصات نقطهٔ I و x_j, y_j مختصات نقطهٔ J و S_{iu} تفاوت فاصلهٔ دو نقطهٔ I و J است



- همان‌طور که مشاهده‌شد به‌طورکلی موقعیت هر نقطهٔ مجهول از ترکیب حداقل دو خطموقعیت به‌دست‌می‌آید. در صورتی‌که از تعداد بیش‌تری خطموقعیت برای تعیین‌موقعیت استفاده‌شود باید روش کم‌ترین مربعات برای تعیین‌موقعیت یکه (واحد) را به‌کاربرد. با استفاده از این روش، می‌توان یک تحلیل آماری در موردکیفیت نقطهٔ تعیین‌موقعیت‌شده ارائه‌داد. برای مثال بیضی خطا تخمینی از مقادیر دقت به‌دست‌می‌دهد. ترکیب خطموقعیت‌ها، در عملیات تعیین‌موقعیت در دریا کاربرد فراوان‌دارد.
در هرحال روش‌های مختلفی برای تعیین‌موقعیت شناور هیدروگرافی (به‌عنوان سکوی اندازه‌گیری در هنگام عمق‌یابی) متداول است.
- این سیستم‌ها را می‌توان به‌شکل کلی به‌صورت اپتیکی،

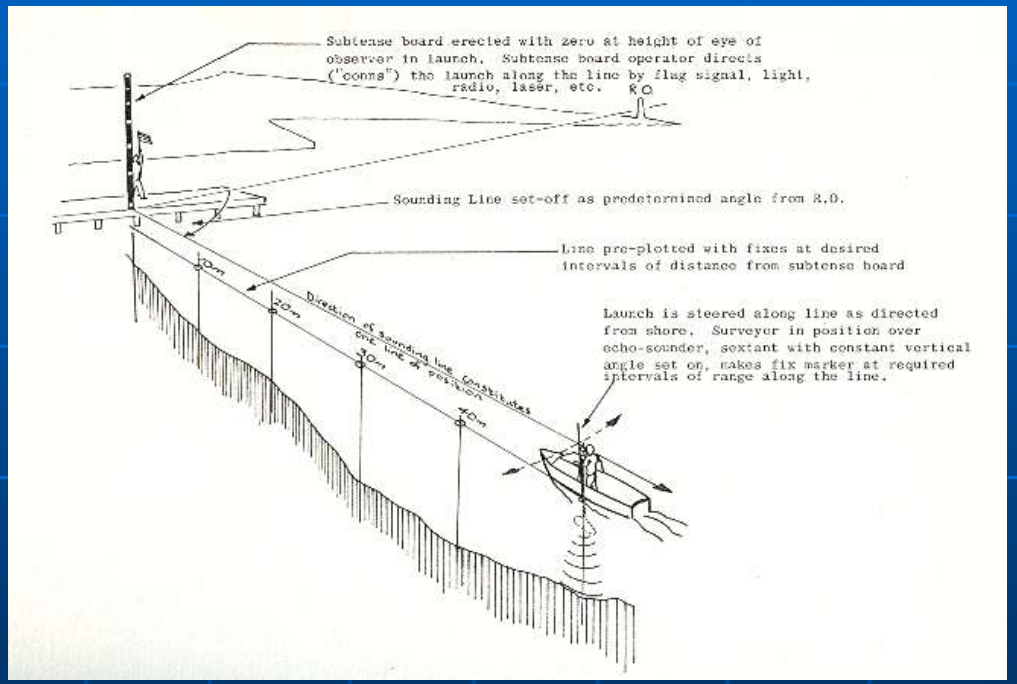
سیستم‌های اپتیکی و الکترو اپتیکی

- روش مستقیم (ترانزیت)
- این روش در مواردی به‌کارمی‌رود که ناحیهٔ مورد هیدروگرافی بین دو کرانه محدود است و هر خط عمق‌یابی را می‌توان با علامت‌گذاری در دوطرف ساحل (مثلا رودخانه) به‌صورت خطی مستقیم فرض‌کرد. در این روش، قایق هیدروگرافی از یک سوی کرانه به‌طرف دیگر حرکت‌می‌کند. در طول پیشرفت عمق‌یابی، فاصله‌های قایق تا نقطهٔ دیگر کرانه، اندازه‌گیری‌می‌شود. این روش هم‌چنین برای فواصل به‌طور نسبی کوتاه در محیط‌های دریایی (با این فرض که می‌توان از طریق نشانه‌های ساحلی در یک خط مستقیم حرکت‌کرد) نیز کاربرد دارد. در این روش فرض بر این است که قایق هیدروگرافی همواره در امتداد خط واصل بین دو نقطهٔ ساحلی حرکت‌می‌کند.



روش اندازه‌گیری زاویه و مسیر مستقیم

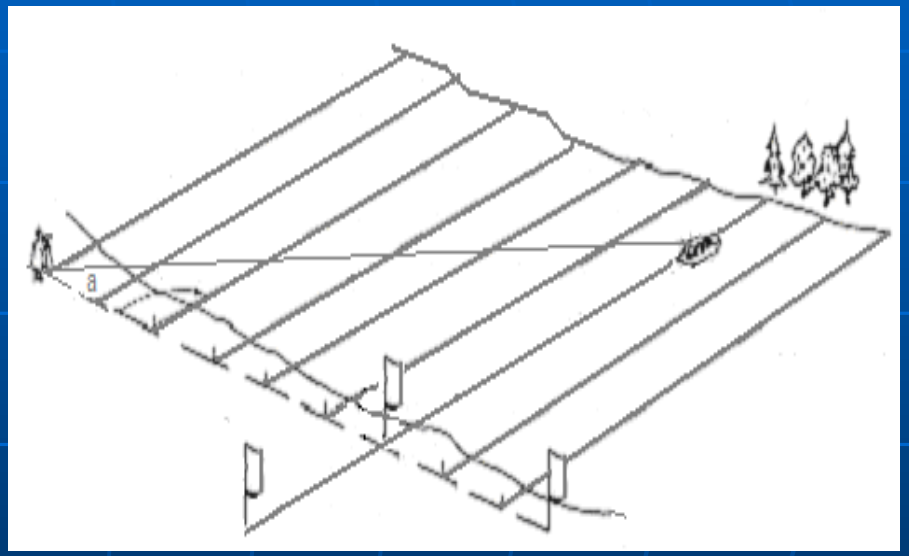
- در این روش به‌جای اندازه‌گیری فاصله از یک نقطهٔ ساحلی به‌قایق، می‌توان از داخل قایق هیدرورگرافی با یک‌دستگاه سکستانت یک زاویهٔ محاطی را اندازه‌گرفت. در این روش قایق هیدروگرافی در مسیر خط عمق‌یابی در فواصل زمانی مختلف باید یک زاویهٔ محاطی به‌دو ایستگاه ساحلی را اندازه‌گیری‌کند. یکی از نقاط ساحلی که زاویه نسبت به‌آن اندازه‌گیری‌می‌شود در روی مسیر حرکت قایق قراردارد. مختصات این نقطه از پیش مشخص‌شده‌است. نقطهٔ دیگر باید در چنان فاصله‌ای قرارگیرد که زاویه قرائت‌شده (a) از 30درجه کم‌تر نشود. به‌طور معمول این روش برای فواصل تا 200 متر مناسب است.



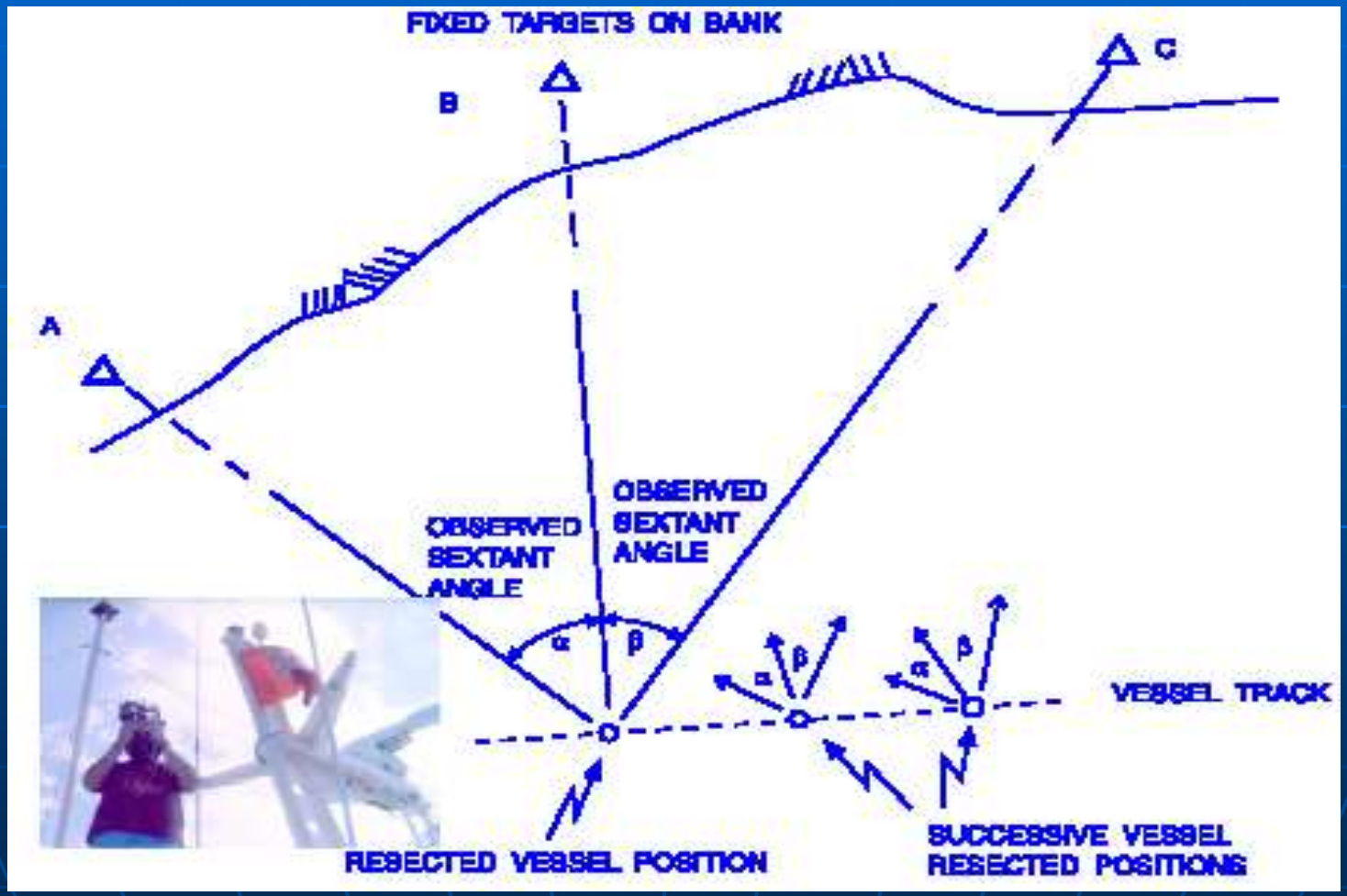
- روش دیگر این‌است که در مسیر ترانزیت، یک زاویه قائم از داخل قایق نسبت به اشل مدرج مستقر در ساحل اندازه‌گرفته‌شود. عملیات اندازه‌گیری زاویه

روش ترانزیت اندازه‌گیری زاویه از ساحل

- در این روش به‌جای اندازه‌گیری زاویهٔ محاطی از داخل قایق، می‌توان با اندازه‌گیری یک زاویه از ساحل، قایق هیدروگرافی را تعیین موقعیت کرد. در این روش یک دستگاه تئودولیت از ایستگاه ساحلی به‌قایق هیدروگرافی قراول‌روی‌می‌کند و زاویه‌های a1 و a2 وa3 وa4 وغیره را در فواصل زمانی مختلف اندازه‌می‌گیرد. در این روش فرض بر این است که قایق هیدروگرافی در مسیر خط عمق‌یابی که با امتداد دو نقطهٔ ساحلی ایجادشده حرکت‌می‌کند. باید توجه‌داشت که مقدار زاویهٔ تقاطع مسیر خط هیدروگرافی و شعاع زاویهٔ اندازه‌گیری (زاویهٔ برخورد دو خط موقعیت ترانزیت و زاویهٔ a) از 30 درجه کم‌تر نباشد.

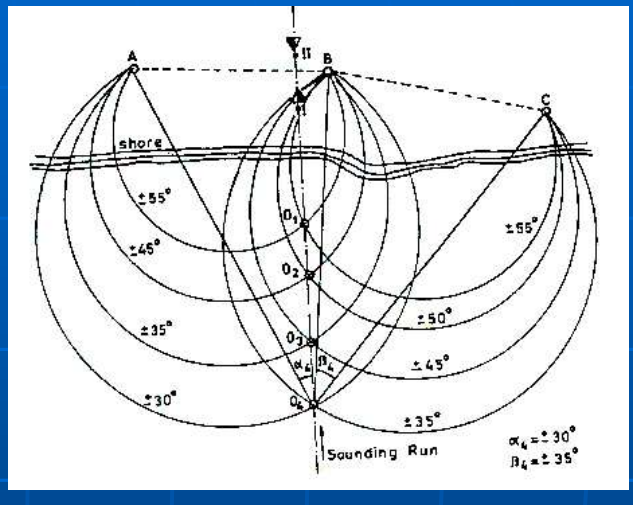


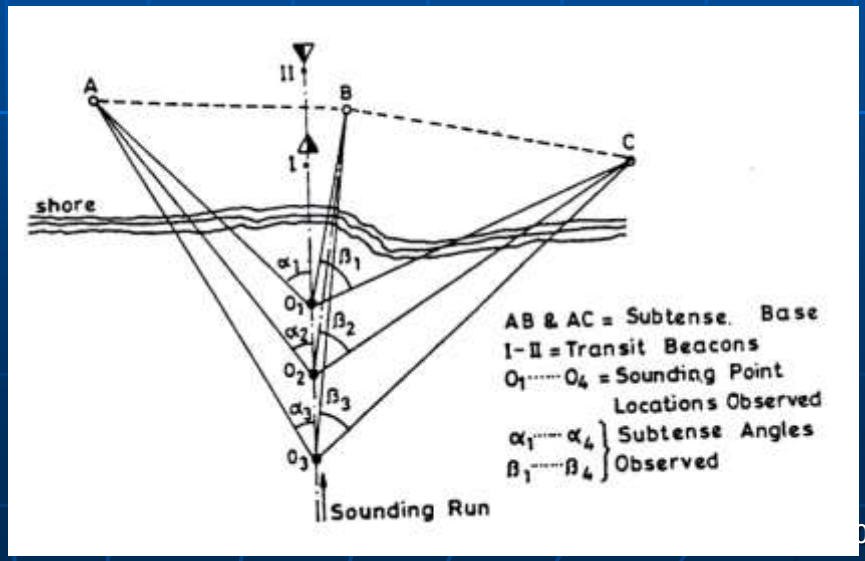
خطموقعیت زاویهٔ محاطی
(دایره‌های مختلف‌المرکز و عمل ترفیع)



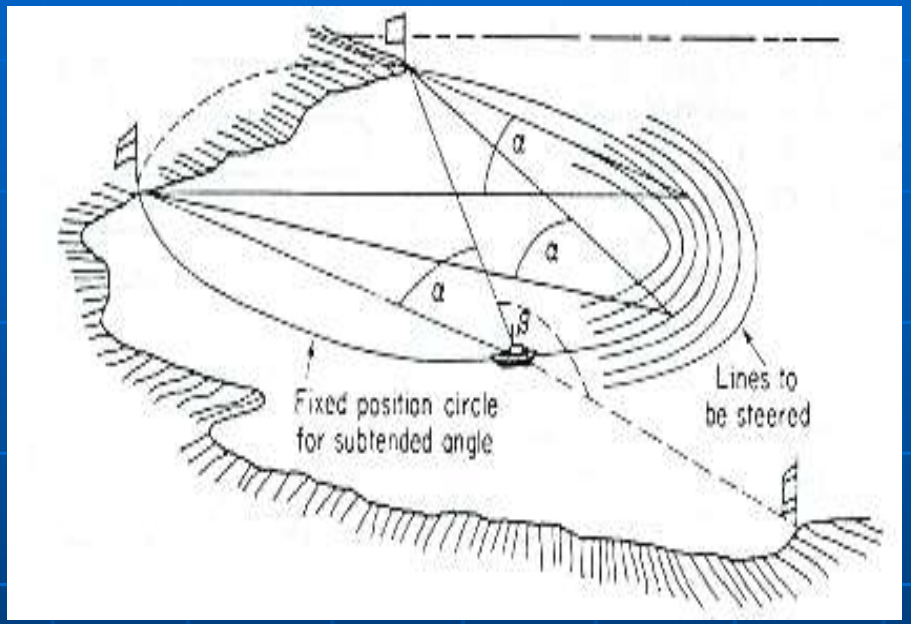
روش ترفیع

- در روش ترفیع Resection دو مشاهده کنندهٔ زاویه با دو دستگاه سکستانت از داخل قایق هیدروگرافی به‌سه نقطهٔ ثابت درساحل(که به‌نحو مقتضی دارای مختصات شده‌اند)قراول‌روی می‌کنندو هم‌زمان دو زاویهٔ محاطی را اندازه‌می‌گیرند. مطابق شکل‌ها دو زاویهٔ a وb از داخل قایق به‌طور هم‌زمان اندازه‌گیری‌می‌شوند. برای ناوبری قایق هیدروگرافی بر روی مسیر از پیش‌تعیین‌شدهٔ خطوط عمق‌یابی، می‌توان از دو علامت ساحلی I و H استفاده‌کرد. در این روش، امتداد مسیر دو علامت I و H نشان‌دهندهٔ مسیر حرکت قایق‌اند.

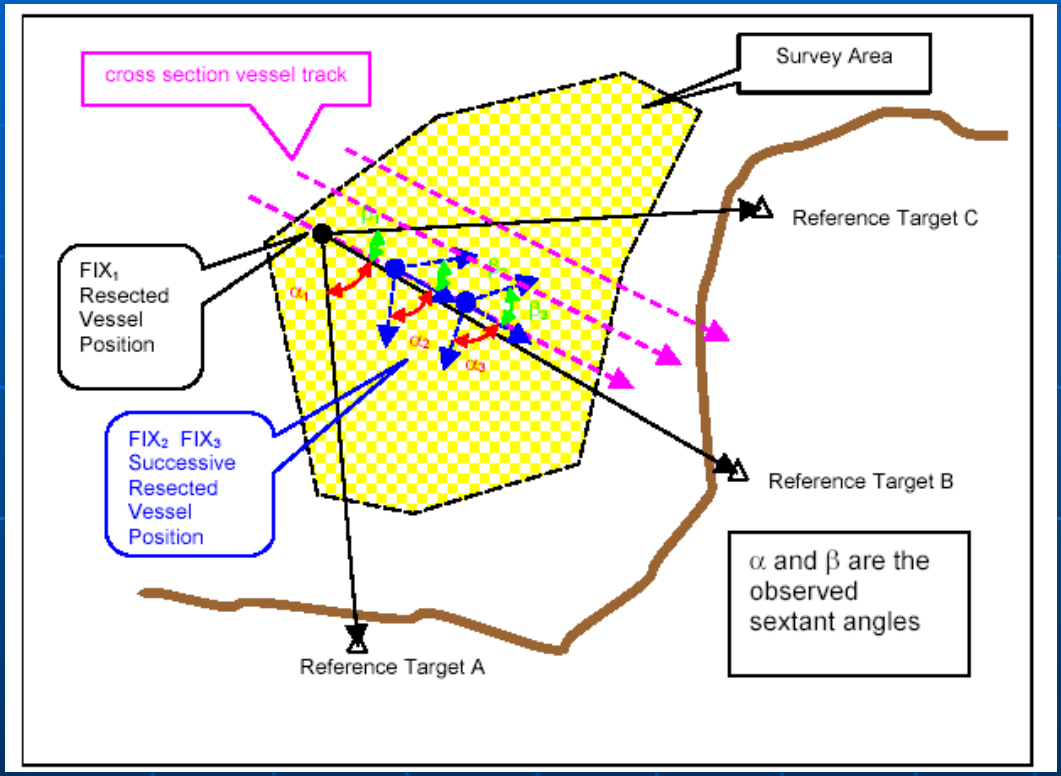




- درشکل مسیرهای عمق‌یابی به‌صورت کمان‌هایی از دایرهٔ محاطی‌اند، با ثابت نگه‌داشتن یک زاویهٔ اندازه‌گیری‌شده می‌توان قایق را در این مسیر هدایت‌کرد. دسته‌خطوطی که در شکل به‌صورت دوایر مختلف‌المرکز نشان‌داده‌می‌شوند دسته خطوط عمق‌یابی Pattern نام‌دارند.
- برای افزایش دقت، به‌طور معمول سعی‌می‌شود، در اندازه‌گیری‌های دو زاویهٔ محاطی از داخل قایق هیدروگرافی برای عمل ترفیع، زوایا از 30 درجه کم‌تر و از



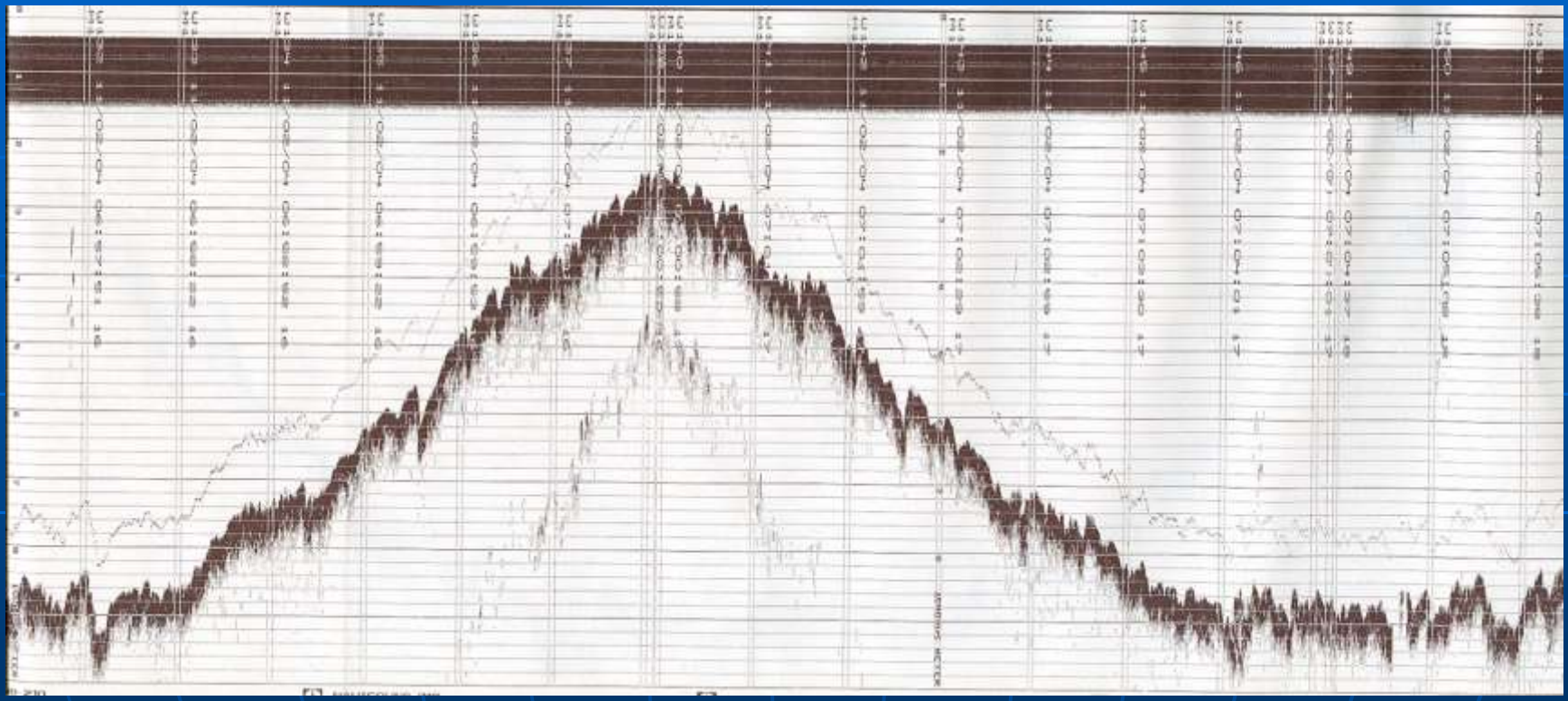
نحوهٔ ثبت داده‌های موقعیت در روش ترفیع



China Roads. 1/25,000 14-10-65
"Penguin" Recorder. Ldg. Sea. J. Tarr.

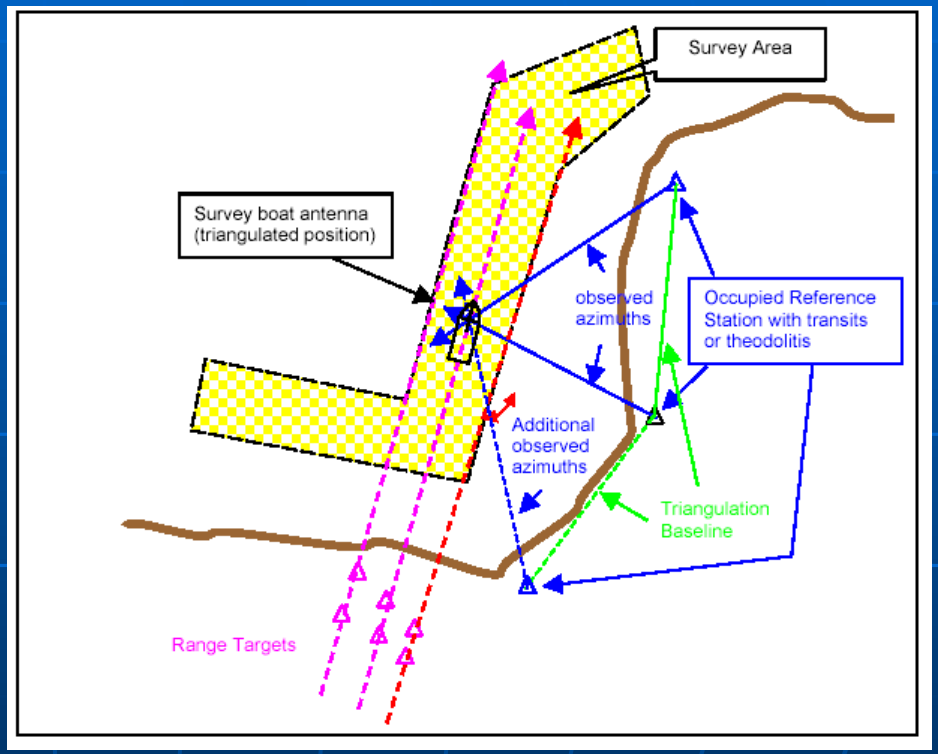
Fix No.	Time	Fix and Soundings Between.	Sounding at Fix.
	VIII		
1.	57	Mug 43·20 Spire 55·43 Tall	32
		32 X X 31 30 29 28	
2.	59	44·10 55·20	27
	IX	26 25 24 X 23 22 21	
3.	01	45·00 54·10 N.P.	20
		19 18 17 (3)	
4	02	45·10 54·40	16
		16 X X 15 12 10 10	
5	04	45·52 54·15	10
		E.O.L.	
		At 5 Fix Cliffs 100 Ft high	
		50 feet ahead - heavy breakers.	
6.	10	47·20 56·15	12
		13 15 16 18 X 19 21 (2)	
7	12	Ant 34·50 Spire 57·00 Tall.	21
		etc., etc.	

اکوگراف و نحوهٔ ثبت داده‌های موقعیت در آن



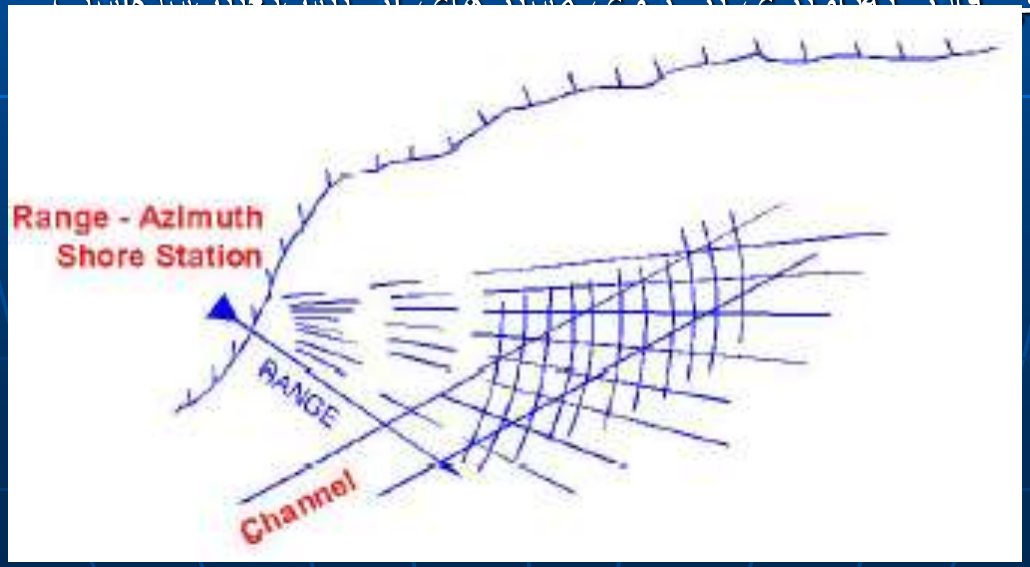
روش تقاطع

- در روش تقاطع Intersection، به‌جای اندازه‌گیری زوایای محاطی از داخل قایق هیدروگرافی، اندازه‌گیری‌ها با تئودولیت‌هایی از ایستگاه‌های ثابت ساحلی انجام‌می‌شود. این روش به‌طورمعمول مرسوم نیست چرا که نبود هم‌زمانی اندازه‌گیری‌های زوایا در ایستگاه‌های ساحلی، و گاهی نبود تقاطع مناسب خطوط موقعیت در مسیر عمق‌یابی، از مشکلات تعیین‌موقعیت دقیق در این روش است. به‌هرحال هم‌زمان‌بودن اندازه‌گیری حداقل دو زاویه از دو ایستگاه ساحلی (با ترجیح سه زاویه از سه ایستگاه ساحلی) و عملیات عمق‌یابی از مفروضات این روش است. انتخاب مناسب ایستگاه‌های ساحلی برای داشتن زوایای تقاطع بیش‌تر از 30درجه خطوط موقعیت و ارتباط رادیویی بین عوامل ساحلی و قایق از ضروریات این نوع عملیات نقشه‌برداری هیدروگرافی است.



روش اندازه‌گیری الکترواپتیکی

- دراین روش که موسوم به‌اندازه‌گیری‌های فاصله و زاویه است، اندازه‌گیری هم‌زمان فاصله-زاویه با توتال‌استیشن ازیک ایستگاه ساحلی ممکن‌می‌شود. این شیوه به‌روش قطبی نیز معروف است و در آن از یک دستگاه توتال‌استیشن با قدرت اندازه‌گیری سریع طول و زاویه (مستقر در یک ایستگاه ساحلی) استفاده‌می‌شود. نقطهٔ استقرار برای اندازه‌گیری باید به‌منطقهٔ هیدروگرافی مسلط باشد. درصورتی‌که ناوبری قایق از طریق مسیرهای ترانزیت به‌نقاط ساحلی امکان‌پذیرنباشد باید از توتال‌استیشن‌های مخصوص عملیات هیدروگرافی استفاده‌کرد که به‌طور خودکار به‌رفلکتورهای همه‌جهته-Omni Directionمستقر در قایق هیدروگرافی قفل‌می‌شود. در این روش، تعیین مختصات به‌صورت آنی، در داخل قایق، از طریق ارتباط رادیویی فراهم‌می‌شود و قایق هیدروگرافی قادر به‌ناوبری در روی مسیرهای از پیش تعیین‌شده‌است

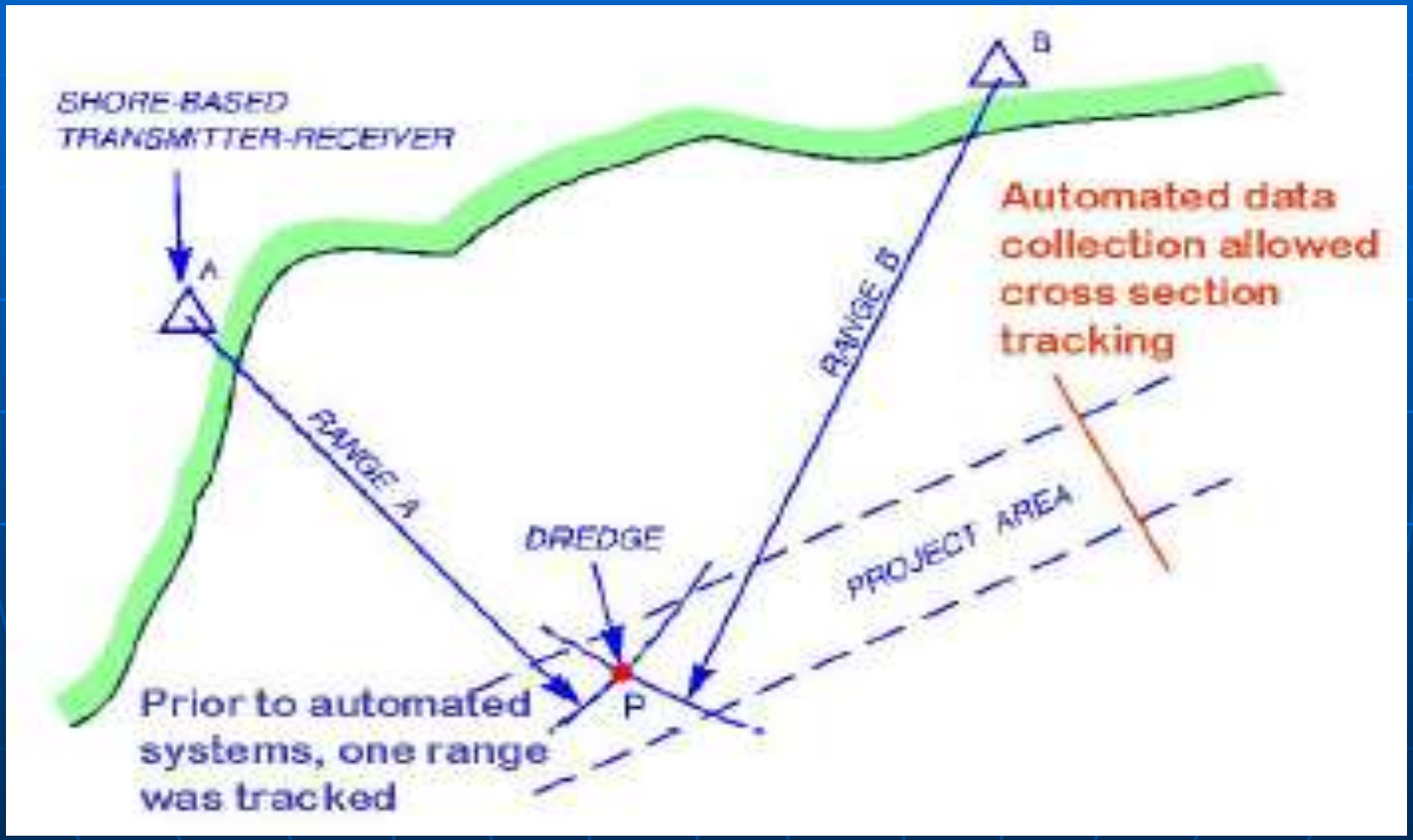


- سیستم ارتباط رادیویی
- تعیین مختصات آنی قایق و ناوبری دقیق قایق برروی مسیرهای ازپیش تعیین‌شده
- مزایای سیستم مختصات قطبی (r,q)
- انتخاب ایستگاه ساحلی مستقل از دقت اندازه‌گیری‌ها است.
- تقاطع خطوط موقعیت در سیستم مختصات قطبی، مستقل از مکان استقرار ایستگاه قراول‌روی است.
- توتال‌استیشن‌های مخصوص هیدروگرافی به‌صورت اتوماتیک قادراند قایق هیدروگرافی را درمسیر عمق‌یابی ردیابی‌کنند و در فاصله‌های زمانی بسیار کوتاه اندازه‌گیری فاصله و زاویه و در نهایت، تعیین مختصات قایق هیدروگرافی را به‌صورت متوالی و پیوسته‌انجام‌دهند. توتال‌استیشن‌های مورداستفاده دراین روش، باید از امکان اندازه‌گیری سریع فاصله و زاویه بهره‌ببرند. معمولا حداکثر فاصله‌یابی این سیستم درحد دیدمستقیم یعنی بردموثر توتال‌استیشن‌ها بین 3 تا 5 کیلومتراست.

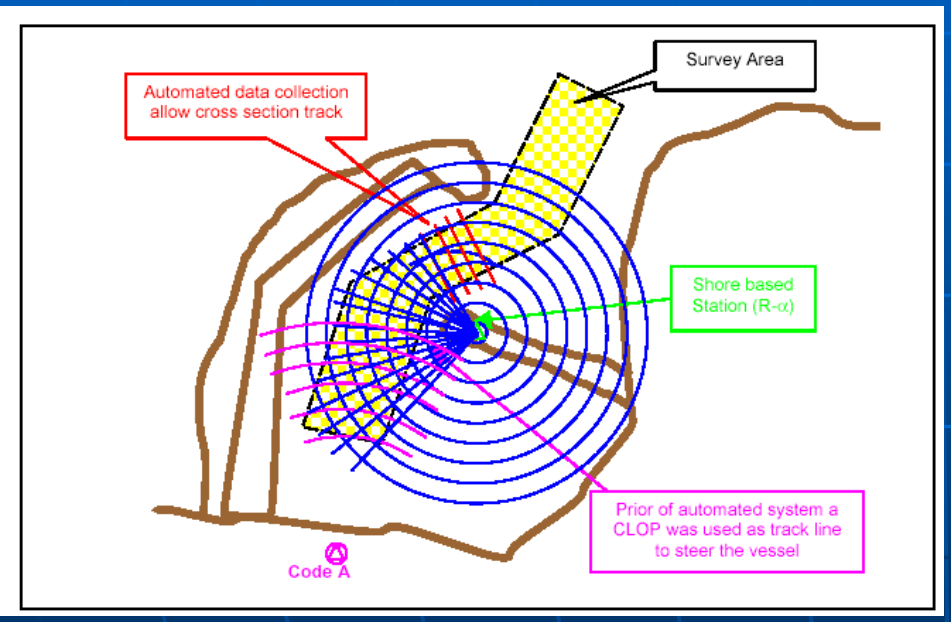
روش الکترونیک اندازه‌گیری فاصله

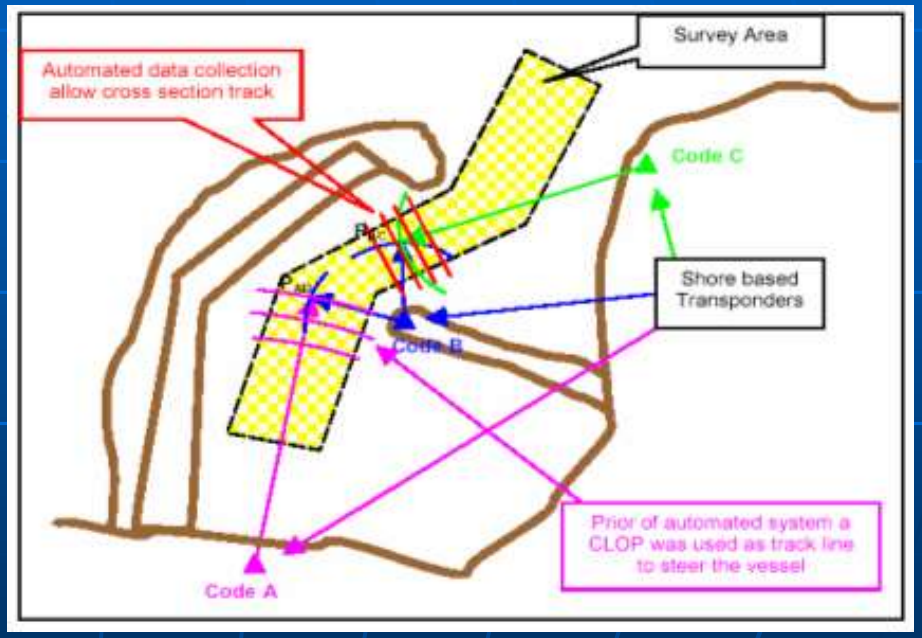
- دراین روش، که سیستم اندازه‌گیری فاصله - فاصله نام‌گرفته‌است، تعیین‌موقعیت ازطریق اندازه‌گیری هم‌زمان حداقل دو فاصله با یک سیستم فاصله‌یاب الکترونیک شامل حداقل دو دستگاه گیرنده - فرستندهٔ ساحلی به‌نام ریموت Remote و یک دستگاه فرستنده-گیرنده به‌نام مستر Master همراه با دستگاهی به‌نام واحد اندازه‌گیری فاصله Distance Measuring Unit (DMU) در داخل قایق هیدروگرافی انجام‌می‌شود. نقاط استقرار کنترل ساحلی برای اندازه‌گیری منطقهٔ هیدروگرافی باید طوری انتخاب‌شود که زاویهٔ تقاطع دو خطموقعیت از 30 درجه کم‌تر و از 150 درجه بیش‌تر نباشد. کالیبراسیون این سیستم نسبت به‌فواصل معلوم، پیش و پس از عملیات هیدروگرافی ضروری است. معمولا حداکثر فاصله‌یابی این سیستم در حد دید مستقیم الکترونیک (بسته به‌ارتفاع ایستگاه‌های ساحلی) تا 80 کیلومتر است

خطموقعیت فاصله(دایره‌های هم‌مرکز) و تعیین‌موقعیت تقاطع فواصل



روش تعیین‌موقعیت با تقاطع فاصله‌ها



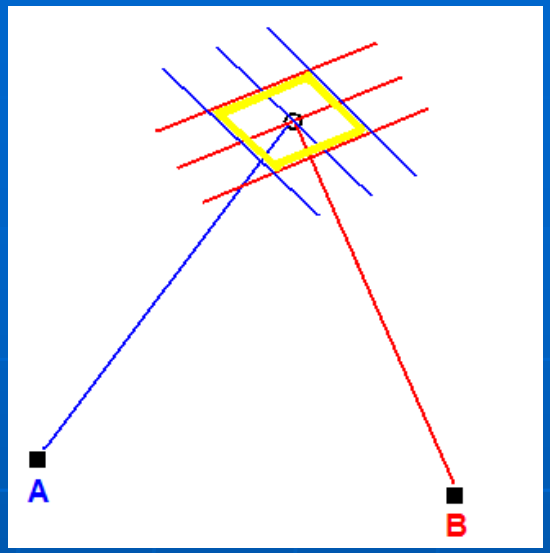


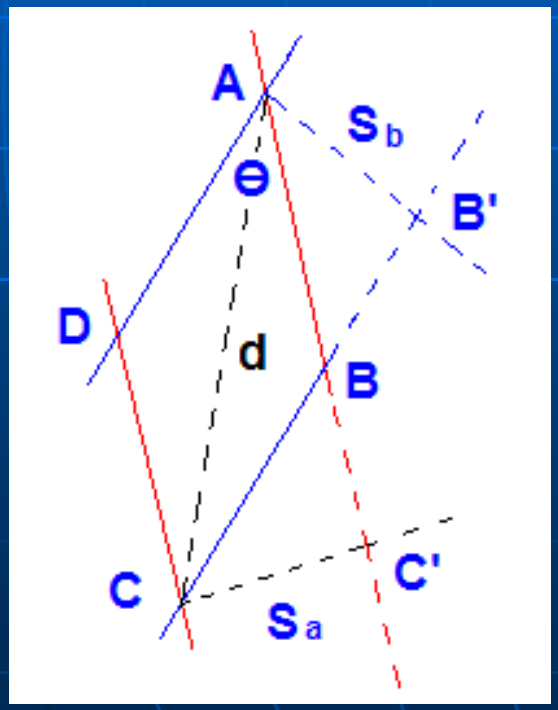
دقت تعیین‌موقعیت

- دقت سسیتم‌های تعیین‌موقعیت به‌چند عامل، نظیر روش‌های اندازه‌گیری، دقت تجهیزات، استحکام شکل هندسی نقاط، و محاسبات مربوط بستگی‌دارد.
- ازآن‌جاکه تکرار اندازه‌گیری‌ها در عملیات هیدروگرافی ناممکن‌است لذا افزایش خطوطموقعیت یکی از روش‌های افزایش‌دقت است. با افزایش تعداد خطوطموقعیت می‌توان حل موقعیت را با تحلیل آماری مختصات به‌دست‌آمده داشت.
- دقت نهایی هر موقعیت به‌دست‌آمده از محاسبات کم‌ترین‌مربعات از طریق ماتریس واریانس-کوواریانس دقت‌ها به‌دست‌می‌آید. بیضی خطا نیز برای بیان مقدار خطای محتمل مختصات محاسبه‌شده مفید است.
- در مواردی که به‌علت‌های فنی و اقتصادی نتوان مشاهدات اضافی داشت، باید نسبت به‌کیفیت موقعیت به‌دست‌آمده ارزیابی قابل‌قبولی به‌عمل‌آورد. لوزی خطا Diamond of Error معیاری است که می‌تواند ما را در این مهم یاری‌کند.

Diamond of Error

- می‌دانیم هر پارامتر اندازه‌گیری (خطموقعیت) دارای دقت تعریف‌شده یا دقت عملی است. ترکیب مشاهدات برای تعیین‌موقعیت مسلما منجر به‌دقتی دیگر در محاسبات نهایی تعیین‌موقعیت می‌شود. معمولا این دقت، تابعی از دقت‌های اولیه و کم‌تر از آن‌ها است. به‌هرحال، این موقعیت نهایی، تابعی از وضعیت مکانی ایستگاه اندازه‌گیری‌است و به‌زاویهٔ برخورد خطوط موقعیت (□) نیز بستگی‌دارد.
- اصولا این امر را می‌توان استحکام هندسی شکل تعیین‌موقعیت نامید. لوزی خطا، حاصل از برخورد خطوطموقعیت، و نمایان‌گر یک کمیت هندسی است که تا حدودی خطای حاصل از شکل هندسی تعیین‌موقعیت را





- مقدار خطای d از روابط مثلثاتی طبق رابطهٔ زیر به‌دست‌می‌آید:

$$d=\csc\square\,(S_a^2+S_b^2+2\,S_a\,S_b\,\cos\square)^{1/2}$$

نمایش و شکل لوزی خطای موقعیت، بیان‌کنندهٔ دقت اندازه‌گیری، وابستگی بین اندازه‌گیری‌ها و هندسهٔ روش تعیین‌موقعیت است.

- باید توجه‌داشت که مقدار d مساوی با محور بلند بیضی خطا نیست. اگر مشاهدات اضافی برای تعیین‌موقعیت انجام‌گیرد، در آن صورت نمی‌توان از لوزی خطا استفاده‌کرد.

خطاهای استاندارد در هیدروگرافی

خطای استاندارد دایره ای (39%)

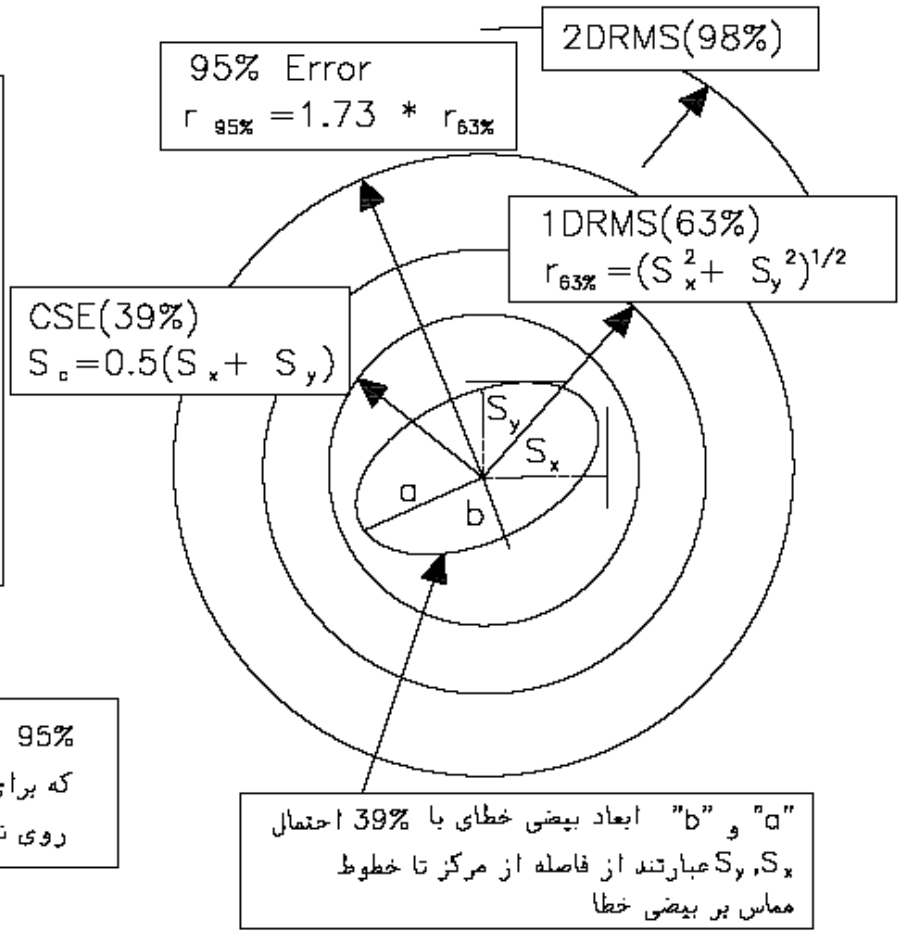
$S_c \approx 0.5(S_x + S_y)$ "CSE"

63%(1DRMS) $\approx 1.414\ S_c$

95% $\approx 2.447\ S_c$

98%(2DRMS) $\approx 2.828\ S_c$

95% اطمینان عبارتست از اندازه آماری استاندارد که برای دستیابی به یک دقت از عارضه در روی نقشه بکار می رود



"a" و "b" ابعاد بیضی خطای با 39% احتمال S_x, S_y عبارتند از فاصله از مرکز تا خطوط مماس بر بیضی خطا

خطای موقعیت مسطحاتی عوارض با سطح اطمینان ۹۵٪ می‌بایست اندازه‌گیری و ثبت شود. به عبارت دیگر بیش از ۹۵٪ نقاط مشخص نقشه، باید دارای دقتی بهتر از مقادیر مندرج در جدول ۱-۱ باشند.

جدول ۱- ۱- درستی موقعیت مسطحاتی عوارض آبنگاری (بر حسب متر)

(خطای متوسط مربعی با دو انحراف معیار)

مقیاس / درستی	مقیاس ۱:۱۰۰۰	مقیاس ۱:۲۰۰۰	مقیاس ۱:۵۰۰۰	مقیاس ۱:۱۰۰۰۰	مقیاس تا ۱:۲۵۰۰۰	کوچکتر از ۱:۲۵۰۰۰
موقعیت افقی عمق Sounding	۱	۲	۲	۵	۵	۱۰
*موقعیت عوارض ثابت که برای ناوبری مورد استفاده قرار می‌گیرند.	۰/۲۵	۰/۵	۱	۲	۵	۱۰
**موقعیت عوارض شناور که برای ناوبری مورد استفاده قرار می‌گیرند.	۲.۵	۵	۵	۱۰	۱۵	۲۰
برداشت خط ساحلی طبیعی (جزو عوارض تقریباً مشخص)	۱	۲	۲	۵	۱۰	۱۵
صخره‌های دریایی خطرناک	۲	۲	۲	۵	۵	۱۰

عوارض ارتفاعی (عمق)

بیش از ۹۵ ٪ نقاط عمق‌یابی با عمق کمتر از ۳۰ متر، می‌بایست دقتی بهتر از $\pm (a^2 + (b \times d)^2)^{1/2}$ داشته باشند. به طوری که برای عمق‌های ۱۰ متر و کمتر از آن a = ۰/۱۵m و برای عمق‌های بیشتر از ۱۰ متر a = ۰/۲۵m و b= ۰/۰۰۷۵ .

برای عمق‌های بیشتر از ۳۰ متر درستی عمق می‌بایست تا یک در صد عمق اندازه‌گیری باشد.

a خطای ثابت عمق‌یابی، یعنی مجموع تمام خطاهای ثابت.

b ضریب خطای مربوط به عمق.

d عمق اندازه‌گیری شده.

b × d خطای وابسته به عمق، یعنی مجموع خطاهای مربوط به اندازه‌گیری عمق مورد نظر.

پایان

با تشکر