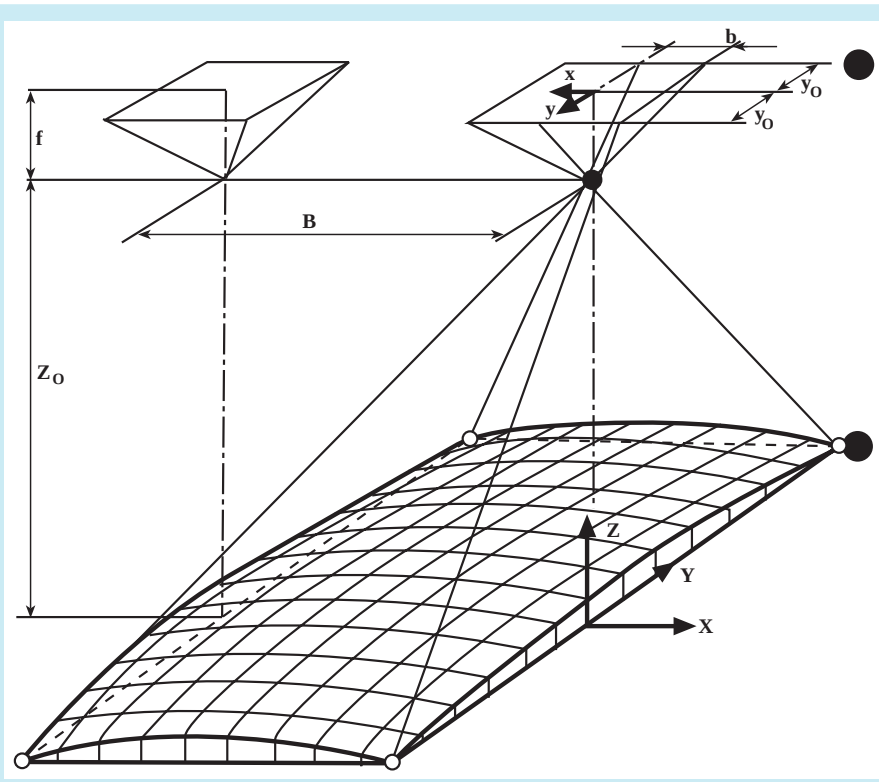
هم‌چنین دستگاه‌هایی که بخشی از آنها یک استروسکوپ است ساخته شده‌اند که علاوه بر ایجاد مدل برجسته‌ای از زمین می‌تواند مختصات سه بعدی کلیهٔ نقاط واقع بر سطح زمین را در یک سیستم مختصات تعریف شده مشخص سازد و از این نظر تا ایجاد رابطهٔ ریاضی بین مختصات سه‌بعدی نقاط مختلف و نامعلوم بودن مختصات تعداد محدودی از نقاط مختصات کلیهٔ نقاط را به‌دست آورد.

شکل ۱۰ــ۳ــ دستگاه تحلیلی تبدیل عکس به نقشه

به‌طور خلاصه با انتخاب نقاطی بر روی زمین و محاسبهٔ مختصات آنها، پس از اندازه‌گیری‌های لازم زمینی به کمک روابط ریاضی مختصات تعداد زیادی نقطه را می‌توان به‌دست آورد.

مشروح کار دستگاه‌های مذکور و جزییات عملیات فتوگرامتری را در درسی با همین عنوان خواهید خواند.



شکل ۱۱ــ۳

جدول ۱ــ۳

P	X	Y	Z
M_1	D_1	D'_1	h_1
M_2	D_2	D'_2	h_2
M_3	D_3	D'_3	h_3
M_n	D_n	D'_n	h_n

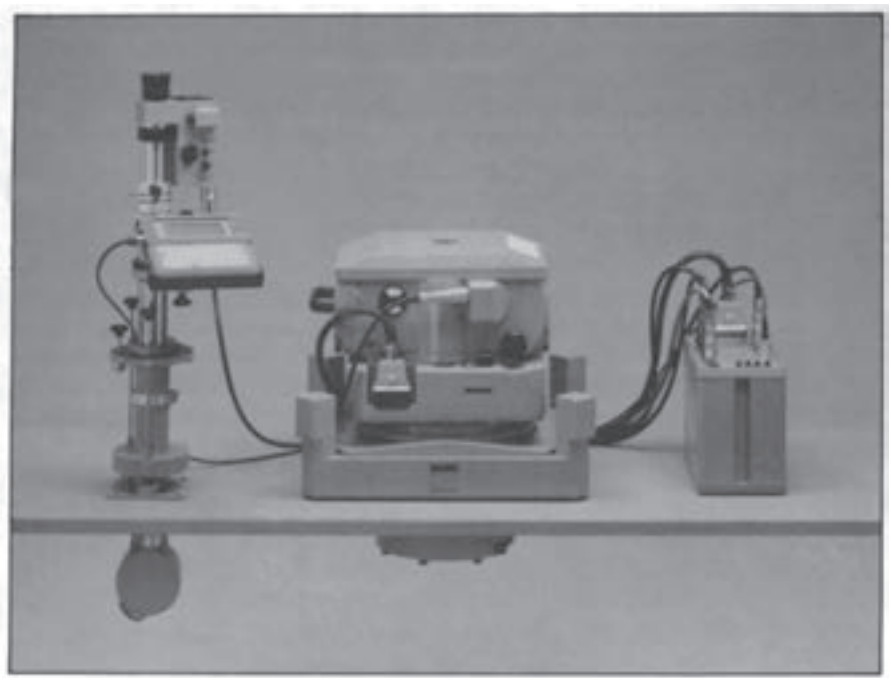
محاسبات : همان‌گونه که در فصل اوّل دیدید، برای تعیین موقعیت، در نهایت باید به جدول‌های اطلاعات مکانی روبرو برسیم :

همان‌گونه که ملاحظه شد، در تهیهٔ نقشهٔ عملیات تعیین موقعیت یکبار برای نقاط کنترل یا مبنا و بار دیگر برای جزییات صورت می‌گیرد. از طرف دیگر، کمیت‌هایی که روی زمین اندازه‌گیری می‌شوند فواصل و زوایا هستند؛ بنابراین محتاج روابط ریاضی هستیم تا این فواصل و زوایا را به‌مختصات مندرج در جدول‌های فوق تبدیل کنیم. گذشته از آن، فواصل و زوایا که اندازه‌گیری می‌شوند همیشه قابل استفاده نیستند و باید کنترل شوند. بدین منظور نیز از روابط ریاضی دیگری استفاده می‌شود.

به‌طورکلی 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 ۱۲ــ۳ــ نمونه‌ای از عکس هوایی



شکل ۱۳ــ۳ــ امکانات و تجهیزات دوربین عکس‌برداری هوایی

شکل ۱۴ــ۳ــ عکس هوایی و انواع دوربین‌های عکس‌برداری هوایی

۳ــ۱ــ۳ــ نقشه‌برداری آبی[۱] (یا آب‌نگاری) : این بخش از نقشه‌برداری مشتمل بر عملیات تعیین موقعیت دریاچه‌ها ــ نهرها، سواحل دریاها و رودخانه‌ها، کف دریاها و کلیهٔ مناطق آبی می‌شود. و حد بارز این نوع نقشه‌برداری عمق‌یابی در مناطق فوق است و از این نظر به‌طور خلاصه آن را به‌عنوان «روش تعیین موقعیت نقاط زمین در زیر آب‌ها» تعریف می‌کنند. در این بخش همان‌گونه که راجع به علم نقشه‌برداری 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 نقشه‌برداری ارتفاع نقاط (z) از طریق عمق‌یابی تعیین می‌گردد؛ به این ترتیب که فاصلهٔ قائم نقاط تا سطح آب اندازه‌گیری شده با معلوم بودن ارتفاع سطح آب ارتفاع نقاط کف نیز پیدا می‌شود. معمولاً در روی زمین با استقرار دستگاه در نقاطی ثابت که قصد تعیین موقعیت آنها را داریم، اندازه‌گیری کمیت‌های طولی زاویه‌ای x و y و z نقاط محاسبه می‌شود. اما چنین نقاط ثابتی را در سطح آب نمی‌توان در نظر گرفت؛ چون معمولاً به منظور عمق‌یابی از قایق استفاده می‌شود؛ درحالی که در داخل قایق این امکان وجود ندارد. از این نظر نقاط ثابتی به عنوان «نقاط کنترل» در ساحل انتخاب می‌شود و با استفاده از روش‌ها و وسایل مختلف نقاط داخل قایق نسبت به این نقاط تعیین موقعیت می‌گردد.

از جمله روش‌های عمق‌یابی، استفاده از طناب مدرجی است که به انتهای آن وزنه‌ای آویزان می‌شود. پس از جنگ دوم جهانی نیز از دستگاه‌های عمق‌یاب صوتی[۲] استفاده روزافزونی به عمل آمده است. این دستگاه‌ها در یک لحظه معین ضربهٔ صوتی به کف آب می‌فرستند که پس از اصابت به کف‌آب برمی‌گردند. در این حال، زمان رفت و برگشت اندازه‌گیری می‌شود و با داشتن سرعت صوت در آب، عمق آب با استفاده از فرمول سادهٔ $x = \frac{۱}{۲} vt$ که در آن v سرعت صوت و t زمان رفت و برگشت صوت است تعیین می‌گردد. بدین ترتیب برای نقاط مختلف از یک سو عمق‌یابی می‌شود و از سوی دیگر، اطلاعات لازم جهت تعیین x و y به دست می‌آید.

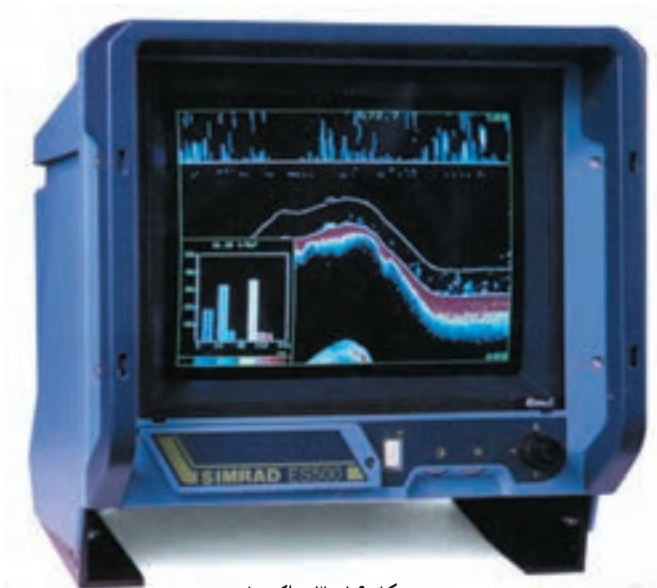
مهم‌ترین استفادهٔ این بخش در کشتی‌رانی است، به‌خصوص وقتی در نزدیکی سواحل و مدخل کانال‌ها و رودخانه‌ها عمق آب نسبتاً کم باشد و کشتی‌های بزرگ در فاصله‌ای مطمئن از ساحل متوقف شوند این کشتی‌ها در فاصلهٔ کمی از کف دریا حرکت می‌کنند و راهنمای کشتی با استفاده از چارت «نقشه آب‌نگاری» که قبلاً با عملیات نقشه‌برداری تهیه شده، آن را هدایت می‌کند. اما کوچک‌ترین اشتباه در این مورد ممکن است خسارات سنگینی به بار آورد.

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

۱– Hydrographie

۲– Echosounder

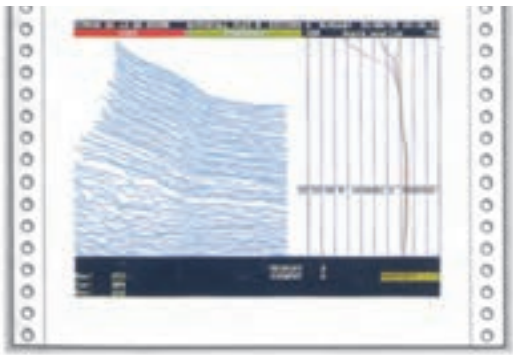
شکل ۱۵ــ۳ــ کشتی در حال اندازه‌گیری

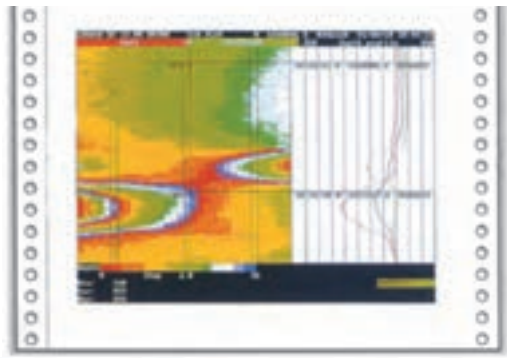


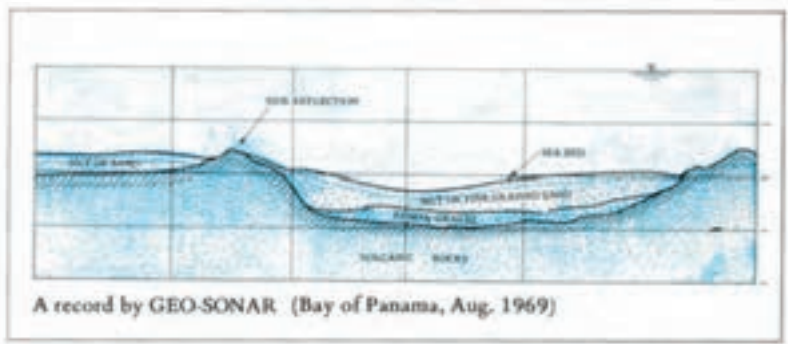
شکل ۱۶ــ۳ــ اکوساندر

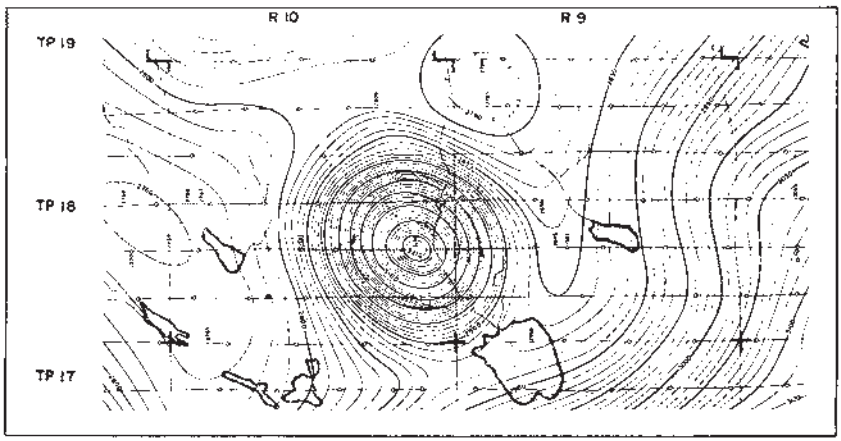
دهه‌های قبل غیرممکن می‌نمود، با وسایل و روش‌های جدید قابل اجرا شده است. هم‌چنین اکتشاف و بهره‌برداری از معادن، به خصوص معادن نفت، در زیر آب‌ها روز به روز بهتر مورد توجه قرار می‌گیرد و به همین جهت نقشه‌های دریایی دقیق از این محل‌ها مورد نیاز است.

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 جزرومد به منظور مشخص ساختن سطح متوسط آب برای ترازیابی و مطالعات مربوط









شکل ۱۷ــ۳ــ نمونهٔ نقشه‌های تهیه شده در هیدروگرافی

به امواج و جریانات دریایی این نوع نقشه‌برداری کاربرد دارد.

۴ــ۱ــ۳ــ 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 رصدآسمان و تهیهٔ شرح‌های دقیق از آن دست زدند.

از این‌روست که اخترشناسی تاریخی دراز دارد. بقایایی از رصدخانه‌ها و وسایل نجومی به‌قدمت تا ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد در سومر، بابل، چین، مصر، مکزیک، پرو و بریتانیا کشف شده‌است.

کهن‌ترین صورت‌های شناخته شدهٔ 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 آهستهٔ خورشید، ماه و پنج سیارهٔ بزرگ منظومهٔ شمسی (زهره ــ تیر ــ بهرام ــ برجیس و کیوان) در امتداد مسیری منظم در پهنهٔ آسمان آگاه شدند. یک منجم یونانی[۱] 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[۲] تعیین نمود.

برای دریانوردی در دریاهای آزاد و برای اندازه‌گیری زمین در مقیاس بزرگ، صورت دقیقی از ستارگان ضروری بود. مجسطی[۳]، دایرةالمعارف 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 به‌وسیلهٔ یک اخترشناس آلمانی[۴] 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 نیمهٔ 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

۱ــ هیپارخوس (۱۶۱ تا ۱۲۷ ق.م)

۲ــ واحد درخشندگی ستاره

۳ــ 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.

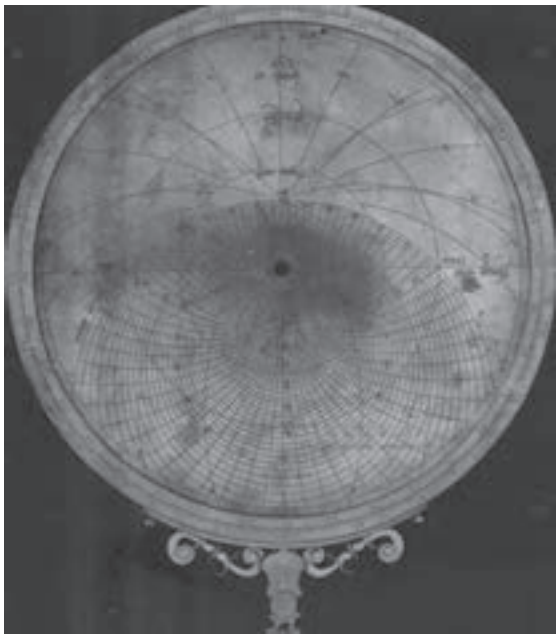
۴ــ این اخترشناس «یوهان پیر» نام داشت.

می‌شوند. این نوع رصد سبب کشف میلیون‌ها ستاره شد که پیش‌تر ناشناخته بودند.

در سال‌های اخیر اکتشاف منظومهٔ شمسی[1]، با فضاپیمای سرنشین‌دار 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 می‌فرستد. 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 ۱۸ــ۳ــ یک اسطرلاب که در سال ۱۵۶۵ توسط آرسینوس جغرافیدان ساخته شد.

۱ــ منظومهٔ شمسی (یا خانوادهٔ خورشید) : از اجرام و کرات بزرگ و کوچکی تشکیل شده که همهٔ آنها به خورشید که در مرکز مجموعه قرارگرفته 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 سیارهٔ مذکور به جز عطارد و زهره است.

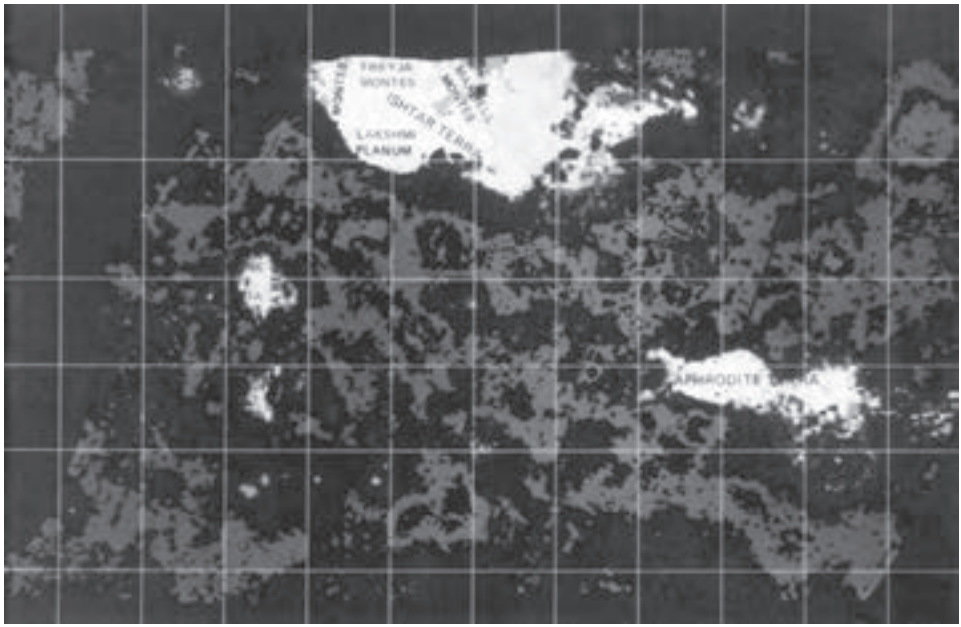
علاوه بر آن، منظومهٔ شمسی دارای کمربندی از سیاره‌های کوچک‌تر است که ۹۵ درصد آنها بین مدارات مریخ و مشتری قرار دارند. منظومهٔ شمسی دارای اعضای دیگری از جمله تعداد زیادی ستاره دنباله‌دار است که به ندرت بعضی از آنها را می‌توان از زمین و با کمک دوربین‌های نجومی و گاهی چشم غیر مسلح دید در ضمن، شهاب‌ها و شهاب‌سنگ‌ها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

شکل ۱۹ــ۳ــ لکه‌های ماه که پس از رصد سال‌های ۱۶۷۵ و ۱۶۷۷ کشیده شد.

سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده[۱] نیز نقشه‌هایی رنگی چاپ کرده است که سازه‌های کانی سطح ماه را نشان می‌دهند.

شیوهٔ نام‌گذاری قسمت‌های برجستهٔ ستاره‌ها در منظومهٔ شمسی تحت هدایت اتحادیهٔ بین‌المللی اخترشناسی[۲] مستقر در پاریس است که بالاترین مرجع در زمینهٔ اخترشناسی محسوب می‌شود. یکی از دستاوردهای این اتحادیه تعیین شیوهٔ 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 شمارهٔ شناسایی خاص دارد.

۱ــ NASA ۲ــ IAU



شکل ۲۰ــ۳ــ نقشه ابتدایی زهره که از داده‌های فرستاده شده از کاوشگر فضایی ایالات متحده در سال ۱۹۸۰ تنظیم شده است.

۲ــ۳ــ طبقه‌بندی نقشه‌برداری براساس موضوع

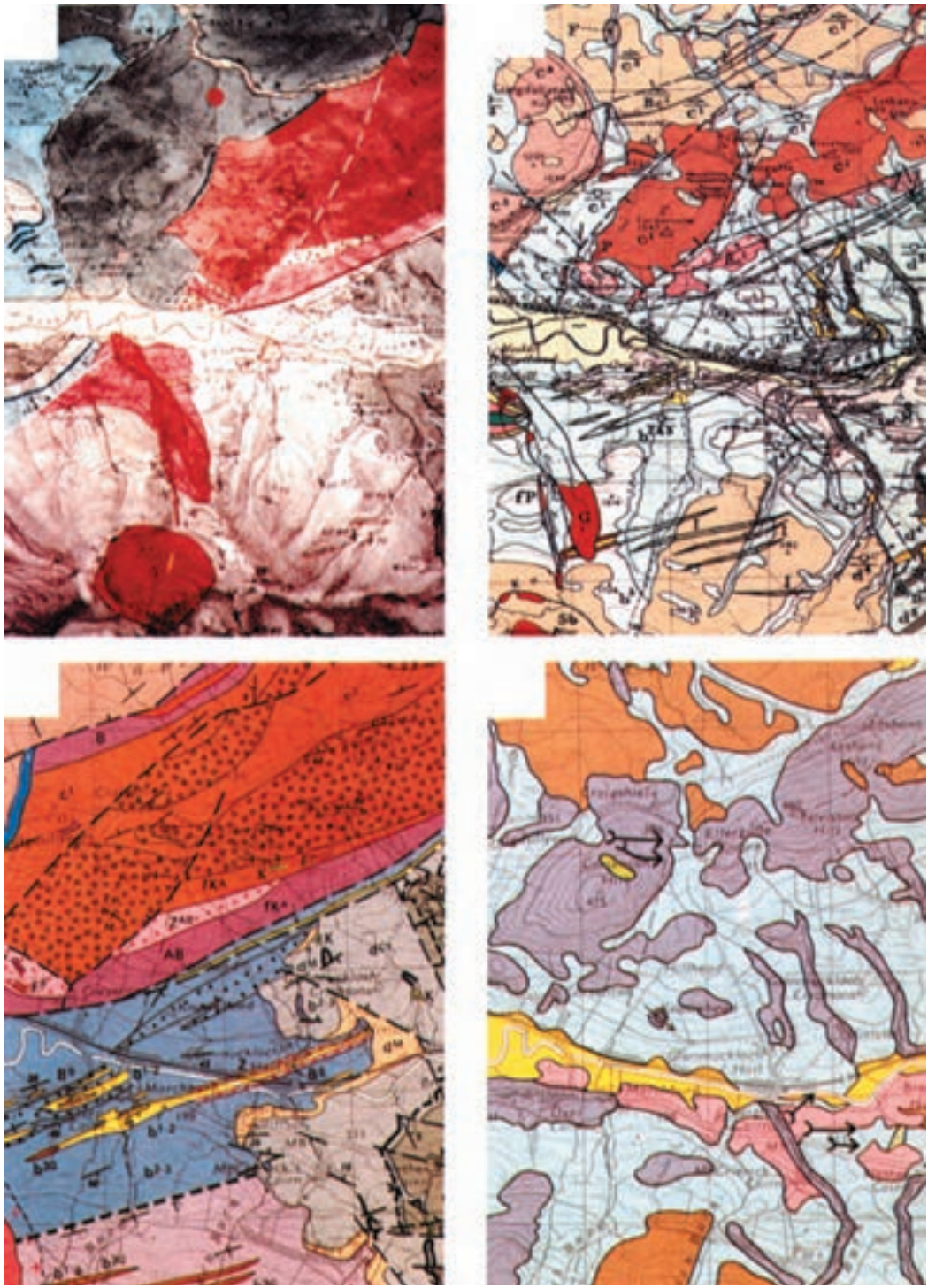
الف) نقشه‌برداری مهندسی : این قسمت از نقشه‌برداری خود شامل بخش‌های زیر است :

- 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.

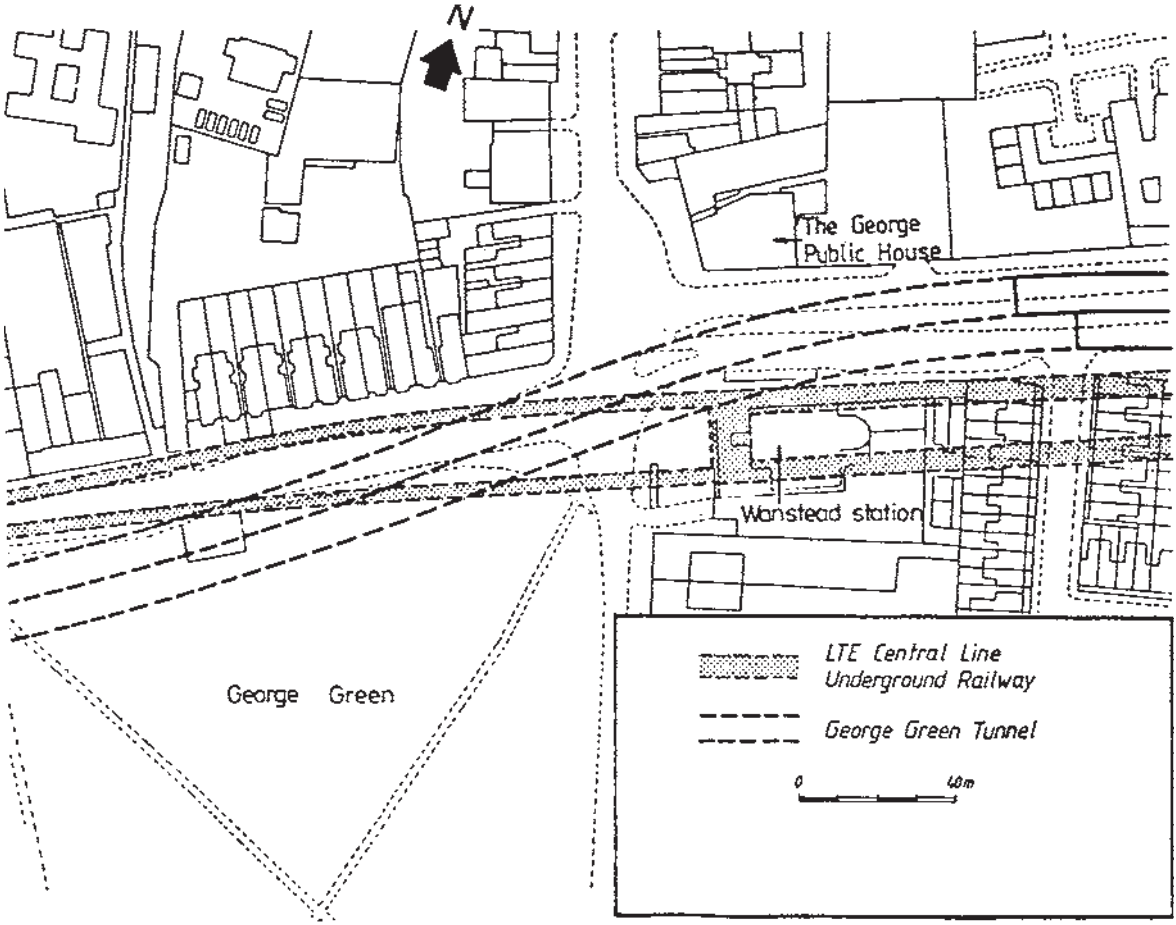
ب) نقشه‌برداری زمین‌شناسی : برای تعیین طبقات مختلف پوستهٔ زمین.

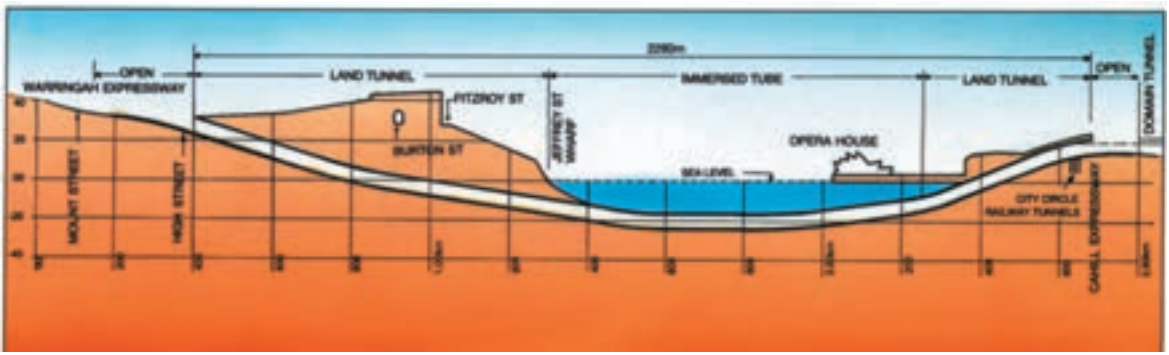
ج) نقشه‌برداری زیرزمینی : در زمینهٔ تعیین موقعیت و پیاده‌کردن عوارض از زیرزمین، مانند معادن و تونل‌ها، بحث می‌کند.

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



شکل ۲۱ــ۳ــ نمونه نقشه‌های زمین‌شناسی





شکل ۲۲ــ۳ــ نمونه نقشه‌های زیرزمینی

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

خودآزمایی

۱ــ پنج مورد از فعالیت‌های عمرانی، اقتصادی و کشاورزی را که انجام آن مستلزم تهیهٔ نقشه است نام ببرید.

۲ــ تفاوت مشخصات ظاهری نقشه‌های توپوگرافی و ساختمانی را شرح دهید.

۳ــ طبقه‌بندی نقشه‌ها را بر اساس اوضاع طبیعی بیان کنید.

۴ــ طبقه‌بندی نقشه‌برداری را بر اساس موضوع توضیح دهید.

۵ــ در نقشه‌برداری زمین‌شناسی، چه مواردی در نقشه‌ها نشان داده می‌شوند؟

۶ــ نقشه‌برداری زیرزمینی را تعریف کنید.

۷ــ منظور از نقشه‌برداری باستان‌شناسی را شرح دهید.

۸ــ اهمیت نقشه‌برداری نظامی را توضیح دهید.

۹ــ خصوصیت مهم نقشه‌ها در نقشه‌برداری توپوگرافی را ذکر نمایید.

۱۰ــ نقشه‌های ثبتی را تعریف نمایید.

۱۱ــ چند نوع عارضه که در نقشه‌برداری شهری تعیین موقعیت می‌شوند را نام ببرید.

۱۲ــ منظور از نقشه‌برداری مسیر را بیان نمایید.

۱۳ــ نوع عوارضی که در نقشه‌برداری آبی تعیین موقعیت می‌شوند را ذکر نمایید.

۱۴ــ کاربرد نقشه‌برداری فضایی و نجومی را بیان نمایید.

۱۵ــ بخش‌های مختلف نقشه‌برداری مهندسی را بیان نمایید.

۱۶ــ اهمیت و لزوم تهیه نقشه در فعالیت‌های عمرانی ــ اقتصادی و کشاورزی یک منطقه از زمین را توضیح دهید.

فصل چهارم

فن‌آوری‌های نوین نقشه‌برداری زمینی

هدف‌های رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :

ـ دستگاه‌های اولیه نقشه‌برداری را توضیح دهد.

ـ دستگاه‌های اپتیکی نقشه‌برداری را شرح دهد.

ـ دستگاه‌های الکترونیکی مانند تئودولیت دیجیتال و طول‌یاب‌های الکترونیکی و توتال استیشن‌ها را توضیح دهد.

ـ ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات در نقشه‌برداری را شرح دهد.

۱ـ۴ـ سیر تکاملی دستگاه‌های نقشه‌برداری

در امور مهندسی به منظور تعیین موقعیت سه‌بعدی اجسام، تصاویر آنها را در صفحات افقی و قائم ترسیم می‌نمایند و با معلوم‌بودن موقعیت در صفحات افقی و قائم به وضعیت آن در فضای سه بُعدی پی می‌برند. از این رو دستگاه‌های اندازه‌گیری نقشه‌برداری باید قادر باشند زوایایی را در صفحات افقی و قائم اندازه‌گیری 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[1]» بود. این وسیله که با توجه به فشار یکسان هوا بر سطح مایعات ساخته شد ساختمان ساده‌ای داشته و از جمله ابزاری بود که در گذشته ایرانیان برای احداث قنات و استخراج آب‌های سطح‌الارضی از آن استفاده نمودند.

در اوایل قرن پنجم هجری مهندس برجستهٔ ایرانی به نام کرجی، اهل کرج حوالی ساوه کنونی، در کتاب ارزشمند خود (استخراج آب‌های پنهانی) تعدادی ابزار نقشه‌برداری معرفی کرد که توسط خود وی اختراع شده بود و منشأ وسایل نقشه‌برداری امروزی است.

تراز آبی[2] یک لوله دو سر باز از جنس چوب یا نی بود که در وسط سوراخی برای ریختن آب در

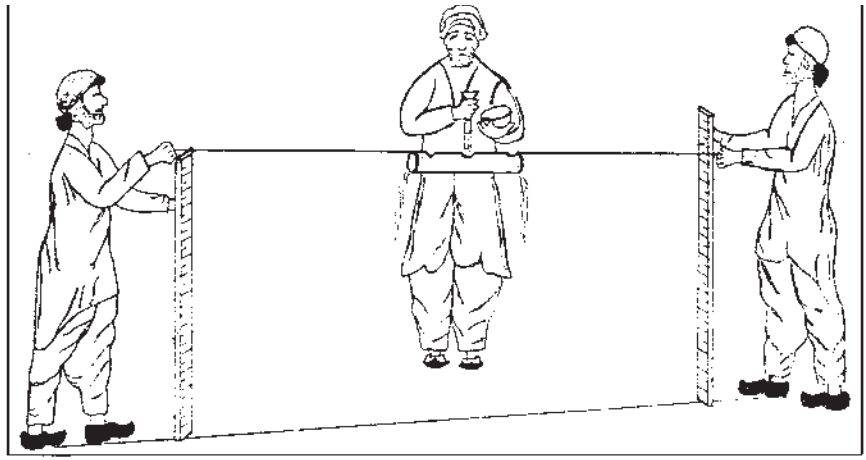
۱ـ Water lenel

۲ـ لازم به ذکر است که نخستین کتاب‌های چاپی دربارهٔ 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 نقشه‌برداری و روش‌های اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع، فواصل و ارتفاع کوه‌ها، و روش‌های تراز کردن و شیب دادن و یافتن مسیرهای مناسب برای قنات‌ها پرداخته است.

شکل ۱ــ۴

آن تعبیه گردیده و به کمک یک ریسمان محکم به حالت آویزان قرار می‌گرفت و برای ایجاد یک سطح افقی یا 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 وطول بین سر قطعه چوبی و ریسمان اختلاف سطح دو نقطه را نشان می‌داد.

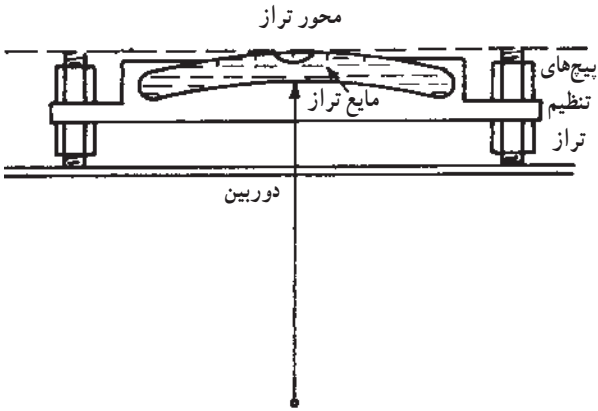


شکل ۲ــ۴

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 ۳ــ۴



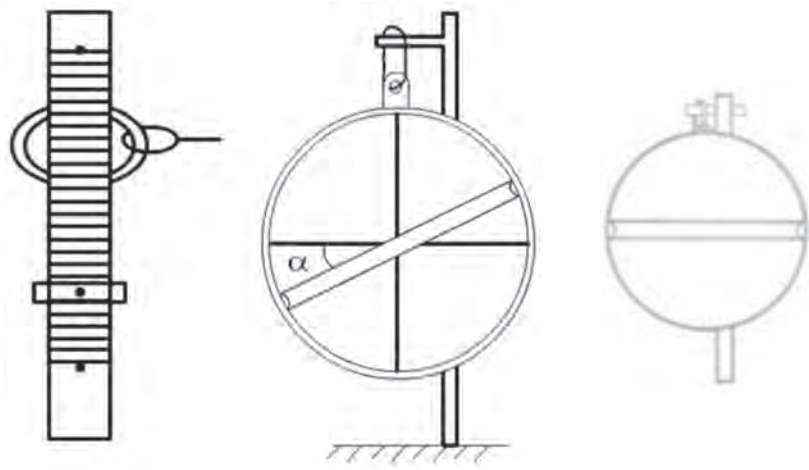
شکل ۴ــ۴

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

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.

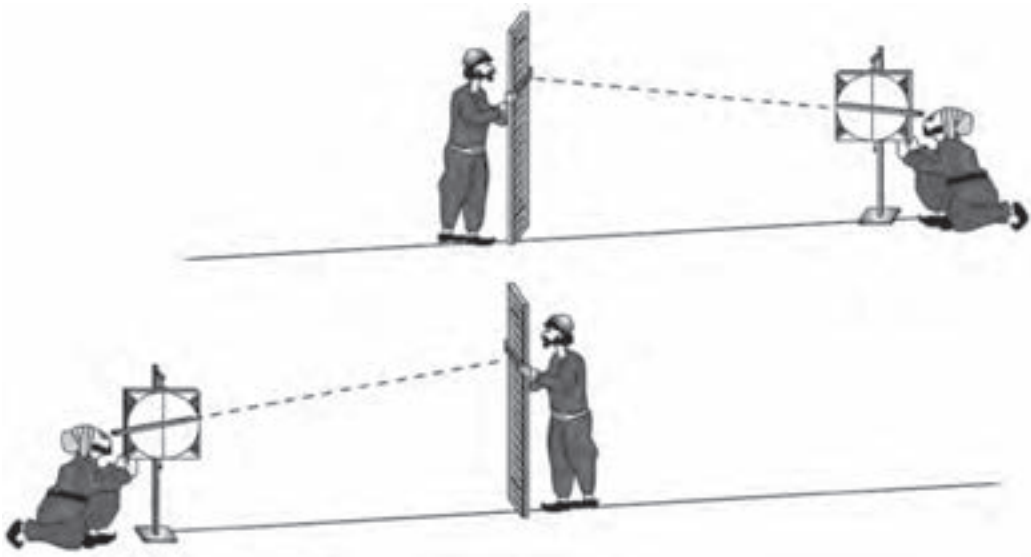
در این زمینه کرجی دو دوربین اختراع کرده که توضیح آن در زیر می‌آید :

الف‌ــ تراز دوربینی ساده : تراز متشکل از صفحهٔ گرد یا چهارگوشه‌ای از برنج یا چوب



شکل ۵ ــ ۴ــ تراز دوربینی ساده

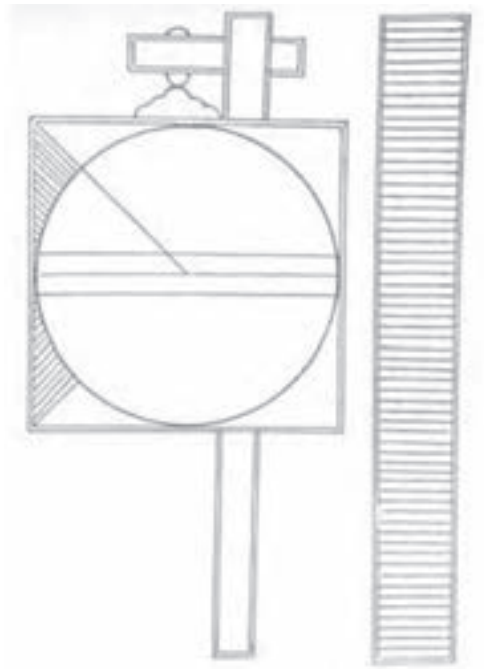
سخت است. در وسط صفحه سوراخی ایجاد شده است. لوله‌ای برنجی به ابعاد یک وجب و نیم (حدود ۴۰cm) که در نهایت «راستی و محکمی» است، انتخاب می‌شود. لوله دارای سوراخ ریزی است که قطر آن حدود ۳ــ۲ میلی‌متر (به اندازه قطر سوزن جوال‌دوز) است. این لوله در وسط صفحهٔ تراز با محور قابل دوران نصب می‌شود. طول لوله می‌تواند کمی بیشتر از قطر صفحه مدور باشد. صفحه دارای رزه یا حلقه‌ای است که برای آویختن تراز از آن استفاده می‌شود. یک پایهٔ چوبی انتخاب می‌شود که کاملاً تخت و هموار است و به یک انتهای آن میخی سرشکافته نصب شده است. صفحهٔ تراز از طریق حلقه یا زنجیر از این میخ آویخته می‌شود. طول پایهٔ چوبی ۴ وجب (حدود ۱متر) است. البته طول پایه باید به اندازه‌ای باشد که نقشه‌بردار چون بر زانو بنشیند چشمش در امتداد سوراخ لولهٔ واقع بر صفحه باشد. لذا پایهٔ چوبی می‌تواند کمی بلندتر و یا کوتاه‌تر انتخاب شود.



شکل ۶ــ ۴ــ طرز کار با تراز دوربینی

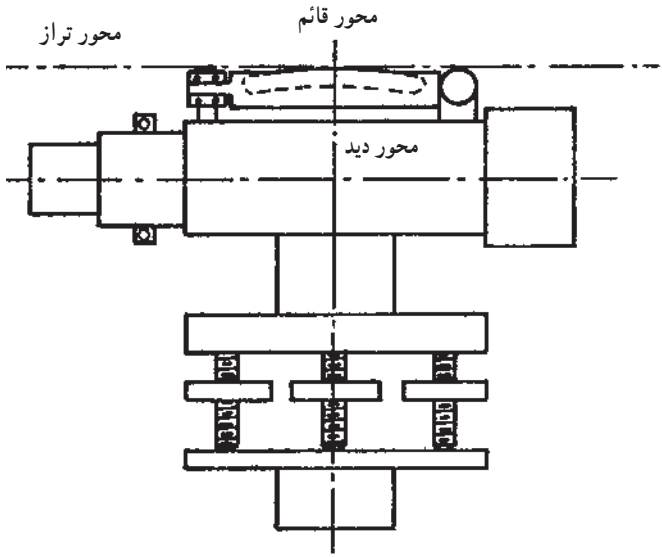
ب ــ تراز دوربینی مدرج : اوج نوآوری کرجی را باید در اختراع و به‌کارگیری ترازی دانست که می‌توان آن را تراز دوربینی مدرج خواند. تنها تراز قدیمی که شایستگی نسل اول خواندن دوربین‌های تلسکوپی جدید را دارد، همین تراز کرجی است.

این نوع تراز شبیه تراز قبلی بوده با این تفاوت که مقدار زاویه شیب را نیز به‌دست می‌آورده است.



شکل ۷ــ ۴ــ تراز دوربینی مدرج

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



شکل ۸ــ ۴

دو نقطه اندازه‌گیری می‌گردد و بدین ترتیب ترازهای اپتیکی[1] تولید گردید.

در شکل ۹ــ۴ نمونه اولین ترازیاب‌های اپتیکی که وارد خط تولید یکی از کارخانه‌های سازنده وسایل نقشه‌برداری شد را می‌بینید. این دستگاه بر روی سه‌پایه چوبی نصب می‌گردید و در پایه آن سه پیچ تنظیم تراز تعبیه گردیده بود که به کمک آنها پس از تنظیم تراز محور نشانه‌روی دوربین در یک امتداد افقی قرار می‌گرفت و با حرکت سمتی دوربین صفحه‌ای افقی در فضا ساخته می‌شد.

شکل ۹ــ۴

دستگاه‌های ترازیاب تنها قادر بودند یک سطح افقی را در فضا ایجاد نمایند که به کمک آن تعیین اختلاف ارتفاع نقاط میسر بود[2].

با اضافه نمودن یک صفحه مدرج افقی در زیر دوربین اندازه‌گیری زوایای افقی بین دو امتداد در روی زمین نیز با این وسیله امکان‌پذیر شد.

تدریجاً با اضافه‌نمودن تکیه‌گاه U شکل[3] بر روی پایه حرکت دوربین در صفحهٔ قائم نیز میسر شد و بدین ترتیب دستگاه‌های دیگری به‌نام «زاویه‌یاب[4]» ساخته شد.

۱- Optical levels

۲ــ بدین منظور همراه ترازیاب از قطعات چوب مدرج شده که شاخص نامیده شد، استفاده نموده‌اند.

۳- Alidad

۴ــ این دستگاه‌ها در ابتدا ترانزیت و بعدها «تئودولیت» theodolite نامیده شد.

شکل ۱۰ــ۴

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

شکل ۱۱ــ۴ــ ترازیاب دهه ۱۳۷۰

شکل ۱۲ــ۴ــ یک نمونه ترازیاب جدید

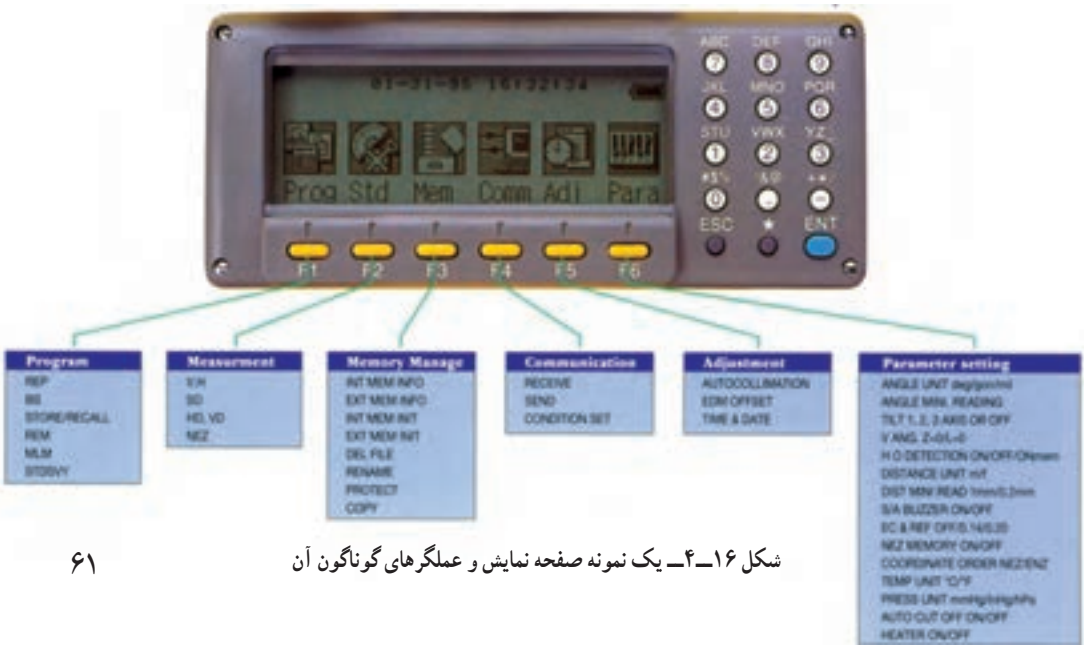
شکل ۱۳ــ۴ــ زاویه‌یاب اپتیکی دهه ۱۳۶۰

شکل ۱۴ــ۴ــ یک نمونه زاویه‌یاب اپتیکی جدید

در سال‌های اخیر برای تسهیل در اندازه‌گیری زوایا و رفع خطاهای مربوط به خواندن و نوشتن اعداد با اضافه‌نمودن یک برد الکترونیکی در داخل دستگاه‌های اپتیکی این امکان فراهم شد که در داخل یک مونیتور کوچک اعداد به‌صورت دیجیتال مشاهده شوند و بدین ترتیب تئودولیت‌ها و ترازیاب‌های 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 ۱۵ــ۴ یک نمونه از صفحه نمایش دستگاه‌های پیشرفته را ملاحظه می‌نمایید.

شکل ۱۵ــ۴ــ یک نمونه دستگاه نقشه‌برداری پیشرفته و صفحه نمایش آن



شکل ۱۶ــ۴ــ یک نمونه صفحه نمایش و عملگرهای گوناگون آن

۲ــ۴ــ دستگاه‌های کامل نقشه‌برداری (توتال استیشن)

شکل ۱۷ــ۴ــ 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 به‌ترازیاب‌های 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 به‌شکل‌های مختلف دارا خواهد بود و انقلابی را در کارهای ترازیابی (درجه ۱ و درجه ۲) و دقیق ایجاد کرد که نمونه‌هایی را در شکل زیر می‌بینید.

شکل ۱۸ــ۴ــ ترازیاب‌های دیجیتال

۳ــ۴ــ 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 جزییات می‌نمایند.

با ورود دستگاه‌های اپتیک الکترونیکی به عرصه نقشه‌برداری به‌تدریج منشور جای‌گزین شاخص شده و بدین ترتیب علاوه‌بر 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»[1] دارای حافظه‌های با حجم زیاد، قدم بزرگی به‌طرف خودکارشدن سیستم‌های تهیهٔ نقشه به‌روش زمینی برداشته شد، مزیت بزرگ روش ثبت خودکار داده‌ها آن است که علاوه‌بر 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.

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

ــ حافظه جانبی[2]

ــ 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 ۱۹ــ۴ــ انواع کارت حافظه

دراستفاده‌از حافظهٔ داخلی نیازی به ترمینال واسط نیست و خود به دو شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ــ دفترچه صحرایی[3]

ــ کارت حافظه

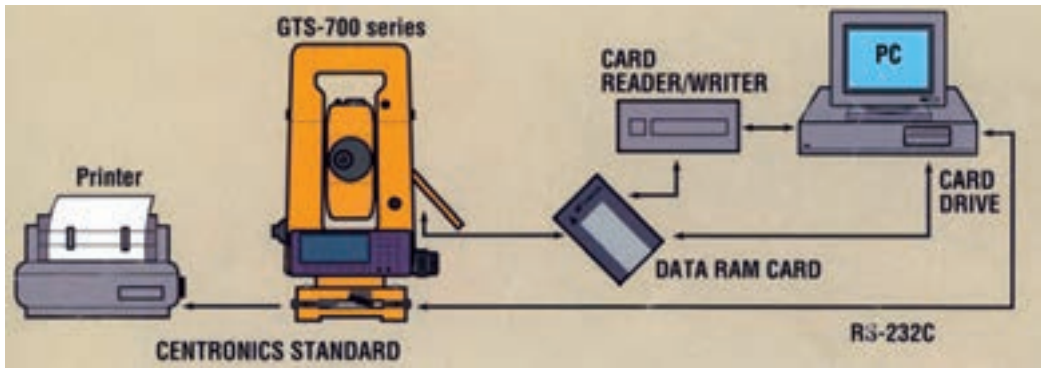
دفترچه صحرایی، سیم رابط به دستگاه جامع وصل می‌شود و پس از اتمام کار با سیم رابط دیگر به رایانه متصل می‌گردد و اطلاعات را مستقیماً بدون استفاده از ترمینال رابط به رایانه انتقال می‌دهد.

به‌طورکلی فیلدبوک‌های الکترونیکی قادر هستند کلیه مشاهدات برداشت شده در صحرا را

۱–Total station ۲– Memory Card ۳– 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 ۲۰ــ۴ــ نمونه‌هایی از تجهیزات ثبت اطلاعات صحرایی (فیلدبوک)



شکل ۲۱ــ۴ــ نمایش ارتباطات توتال استیشن به کامپیوتر

شکل ۲۲ــ۴ــ نمایش ارتباط توتال استیشن با تجهیزات جانبی

سیستم‌های جدید جمع‌آوری اطلاعات که قابلیت اتصال به تجهیزات مختلف نقشه‌برداری را دارند به‌نام (هاست‌کی) host key نامیده می‌شوند. این سیستم قابلیت اتصال به توتال استیشن‌ها و ترازیاب‌های الکترونیکی و دیجیتالی و درنهایت 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 ۲۳ــ۴ــ فیلدبوک‌های پیشرفته (هاست‌کی)

۴ــ۴ــ 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[۱] و اسکنر[۲] 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 ۲۴ــ۴ــ یک نمونه دیجیتایزر

شکل ۲۵ــ۴ــ یک نمونه دیجیتایزر در اندازه A۳

۱– Digitizer

۲– Scanner

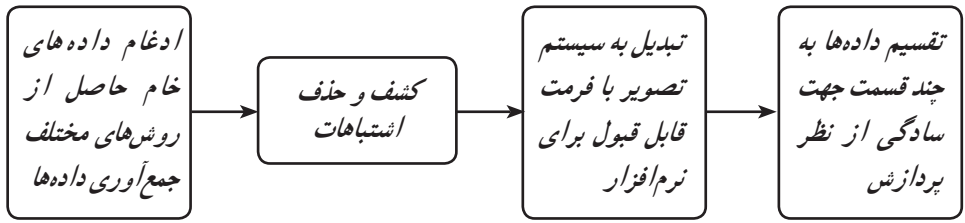
مرحله باید اطلاعات اضافی از فایل برداری نهایی حذف شود. چرا که نقشه به‌دست‌آمده حاوی کلیه اطلاعات در نقشه جاروب شده می‌باشد و تنها بخشی از این اطلاعات برای استفاده‌های بعدی مفید است.

شکل ۲۶ــ۴ــ یک نمونه دیجیتایزر در اندازه A۰

شکل ۲۷ــ۴ــ ارتباط دیجیتایزر و کامپیوتر

۵ــ۴ــ مرحله پیش‌پردازش 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 به‌دست آمده باشد. 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 هرکدام از مراحل پیش‌پردازش روشی برای تشخیص و حذف اشتباهات نیز اتخاذ گردد. انتخاب سیستم تصویر و انتقال اطلاعات به سیستم تصویر مورد نظر نیز جزو مراحل پیش‌پردازش می‌باشد. عملیات مختلف در پیش‌پردازش داده‌ها در دیاگرام زیر نشان داده شده است.



وجود قسمت آخر با نام تقسیم داده‌ها ناشی از محدودیت‌های نرم‌افزاری می‌باشد. به‌عنوان مثال در غالب نرم‌افزارهای پردازش‌گر نقاط مورد استفاده، حداکثر تعداد نقاط مختصات‌دار 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

نرم‌افزار مورد استفاده ضروری می‌باشد. بنابراین در مرحله پیش‌پردازش فرمت فایل نهایی باید برای نرم‌افزار مورد استفاده قابل قبول باشد. البته در غالب نرم‌افزارها امکان استفاده از فرمت‌های مختلف پیش‌بینی شده است. به‌عنوان مثال در نسخه[1] ۴,۰۳ نرم‌افزار SDR - MAP امکان واردنمودن فایل‌های داده‌ها در ۱۸ فرمت مختلف موجود می‌باشد. در اینجا به اختصار نمونه‌هایی از سه نوع فرمت قابل قبول برای این نرم‌افزار آمده است :

جدول ۱ــ۴

فرمت Civil Soft

```
Format:
     Command & Point number,Northing,Easting,Elevation*Code
Example:
     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
     STORE1028,89,101,228,398,10,732*BLD
     STORE1041,84,919,236,948,0,000*BLD
     STORE1042,87,964,237,326,0,000*BLD
     STORE1087,99,773,243,575,10,154*KERB2
```

این فرمت که توسط نرم‌افزارهایی با نام Civil soft ایجاد می‌شود به شکل فوق برای نرم‌افزار SDR MAP قابل استفاده می‌باشد.

جدول ۲ــ۴

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
```

۱–Version

جدول ۳ــ۴

فرمت Wild Soft

```
Format:
    Point number,Easting,Norting,height,code
Example:
     1000,247,542,104,807,10,118,HH
     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
```

۶ــ۴ــ مرحله پردازش مسطحاتی داده‌ها

هنگام برداشت به هر عارضه یک کد منحصر به فرد نسبت داده می‌شود به‌عنوان 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 نرم‌افزار تشخیص داده شود. لذا توصیه می‌گردد که در شماره نقاط عوارض خطی ترتیب رعایت شود. پردازش مسطحاتی باید به‌گونه‌ای باشد تا در نهایت ترسیم به‌طور خودکار انجام پذیرد. برای این کار اعمال زیر توسط نرم‌افزار انجام می‌گیرد.

ــ **نوع عارضه**[۱] : مشخص می‌شود که عارضه به کدام یک از سه صورت نقطه‌ای (نظیر ایستگاه پمپاژ) یا خطی (خط انتقال نیرو) یا سطحی (مزارع) تعلق دارد.

ــ نحوه اتصال عارضه به عوارض مجاور

ــ 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.

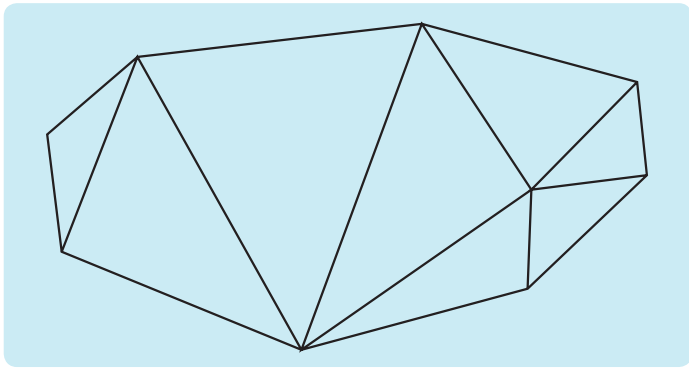
دوم : مشخصاتی که علاوه‌بر پردازش مسطحاتی در قسمت پردازش ارتفاعی نیز به کار می‌آید. به‌عنوان مثال خطوط تغییر شیب[۲] در آبریزها.

۱–Type

۲– Break line

۷ــ۴ــ مرحله پردازش ارتفاعی

هدف از انجام این مرحله تولید منحنی میزان ارتفاعی با استفاده از تعدادی نقاط می‌باشد. واضح است که به دلیل نامنظم‌بودن شکل زمینی از نظر هندسی، باید شکل زمین به‌روش خاصی شبیه‌سازی گردد. این عمل مشابه عمل درون‌یابی[۱] ارتفاع نقاط در ترسیم دستی نقشه‌های توپوگرافی می‌باشد. البته الگوریتم‌های متعددی برای این کار مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی مناسب‌ترین آنها تشکیل شبکه نامنظم مثلثی (تین[۲]) جهت تعیین فرم زمین می‌باشد. نحوه عمل به‌طور خلاصه بدین ترتیب است که تمام نقاط مورد استفاده به‌صورت یک شبکه مثلثی به‌هم وصل می‌شوند. در این شبکه باید شکل مثلث‌ها به‌گونه‌ای باشد که اولاً تا حد امکان مثلث‌های متساوی‌الاضلاع باشند. ثانیاً اضلاع مثلث‌ها هم‌دیگر را قطع ننمایند. ثالثاً در نقاطی که شامل خطوط تغییر شیب یا حد و مرز می‌باشند نیز برای تعدیل در درون‌یابی تغییراتی انجام شده باشد.



شکل ۲۸ــ۴ــ شبکه‌بندی مثلثی

البته در یک نرم‌افزار مطلوب باید (تین) به‌طور خودکار تشکیل شود ولی در بعضی از نرم‌افزارها (مثلاً نرم‌افزار Easy surf) این کار به‌طور ترسیمی و توسط عامل رایانه انجام می‌گیرد.

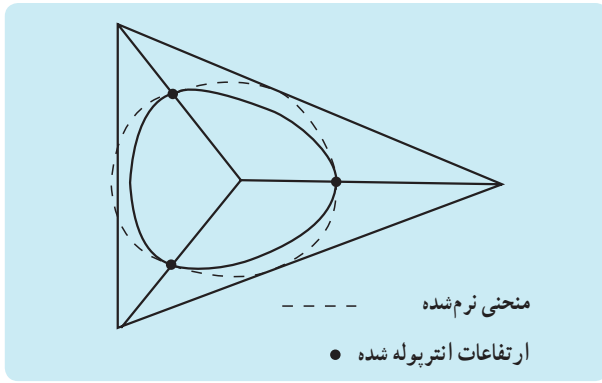
از نظر ریاضی این مسئله اثبات شده است که برای تعدادی از نقاط، بهترین شبکه مثلثی منحصر به فرد است، به عبارت دیگر مسئله ایجاد بهترین شبکه مثلثی دارای یک جواب منحصر به‌فرد می‌باشد.

پس از مرحله تشکیل (تین) هر مثلث به‌صورت یک سطح فرض می‌شود و منحنی میزان تولید می‌گردد. پس از این مرحله، مرحله منحنی میزان‌های تولیدشده که دارای تیزی می‌باشد 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 ۲۹ــ۴ــ انترپولاسیون

۸ــ۴ــ 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[۱] معروف است منتقل می‌شود. در ایران غالباً از نرم‌افزار اتوکد[۲] (به‌دلیل آن‌که تقریباً همیشه قابل دسترسی می‌باشد) برای

شکل ۳۰ــ۴ــ 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

۱ــ با دستگاه‌های نقشه‌برداری چه کمیت‌هایی برای تهیهٔ نقشه اندازه‌گیری می‌شود؟ آنها را نام ببرید.

۲ــ انواع ترازهای کرجی را نام برده و طرز کار آنها را شرح دهید.

۳ــ انواع وسایل و دستگاه‌های نقشه‌برداری را دسته‌بندی کرده نام ببرید.

۴ــ انواع فایل‌های اصلی در تهیه نقشه‌های رقومی کدام‌اند؟

۵ــ خصوصیات مهم دستگاه‌های جامع (همه‌کاره) چیست؟ آنها را نام ببرید.

۶ــ خروجی اطلاعات از رایانه با کدام وسایل قابل ضبط و ثبت است؟

۷ــ حافظه داخلی به‌چه منظور در دستگاه‌های جامع مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

۸ــ پیش‌پردازش داده‌ها شامل چه عملیاتی است؟

۹ــ در پردازش مسطحاتی داده‌ها چه عملیاتی انجام می‌شود؟ آنها را ذکر نمایید.

۱۰ــ خروجی دستگاه‌های ترسیم خودکار چگونه است؟ توضیح دهید.

۱۱ــ «تراز آبی» چه موقع و برای انجام چه عملی در ایران قدیم مورد استفاده قرار گرفت؟

۱۲ــ برای رفع محدودیت استفاده از تراز آبی چه عملی انجام شد؟

۱۳ــ منظور از «مدل ارتفاعی رقومی» چیست؟ توضیح دهید.

۱۴ــ تفاوت دستگاه‌های دیجیتال با دستگاه‌های اپتیکی را ذکر نمایید.

۱۵ــ صفحه کلید در دستگاه‌های الکترونیکی نقشه‌برداری به چه منظور تعبیه گردیده است؟

۱۶ــ «EDM» در نقشه‌برداری چه کاری انجام می‌دهد؟

۱۷ــ «منشور» همراه دستگاه‌های الکترونیکی چه کاربردی دارد؟

۱۸ــ «دفترچه صحرایی» در چه مورد استفاده می‌شود؟ توضیح دهید.