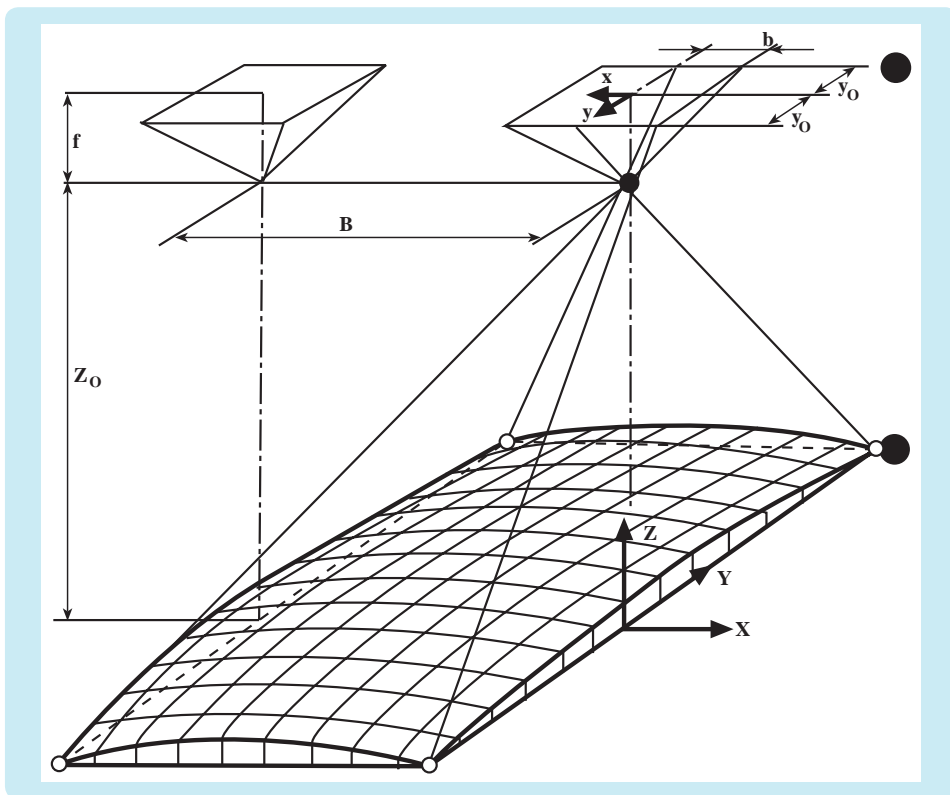


هم چنین دستگاه‌هایی که بخشی از آنها یک استروسکوپ است ساخته شده‌اند که علاوه بر ایجاد مدل برجسته‌ای از زمین می‌تواند مختصات سه بعدی کلیه نقاط واقع بر سطح زمین را در یک سیستم مختصات تعریف شده مشخص سازد و از این نظر تا ایجاد رابطه ریاضی بین مختصات سه بعدی نقاط مختلف و نامعلوم بودن مختصات تعداد محدودی از نقاط مختصات کلیه نقاط را به دست آورد.



شکل ۱۰-۳- دستگاه تحلیلی تبدیل عکس به نقشه

به طور خلاصه با انتخاب نقاطی بر روی زمین و محاسبه مختصات آنها، پس از اندازه‌گیری‌های لازم زمینی به کمک روابط ریاضی مختصات تعداد زیادی نقطه را می‌توان به دست آورد. مشروح کار دستگاه‌های مذکور و جزئیات عملیات فتوگرامتری را در درسی با همین عنوان خواهید خواند.



شکل ۳-۱۱

جدول ۳-۱

P	X	Y	Z
$M_1$	$D_1$	$D'_1$	$h_1$
$M_r$	$D_r$	$D'_r$	$h_r$
$M_r$	$D_r$	$D'_r$	$h_r$
$M_n$	$D_n$	$D'_n$	$h_n$

محاسبات: همان گونه که در فصل اول دیدید،

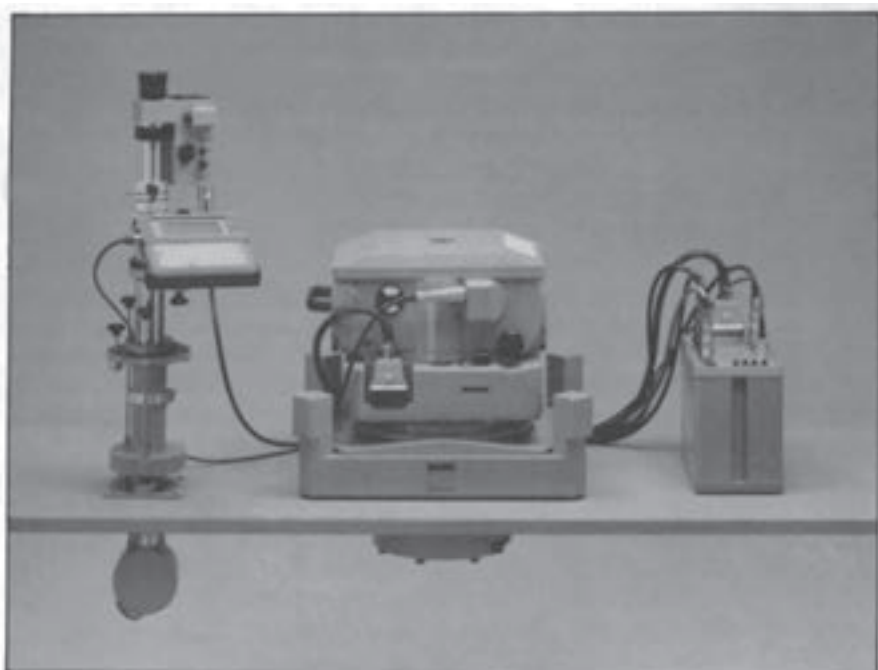
برای تعیین موقعیت، در نهایت باید به جدول های اطلاعات مکانی روبرو برسیم:

همان گونه که ملاحظه شد، در تهیه نقشه عملیات تعیین موقعیت یکبار برای نقاط کنترل یا مبنا و بار دیگر برای جزئیات صورت می گیرد. از طرف دیگر، کمیت هایی که روی زمین اندازه گیری می شوند فواصل و زوایا هستند؛ بنابراین محتاج روابط ریاضی هستیم تا این فواصل و زوایا را به مختصات مندرج در جدول های فوق تبدیل کنیم. گذشته از آن، فواصل و زوایا که اندازه گیری می شوند همیشه قابل استفاده نیستند و باید کنترل شوند. بدین منظور نیز از روابط ریاضی دیگری استفاده می شود.

به‌طور کلی منظور از محاسبات، استفاده از دو دسته روابط ریاضی مذکور است.  
برای مناطق کوچک با تعداد نقاط محدود از ماشین حساب‌های دستی و برای مناطق دارای  
تعداد نقاط زیاد از کامپیوتر استفاده می‌کنیم و روابط ریاضی را در قالب نرم‌افزارهای محاسباتی مورد  
استفاده قرار می‌دهیم.



شکل ۱۲-۳- نمونه‌ای از عکس هوایی



شکل ۱۳-۳- امکانات و تجهیزات دوربین عکس برداری هوایی



شکل ۱۴-۳- عکس هوایی و انواع دوربین‌های عکس برداری هوایی



۳-۱-۳- نقشه برداری آبی<sup>۱</sup> (یا آب نگاری): این بخش از نقشه برداری مشتمل بر عملیات تعیین موقعیت دریاچه ها - نهرها، سواحل دریاها و رودخانه ها، کف دریاها و کلیه مناطق آبی می شود. و حد بارز این نوع نقشه برداری عمق یابی در مناطق فوق است و از این نظر به طور خلاصه آن را به عنوان «روش تعیین موقعیت نقاط زمین در زیر آبها» تعریف می کنند. در این بخش همان گونه که راجع به علم نقشه برداری گفته شد، هدف تعیین (x و y و z) نقاط است؛ با این تفاوت که در اینجا نقاط در کف دریاچه و یا دریاها و غیره قرار دارد.

در این نوع نقشه برداری ارتفاع نقاط (z) از طریق عمق یابی تعیین می گردد؛ به این ترتیب که فاصله قائم نقاط تا سطح آب اندازه گیری شده با معلوم بودن ارتفاع سطح آب ارتفاع نقاط نیز پیدا می شود. معمولاً در روی زمین با استقرار دستگاه در نقاطی ثابت که قصد تعیین موقعیت آنها را داریم، اندازه گیری کمیت های طولی زاویه ای x و y و z نقاط محاسبه می شود. اما چنین نقاط ثابتی را در سطح آب نمی توان در نظر گرفت؛ چون معمولاً به منظور عمق یابی از قایق استفاده می شود؛ درحالی که در داخل قایق این امکان وجود ندارد. از این نظر نقاط ثابتی به عنوان «نقاط کنترل» در ساحل انتخاب می شود و با استفاده از روش ها و وسایل مختلف نقاط داخل قایق نسبت به این نقاط تعیین موقعیت می گردد.

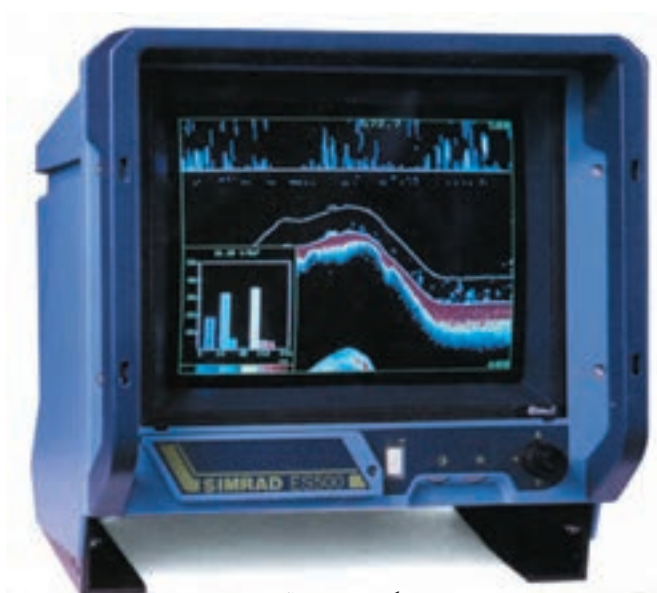
از جمله روش های عمق یابی، استفاده از طناب مدرجی است که به انتهای آن وزنه ای آویزان می شود. پس از جنگ دوم جهانی نیز از دستگاه های عمق یاب صوتی<sup>۲</sup> استفاده روزافزونی به عمل آمده است. این دستگاه ها در یک لحظه معین ضربه صوتی به کف آب می فرستند که پس از اصابت به کف آب برمی گردند. در این حال، زمان رفت و برگشت اندازه گیری می شود و با داشتن سرعت صوت در آب، عمق آب با استفاده از فرمول ساده  $x = \frac{1}{2}vt$  که در آن v سرعت صوت و t زمان رفت و برگشت صوت است تعیین می گردد. بدین ترتیب برای نقاط مختلف از یک سو عمق یابی می شود و از سوی دیگر، اطلاعات لازم جهت تعیین x و y به دست می آید.

مهم ترین استفاده این بخش در کشتی رانی است، به خصوص وقتی در نزدیکی سواحل و مدخل کانال ها و رودخانه ها عمق آب نسبتاً کم باشد و کشتی های بزرگ در فاصله ای مطمئن از ساحل متوقف شوند این کشتی ها در فاصله کمی از کف دریا حرکت می کنند و راهنمای کشتی با استفاده از چارت «نقشه آب نگاری» که قبلاً با عملیات نقشه برداری تهیه شده، آن را هدایت می کند. اما کوچک ترین اشتباه در این مورد ممکن است خسارات سنگینی به بار آورد.

امروزه با پیشرفت صنایع، استفاده از منابع زیر دریاها بیش تر مورد توجه قرار گرفته و آنچه که در



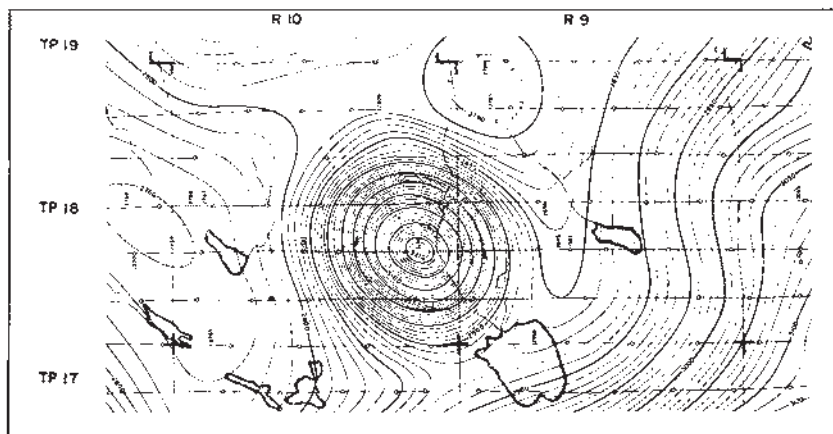
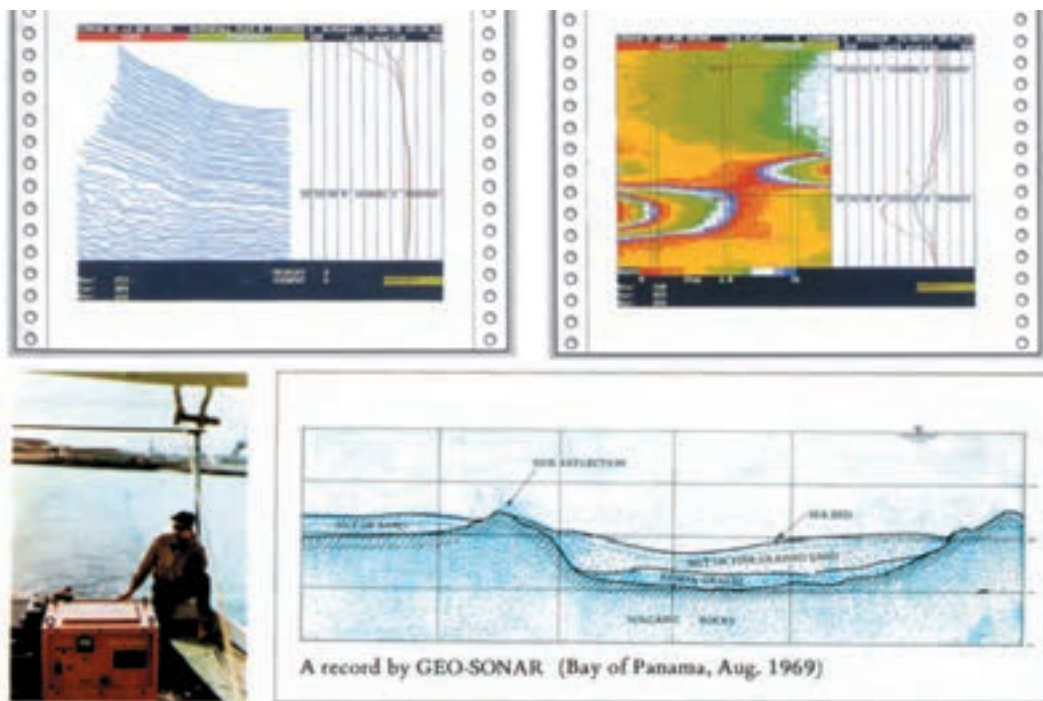
شکل ۱۵-۳- کشتی در حال اندازه‌گیری



شکل ۱۶-۳- اکوساندر

دهه‌های قبل غیرممکن می‌نمود، با وسایل و روش‌های جدید قابل اجرا شده است. همچنین اکتشاف و بهره‌برداری از معادن، به خصوص معادن نفت، در زیر آب‌ها روز به روز بهتر مورد توجه قرار می‌گیرد و به همین جهت نقشه‌های دریایی دقیق از این محل‌ها مورد نیاز است.

برای ساختن اسکله‌ها و بررسی و لایروبی بنادر موجود نیز از این نوع نقشه‌ها استفاده می‌شود؛ اما در بعضی نواحی به علت رسوبات دریایی باید نقشه‌های دریایی هر ساله تجدید شوند. علاوه بر این، برای اندازه‌گیری جزر و مد به منظور مشخص ساختن سطح متوسط آب برای ترازبایی و مطالعات مربوط





به امواج و جریانات دریایی این نوع نقشه‌برداری کاربرد دارد.

۴-۱-۳- نقشه‌برداری فضایی و نجومی: از زمان‌های بسیار کهن ستارگان آسمان همواره انسان‌ها را مجذوب خود کرده‌اند. مردم قدیم در حرکت ستارگان نقش نیروهای فوق طبیعی را می‌دیدند که به گمان آنها بر سرنوشت انسان تأثیر می‌گذاشت. پیشینیان ما با این باور که در ستارگان نشانه‌هایی هست که باید خوانده شود به رصد آسمان و تهیه شرح‌های دقیق از آن دست زدند. از این روست که اخترشناسی تاریخی دراز دارد. بقایایی از رصدخانه‌ها و وسایل نجومی به قدمت تا ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد در سومر، بابل، چین، مصر، مکزیک، پرو و بریتانیا کشف شده‌است. کهن‌ترین صورت‌های شناخته شده ستارگان کار منجمان بابلی است که تاریخ آن به حدود ۱۷۰۰ پیش از میلاد می‌رسد. محاسباتی که در مورد حرکت‌های ماه و سیاره‌ها، به‌ویژه زهره، انجام می‌شد به یقین برای شناخت آنها بوده است.

زمان چندانی نگذشت که مردم باستان از حرکت دوره‌ای آهسته خورشید، ماه و پنج سیاره بزرگ منظومه شمسی (زهره - تیر - بهرام - برجیس و کیوان) در امتداد مسیری منظم در بهنه آسمان آگاه شدند. یک منجم یونانی<sup>۱</sup> نخستین کسی است که صورت شایان ذکری از ستارگان تنظیم کرد. او موقعیت حدود هزار ستاره را مشخص کرد و برای هر ستاره بر مبنای درخشندگی آن قدر<sup>۲</sup> تعیین نمود. برای دریانوردی در دریاها آزاد و برای اندازه‌گیری زمین در مقیاس بزرگ، صورت دقیقی از ستارگان ضروری بود. مجسطی<sup>۳</sup>، دایرة المعارف نجومی و ریاضی که بطلمیوس در حدود ۱۶۰ میلادی نوشت، تا پایان قرون وسطی کتاب مرجع معتبر در این زمینه بود.

اما نخستین اطلس نجومی قابل استفاده به‌وسیله یک اخترشناس آلمانی<sup>۴</sup> تهیه شد. این اطلس پنجاه و یک نقشه داشت و ۱۲۷۷ ستاره را صورت‌برداری کرده بود. اخترشناسان دیگری نیز در سال‌های بعد مطالعاتی بر روی ستارگان داشتند و در نهایت در نیمه دوم قرن نوزدهم تعداد ستارگان رصد شده به ۸۵۰۰۰۰ ستاره رسید.

در قرن بیستم استفاده از صفحه‌های عکاسی تا حد زیادی جای رصد چشمی ستارگان را گرفته است. اجرامی که درخشندگی آنها بسیار کمتر از آن است که با چشم انسان دیده شوند عکس‌برداری

---

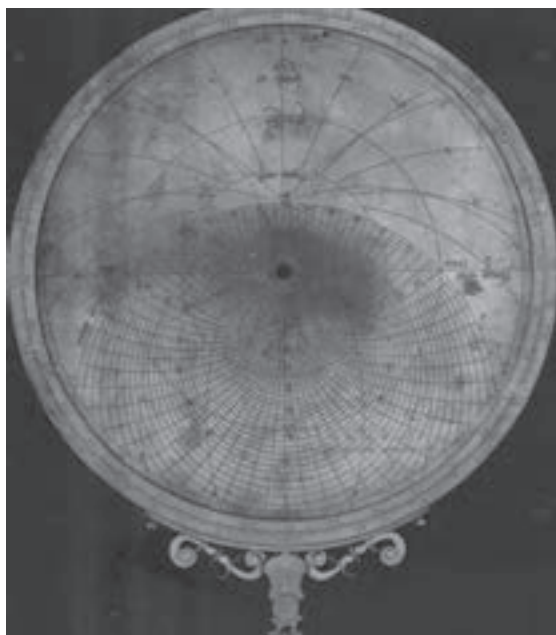
۱- هیبارخوس (۱۶۱ تا ۱۲۷ ق.م)

۲- واحد درخشندگی ستاره

۳- مجسطی، خلاصه‌ای از دانش ریاضی دنیای قدیم است که ترجمه‌ای عربی از آن باقی مانده. این اثر دارای صورتی از چهل و هشت صورت فلکی و ۱۰۲۲ ستاره و مختصات دایرة البروج و قدر آنهاست.

۴- این اخترشناس «یوهان پیر» نام داشت.

می‌شوند. این نوع رصد سبب کشف میلیون‌ها ستاره شد که پیش‌تر ناشناخته بودند. در سال‌های اخیر اکتشاف منظومه شمسی<sup>۱</sup>، با فضاپیمای سرنشین دار و بی‌سرنشین و با تلسکوپ فضایی هابل، انگیزه تازه‌ای برای نقشه‌برداری از خورشید، سیاره‌ها و قمرهای آنها ایجاد کرده است. دوربین‌های ویدئویی الکترونیکی جریان مداومی از تصویرهای بسیار روشن به زمین می‌فرستند. این تصویرها معمولاً به شکل تصویرهای استوانه‌ای کنار هم ردیف و چسبانده می‌شوند. ستاره‌ها را قبلاً در هر کشور به شکل خاصی نشان می‌دادند. از زمان پیدایش عکاسی نجومی ستاره‌ها به شکل نقطه‌هایی نشان داده می‌شوند که بزرگی هر نقطه متناسب با درخشندگی آن ستاره است.



نمایش دادن سحابی‌ها، کهکشان‌ها، ستاره‌های مزدوج، خوشه‌های ستاره‌ای و ستاره‌های دنباله‌دار بسیار دشوار است؛ ولی دشوارتر از آن نشان دادن اجرام سماوی چون اختر نماها و سیاه‌چاله‌هاست که خارج از دسترس اخترشناسی نوری هستند و وجودشان از امواج رادیویی که فرستاده می‌شوند بر ما آشکار می‌گردد. برای تصویر کردن میدان‌های مغناطیسی و بادهای خورشیدی که به شکل منحنی رسم می‌شوند، از نمودارهای خاصی استفاده می‌شود.

شکل ۱۸-۳ یک اسطرلاب که در سال ۱۵۶۵ توسط آرسینوس جغرافیدان ساخته شد.

۱- منظومه شمسی (یا خانواده خورشید): از اجرام و کرات بزرگ و کوچکی تشکیل شده که همه آنها به خورشید که در مرکز مجموعه قرار گرفته بستگی دارند. مهم‌ترین اجرام این مجموعه عبارتند از ۹ سیاره به نام‌های عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل، اورانوس، نپتون و پلوتو که عطارد نزدیک‌ترین و پلوتو دورترین آنها از خورشید است. کرات دیگر این منظومه شامل ۶۵ قمر متعلق به ۷ سیاره مذکور به جز عطارد و زهره است.

علاوه بر آن، منظومه شمسی دارای کمرندی از سیاره‌های کوچک‌تر است که ۹۵ درصد آنها بین مدارات مریخ و مشتری قرار دارند. منظومه شمسی دارای اعضای دیگری از جمله تعداد زیادی ستاره دنباله‌دار است که به ندرت بعضی از آنها را می‌توان از زمین و با کمک دوربین‌های نجومی و گاهی چشم غیر مسلح دید در ضمن، شهاب‌ها و شهاب‌سنگ‌ها را نیز باید از مجموعه خانواده خورشید دانست.



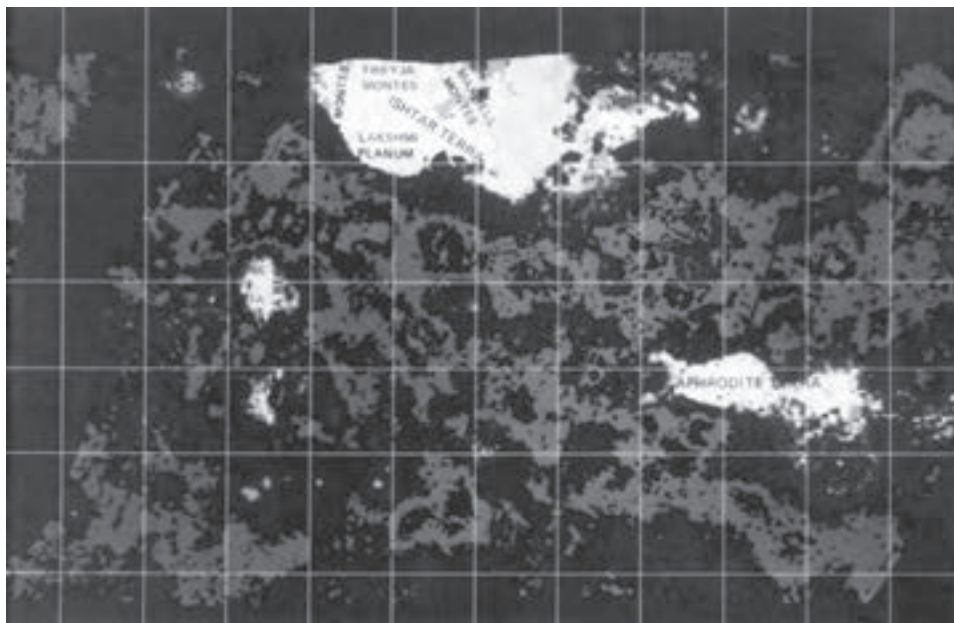
شکل ۱۹-۳- لکه‌های ماه که پس از رصد سال‌های ۱۶۷۵ و ۱۶۷۷ کشیده شد.

سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده<sup>۱</sup> نیز نقشه‌هایی رنگی چاپ کرده است که سازه‌های کانی سطح ماه را نشان می‌دهند.

شیوه نام‌گذاری قسمت‌های برجسته ستاره‌ها در منظومه شمسی تحت هدایت اتحادیه بین‌المللی اخترشناسی<sup>۲</sup> مستقر در پاریس است که بالاترین مرجع در زمینه اخترشناسی محسوب می‌شود. یکی از دستاوردهای این اتحادیه تعیین شیوه نام‌گذاری مشترکی برای برجستگیهای بزرگ سطح ماه بوده است. برای آسان کردن درک بین‌المللی نقشه‌های آسمان تمامی نام‌های روی این نقشه‌ها معمولاً به لاتین نوشته شده‌اند. با همین هدف هر ستاره‌ای که در صورت ستارگان آمده است، یک شماره شناسایی خاص دارد.

۱- NASA

۲- IAU



شکل ۲-۳- نقشه ابتدایی زهره که از داده‌های فرستاده شده از کاوشگر فضایی ایالات متحده در سال ۱۹۸۰ تنظیم شده است.

## ۲-۳- طبقه‌بندی نقشه‌برداری براساس موضوع

الف) نقشه‌برداری مهندسی : این قسمت از نقشه‌برداری خود شامل بخش‌های زیر است :

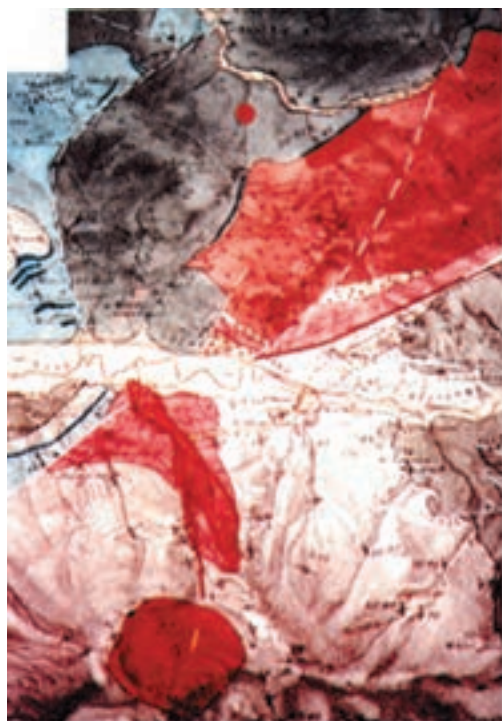
- نقشه‌برداری اجرایی پروژه‌های عمرانی برای کسب و جمع‌آوری معلومات و اطلاعات مهندسی در مورد کارهایی از قبیل ایجاد سدها، پل‌ها، جاده‌ها و مخازن آب.
- نقشه‌برداری شناسایی، برای برآورد تقریبی هزینه‌های اجرای پروژه.
- نقشه‌برداری مقدماتی، برای جمع‌آوری اطلاعات دقیق به منظور انتخاب بهترین محل جهت انجام پروژه‌های ساختمانی از قبیل سد و راه و تخمین هزینه‌های مربوط.
- نقشه‌برداری برای پیاده کردن پروژه‌های ساختمانی؛ از قبیل قوس‌های جاده، حدود مناطق و غیره در روی زمین.

ب) نقشه‌برداری زمین‌شناسی : برای تعیین طبقات مختلف پوسته زمین.

ج) نقشه‌برداری زیرزمینی : در زمینه تعیین موقعیت و پیاده‌کردن عوارض از زیرزمین، مانند معادن و تونل‌ها، بحث می‌کند.

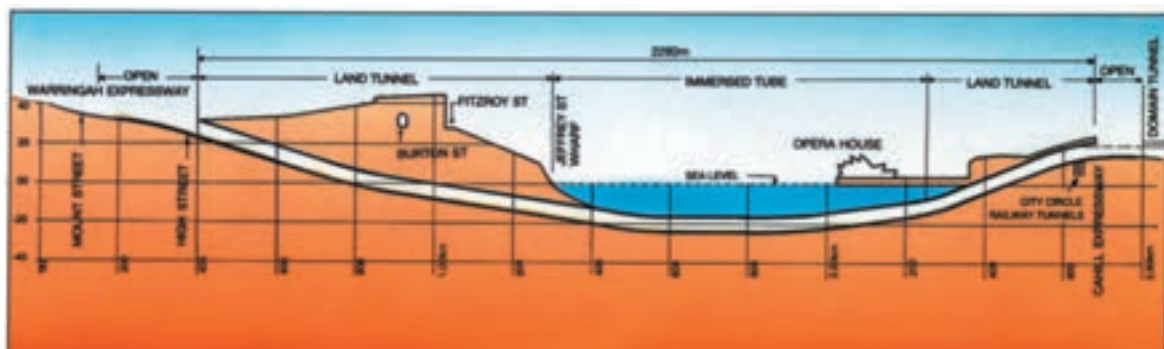
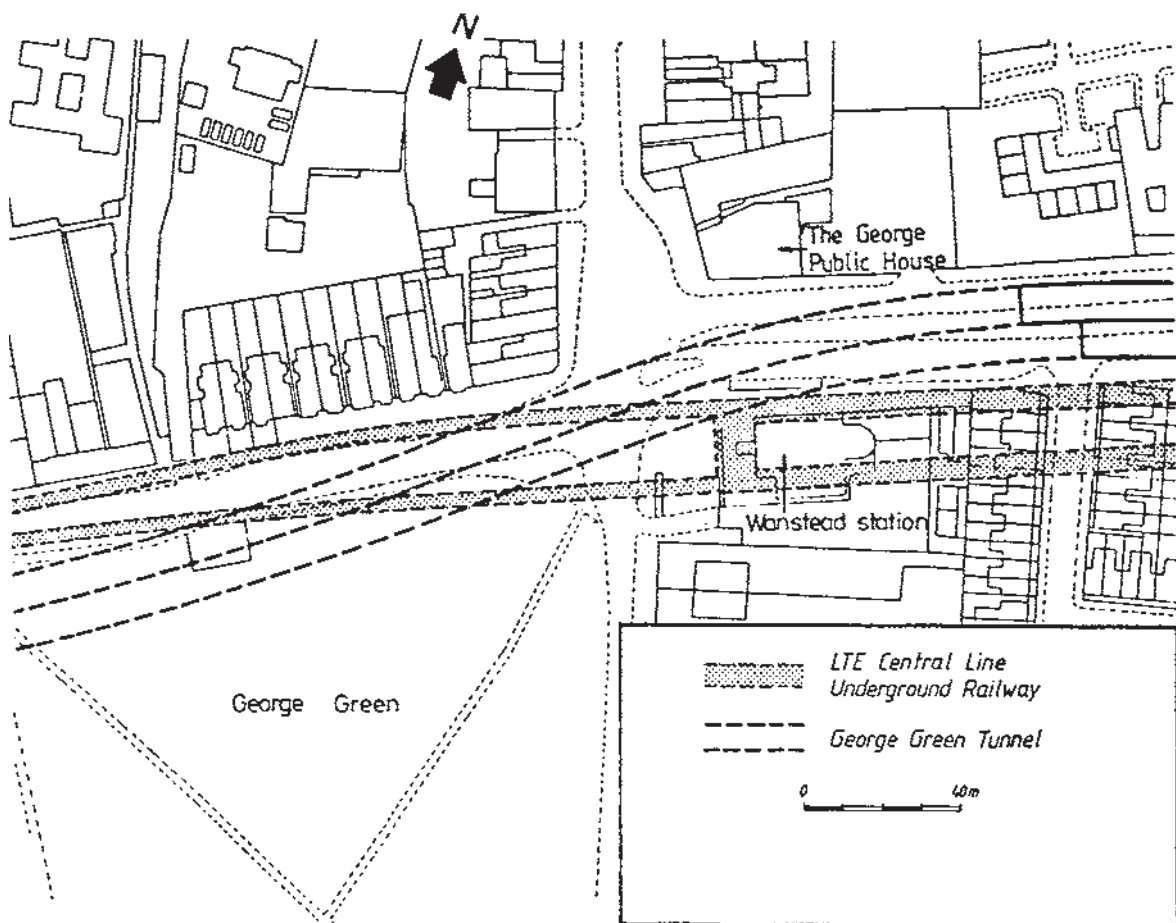
د) نقشه‌برداری باستان‌شناسی : برای تعیین موقعیت آثار تاریخی و قدیمی کاربرد دارد.





شکل ۲۱-۳ نمونه نقشه‌های زمین‌شناسی





شکل ۲۲-۳- نمونه نقشه‌های زیرزمینی

هـ) نقشه‌برداری نظامی: جهت تهیه نقشه‌های نظامی و تعیین نقاط استراتژیک و دفاعی و تعرضی به کار می‌رود.

## خودآزمایی

- ۱- پنج مورد از فعالیت‌های عمرانی، اقتصادی و کشاورزی را که انجام آن مستلزم تهیه نقشه است نام ببرید.
- ۲- تفاوت مشخصات ظاهری نقشه‌های توپوگرافی و ساختمانی را شرح دهید.
- ۳- طبقه‌بندی نقشه‌ها را بر اساس اوضاع طبیعی بیان کنید.
- ۴- طبقه‌بندی نقشه‌برداری را بر اساس موضوع توضیح دهید.
- ۵- در نقشه‌برداری زمین‌شناسی، چه مواردی در نقشه‌ها نشان داده می‌شوند؟
- ۶- نقشه‌برداری زیرزمینی را تعریف کنید.
- ۷- منظور از نقشه‌برداری باستان‌شناسی را شرح دهید.
- ۸- اهمیت نقشه‌برداری نظامی را توضیح دهید.
- ۹- خصوصیت مهم نقشه‌ها در نقشه‌برداری توپوگرافی را ذکر نمایید.
- ۱۰- نقشه‌های ثبتي را تعریف نمایید.
- ۱۱- چند نوع عارضه که در نقشه‌برداری شهری تعیین موقعیت می‌شوند را نام ببرید.
- ۱۲- منظور از نقشه‌برداری مسیر را بیان نمایید.
- ۱۳- نوع عوارضی که در نقشه‌برداری آبی تعیین موقعیت می‌شوند را ذکر نمایید.
- ۱۴- کاربرد نقشه‌برداری فضایی و نجومی را بیان نمایید.
- ۱۵- بخش‌های مختلف نقشه‌برداری مهندسی را بیان نمایید.
- ۱۶- اهمیت و لزوم تهیه نقشه در فعالیت‌های عمرانی - اقتصادی و کشاورزی یک منطقه از زمین را توضیح دهید.

### فن آوری های نوین نقشه برداری زمینی

- هدف های رفتاری : از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل بتواند :
- دستگاه های اولیه نقشه برداری را توضیح دهد.
  - دستگاه های اپتیکی نقشه برداری را شرح دهد.
  - دستگاه های الکترونیکی مانند تئودولیت دیجیتال و طول یاب های الکترونیکی و توتال استیشن ها را توضیح دهد.
  - ابزارهای جمع آوری اطلاعات در نقشه برداری را شرح دهد.

#### ۱-۴- سیر تکاملی دستگاه های نقشه برداری

در امور مهندسی به منظور تعیین موقعیت سه بعدی اجسام، تصاویر آنها را در صفحات افقی و قائم ترسیم می نمایند و با معلوم بودن موقعیت در صفحات افقی و قائم به وضعیت آن در فضای سه بعدی پی می برند. از این رو دستگاه های اندازه گیری نقشه برداری باید قادر باشند زوایایی را در صفحات افقی و قائم اندازه گیری کنند و اولین شرط برای انجام این کار ایجاد صفحات افقی و قائم در فضا است. از اولین وسایلی که برای ایجاد یک صفحه افقی مورد استفاده قرار گرفت «تراز آبی»<sup>۱</sup> بود. این وسیله که با توجه به فشار یکسان هوا بر سطح مایعات ساخته شد ساختمان ساده ای داشته و از جمله ابزارهای بود که در گذشته ایرانیان برای احداث قنات و استخراج آب های سطح الارضی از آن استفاده نمودند. در اوایل قرن پنجم هجری مهندس برجسته ایرانی به نام کرجی، اهل کرج حوالی ساوه کنونی، در کتاب ارزشمند خود (استخراج آب های پنهانی) تعدادی ابزار نقشه برداری معرفی کرد که توسط خود وی اختراع شده بود و منشأ وسایل نقشه برداری امروزی است. تراز آبی<sup>۲</sup> یک لوله دو سر باز از جنس چوب یا نی بود که در وسط سوراخی برای ریختن آب در

---

۱- Water level

۲- لازم به ذکر است که نخستین کتاب های چاپی درباره وسایل تراز کردن در اروپا، مربوط به قرن شانزدهم میلادی است. حال آنکه کتاب کرجی که حداقل پنج قرن از تاریخ یاد شده به رشته تحریر درآمده است، عمدتاً به معرفی ابزار نقشه برداری و روش های اندازه گیری اختلاف ارتفاع، فواصل و ارتفاع کوه ها، و روش های تراز کردن و شیب دادن و یافتن مسیرهای مناسب برای قنات ها پرداخته است.



شکل ۴-۱

آن تعبیه گردیده و به کمک یک ریسمان محکم به حالت آویزان قرار می‌گرفت و برای ایجاد یک سطح افقی با تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه از آن استفاده می‌شد.

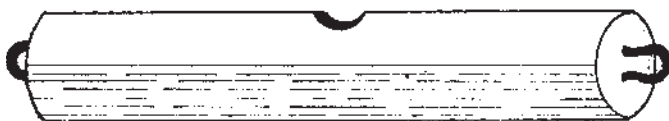
طرز کار این تراز بدین قرار بود که در روی دو نقطه‌ای که می‌خواستند اختلاف ارتفاع آنها را تعیین نمایند، دو قطعه چوبی مدرج بلند به طول‌های مساوی را قرار داده سپس ریسمان که تراز آبی به آن متصل بوده را بین دو قطعه چوب می‌کشیدند و شخص ثالثی در وسط ریسمان ایستاده و مقداری آب به داخل تراز آبی می‌ریخت اگر آب از دو سوراخ طرفین به یک میزان خارج نمی‌شد، سر ریسمان که بالاتر قرار گرفته بود را آن‌قدر پایین می‌آوردند که آب به یک میزان از دو سر تراز خارج شود، در چنین وضعی ریسمان بین دو نقطه روی خط افقی قرار می‌گرفت و طول بین سر قطعه چوبی و ریسمان اختلاف سطح دو نقطه را نشان می‌داد.



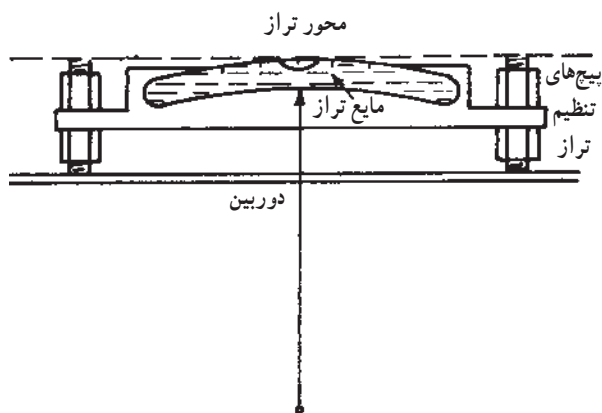
شکل ۴-۲

برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه که فاصله آنها بیش از طول ریسمان بود مجبور می‌شدند عمل فوق را چندین بار تکرار کنند.

چون ریختن آب در داخل لوله تراز مستلزم صرف وقت و همراه داشتن ظرفی پر از آب بود در سال‌های بعد این تراز از جنس شیشه ساخته شد که دو سر آن بسته بود و سطح افقی آب قابل مشاهده بود.



شکل ۳-۴



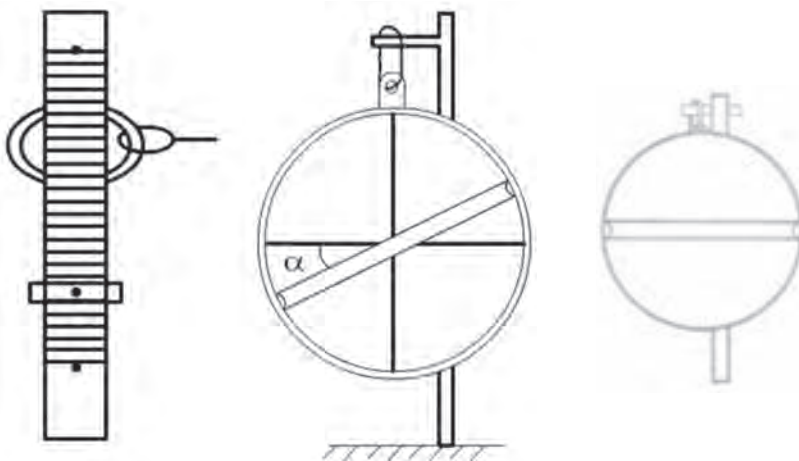
شکل ۴-۴

تراز دو سر بسته مردم ایران باستان با ترازهای امروز این فرق را دارد که لوله ترازهای امروزی کاملاً بسته است ولی سطح نیست. بلکه دارای انحنای معینی می باشد و حباب هوا، در صورت افقی قرار گرفتن دو سر لوله تراز، درست در وسط آن و بین دو خط یا دایره ای که روی سطح شیشه حک شده قرار می گیرد.

استفاده از ترازهای به شکل مذکور برای فواصل کوتاه میسر بود و از این نظر لازم شد برای مشاهده فواصل دور یک دوربین همراه تراز مورد استفاده قرار گیرد.

در این زمینه کرجی دو دوربین اختراع کرده که توضیح آن در زیر می آید :

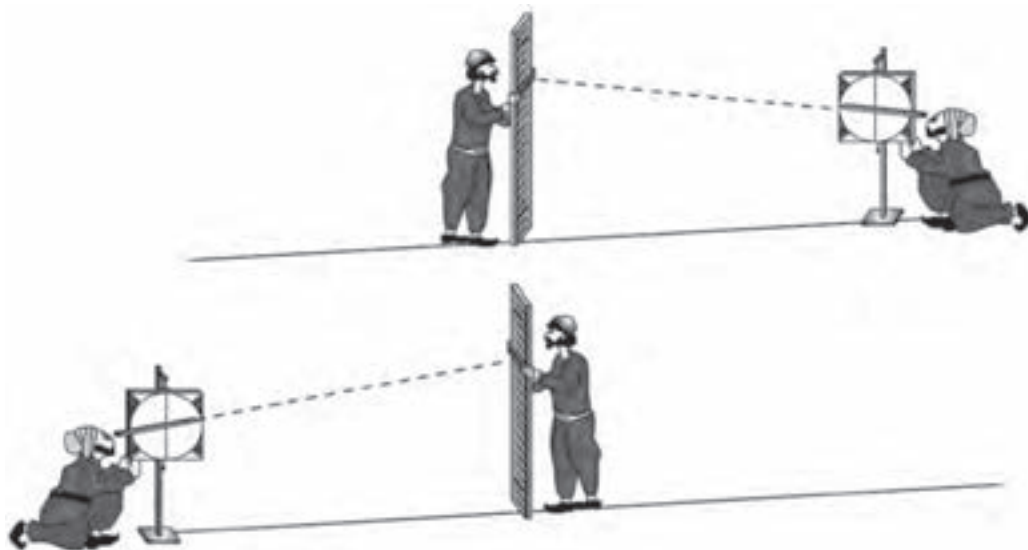
**الف- تراز دوربینی ساده :** تراز متشکل از صفحه گرد یا چهارگوشه ای از برنج یا چوب



شکل ۵-۴- تراز دوربینی ساده

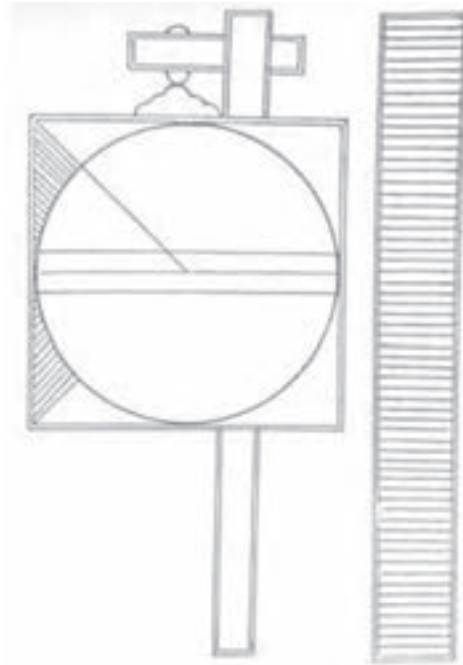


سخت است. در وسط صفحه سوراخی ایجاد شده است. لوله ای برنجی به ابعاد یک وجب و نیم (حدود  $40\text{ cm}$ ) که در نهایت «راستی و محکمی» است، انتخاب می شود. لوله دارای سوراخ ریزی است که قطر آن حدود ۳-۲ میلی متر (به اندازه قطر سوزن جوال دوز) است. این لوله در وسط صفحه تراز با محور قابل دوران نصب می شود. طول لوله می تواند کمی بیشتر از قطر صفحه مدور باشد. صفحه دارای رزه یا حلقه ای است که برای آویختن تراز از آن استفاده می شود. یک پایه چوبی انتخاب می شود که کاملاً تخت و هموار است و به یک انتهای آن میخی سرشکافته نصب شده است. صفحه تراز از طریق حلقه یا زنجیر از این میخ آویخته می شود. طول پایه چوبی ۴ وجب (حدود ۱ متر) است. البته طول پایه باید به اندازه ای باشد که نقشه بردار چون بر زانو بنشیند چشمش در امتداد سوراخ لوله واقع بر صفحه باشد. لذا پایه چوبی می تواند کمی بلندتر و یا کوتاه تر انتخاب شود.

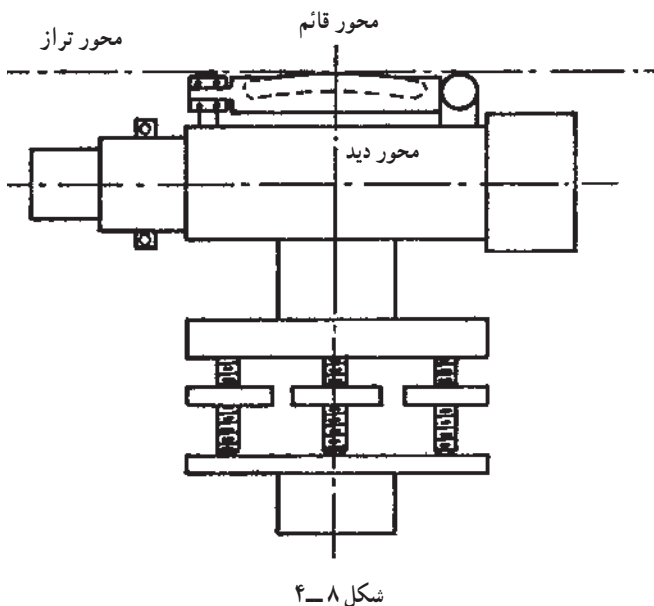


شکل ۶-۴- طرز کار با تراز دوربینی

ب- تراز دوربینی مدرج: اوج نوآوری کرجی را باید در اختراع و به کارگیری تراز دانست که می توان آن را تراز دوربینی مدرج خواند. تنها تراز قدیمی که شایستگی نسل اول خواندن دوربین های تلسکوپی جدید را دارد، همین تراز کرجی است. این نوع تراز شبیه تراز قبلی بوده با این تفاوت که مقدار زاویه شیب را نیز به دست می آورده است.



شکل ۷-۴- تراز دوربینی مدرج



شکل ۸-۴

در سال های بعد  
کارخانه های سازنده وسایل  
نقشه برداری با تعبیه یک یا  
دو عدد تراز در کنار دوربین  
این امکان را فراهم آوردند  
که وقتی حباب تراز در  
وسط است محور نشانه روی  
دوربین نیز افقی گردد و  
بدین ترتیب با حرکت سمتی  
محور نشانه روی یک سطح  
افقی در فضا ایجاد شده که  
به کمک آن اختلاف ارتفاع

دو نقطه اندازه گیری می گردد و بدین ترتیب ترازهای اپتیکی<sup>۱</sup> تولید گردید. در شکل ۹-۴ نمونه اولین تراز یاب های اپتیکی که وارد خط تولید یکی از کارخانه های سازنده وسایل نقشه برداری شد را می بینید. این دستگاه بر روی سه پایه چوبی نصب می گردید و در پایه آن سه پیچ تنظیم تراز تعبیه گردیده بود که به کمک آنها پس از تنظیم تراز محور نشانه روی دوربین در یک امتداد افقی قرار می گرفت و با حرکت سمتی دوربین صفحه ای افقی در فضا ساخته می شد.



شکل ۹-۴

دستگاه های تراز یاب تنها قادر بودند یک سطح افقی را در فضا ایجاد نمایند که به کمک آن تعیین اختلاف ارتفاع نقاط میسر بود<sup>۲</sup>. با اضافه نمودن یک صفحه مدرج افقی در زیر دوربین اندازه گیری زوایای افقی بین دو امتداد در روی زمین نیز با این وسیله امکان پذیر شد. تدریجاً با اضافه نمودن تکیه گاه U شکل<sup>۳</sup> بر روی پایه حرکت دوربین در صفحه قائم نیز میسر شد و بدین ترتیب دستگاه های دیگری به نام «زاویه یاب»<sup>۴</sup> ساخته شد.

۱- Optical levels

۲- بدین منظور همراه تراز یاب از قطعات چوب مدرج شده که شاخص نامیده شد، استفاده نموده اند.

۳- Alidad

۴- این دستگاه ها در ابتدا ترازیوت و بعدها «تئودولیت» theodolite نامیده شد.



شکل ۱۰-۴

در سال‌های بعد کارخانه‌های متعددی در کشورهای مختلف مبادرت به تولید تراز یاب و تئودولیت‌های اپتیکی نموده‌اند که نمونه‌هایی از این محصولات را در این صفحه و صفحه بعد مشاهده می‌نمایید.



شکل ۱۲-۴ یک نمونه تراز یاب جدید



شکل ۱۱-۴ تراز یاب دهه ۱۳۷۰



شکل ۱۳-۴- زاویه یاب اپتیکی دهه ۱۳۶۰



شکل ۱۴-۴- یک نمونه زاویه یاب اپتیکی جدید



در سال‌های اخیر برای تسهیل در اندازه‌گیری زوایا و رفع خطاهای مربوط به خواندن و نوشتن اعداد با اضافه نمودن یک برد الکترونیکی در داخل دستگاه‌های اپتیکی این امکان فراهم شد که در داخل یک مونیتور کوچک اعداد به صورت دیجیتال مشاهده شوند و بدین ترتیب تعدیلت‌ها و ترازب‌های دیجیتال تولید گردید.



حافظه‌های بالا و امکان انتقال اطلاعات ضبط شده به رایانه و نرم‌افزارهای ترسیمی از خصوصیات دیگر دستگاه‌های پیشرفته است و هر کارخانه نمونه‌های مختلفی از آنها را تولید و روانه بازار نموده است. در شکل ۱۵-۴ یک نمونه از صفحه نمایش دستگاه‌های پیشرفته را ملاحظه می‌نمایید.



شکل ۱۵-۴ یک نمونه دستگاه نقشه‌برداری پیشرفته و صفحه نمایش آن



شکل ۱۶-۴ یک نمونه صفحه نمایش و عملگرهای گوناگون آن

## ۴-۲- دستگاه‌های کامل نقشه‌برداری (توتال استیشن)



شکل ۴-۱۷- چند نمونه دستگاه کامل نقشه‌برداری  
(توتال استیشن)

ترازیاب‌های الکترونیکی: پس از ساخت ترازیاب‌های اپتیکی عملاً تجهیزات مشابه ترازیابی مانند شمش تراز و شلنگ تراز از رده فعالیت خارج و این ترازیاب‌ها جایگزین آنها شد اما پس از مدت کوتاهی این تجهیزات تحت تأثیر ورود الکترونیک به علم نقشه‌برداری قرار گرفت و به ترازیاب‌های الکترونیکی و دیجیتالی رشد پیدا نمود به‌طوری که در تمامی مراحل اندازه‌گیری، ترازیاب اطلاعات را در حافظه داخلی خود ذخیره و سپس با اتصال به کامپیوتر قابلیت ارائه مشاهدات را به شکل‌های مختلف دارا خواهد بود و انتقالی را در کارهای ترازیابی (درجه ۱ و درجه ۲) و دقیق ایجاد کرد که نمونه‌هایی را در شکل زیر می‌بینید.



شکل ۱۸-۴ ترازیاب‌های دیجیتال

### ۳-۴ جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های لازم بسته به تجهیزات قابل دسترسی و با توجه به هدف نهایی به‌روش‌های مختلف قابل جمع‌آوری می‌باشد. به‌عنوان مثال داده‌های خام را می‌توان از برداشت زمینی نقشه‌های موجود و منابع اطلاعاتی مؤسسات عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و غیره به‌دست آورد ولی در پایان این مرحله، باید تمام داده‌های خام شکلی واحد داشته باشند.

برداشت زمینی ممکن است با دستگاه‌های اپتیکی انجام شود، در این روش پس از ایجاد شبکه نقاط کنترل در منطقه به‌کمک شاخص مبادرت به برداشت جزئیات می‌نمایند.

با ورود دستگاه‌های اپتیک الکترونیکی به عرصه نقشه‌برداری به‌تدریج منشور جای‌گزین شاخص شده و بدین ترتیب علاوه بر سادگی کار عامل دستگاه و نویسنده، سرعت و دقت بیشتری نیز تضمین شده است. هم‌چنین پس از تولید اطلاعات، امکان انتقال سریع و دقیق به رایانه فراهم می‌شود.

با ورود «دستگاه‌های جامع»<sup>۱</sup> دارای حافظه‌های با حجم زیاد، قدم بزرگی به‌طرف خودکارشدن سیستم‌های تهیه نقشه به‌روش زمینی برداشته شد، مزیت بزرگ روش ثبت خودکار داده‌ها آن است که علاوه بر سرعت و سهولت در انجام کار و جلوگیری از اشتباهات قرائت و ثبت داده‌ها ایجاد فایل‌های اطلاعاتی به‌روش دستی را حذف می‌نماید. ضمناً این دستگاه‌ها قابلیت حذف خطاهای داخلی و استفاده از واحدهای مختلف اندازه‌گیری را نیز دارند.

– خروجی اطلاعاتی این دستگاه‌ها با دو وسیله قابل ضبط و ثبت می‌باشد.

– حافظه جانبی<sup>۲</sup>

– حافظه داخلی

در استفاده از حافظه جانبی، که به شکل دیسک می‌باشد، باید اطلاعات را با استفاده از یک ترمینال واسط و رابط به رایانه انتقال داد.



شکل ۱۹-۴- انواع کارت حافظه

در استفاده از حافظه داخلی نیازی به ترمینال واسط نیست و خود به دو شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

– دفترچه صحرائی<sup>۳</sup>

– کارت حافظه

دفترچه صحرائی، سیم رابط به دستگاه جامع وصل می‌شود و پس از اتمام کار با سیم رابط دیگر به رایانه متصل می‌گردد و اطلاعات را مستقیماً بدون استفاده از ترمینال رابط به رایانه انتقال می‌دهد. به‌طور کلی فیلدبوک‌های الکترونیکی قادر هستند کلیه مشاهدات برداشت شده در صحرا را

<sup>۱</sup> – Total station

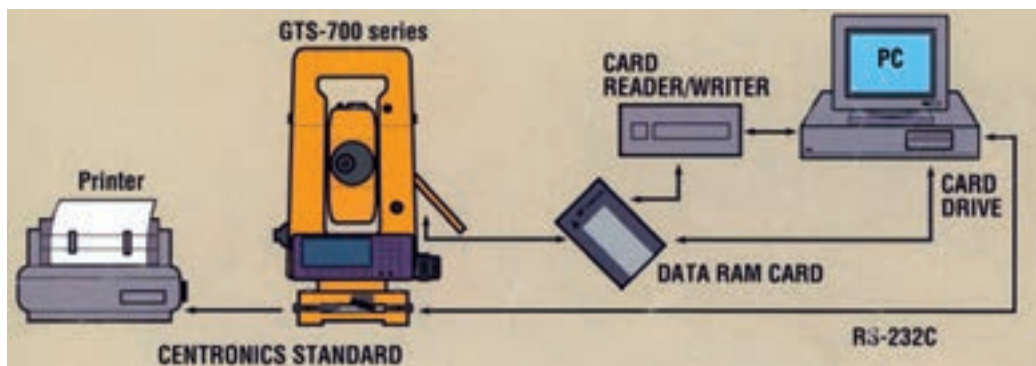
<sup>۲</sup> – Memory Card

<sup>۳</sup> – Field book

جمع‌آوری و در خود ذخیره نماید. این دستگاه‌ها را می‌توان به انواع دوربین‌های توتال استیشن متصل نمود. جهت کنترل و بررسی اطلاعات جمع‌آوری شده در حین عملیات می‌توان از برنامه‌هایی نظیر پیمایش و ترفیع و تقاطع که در آن تعبیه گردیده است استفاده نمود. مشاهدات برداشت شده می‌توانند به دو صورت اتوماتیک و دستی به دستگاه انتقال یابند. بنابراین می‌توان از فیلدبوک در کنار دستگاه‌های الکترونیکی اتوماتیک و یا دستگاه‌های اپتیکی استفاده نمود و برحسب تعداد حافظه و اتصال به دستگاه‌های دیگر به انواع مختلف تقسیم می‌شوند.



شکل ۴-۲۰ نمونه‌هایی از تجهیزات ثبت اطلاعات صحرایی (فیلدبوک)







شکل ۲۲-۴ نمایش ارتباط توتال استیشن با تجهیزات جانبی

سیستم‌های جدید جمع‌آوری اطلاعات که قابلیت اتصال به تجهیزات مختلف نقشه‌برداری را دارند به نام (هاست کی) host key نامیده می‌شوند. این سیستم قابلیت اتصال به توتال استیشن‌ها و ترازاب‌های الکترونیکی و دیجیتالی و در نهایت به تجهیزات تعیین موقعیت جهانی (GPS) را دارند و قادر خواهند بود تا پس از دریافت اطلاعات از ماهواره‌ها به سیستم توتال استیشن وصل و از اطلاعات آن جهت برداشت عوارض استفاده نمود که نمونه‌هایی از این سیستم‌ها در زیر دیده می‌شود.



شکل ۲۳-۴ فیلدبوک‌های پیشرفته (هاست کی)

## ۴-۴- جمع‌آوری داده‌ها از نقشه‌های توپوگرافی موجود

در این روش، که معمولاً برای تلفیق با اطلاعات دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد، تجهیزات به‌خصوصی از جمله دیجیتایزر<sup>۱</sup> و اسکنر<sup>۲</sup> مورد نیاز است. این تجهیزات در ابعاد  $A^0$  و  $A^1$  و  $A^2$  و  $A^3$  و  $A^4$  موجودند و متناسب با دقت هریک، قابل استفاده می‌باشند. حاصل جاروب‌نمودن یک نقشه توسط اسکنر



یک فایل تصویری رستری است که برای هرگونه استفاده باید به حالت برداری تغییر یابد و انجام این تغییر توسط نرم‌افزارهای مخصوص صورت می‌گیرد. پس از این

شکل ۴-۲۴- یک نمونه دیجیتایزر



شکل ۴-۲۵- یک نمونه دیجیتایزر در اندازه  $A^3$

مرحله باید اطلاعات اضافی از فایل برداری نهایی حذف شود. چرا که نقشه به دست آمده حاوی کلیه اطلاعات در نقشه جاروب شده می باشد و تنها بخشی از این اطلاعات برای استفاده های بعدی مفید است.



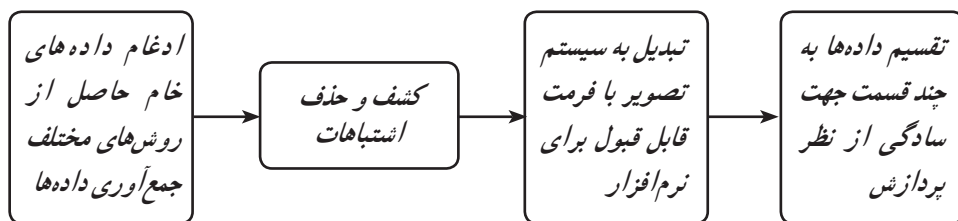
شکل ۲۶-۴ یک نمونه دیجیتالایزر در اندازه A°



شکل ۲۷-۴ ارتباط دیجیتالیزر و کامپیوتر

## ۴-۵- مرحله پیش پردازش داده‌ها

در این مرحله، داده‌های خام مورد نیاز که جمع‌آوری شده است مورد پردازش قرار می‌گیرد. این داده‌ها ممکن است به روش‌های متفاوت و حتی در زمان‌های مختلف به دست آمده باشند. لذا ادغام این داده‌ها و تبدیل آنها به یک فرم قابل قبول الزامی می‌باشد. هم‌چنین به دلایل مختلف ممکن است داده‌ها حاوی اشتباه باشند، بنابراین باید در هر کدام از مراحل پیش پردازش روشی برای تشخیص و حذف اشتباهات نیز اتخاذ گردد. انتخاب سیستم تصویر و انتقال اطلاعات به سیستم تصویر مورد نظر نیز جزو مراحل پیش پردازش می‌باشد. عملیات مختلف در پیش پردازش داده‌ها در دیاگرام زیر نشان داده شده است.



وجود قسمت آخر با نام تقسیم داده‌ها ناشی از محدودیت‌های نرم‌افزاری می‌باشد. به عنوان مثال در غالب نرم‌افزارهای پردازش نقاط مورد استفاده، حداکثر تعداد نقاط مختصات دار و قابل پردازش در یک بانک اطلاعاتی محدود می‌باشد. لذا باید این شکل با تقسیم‌بندی رفع گردد.

واضح است که برای انجام عملیات فوق آگاهی از فرمت قابل قبول برای فایل‌های اطلاعاتی در

نرم افزار مورد استفاده ضروری می باشد. بنابراین در مرحله پیش پردازش فرمت فایل نهایی باید برای نرم افزار مورد استفاده قابل قبول باشد. البته در غالب نرم افزارها امکان استفاده از فرمت های مختلف پیش بینی شده است. به عنوان مثال در نسخه ۴,۰۳ نرم افزار SDR - MAP امکان وارد نمودن فایل های داده ها در ۱۸ فرمت مختلف موجود می باشد. در اینجا به اختصار نمونه هایی از سه نوع فرمت قابل قبول برای این نرم افزار آمده است:

#### جدول ۴-۱

فرمت Civil Soft	
Format:	Command & Point number,Northing,Easting,Elevation*Code
Example:	<pre> STORE1000,104,807,247,542,10,118*MH STORE1024,104,249,220,253,10,129*KERB2 STORE1025,100,894,222,850,10,133*KERB2 STORE1026,95,934,222,218,10,136*KERB2 STORE1027,92,579,224,816,10,140*KERB2 STORE1028,89,171,228,398,10,732*BLD STORE1041,04,919,236,948,0,000*BLD STORE1042,87,964,237,326,0,000*BLD STORE1087,99,773,243,575,10,154*KERB2 </pre>

این فرمت که توسط نرم افزارهایی با نام Civil soft ایجاد می شود به شکل فوق برای نرم افزار SDR MAP قابل استفاده می باشد.

#### جدول ۴-۲

فرمت Geotop

Format:

Point number Easting Northing Height

Example:

1	4989.000	2197.000	53.100
2	4966.628	2338.251	55.997
3	4981.122	2779.650	53.055
4	4978.549	2278.591	50.392
5	4976.262	2277.755	50.412
6	4973.898	2277.191	50.303
7	4972.171	2276.998	51.607
8	4969.981	2288.623	50.606
9	4972.350	2293.745	49.818
10	4975.840	2263.820	50.978

## فرمت Wild Soft

## Format:

Point number, Easting, Northing, height, code

## Example:

```

1000,247,542,104,807,10,118,MH
1024,220,253,104,249,10,129,KERB2
1025,222,850,100,894,10,133,KERB2
1026,222,218,95,934,10,136,KERB2
1027,224,816,92,579,10,140,KERB2
1028,228,398,89,101,10,732,BLD
1041,236,948,84,989,0,000,BLD
1042,237,326,87,964,0,000,BLD
1043,243,575,99,773,10,154,KERB2

```

## ۶-۴ مرحله پردازش مسطحاتی داده‌ها

هنگام برداشت به هر عارضه یک کد منحصر به فرد نسبت داده می‌شود به عنوان مثال جاده شوسه با علامت یا کد CL (علامت اختصاری Center line) مشخص می‌شود. البته روش برداشت نیز بسیار مهم است و بخصوص در مورد عوارض خطی باید نحوه اتصال نقاط به هم توسط نرم افزار تشخیص داده شود. لذا توصیه می‌گردد که در شماره نقاط عوارض خطی ترتیب رعایت شود. پردازش مسطحاتی باید به گونه‌ای باشد تا در نهایت ترسیم به طور خودکار انجام پذیرد. برای این کار اعمال زیر توسط نرم افزار انجام می‌گیرد.

— نوع عارضه<sup>۱</sup>: مشخص می‌شود که عارضه به کدام یک از سه صورت نقطه‌ای (نظیر ایستگاه پمپاژ) یا خطی (خط انتقال نیرو) یا سطحی (مزارع) تعلق دارد.

— نحوه اتصال عارضه به عوارض مجاور

— مشخصات عارضه، نظیر قلم مورد استفاده در ترسیم، رنگ ترسیم، ابعاد عارضه روی نقشه و امثال آن عوارض از نظر مشخصات به دو دسته خاص تقسیم می‌گردند.

اول: مشخصاتی که فقط در پردازش مسطحاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند نظیر ابعاد عارضه.

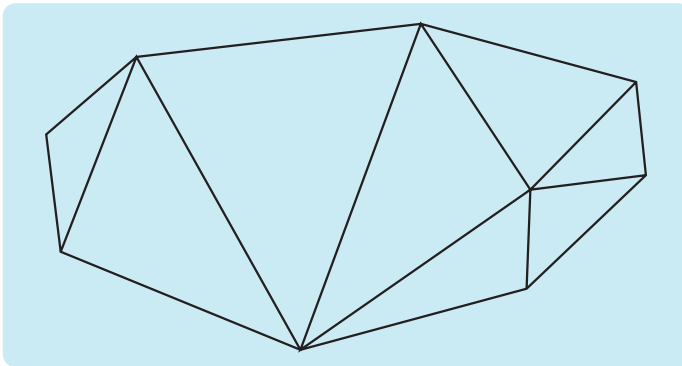
دوم: مشخصاتی که علاوه بر پردازش مسطحاتی در قسمت پردازش ارتفاعی نیز به کار می‌آید.

به عنوان مثال خطوط تغییر شیب<sup>۲</sup> در آبریزها.



## ۷-۴- مرحله پردازش ارتفاعی

هدف از انجام این مرحله تولید منحنی میزان ارتفاعی با استفاده از تعدادی نقاط می باشد. واضح است که به دلیل نامنظم بودن شکل زمینی از نظر هندسی، باید شکل زمین به روش خاصی شبیه سازی گردد. این عمل مشابه عمل درونیابی<sup>۱</sup> ارتفاع نقاط در ترسیم دستی نقشه های توپوگرافی می باشد. البته الگوریتم های متعددی برای این کار مورد استفاده قرار می گیرد ولی مناسب ترین آنها تشکیل شبکه نامنظم مثلثی (تین)<sup>۲</sup> جهت تعیین فرم زمین می باشد. نحوه عمل به طور خلاصه بدین ترتیب است که تمام نقاط مورد استفاده به صورت یک شبکه مثلثی به هم وصل می شوند. در این شبکه باید شکل مثلث ها به گونه ای باشد که اولاً تا حد امکان مثلث های متساوی الاضلاع باشند. ثانیاً اضلاع مثلث ها هم دیگر را قطع نمایند. ثالثاً در نقاطی که شامل خطوط تغییر شیب یا حد و مرز می باشند نیز برای تعدیل در درونیابی تغییراتی انجام شده باشد.



شکل ۲۸-۴- شبکه بندی مثلثی

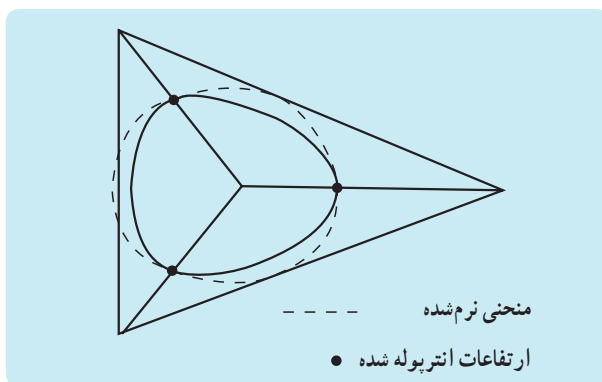
البته در یک نرم افزار مطلوب باید (تین) به طور خودکار تشکیل شود ولی در بعضی از نرم افزارها (مثلاً نرم افزار Easy surf) این کار به طور ترسیمی و توسط عامل رایانه انجام می گیرد. از نظر ریاضی این مسئله اثبات شده است که برای تعدادی از نقاط، بهترین شبکه مثلثی منحصر به فرد است، به عبارت دیگر مسئله ایجاد بهترین شبکه مثلثی دارای یک جواب منحصر به فرد می باشد.

پس از مرحله تشکیل (تین) هر مثلث به صورت یک سطح فرض می شود و منحنی میزان تولید می گردد. پس از این مرحله، مرحله منحنی میزان های تولید شده که دارای تیزی می باشد به اصلاح نرم

۱- Interpolation

۲- Triangulation Irregular Net

می‌شوند. ضعف یا قوت تعدادی از نرم‌افزارهای تولید منحنی میزان در این بخش از کار مشهود می‌گردد. به دلیل آن‌که اگر عمل نرم‌کردن منحنی میزان‌ها باعث جابه‌جایی نادرست منحنی میزان گردد نتیجه عمل علیرغم زیبایی شکل منحنی میزان‌ها نادرست خواهد بود. در شکل زیر نحوه نرم‌نمودن منحنی‌های میزان در نرم‌افزار SDR MAP نشان داده شده است.



شکل ۲۹-۴- انترپولاسیون

## ۴-۸- مرحله ارائه اطلاعات

در پایان مرحله تولید منحنی میزان در صورتی که تمام اشتباهات رفع شده باشد فایل تصویری جهت بررسی‌های زمانی و تحت یک فرمت خاص به محیط دیگری، که به ایستگاه کاری<sup>۱</sup> معروف است منتقل می‌شود. در ایران غالباً از نرم‌افزار اتوکد<sup>۲</sup> (به دلیل آن‌که تقریباً همیشه قابل دسترسی می‌باشد) برای



شکل ۳۰-۴- دو نمونه دستگاه چاپگر (پلاتر)

۱- Work station

۲- Auto cad

این کار استفاده می‌گردد. در این مرحله پس از انجام بررسی‌های نهایی، نقشه به دستگاه ترسیم اتوماتیک ارسال می‌گردد. بنابراین خروجی ممکن است به صورت یک فایل عددی یا یک برگ نقشه باشد که این نقشه نسبت به نقشه تهیه‌شده به‌روش دستی دارای مزایای زیادتری می‌باشد.

## خودآزمایی

۱- با دستگاه‌های نقشه‌برداری چه کمیت‌هایی برای تهیه نقشه اندازه‌گیری می‌شود؟ آنها را نام

ببرید.

- ۲- انواع ترازهای کرجی را نام برده و طرز کار آنها را شرح دهید.
- ۳- انواع وسایل و دستگاه‌های نقشه‌برداری را دسته‌بندی کرده نام ببرید.
- ۴- انواع فایل‌های اصلی در تهیه نقشه‌های رقومی کدام‌اند؟
- ۵- خصوصیات مهم دستگاه‌های جامع (همه‌کاره) چیست؟ آنها را نام ببرید.
- ۶- خروجی اطلاعات از رایانه با کدام وسایل قابل ضبط و ثبت است؟
- ۷- حافظه داخلی به‌چه منظور در دستگاه‌های جامع مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- ۸- پیش‌پردازش داده‌ها شامل چه عملیاتی است؟
- ۹- در پردازش مسطحانی داده‌ها چه عملیاتی انجام می‌شود؟ آنها را ذکر نمایید.
- ۱۰- خروجی دستگاه‌های ترسیم خودکار چگونه است؟ توضیح دهید.
- ۱۱- «تراز آبی» چه موقع و برای انجام چه عملی در ایران قدیم مورد استفاده قرار گرفت؟
- ۱۲- برای رفع محدودیت استفاده از تراز آبی چه عملی انجام شد؟
- ۱۳- منظور از «مدل ارتفاعی رقومی» چیست؟ توضیح دهید.
- ۱۴- تفاوت دستگاه‌های دیجیتال با دستگاه‌های اپتیکی را ذکر نمایید.
- ۱۵- صفحه کلید در دستگاه‌های الکترونیکی نقشه‌برداری به چه منظور تعبیه گردیده است؟
- ۱۶- «EDM» در نقشه‌برداری چه کاری انجام می‌دهد؟
- ۱۷- «منشور» همراه دستگاه‌های الکترونیکی چه کاربردی دارد؟
- ۱۸- «دفترچه صحرایی» در چه مورد استفاده می‌شود؟ توضیح دهید.