نقشه‌برداری عمومی

(قابل استفاده برای دانشجویان کارشناسی رشته‌های مهندسی نقشه‌برداری، عمران، معماری، معدن، کشاورزی، آب، خاکشناسی، منابع طبیعی، محیط زیست، جغرافیا، باستانشناسی و ...)

تالیف:

محمد عباسی

عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی عمران و توسعه

مشاور GIS و فناوری‌های نوین نقشه‌برداری

mohammadabbasi@ut.ac.ir

۱۳۹۵

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل ۱ - آشنایی با نقشه‌برداری
۱-۱- مقدمه
۱-۲- داده‌ها
۱-۳- نقشه
۱-۴- مقیاس
۱-۵- انواع نقشه از نظر مقیاس
۱-۶- شاخه‌های مهندسی نقشه‌برداری
۱-۷- خودآزمایی
۱-۸- فعالیت عملی
فصل ۲- آشنایی با سیستم مختصات و سیستم تصویر
۲-۱- تعیین موقعیت
۲-۲- تعریف سیستم مختصات
۲-۳- سطح مبنای ارتفاعی
۲-۴- بیضوی
۲-۵- سیستم مختصات جغرافیایی
۲-۶- سیستم‌های تصویر
۲-۷- خودآزمایی
۲-۸- فعالیت عملی
فصل ۳ - آشنایی با وسایل ساده نقشه‌برداری (مساحی)
۳-۱- مقدمه
۳-۲- نوارهای اندازه‌گیری
۳-۳- ژالون، ترازنبشی و شاقول
۳-۴- گونیای مساحی
۳-۵- شیب‌سنج دستی
۳-۶- تراز دستی
۳-۷- اندازه‌گیری طول
۳-۸- تهیه نقشه با وسایل ساده نقشه‌برداری
۳-۹- محاسبه مساحت
۳-۱۰- خودآزمایی
۳-۱۱- فعالیت عملی

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل ۴ – آشنایی کلی با تئوری خطاها
۴-۱- مقدمه
۴-۲- مفهوم خطا
۴-۳- عوامل ایجاد خطا
۴-۴- انواع خطاها
۴-۵- صحت و دقت
۴-۶- برآورد بهترین مقدار اندازه‌گیری و دقت آن
۴-۷- خودآزمایی
۴-۸- فعالیت عملی
فصل ۵ – آشنایی با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع (ترازیابی)
۵-۱- مقدمه
۵-۲- وسایل ترازیابی
۵-۳- روند انجام عملیات ترازیابی
۵-۴- ترازیابی تدریجی
۵-۵- کنترل ترازیابی
۵-۶- ترازیابی شعاعی
۵-۷- انواع ترازیاب
۵-۸- خودآزمایی
۵-۹- فعالیت عملی
فصل ۶ – آشنایی با اندازه‌گیری زاویه
۶-۱- مقدمه
۶-۲- مفهوم زاویه
۶-۳- ساختار دوربین زاویه‌یاب
۶-۴- استقرار دوربین زاویه‌یاب
۶-۵- نحوه قرائت زاویه
۶-۶- قرائت زاویه افقی به روش کوپل
۶-۷- خودآزمایی
۶-۸- فعالیت عملی
فصل ۷ – آشنایی با اندازه‌گیری فاصله
۷-۱- مقدمه

فهرست مطالب

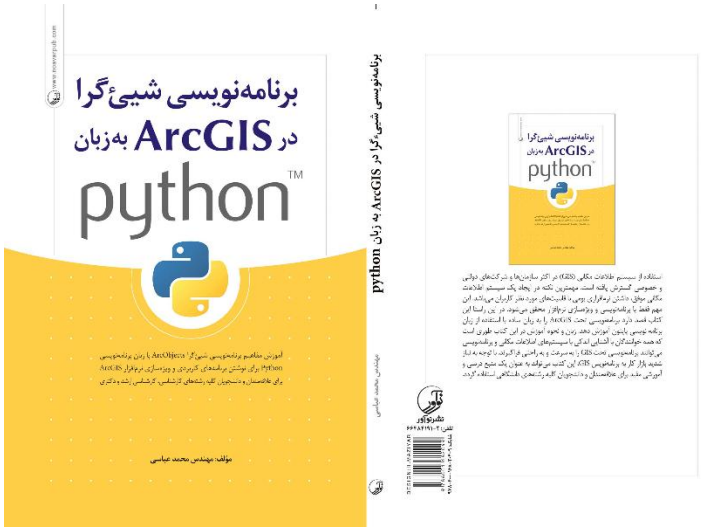
عنوان **صفحه**

۷-۲- مفهوم اندازه‌گیری طول .....
۷-۳- اندازه‌گیری فاصله با ترازیاب .....
۷-۴- اندازه‌گیری فاصله ارتفاع با زاویه‌یاب .....
۷-۵- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با زاویه‌یاب.....
۷-۶- اندازه‌گیری فاصله با طولیاب الکترونیکی.....
۷-۷- دوربین توتال استیشن.....
۷-۸- خودآزمایی .....
۷-۹- فعالیت عملی .....
۷-۱۰- تحقیق .....
فصل ۸ - آشنایی با توجیه امتداد و تعیین موقعیت.....
۸-۱- مقدمه .....
۸-۲- تعریف امتداد مبنا .....
۸-۳- توجیه امتداد .....
۸-۴- سیستم مختصات و تعیین موقعیت.....
۸-۵- مفهوم پیمایش .....
۸-۶- خودآزمایی .....
۸-۷- فعالیت عملی .....
۸-۸- تحقیق .....
فصل ۹ - آشنایی با نقشه‌برداری توپوگرافی.....
۹-۱- مقدمه .....
۹-۲- مفهوم عارضه.....
۹-۳- ساختار هندسی عوارض .....
۹-۴- نقشه توپوگرافی .....
۹-۵- خودآزمایی .....
۹-۶- فعالیت عملی .....
۹-۷- تحقیق .....
منابع .....

جهت دانلود و مشاهده فیلم های آموزشی به سایت زیر مراجعه کنید:

http://www.aparat.com/abbasi1355

کتاب برنامه نویسی شیئ گرا در ArcGIS با زبان برنامه‌نویسی Python حاوی آموزش مفاهیم برنامه نویسی شیئ‌گرا ArcObjects با زبان برنامه نویسی پایتون برای نوشتن برنامه های کاربردی و ویژه سازی نرم افزار ArcGIS برای علاقه مندان و دانشجویان کلیه رشته‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری منتشر شد.



استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) در اکثر سازمان‌ها و شرکت‌های دولتی و خصوصی گسترش یافته است. مهمترین نکته در ایجاد یک سیستم اطلاعات مکانی موفق، داشتن نرم افزاری بومی با قابلیت‌های مورد نظر کاربران می باشد. این مهم فقط با برنامه نویسی و ویژه سازی نرم افزار محقق می شود. در این راستا این کتاب قصد دارد برنامه نویسی تحت ArcGIS را به زبان ساده با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون آموزش دهد. زبان و نحوه آموزش در این کتاب طوری است که همه خوانندگان با آشنایی اندکی با سیستم‌های اطلاعات مکانی و برنامه نویسی می توانند برنامه‌نویسی تحت GIS را به سرعت و به راحتی فراگیرند. با توجه به نیاز شدید بازار کار به برنامه نویسGIS، این کتاب می تواند به عنوان یک منبع درسی و آموزشی مفید برای علاقه مندان و دانشجویان کلیه رشته‌های دانشگاهی استفاده گردد.

فصول کتاب عبارتند از:

فصل ۱ – مقدمه

فصل ۲– آشنایی با زبان برنامه نویسی پایتون

فصل ۳ – آشنایی سریع با ArcPy

فصل ۴ – توصیف داده ها

فصل ۵ – مدیریت لیست اشیا در ArcPy

فصل ۶ – مدیریت انتخاب داده ها در ArcPy

فصل ۷ – مدیریت جداول توصیفی

فصل ۸ – مدیریت ساختار هندسی داده های مکانی

فصل ۹ – مدیریت لایه ها و نقشه ها در ArcMap

فصل ۱۰ – مدیریت خطاها

فصل ۱۱ – ویژه سازی نرم افزار با Add-in

مولف : مهندس محمد عباسی، عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی عمران و توسعه

ناشر: انتشارات نوآور قیمت : ۹۰۰۰ تومان

سایت برای خرید :

http://www.noavarpub.com/viewBooks.aspx?RequestType=ABook&Serial=895
http://iranbuybook.com/9786001682049
http://mehreganbook.ir/nullcategory/9252-15431-015431.html
http://shop.arcgis.ir/index.php?route=product/category&path=59
http://book1001.ir/academic/?product=arc-gis-10

معرفی کتاب: **برنامه نویسی کاربردی ویژوال بیسیک تحت اتوکد**

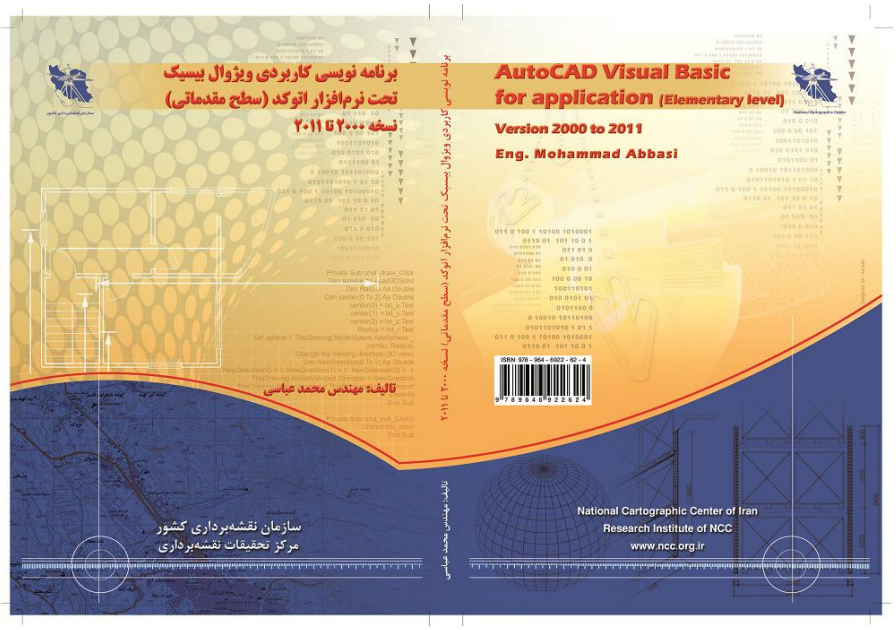
اتوکد به عنوان یک نرم افزار پردازش داده‌های برداری برای ورود به سیستم اطلاعات مکانی در کشور ما اهمیت فراوانی دارد.

با توجه به نیاز صنعت به انجام فرآیندهای مکانی با دقت و سرعت بالا، نیاز به برنامه نویسی در راستای خارج نمودن این فرآیندها از حالت سنتی ضروری است. در این راستا، این کتاب (**برنامه نویسی کاربردی ویژوال بیسیک تحت اتوکد**) امکان توسعه برنامه‌های کاربردی در محیط نرم افزار اتوکد را به کمک برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک به زبان ساده شرح می‌دهد. معمولا برخی فعالیت‌ها در محیط اتوکد به صورت تکراری بوده و می‌توانند به کمک برنامه‌نویسی سریع‌تر و دقیق‌تر انجام شوند. این کتاب سعی دارد به کاربران خود آموزش دهد که فرآیندهایی که در محیط اتوکد انجام می‌دهند، قابل بهبود می‌باشد.

ساختار کتاب طوری طراحی شده است که استفاده کننده به سرعت با محیط برنامه‌نویسی کاربردی تحت اتوکد آشنا شده و بتواند برنامه‌های مورد نیاز خود را بدون داشتن تجربه برنامه‌نویسی، نوشته و فرآیندهای کاری سنتی با اتوکد را تا حد امکان اتوماتیک نماید که در نتیجه زمان و هزینه کاهش یافته و دقت نیز افزایش می‌یابد.

این کتاب برای تمام افرادی که با محیط اتوکد آشنا بوده و فعالیت‌های کاری خود را با این نرم افزار انجام می دهند، می تواند مفید باشد. بطورکلی مطالعه این کتاب برای متخصصین نقشه برداری، عمران، کشاورزی، منابع طبیعی، معماری، آب، شهرسازی، کامپیوتر، برق، معدن، مکانیک و تمامی رشته های مرتبط با نقشه پیشنهاد می‌گردد.

این کتاب می‌تواند در درس برنامه‌نویسی رشته‌های فوق برای مقطع کارشناسی ناپیوسته، پیوسته و کارشناسی ارشد تدریس شود.



با مطالعه این کتاب می‌توان برنامه‌های کاربردی تحت نرم افزار اتوکد از **نسخه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷** و نرم‌افزارهای مختلف شرکت Autodeskمانند AutoCAD 3D Map و AutoCAD Civil 3D نوشت.

فصل ۱ – آشنایی با محیط VBA در اتوکد

فصل ۲– آشنایی با اصول برنامه نویسی VBA

فصل ۳ – آشنایی با ترسیم اشیا گرافیکی

فصل ۴ – کنترل خصوصیات و ویرایش اشیا گرافیکی

فصل ۵ – انتخاب اشیا گرافیکی

فصل ۶ – اجرای اتوماتیک برنامه و کنترل منوها و نوارابزارها

برای خرید به سازمان نقشه‌برداری کشور یا لینک زیر مراجعه شود. (قیمت ۶۰۰۰ تومان)

http://nccshop.ir/?part=product&inc=product&id=64

جهت مشاوره برای پروژه‌های اجرایی و پژوهشی خود در خصوص کاربردهای فناوری اطلاعات مکانی شامل سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، پردازش تصاویر ماهواره‌ای (سنجش از دور) و هوایی (فتوگرامتری)، سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای و نقشه‌برداری با ایمیل زیر در ارتباط باشید.

mohammadabbasi@ut.ac.ir

فصل ۱

آشنایی با نقشه‌برداری

در این فصل دانشجو با مفهوم نقشه، نقشه‌برداری، مقیاس نقشه، کاربردهای نقشه و شاخه‌های نقشه‌برداری آشنا می‌شود :

- ☑ آشنایی با نقشه
- ☑ آشنایی با انواع نقشه و کاربردهای آن
- ☑ آشنایی با نقشه‌برداری و شاخه‌های آن
- ☑ آشنایی با مفهوم مقیاس
- ☑ آشنایی با انواع روش‌های نمایش مقیاس
- ☑ آشنایی با رابطه مقیاس نقشه و دقت آن

۱–۱– مقدمه

انسان همواره در راستای دستیابی به آسایش، نیاز به شناخت کامل محیط پیرامون خود داشته است، تا با تغییر و تحول بهینه در آن وضع مطلوبی برای خود فراهم سازد. با توجه به پیچیدگی محیط پیرامون و گستردگی آن، نیاز به ارائه یک مدل کوچک شده از دنیای واقعی احساس می‌شود. این مدل کوچک شده که معمولا بر روی صفحه کاغذ نمایش داده می‌شود، اصطلاحا نقشه نامیده می‌شود.

برای تهیه نقشه نیاز به جمع‌آوری داده‌ها در مورد محیط پیرامون وجود دارد. این داده-ها با توجه به اینکه با اندازه‌گیری دنیای واقعی بدست آمده‌اند و موقعیت عوارض محیط پیرامون را نشان می‌دهند، داده‌های مکانی نامیده می‌شوند. با توجه به اینکه هر نوع تصمیم‌گیری در مورد توسعه و تغییر در محیط نیازمند شناخت وضعیت موجود است و این شناخت تنها از طریق نقشه و داده‌های مکانی امکان پذیر است. تولید داده‌های مکانی با دقت مناسب ضروری است.

از یک طرف کلیه رشته‌های مرتبط با علوم مهندسی، علوم زمین و علوم نظامی برای طراحی و اجرای طرح‌های خود نیازمند شناخت وضعیت موجود از طریق نقشه مناسب هستند و از طرف دیگر برای پیاده‌سازی طرح‌ها نیازمند استفاده از دانش نقشه‌برداری می‌باشند. بنابراین آشنایی با روند تهیه داده‌های مکانی و تولید نقشه برای دستیابی به وضعیت مطلوب اجتناب‌ناپذیر است.

به مجموعه فعالیت‌هایی که برای جمع‌آوری داده‌های مکانی و تولید نقشه انجام می-شود، نقشه‌برداری گفته می‌شود و به افرادی که این فرآیند را انجام می‌دهند، نقشه‌بردار گفته می‌شود.

۱–۲– داده‌ها

برای ساختن مدل کوچکتر از دنیای واقعی نیاز به جمع‌آوری داده‌ها وجود دارد. دنیای واقعی از یکسری المان‌ها تشکیل شده است که در نقشه‌برداری عارضه نامیده می‌شوند. عوارض به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

- عوارض طبیعی مانند رودخانه و چشمه
- عوارض مصنوعی (ساخته دست بشر) مانند ساختمان و جاده

داده‌ها به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- داده‌های مکانی

  داده‌هایی که مکان و موقعیت عوارض را نشان می‌دهند و دارای ساختار هندسی می‌باشند.

- داده‌های توصیفی

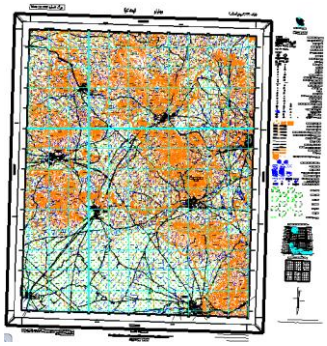
  این داده‌ها برای شناسایی عوارض استفاده می‌شوند. مانند نام خیابان

ایجاد یک مدل کوچکتر از دنیای واقعی نیازمند شناسایی داده‌های مکانی و توصیفی مورد نیاز می‌باشد. با توجه به تنوع عوارض در دنیای واقعی امکان جمع‌آوری داده‌های مربوط به کلیه عوارض غیرممکن و یا زمان و هزینه بالایی نیاز دارد. انتخاب عوارض مورد نیاز جهت جمع‌آوری داده بر اساس کاربرد مورد نظر انجام می‌شود. یعنی کاربرد در ارائه ساختار واقعیت نقش اساسی دارد. به عنوان نمونه برای سازمان زمین‌شناسی عوارض زمین‌شناسی مانند عارضه گسل و برای شرکت گاز عوارض وابسته به گاز مانند خط لوله گاز اهمیت بیشتری دارد.

در این راستا معمولا در هر کشوری یک نقشه پایه تهیه می‌شود و هر تخصص بر اساس نیاز خود عوارض جدیدی به آن اضافه می‌کند و نقشه تخصصی خود را تهیه می‌نماید.

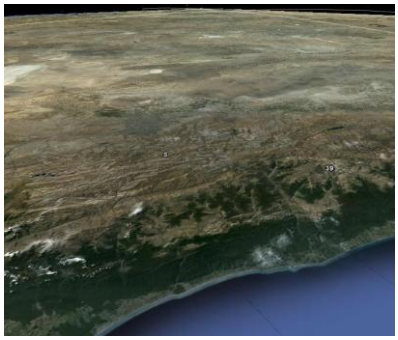
۱–۳– نقشه

همانطور که بیان شد هدف ما کوچک نمودن دنیای واقعی جهت شناخت بهتر آن است. نقشه یک روش برای نمایش مدل کوچک شده دنیای واقعی به کمک تصویر نمودن عوارض سطح زمین بر روی یک صفحه مسطح است. یعنی نقشه تصویر قائمی از عوارض سطح زمین است، که دارای دقت هندسی مناسب می‌باشد. یعنی ابعاد و اندازه-های دنیای واقعی با یک نسبت مشخص کوچک شده و بر روی کاغذ نمایش داده شده-اند. نقشه‌ای که دارای دقت هندسی و ابعاد صحیح نباشد و فقط موقعیت تقریبی عوارض سطح زمین نسبت به همدیگر را نمایش دهد، کروکی نامیده می‌شود و ارزش هندسی ندارد. در شکل زیر یک نمونه نقشه استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- یک نمونه نقشه استاندارد سازمان نقشه‌برداری کشور

با توجه به پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی امروزه نمایش سه بعدی دنیای واقعی در محیط کامپیوتر فراهم شده است. نمایش سه بعدی دنیای واقعی با دقت هندسی مناسب، پرواز در فضای سه‌بعدی و اندازه‌گیری در آن، یک سیستم واقع‌گرایی سه بعدی مجازی نامیده می‌شود. در شکل زیر نمونه‌ای از نمایش سه بعدی در محیط نرم‌افزار Google Earth نمایش داده شده است.



شکل ۱-۲- نمایش سه بعدی در محیط نرم‌افزار Google Earth

۱-۴- مقیاس

میزان کوچک شدن دنیای واقعی مقیاس نامیده می‌شود. مقیاس در نقشه‌برداری رابطه مستقیمی با دقت دارد. هر چه میزان کوچک شدن بیشتر باشد، وسعت بیشتری از دنیای واقعی را می‌توان بر روی نقشه نمایش داد و عوارض بر روی نقشه کوچکتر دیده می‌شوند. هر چه میزان کوچک شدن کمتر باشد، وسعت کمتری از دنیای واقعی را می‌توان بر روی نقشه نمایش داد و عوارض بر روی نقشه بزرگتر دیده می‌شوند و دقت بالاتر است.

برای نمایش مقیاس بر روی نقشه دو روش متعارف وجود دارد:

- ❖ مقیاس عددی یا کسری

مقیاس عددی به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{فاصله دو نقطه روی نقشه}}{\text{فاصله افقی همان دو نقطه روی زمین}}$$

این مقیاس معمولا به شکل $\frac{1}{n}$ یا $1:n$ و با علامت S نمایش داده می‌شود. n عدد مقیاس نامیده می‌شود.

به عنوان مثال، وقتی گفته می‌شود که مقیاس نقشه‌ای برابر 1:5000 است یعنی دنیای واقعی ۵۰۰۰ برابر کوچکتر شده است. به عبارت ساده‌تر ۱ میلیمتر روی نقشه برابر ۵۰۰۰ میلیمتر روی زمین است یا ۱ متر روی نقشه برابر ۵۰۰۰ متر روی زمین است.

☜ هر متر (m) برابر ۱۰۰ سانتیمتر (cm) و هر سانتیمتر برابر ۱۰ میلیمتر(mm) است. هر کیلومتر برابر ۱۰۰۰ متر است.

مثال : اگر طول زمینی برابر ۱۰۰ متر باشد و اندازه آن بر روی نقشه برابر ۱ سانتیمتر باشد، مقیاس نقشه را محاسبه نمایید.

$$n = 100m \div 1cm = 10000cm \div 1cm = 10000$$

$$S = \frac{1}{n} = \frac{1}{10000}$$

یعنی مقیاس نقشه برابر 1:10000 است.

☜ در هنگام محاسبه مقیاس تبدیل واحدهای متفاوت (مانند کیلومتر، متر و سانتیمتر) به واحد یکسان ضروری است. در مثال فوق متر به سانتیمتر (۱۰۰ متر برابر ۱۰۰۰۰ سانتیمتر) جهت یکسان‌سازی واحدها هنگام تقسیم تبدیل شده است.

مثال : اگر طول زمینی برابر ۵۰ متر باشد، اندازه آن بر روی نقشه‌ای با مقیاس 1:2000 را بر حسب میلیمتر محاسبه نمایید.

$$50m \div 2000 = 50000mm \div 2000 = 25mm$$

☜ به تبدیل واحد متر به واحد میلیمتر دقت شود. هر متر برابر ۱۰۰۰ میلیمتر است، در نتیجه ۵۰ متر برابر ۵۰۰۰۰ میلیمتر است.

مثال : طول یک زمین بر روی نقشه‌ای با مقیاس 1:5000 برابر ۶ سانتیمتر است. طول زمین را بر حسب متر محاسبه نمایید.

$$6cm \times 5000 = 30000cm = 300m$$

☜ به تبدیل واحد سانتیمتر به واحد متر دقت شود. برای تبدیل اندازه‌ای بر حسب سانتیمتر به واحد متر مقدار آن بر ۱۰۰ تقسیم می‌شود.

مثال : مساحت زمینی بر روی نقشه‌ای با مقیاس 1:1000 برابر ۱۰۰ سانتیمترمربع است. مساحت واقعی زمین را بر حسب مترمربع و هکتار محاسبه نمایید.

☜ با توجه به اینکه مساحت دو بعدی است. به عنوان نمونه مساحت مستطیل برابر طول ضربدر عرض است و بر حسب مترمربع بیان می‌شود. بنابراین برای تبدیل مساحت عدد مقیاس به توان دو رسانده می‌شود. هر هکتار برابر ۱۰۰۰۰ مترمربع می‌باشد. هر مترمربع برابر ۱۰۰۰۰ سانتیمترمربع می‌باشد.

$$100cm^2 \times (1000)^2 = 100000000cm^2 = 10000m^2 = 1h$$

مثال : مساحت زمینی برابر ۵۰ هکتار می‌باشد، مساحت آن بر روی نقشه‌ای با مقیاس 1:5000 برابر چند سانتیمترمربع است.

☜ در این حالت ابتدا واحد هکتار به سانتیمترمربع تبدیل شده و سپس با تقسیم آن بر عدد مقیاس به توان دو، مساحت آن بر روی نقشه بر حسب سانتیمترمربع بدست می‌آید.

$$50h \div (5000)^2 = 5000000000cm^2 \div (5000)^2 = 200cm^2$$

مثال : مساحت زمینی برابر ۵ هکتار می‌باشد، مساحت آن بر روی نقشه‌ای برابر ۵۰۰ سانتیمترمربع می‌باشد، مقیاس نقشه را محاسبه نمایید.

☜ در این حالت ابتدا واحد هکتار به سانتیمترمربع جهت یکسان‌سازی واحدها تبدیل شده و سپس با تقسیم مقدار مساحت بر روی زمین بر مقدار مساحت بر روی نقشه و محاسبه جذر آن، مقیاس نقشه مورد نظر محاسبه می‌شود.

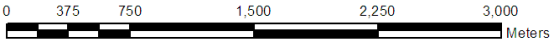
$$5h \div 500cm^2 = 500000000cm^2 \div 500cm^2 = 1000000$$

$$n = \sqrt{1000000} = 1000$$

$$S = \frac{1}{n} = \frac{1}{1000}$$

❖ مقیاس ترسیمی یا خطی

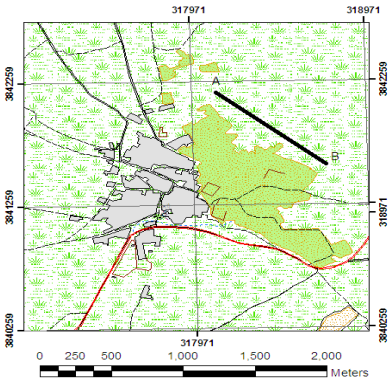
مقیاس ترسیمی خطی است که به فواصل مساوی تقسیم شده است و روی هر قسمت اندازه واقعی روی زمین نوشته شده است. این نحوه نمایش مقیاس به این دلیل استفاده می‌شود که از یک طرف اگر ابعاد نقشه تحت شرایطی از قبیل تغییر دما و رطوبت تغییر نماید، مقیاس ترسیمی هم به همان اندازه تغییر خواهد کرد. و از طرف دیگر نیازی به انجام محاسبات برای تبدیل طول روی نقشه به طول روی زمین نمی‌باشد. از روی مقیاس ترسیمی می‌توان طول عوارض را بدست آورد. شکل زیر یک نمونه مقیاس ترسیمی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳- مقیاس ترسیمی

قسمت سمت چپ در شکل که با تقسیمات بیشتری نمایش داده شده است، پاشنه مقیاس نامیده می‌شود.

مثال : در نقشه زیر طول AB چند متر روی زمین است.



برای اینکار می‌توان دهانه پرگار را به اندازه AB باز نموده و سپس بر روی مقیاس ترسیمی قرار داده و فاصله خوانده شود. یا با خط‌کش اینکار انجام شود. فاصله بر روی زمین حدود ۹۰۰ متر است.

۱–۵– انواع نقشه از نظر مقیاس

نقشه‌ها را می‌توان از نظر مقیاس به ۴ دسته کلی زیر تقسیم نمود:

- ❖ نقشه‌های کوچک مقیاس با مقیاس کوچکتر از ۱:۲۵۰۰۰ (نقشه‌های جغرافیایی)
- ❖ نقشه‌های متوسط مقیاس با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰
- ❖ نقشه‌های بزرگ مقیاس با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ تا ۱:۱۰۰۰
- ❖ نقشه‌های خیلی بزرگ مقیاس یا پلان با مقیاس ۱:۱۰۰۰ تا ۱:۱۰۰

۱–۶– شاخه‌های مهندسی نقشه‌برداری

برای جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و تهیه نقشه توسط مهندس نقشه‌برداری روش‌ها و تخصص‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- ❖ نقشه‌برداری زمینی

تهیه نقشه به کمک وسایل نقشه‌برداری مانند متر و دوربین نقشه‌برداری، با مراجعه مستقیم به محل را نقشه‌برداری زمینی می‌نامند که معمولا برای تهیه نقشه از مناطق با وسعت کم و با دقت بالا استفاده می‌شود. هدف این کتاب آموزش نقشه‌برداری زمینی می‌باشد.

- ❖ هیدروگرافی

تهیه نقشه از بستر دریاها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را هیدروگرافی می‌نامند. در این روش به کمک وسایل خاصی عمق آب را اندازه‌گیری کرده و نقشه پستی و بلندی-های بستر آبها را تهیه می‌کنند.

- ❖ ژئودزی

علمی است که وظیفه اندازه‌گیری شکل و ابعاد زمین را در یک سیستم زمانمند بر عهده دارد.

- ❖ فتوگرامتری

دانشی است که وظیفه تهیه نقشه از عکس‌های هوایی را بر عهده دارد. این روش مهمترین روش تهیه نقشه در کشور محسوب می‌شود و معمولا برای مناطق بزرگ استفاده می‌شود.

❖ سنجش از دور

دانشی است که وظیفه تهیه داده‌های مکانی از تصاویر ماهواره‌ای را بر عهده دارد.

❖ سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای

وظیفه تهیه داده‌های مکانی به کمک ماهواره را بر عهده دارد. مهمترین ماهواره-های تعیین موقعیت در کشور سیستم تعیین موقعیت جهانی GPS می‌باشد، که به طور خلاصه در فصل‌های بعدی شرح داده می‌شود.

❖ سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

این سیستم وظیفه تجزیه و تحلیل همزمان داده‌های مکانی و توصیفی را جهت کمک به تصمیم‌گیری برای حل یک مشکل بر عهده دارد.

۱–۷– خودآزمایی

۱. کدام عارضه مصنوعی می‌باشد؟

الف– غار ب- درخت ج – آبراهه د- سد

۲. اگر طول یک ساختمان بر روی نقشه‌ای برابر ۴۰ میلیمتر و مقیاس نقشه ۱:۵۰۰ باشد. طول ساختمان بر روی زمین را برحسب متر محاسبه نمایید؟

الف– ۲۰ ب- ۱۰ ج – ۲۰۰ د- ۲

۳. مساحت زمینی برابر ۱۰ هکتار و مساحت آن بر روی نقشه ۱۰۰۰ سانتیمترمربع است، مقیاس نقشه را محاسبه کنید؟

الف– ۱:۱۰۰۰۰ ب- ۱:۱۰۰ ج – ۱:۱۰۰۰ د- ۱:۲۰۰۰

۴. کدام شاخه نقشه‌برداری در جمع‌آوری داده‌ها نقشی ندارد؟

الف– نقشه‌برداری زمینی ب- سیستم اطلاعات جغرافیایی

ج – فتوگرامتری د- سنجش از دور

۵. تفاوت نقشه با کروکی را بیان کنید؟

۶. دلایل استفاده از مقیاس ترسیمی را بیان کنید؟

۷. هیدروگرافی را تعریف نمایید؟

۱–۸– فعالیت عملی

۱. یک شیت نقشه در مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ از شهر محل استقرار دانشگاه خود را تهیه نموده و با توجه به مقیاس عددی و مقیاس ترسیمی نقشه، اندازه ابعاد برخی عوارض بر روی را بر حسب متر مشخص نمایید.

۲. حداقل ۱۰ مورد از عوارض طبیعی و مصنوعی اطراف خود را مشخص نموده و نحوه نمایش آنها طبق استانداردهای کشور را تحقیق نمایید.

فصل ۲

آشنایی با سیستم مختصات و سیستم تصویر

در این فصل دانشجو با مفهوم تعیین موقعیت، سیستم مختصات، ژئوئید، بیضوی، سیستم مختصات جغرافیایی و سیستمهای تصویر آشنا می‌شود :

- ☑ آشنایی با مفهوم تعیین موقعیت
- ☑ آشنایی با سیستمهای مختصات کارتزین
- ☑ آشنایی با سیستمهای مختصات قطبی
- ☑ آشنایی با سیستم مختصات جهانی و محلی
- ☑ آشنایی با مفهوم ارتفاع و سطح مبنای ارتفاعی
- ☑ آشنایی با بیضوی
- ☑ آشنایی با سیستم مختصات جغرافیایی
- ☑ آشنایی با طول و عرض جغرافیایی
- ☑ آشنایی با سیستم تصویر
- ☑ آشنایی با سیستم تصویر UTM

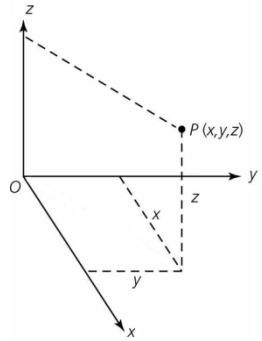
۲-۱- تعیین موقعیت

برای جمع‌آوری داده‌های مکانی دنیای واقعی نیاز به تعریف یک سیستم وجود دارد تا مختصات موقعیت عوارض مکانی در آن بیان شود. تعیین موقعیت به طورکلی مشخص کردن محل یک عارضه است که دارای دو حالت نسبی و مطلق می‌باشد. در حالت نسبی مکان یک عارضه را نسبت به یک عارضه دیگر بیان می‌شود. در واقع هنگامی که گفته می‌شود منزل ما روبروی پارک A قرار دارد، موقعیت به صورت نسبی بیان می-شود.

برای بیان موقعیت مطلق نیاز به تعریف یک مفهوم وجود دارد که همه عوارض نسبت به آن قابل تعریف باشند. این مفهوم در هندسه سیستم مختصات نامیده می‌شود. برای بیان موقعیت عوارض در دنیای واقعی یک سیستم مختصات سه‌بعدی تعریف می‌شود که دو بعد آن برای بیان موقعیت مسطحاتی و یک بعد برای بیان موقعیت ارتفاعی است.

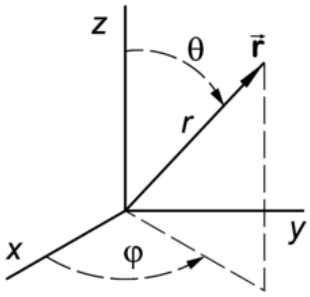
دو نوع سیستم مختصات متعارف برای بیان موقعیت عوارض استفاده می‌شود.

۱. سیستم مختصات کارتزین : در این سیستم مختصات که مانند شکل زیر به صورت سه محور متعامد با مبدا مشخص تعریف می‌شود. موقعیت هر عارضه به کمک میزان فاصله عمودی از هر سه محور به صورت (x,y,z) تعریف می‌شوند، که (x,y) بیانگر موقعیت مسطحاتی و (z) بیانگر موقعیت ارتفاعی می‌باشد.



شکل ۲-۱- نمایش موقعیت یک نقطه در سیستم مختصات کارتزین

۲. سیستم مختصات قطبی : در این سیستم مختصات موقعیت هر عارضه به کمک دو زاویه و فاصله از مرکز به صورت (φ, λ, r) مطابق شکل زیر تعریف می‌شود.



شکل ۲-۲- نمایش موقعیت یک نقطه در سیستم مختصات قطبی

۲–۲– تعریف سیستم مختصات

برای تعریف سیستم مختصات، مبدا و جهت محورهای آن باید مشخص شود. با توجه به وسعت منطقه می‌توان دو نوع سیستم مختصات تعریف نمود.

۱. سیستم مختصات محلی : این سیستم مختصات که برای نقشه‌برداری از مناطق کوچک تعریف می‌شود. مبدا نقطه‌ای روی سطح زمین در محل نقشه‌برداری در نظر گرفته می‌شود. جهت محور y به سمت شمال و محور z عمود بر سطح زمین در مبدا (امتداد شاقولی) است و محور x عمود بر محور y و z باشد.

۲. سیستم مختصات ملی یا جهانی : برای یکسان‌سازی و امکان بیان موقعیت عوارض در دنیای واقعی در سطح وسیع مانند یک استان، کشور نیاز به سیستم مختصات ملی یا جهانی می‌باشد. که بتوان موقعیت تمام عوارض را در آن به صورت یکپارچه بیان نمود.

۲–۳– سطح مبنای ارتفاعی

ارتفاع هر عارضه همیشه نسبت به یک سطح مبنا تعریف می‌شود. به عنوان مثال هنگامی‌که گفته می‌شود ارتفاع ساختمان ۱۵ متر است یعنی ارتفاع بالاترین نقطه ساختمان نسبت به کف آن سنجیده می‌شود.

هنگامی‌که گفته می‌شود ارتفاع یک قله ۳۵۲۴ متر است یعنی ارتفاع نسبت به یک سطح مبنا تعریف شده است.

برای تعریف سطح مبنای ارتفاعی که همه کشورها ارتفاع عوارض را نسبت به آن بیان کنند. نیاز به تعریف یک سطح مبنای ارتفاعی یکسان وجود دارد. این سطح مبنای

ارتفاعی که بر مبنای سطح آبهای آزاد تعریف می‌شود، ژئوئید نامیده می‌شود. علت استفاده از این سطح این است که ۷۵ درصد سطح کره زمین آب است و ارتفاع آبهای آزاد در همه نقاط یکسان است.

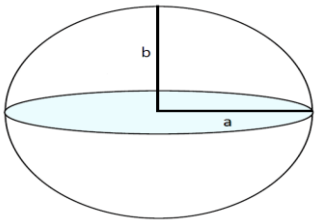
به طور کلی ژئوئید سطحی است فیزیکی که به بهترین وجه بر سطح متوسط آبهای آزاد منطبق است. با این تعریف ارتفاع در ساحل خلیج فارس حدود صفر است. برای تعریف سطح متوسط آبها، میزان جزر و مد را در طول سال‌های مختلف اندازه‌گیری نموده و میانگین آنرا در نظر می‌گیرند. بدین ترتیب وقتی گفته می‌شود که ارتفاع شهری برابر ۲۳۴۵ متر است یعنی نسبت به سطح آبهای آزاد ۲۳۴۵ متر بالاتر است.

۲-۴- بیضوی

با توجه به پیچیدگی‌های سطح زمین که دارای پستی و بلندی‌های زیادی می‌باشد، مدلسازی سطح فیزیکی واقعی زمین بسیار پیچیده می‌باشد. لذا نیاز به یک سطح ریاضی احساس می‌شود که تا حد امکان شکل زمین را توصیف کرده و محاسبات آن نیز ساده باشد. در این راستا یک سطح ریاضی با نام بیضوی دورانی انتخاب شده است. اگر یک بیضی حول محور اقصر (محور کوچکتر) آن دوران نماید یک بیضوی ایجاد می‌شود.

برای تعریف بیضوی دو پارامتر a (قطر اطول) و b (قطر اقصر) یا a و e مورد نیاز است.

e فشردگی بیضوی نامیده می‌شود و به صورت $e=\frac{a-b}{a}$ تعریف می‌شود. یعنی اگر مقدار a دو برابر b باشد، فشردگی بیضوی برابر ۰٫۵ می‌باشد. اگر مقدار a برابر b باشد، فشردگی بیضوی برابر صفر می‌باشد و بیضوی به کره تبدیل شده است.

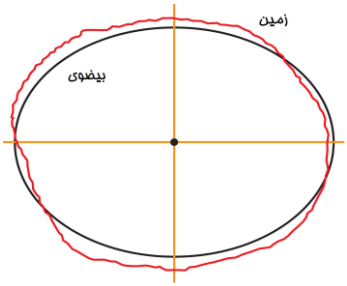


شکل ۲-۳- بیضوی

برای اینکه سطح ریاضی تعریف شده، کمترین اختلاف را با شکل واقعی زمین داشته باشد، معمولا کشورها، بیضوی‌های متفاوتی را برای خود تعریف کرده‌اند. در این راستا دو نوع بیضوی کلی وجود دارد.

- بیضوی محلی : طوری تعریف شده است که بر یک منطقه از کره زمین به خوبی منطبق باشد.
- بیضوی جهانی : طوری تعریف شده است که بر کل کره زمین به خوبی منطبق باشد و اختلاف آن با سطح واقعی زمین کم باشد.

در ایران در گذشته از بیضوی هایفورد استفاده می‌شد، اما امروز از بیضوی جهانی WGS84 استفاده می‌شود.



شکل ۲-۴- اختلاف زمین با بیضوی

۲–۵– سیستم مختصات جغرافیایی

سیستم مختصات جغرافیایی، متعارف‌ترین سیستم مختصات جهانی است. برای تعریف این سیستم مختصات، ابتدا مفاهیم زیر تعریف می‌شود.

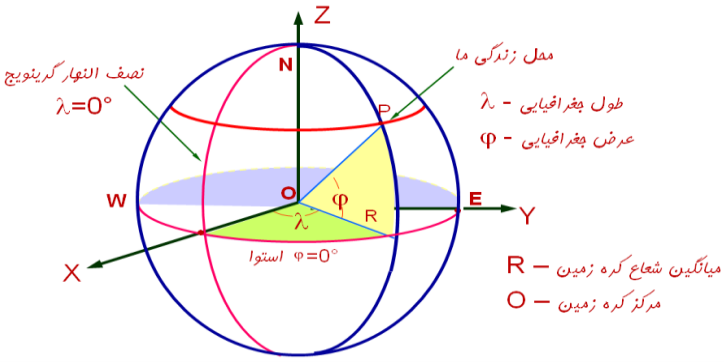
- ✓ محور دورانی زمین : محوری که زمین به دور آن می‌چرخد.
- ✓ صفحه استوا : صفحه‌ای که زمین را به دو نیمکره شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند.
- ✓ صفحه نصف‌النهار : صفحه‌ای که از محور دورانی زمین بگذرد و زمین را به دو نیمکره شرقی و غربی تقسیم می‌کند.
- ✓ صفحه نصف‌النهار گرینویچ : صفحه نصف‌النهاری که از رصدخانه گرینویچ در لندن عبور کند.

مختصات هر نقطه روی زمین در سیستم مختصات جغرافیایی با دو مفهوم زیر تعریف می‌شود.

- عرض جغرافیایی : زاویه بین نقطه و صفحه استوا که بر روی نصف‌النهار اندازه-گیری می‌شود و با φ نمایش داده می‌شود. عرض جغرافیایی بین ۹۰- درجه تا ۹۰ درجه تغییر می‌کند. عرض جغرافیایی صفر درجه، صفحه استوا و عرض جغرافیایی

۹۰ درجه، قطب شمال و عرض جغرافیایی ۹۰- درجه، قطب جنوب را نشان می-دهد.

- طول جغرافیایی : زاویه بین نصف‌النهار گذرنده بر نقطه و نصف‌النهار گرینویچ که بر روی صفحه استوا اندازه‌گیری می‌شود و با λ نمایش داده می‌شود. طول جغرافیایی بین ۰ درجه تا ۳۶۰ درجه یا بین ۱۸۰ درجه غربی تا ۱۸۰ درجه شرقی تغییر می‌کند.

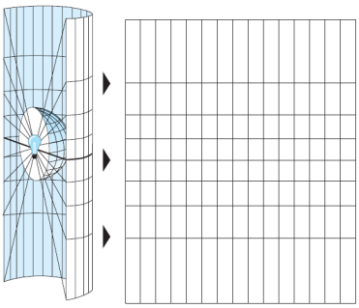


شکل ۲-۵- سیستم مختصات جغرافیایی

در این سیستم مختصات، ارتفاع نقاط از سطح ژئوئید با h نمایش داده می‌شود. بنابراین در سیستم مختصات جغرافیایی موقعیت نقاط به صورت (φ,λ,h) بیان می‌شود. به عنوان مثال مختصات (36,51,1200) مختصات تقریبی تهران را نشان می‌دهد.

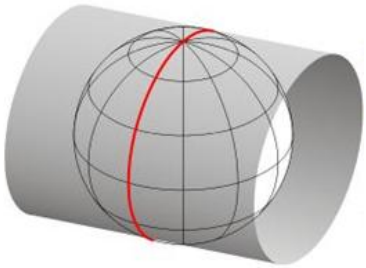
۲-۶- سیستم‌های تصویر

با توجه به اینکه سطح زمین کروی می‌باشد و نقشه بر روی صفحه مسطح نمایش داده می‌شود. در فواصل بلند فاصله کروی با فاصله مستقیم اختلاف زیادی خواهد داشت، بنابراین برای تبدیل فضای کروی به فضای مسطح نیاز به یک سیستم وجود دارد که این سیستم، اصطلاحا سیستم تصویر نامیده می‌شود. این سیستم از اشکال هندسی مانند مخروط، صفحه و استوانه به عنوان واسط برای تبدیل فضای کروی به فضای مسطح استفاده می‌نماید. شکل زیر مفهوم این تبدیل به کمک یک استوانه عمود بر کره را نشان می‌دهد. این سیستم تصویر را مرکاتور ایجاد کرده است.



شکل ۲-۶- مفهوم سیستم تصویر استوانه‌ای در تبدیل از فضای کروی به صفحه

برای تبدیل فضای کروی به فضای مسطح سیستمهای تصویر گوناگونی تعریف شده است. در کشور ما یک نوع سیستم تصویر با نام مرکاتور جهانی (UTM[۱]) رایج‌تر است. در سیستم تصویر مرکاتور جهانی، استوانه‌ای به صورت افقی بر یکی از نصف‌النهارها مماس می‌شود.



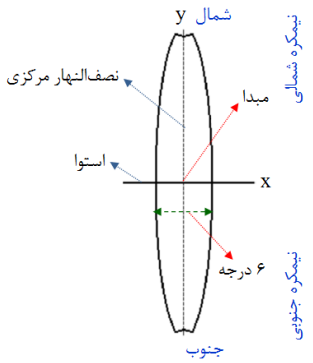
شکل ۲-۷- سیستم تصویر مرکاتور جهانی

در این سیستم تصویر زمین به ۶۰ قاچ (Zone) ۶ درجه تقسیم می‌گردد. یعنی ۶۰ بار استوانه بر نصف‌النهار مرکزی هر قاچ مماس می‌شود. علت این است که در سیستم تصویر مرکاتور جهانی با دورشدن از نصف‌النهار مرکزی (نصف‌النهاری که استوانه بر کره مماس شده است) میزان اعوجاج زیاد می‌شود. یعنی طول روی کره با طول روی صفحه مسطح اختلاف زیادی پیدا می‌کند. نامگذاری این قاچ‌ها به این ترتیب است که از غرب نصف‌النهار گرینویچ با زون شماره ۱ شروع و در شرق آن با زون شماره ۶۰ پایان می‌یابد. کشور ما با توجه به گستردگی در طول جعرافیایی از ۴۴ تا ۶۳ درجه شرقی در زون‌های ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱ قرار گرفته است. سیستم مختصات در هر قاچ به صورت زیر تعریف می‌شود.

---

[۱] Universal Travers Mercator

۱. محور xها : تصویر صفحه استوا روی استوانه
۲. محور yها : تصویر نصف‌النهار مرکزی روی استوانه
۳. مبدا : محل تقاطع استوا با نصف‌النهار مرکزی
۴. مختصات مبدا در نیکره شمالی : (x=500000, y=0)
۵. مختصات مبدا در نیمکره جنوبی : (x=500000, y=10000000)



شکل ۲-۸- سیستم تصویر UTM در یک قاچ

در این سیستم تصویر مختصات هر نقطه بر حسب متر و به صورت (x, y, z) همراه با مشخص نمودن شماره زون آن بیان می‌شود، زیرا در صورت عدم تعیین شماره زون، نمی‌توان مکان نقطه بر روی کره زمین را مشخص نمود. مختصات z بیانگر ارتفاع از سطح آبهای آزاد می‌باشد. به عنوان مثال مختصات (538300,3950300,1190) در زون ۳۹، موقعیت نقطه‌ای در تهران را نشان می‌دهد، اما در زون ۳۸ موقعیت نقطه‌ای در عراق را نشان می‌دهد.

۲–۷– خودآزمایی

۱. در استوا عرض جغرافیایی برابر .... درجه است.

الف– ۹۰ ب- ۹۰- ج – ۰ د- ۴۵

۲. در قطب شمال عرض جغرافیایی برابر .... درجه است.

الف– ۹۰ ب- ۹۰- ج – ۰ د- ۴۵

۳. در قطب جنوب عرض جغرافیایی برابر .... درجه است.

الف– ۹۰ ب- ۹۰- ج – ۰ د- ۴۵

۴. در نصف‌النهار گرینویچ، طول جغرافیایی برابر .... درجه است.

الف– ۰ ب- ۱۸۰ ج – ۹۰ د- ۱۸۰-

۵. ژئوئید و بیضوی به ترتیب سطوح .... و ..... هستند.

الف– ریاضی، فیزیکی ب- ریاضی، ریاضی

ج – فیزیکی، فیزیکی د- فیزیکی، ریاضی

۶. تفاوت سیستم مختصات قطبی و سیستم مختصات کارتزین را بیان کنید.

۷. ژئوئید را تعریف نمایید.

۸. بیضوی جهانی را تعریف نمایید.

۹. طول و عرض جغرافیایی را تعریف نمایید.

۱۰. خصوصیات سیستم تصویر UTM را بیان کنید.

۲–۸– فعالیت عملی

۱. یک شیت نقشه در مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ از از شهر محل استقرار دانشگاه خود را تهیه نموده و سیستم تصویر و بیضوی آن را که بر روی نقشه مشخص شده است، بررسی و سپس در مورد آنها تحقیق نمایید.

۲. موقعیت محل دانشگاه خود را در سیستم مختصات جغرافیایی توسط نرم‌افزار GoogleEarth مشخص نمایید.

۳. موقعیت محل دانشگاه خود را در سیستم تصویر UTM توسط نرم‌افزار GoogleEarth مشخص نمایید.

فصل ۳

آشنایی با وسایل ساده نقشه‌برداری (مساحی)

در این فصل دانشجو با وسایل ساده نقشه‌برداری شامل نوارهای اندازه‌گیری (متر)، ژالون، ترازنبشی، شاقول، گونیای مساحی، شیب‌سنج، تراز دستی و نحوه استفاده از آنها آشنا می‌شود، همچنین در این فصل نحوه تهیه نقشه و محاسبه مساحت با وسایل ساده نقشه‌برداری شرح داده می‌شود :

- ☑ آشنایی با نوارهای اندازه‌گیری
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری طول
- ☑ آشنایی با تهیه نقشه با وسایل ساده نقشه‌برداری
- ☑ آشنایی با محاسبه مساحت
- ☑ آشنایی با ژالون و ترازنبشی و کاربردهای آنها
- ☑ آشنایی با شاقول و کابردهای آن
- ☑ آشنایی با گونیای مساحی و کاربردهای آن
- ☑ آشنایی با شیب‌سنج و کاربردهای آن
- ☑ آشنایی با تراز دستی و کاربردهای آن

۳–۱– مقدمه

برای تهیه نقشه از دنیای واقعی نیاز به اندازه‌گیری ابعاد عوارض وجود دارد. در این راستا ابزارهای مختلفی برای اندازه‌گیری وجود دارد، این ابزار شامل وسایل ساده تا پیشرفته نقشه‌برداری می‌باشد. در این فصل وسایل ابتدایی و ساده برای اندازه‌گیری جهت تهیه نقشه شرح داده می‌شود.

برای بیان شکل و ابعاد هر عارضه به صورت نقشه معمولا نیاز به اندازه‌گیری طول، زاویه و اختلاف ارتفاع وجود دارد. برای هر اندازه‌گیری وسایل نقشه‌بردای متنوعی طراحی و ساخته شده است که دارای دقت و روش اندازه‌گیری متفاوتی می‌باشند. در این کتاب وسایل مختف برای اندازه‌گیری در نقشه‌برداری و در نتیجه نحوه تهیه نقشه شرح داده می‌شود. در این راستا در این فصل وسایل ساده برای اندازه‌گیری طول و تهیه نقشه شرح داده می‌شود. این وسایل شامل نوارهای اندازه‌گیری (متر)، ژالون، ترازنبشی، شاقول، گونیای مساحی، شیب‌سنج و تراز دستی می‌باشند.

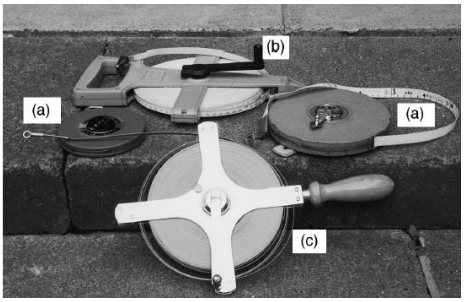
۳–۲– نوارهای اندازه‌گیری

نوارهای اندازه‌گیری که اصطلاحا متر نامیده می‌شوند، ساده‌ترین وسیله نقشه‌برداری برای اندازه‌گیری طول می‌باشند. مترهای نقشه‌برداری معمولا در اندازه‌های ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری ساخته می‌شوند.

مترها معمولا از نظر جنس ساخت به سه دسته پارچه‌ای، فلزی و فایبرگلاس تقسیم می‌شوند که در کارهای نقشه‌برداری از مترهای پارچه‌ای به علت امکان کشیده شدن و عدم دقت مناسب استفاده نمی‌شود.

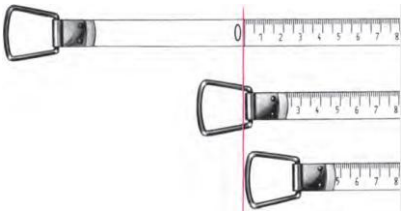
مترها از نظر دقت درجه‌بندی در دو دسته سانتیمتر و میلیمتر در دسترس هستند. در مترها با درجه‌بندی سانتیمتر امکان قرائت طول بر حسب سانتیمتر و مترها با درجه-بندی میلیمتر امکان قرائت طول بر حسب میلیمتر و در نتیجه با دقت بیشتر وجود دارد.

☜ دقت شود که متر نواری مورد استفاده برای اندازه‌گیری شکستگی، پارگی، تاخوردگی و کشیدگی نداشته باشد. همچنین درجه‌بندی‌های آن خوانا باشد.



شکل ۳-۱- نمونه‌هایی از مترهای پارچه‌ای(a)، فلزی(c) و فایبرگلاس(b)

☜ در مترها شروع صفر متر متفاوت است. بنابراین در هنگام اندازه‌گیری به محل شروع صفر متر که ممکن است در ابتدا یا انتهای قلاب متر باشد، یا در فاصله معینی از قلاب قرار گرفته باشد، دقت شود.



شکل ۳-۲- نمونه‌هایی از شروع صفر درجه‌بندی در مترها

۳-۳- ژالون، ترازنبشی و شاقول

ژالون میله‌ای است فلزی توخالی به طول ۲ تا ۴ متر به صورت دو یا سه قطعه‌ی قابل اتصال به هم می‌باشد که به صورت یک در میان به رنگ قرمز و سفید جهت مشاهده بهتر ژالون از فاصله دور، رنگ شده است. یک سر ژالون جهت استقرار آسان بر روی زمین نوک تیز است.

شکل ۳-۳- ژالون

☜ ژالون مورد استفاده باید کاملا صاف بوده و هیچ‌گونه کجی نداشته باشد.

ژالون برای امتداد گذاری در مترکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد، که در بخش بعد نحوه استفاده از ژالون در مترکشی شرح داده می‌شود. ژالون باید بر نقطه استقرار آن عمود باشد. برای اینکار از وسیله‌ای تحت عنوان تراز نبشی استفاده می‌شود. برای قائم نگهداشتن ژالون، تراز نبشی را به آن چسپاده و آنقدر ژالون در جهات مختلف حرکت داده می‌شود تا حباب تراز در وسط قرار گیرد.

شکل ۳-۴- تراز نبشی

برای نگهداشتن ژالون برای مدت طولانی می‌توان از وسیله‌ای به نام سه‌پایه نگهدارنده ژالون استفاده نمود.

شکل ۳-۵- سه‌پایه نگهدارنده ژالون

برای قائم نمودن ژالون می‌توان از وسیله‌ای با نام شاقول نیز استفاده نمود. شاقول یک قطعه فلزی مخروطی شکل می‌باشد که به یک نخ آویزان است. شاقول امتداد قائم را نشان می‌دهد و برای بررسی عمود بودن ستون‌ها یا دیوارهای ساختمان‌ها نیز بکار برده می‌شود.

☜ دقت شود در هنگام استفاده از شاقول، شاقول در اثر باد یا عوامل دیگر منحرف نشده باشد.

شکل ۳-۶- شاقول

۳-۴- گونیای مساحی

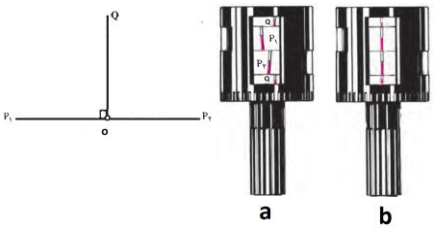
گونیای مساحی وسیله‌ای ساده‌ای است که معمولا برای اخراج عمود بر یک امتداد و پیاده‌کردن زوایای ۹۰ درجه (زاویه قائمه) بکاربرده می‌شود.

گونیای مساحی معمولا در دو نوع آینه‌ای و منشوری طراحی و ساخته می‌شود. گونیای مساحی بر ساختار انعکاس نور طراحی و ساخته شده است. در گونیای آینه‌ای از دو آینه استفاده شده است که با همدیگر زاویه ۴۵ درجه می‌سازند و در داخل یک محفظه فلزی قرار گرفته است که در سمت راست، چپ و جلوی آن یک سوراخ وجود دارد، که امکان پیاده‌کردن زاویه ۹۰ درجه را بر اساس اصول حاکم در فیزیک نور فراهم می‌سازد. در گونیای منشوری به جای آینه از یک منشور قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین با زاویه ۴۵ درجه استفاده می‌شود.

شکل ۳-۷- گونیای مساحی

برای استفاده از منشور مساحی برای اخراج عمود، مطابق شکل زیر دو ژالون را در نقاط P1 و P2 مستقر نموده و شخصی که گونیای مساحی را در دست دارد در نقطه O مستقر می‌شود. تصویر ژالون‌های چپ و راست را مطابق آنچه در شکل a نشان داده شده است، مشاهده می‌نماید، سپس یکنفر را در نقطه Q با ژالون مستقر نموده و تصویر ژالون روبرو در منشور مطابق شکل a دیده می‌شود. برای اینکه امتداد OQ بر امتداد

P1P2 عمود باشد باید فرد مستقر در نقطه Q طوری به سمت چپ و راست، ژالون را حرکت دهد که تصویر ژالون‌ها مطابق شکل b به صورت یک خط دیده شوند.



شکل ۳-۸- ساختار عملکرد گونیای مساحی

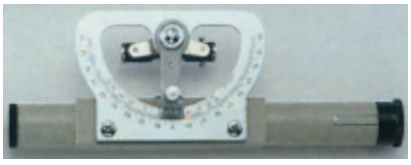
☜ دقت شود در هنگام استفاده از گونیای مساحی، آینه‌ها یا منشورها تمییز بوده و در جای خود محکم باشند.

۳–۵– شیب‌سنج دستی

شیب‌سنج وسیله‌ای ساده‌ای است که برای اندازه‌گیری زاویه شیب به صورت تقریبی استفاده می‌شود. زاویه شیب زاویه بین امتداد مورد نظر با سطح افق می‌باشد که در شکل زیر نشان داده شده است.

شکل ۳-۹- زاویه شیب

شیب‌سنج‌های دستی معمولا از سه قسمت اصلی شامل تراز، نقاله مدرج و یک لوله تشکیل شده است. از لوله برای نشانه‌روی به نقطه‌ای که بدست آوردن شیب آن مورد نظر است، استفاده می‌شود و از تراز و نقاله مدرج برای قرائت زاویه شیب استفاده می‌گردد.



شکل ۳-۱۰- شیب سنج دستی

برای اندازه‌گیری زاویه شیب به کمک شیب‌سنج ابتدا از داخل چشمی قسمت لوله به نقطه مورد نظر نشانه‌روی می‌شود، سپس پیچ تراز طوری چرخانده می‌شود که حباب

داخل آن (که از داخل لوله نیز قابل مشاهده است) در وسط قرار گیرد. حال از روی نقاله مدرج عدد قرار گرفته در مقابل نشانه، قرائت شود. این عدد بیانگر زاویه شیب بر حسب نوع درجه‌بندی نقاله که معمولا درجه است، می‌باشد.

۳–۶– تراز دستی

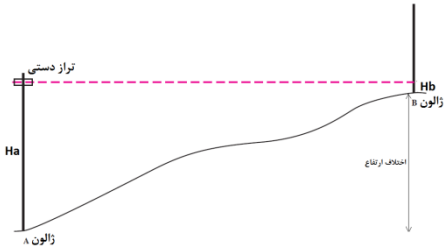
تراز دستی وسیله‌ای ساده‌ای است که برای افقی نمودن یک امتداد بکار می‌رود. تراز دستی متشکل از یک تراز است که بر روی یک میله نصب شده است.

شکل ۳-۱۱- تراز دستی

برای مشخص نمودن امتداد افقی به کمک تراز دستی، ابتدا از چشمی لوله تراز دستی به امتداد مورد نظر هنگامی که حباب آن در وسط قرار گرفته باشد، نگاه می‌شود. هر نقطه‌ای که در چشمی دیده شود با نقطه نشانه‌روی در یک امتداد افقی قرار دارند. ترازهای دستی را می‌توان بر روی سه‌پایه نیز قرار داد.

از تراز دستی می‌توان برای بدست آوردن اختلاف ارتفاع دو نقطه نیز استفاده نمود. مطابق شکل زیر اگر خواسته شود اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B اندازه‌گیری شود. ابتدا دو ژالون را در دو نقطه مورد نظر مستقر نموده، سپس با تراز دستی مطابق شکل از روی یک ژالون به ژالون دیگر نشانه‌روی می‌شود، تا امتداد افقی روی ژالون دوم مشخص گردد. حال فاصله نقاط روی ژالون‌ها تا سطح زمین (Ha,Hb) با متر اندازه‌گیری می‌شود. با کم کردن این دو مقدار می‌توان اختلاف ارتفاع (ΔH) دو نقطه را بدست آورد.

$$\Delta H = Ha - Hb$$



شکل ۳-۱۲- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع به کمک تراز دستی

۳-۷- اندازه‌گیری طول

برای اندازه‌گیری طول یک امتداد مانند طول یک ساختمان با استفاده از متر، ابتدا صفر متر را در نقطه شروع اندازه‌گیری قرار داده، سپس با کشیدن متر در امتداد مورد نظر، عدد روی متر در نقطه انتها قرائت می‌شود. این عدد بیانگر طول مورد نظر است. واحد اندازه‌گیری این طول را می‌توان با توجه به نوع درجه‌بندی متر با دقت سانتیمتر یا میلیمتر قرائت نمود.

☜ در هنگام اندازه‌گیری طول با متر دقت شود که متر کاملا در راستای مستقیم قرار گرفته و کاملا افقی باشد. متر را نباید آنقدر کشید که کشیده شده و یا شل باشد، بطوریکه حالت خمیدگی داشته باشد. در هنگام قرائت متر دقت شود که به عنوان نمونه قرائت عدد ۵ متر و ۶۰ سانتیمتر به صورت ۵/۶۰ متر و قرائت عدد ۵ متر و ۶ سانتیمتر به صورت ۵/۰۶ متر نوشته می‌شود.

در صورتیکه طول مورد نظر از طول متر بزرگتر باشد (به عنوان مثال طول یک زمین ۵۳۵ متر و متر نواری در دسترس برای اندازه‌گیری ۵۰ متری باشد)، بطوریکه نتوان با یکبار اندازه‌گیری طول مورد نظر را اندازه‌گیری نمود، به روش زیر می‌توان عمل نمود.

۱- امتداد گذاری : یعنی تعیین راستای اندازه‌گیری برای جلوگیری از انحراف در مسیر

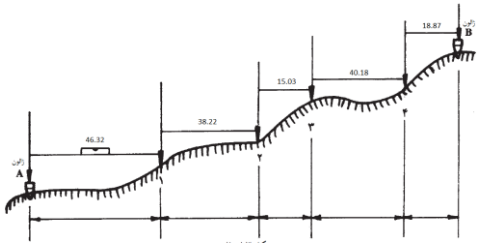
در این حالت یک ژالون در ابتدای مسیر و یک ژالون در انتهای آن قرار داده شده و به کمک سه‌پایه نگهدارنده ژالون و تراز نبشی ژالون‌ها به صورت قائم مستقر می‌شوند. سپس یکنفر پشت ژالون ابتدای مسیر قرار گرفته و یکنفر با ژالون در امتداد مسیر (بین ژالون ابتدا و انتهای مسیر به فاصله طول متر نواری) قرار می‌گیرد. نفری که در ابتدای مسیر قرار گرفته، نفر وسط را طوری به سمت چپ و راست هدایت می‌کند که کاملا در امتداد مسیر قرار گیرد. سپس محل ژالون میخ‌کوبی می‌گردد. همین عمل تا انتهای مسیر تکرار می‌شود. فاصله بدست آمده بین هر جفت میخ‌کوبی اصطلاحا یک دهنه نامیده می‌شود.

۲- اندازه‌گیری طول : برای اندازه‌گیری طول هر دهنه، صفر متر را در ابتدای دهنه مورد نظر در ارتفاع مناسب از ژالون قرار داده و متر نواری تا ژالون دوم (مستقر

در انتهای دهنه) به صورت کاملا افقی کشیده می‌شود. سپس عدد روی متر در کنار ژالون دوم به عنوان طول این دهنه قرائت می‌شود. برای تشخیص افقی بودن متر می‌توان از تراز دستی استفاده نمود.

۳- در این مرحله عددهای مربوط به همه دهنه‌ها را با هم جمع نموده و به عنوان طول مسیر در نظر گرفته می‌شود.

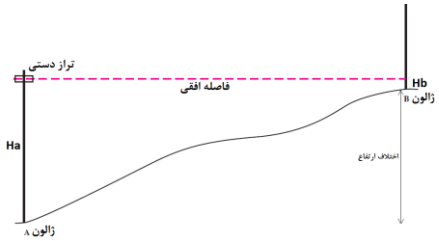
$$AB = 46.32 + 38.22 + 15.03 + 40.18 + 18.87 = 158.62$$



شکل ۳-۱۳- مترکشی افقی

برای اندازه‌گیری طول روی سطح شیب‌دار می‌توان به یکی از دوحالت زیر عمل نمود:

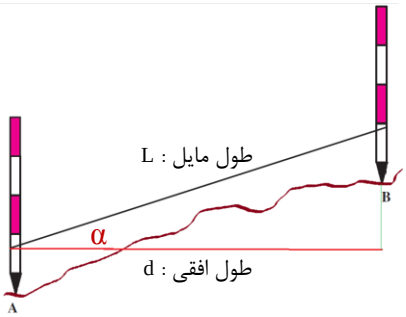
۱. مترکشی افقی : در این روش مانند حالت فوق به کمک ترازدستی، متر نواری به صورت افقی قرار گرفته و فاصله‌ها به صورت افقی اندازه‌گیری می‌شوند.



شکل ۳-۱۴- اندازه‌گیری فاصله افقی روی سطح شیبدار به کمک مترکشی افقی

۲. مترکشی مایل : در این روش فاصله نقاط روی سطح شیبدار به صورت مایل اندازه‌گیری شده، سپس به کمک شیب‌سنج دستی زاویه شیب اندازه‌گیری می‌شود. طبق رابطه مثلثاتی کسینوسها، فاصله افقی محاسبه می‌شود.

$$d = L \times Cos(\alpha)$$



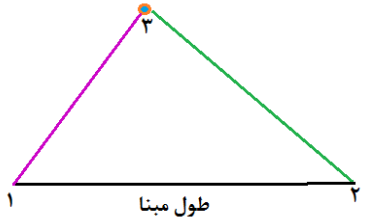
شکل ۳-۱۵- محاسبه فاصله افقی روی سطح شیبدار به کمک مترکشی مایل

مثال : در یک سطح شیبدار که زاویه آن به کمک شیب‌سنج دستی ۶۰ درجه بدست آمده است، اگر طول مایل روی آن بین دو نقطه با متر نواری ۱۰۰ متر اندازه‌گیری شده باشد، فاصله افقی بین دو نقطه موردنظر چند متر است.

$$\alpha = 60^{\circ}$$
$$L = 100m$$
$$d = 100 \times Cos(60) = 100 \times 0.5 = 50$$

۳–۸– تهیه نقشه با وسایل ساده نقشه‌برداری

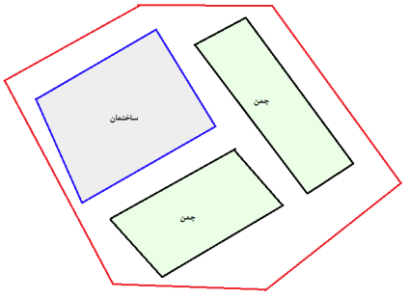
برای تهیه نقشه به کمک وسایل ساده نقشه‌برداری استفاده از روش مثلث متعارف می‌باشد. این روش بر مبنای این اصل استوار است که با داشتن یک طول مبنا و داشتن فاصله‌های ابتدا و انتهای آن از نقطه موردنظر می‌توان موقعیت نقطه را مشخص نمود. شکل زیر این مفهوم را نشان می‌دهد. در شکل زیر محل نقاط ۱ و ۲ معلوم است، و فاصله نقطه ۱ از نقطه ۳ و فاصله نقطه ۲ از نقطه ۳ نیز معلوم است. حال اگر یک کمان به مرکز نقطه ۱ و شعاع به اندازه فاصله نقطه ۱ از نقطه ۳ و کمان دیگری به مرکز نقطه ۲ و شعاع به اندازه فاصله نقطه ۲ از نقطه ۳ ترسیم شود، همدیگر را در یک نقطه که همان موقعیت نقطه ۳ است، قطع می‌نمایند.



شکل ۳-۱۶- روش مثلث در تعیین موقعیت نقطه

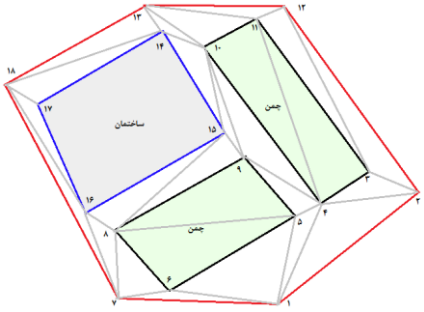
برای تهیه نقشه به روش مثلث و با وسایل ساده نقشه‌برداری مرحل زیر انجام می‌شود.

۱. یک کروکی از محل بر روی یک صفحه کاغذ تهیه شود. در کروکی باید عوارضی که لازم است در نقشه نهایی آورده شوند، کشیده شوند. شکل زیر نمونه‌ای از یک کروکی را نشان می‌دهد.کروکی دارای اندازه دقیق نبوده و فقط موقعیت تقریبی عوارض نسبت به هم را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۷- نمونه‌ای از یک کروکی

۲. اشکال هندسی داخل کروکی به صورت یکسری مثلث که بتوان اضلاع آن را اندازه‌گیری نمود، تبدیل شوند. شکل زیر ایجاد مثلث‌ها در کروکی فوق را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۸- تشکیل مثلث‌هایی که اضلاع آن قابل اندازه‌گیری باشند

۳. طول کلیه اضلاع مثلث‌های تشکیل شده به کمک متر نواری و سایر ابزار موردنیاز اندازه‌گیری شده و بر روی کروکی نوشته شود.

۴. برای ترسیم، نقشه بر روی کاغذ، ابتدا مقیاس مورد نظر (به عنوان مثال ۱:۲۵۰) انتخاب شود. سپس یک طول مبنا انتخاب شود. در نمونه فوق می‌توان امتداد ۱ به ۷ را مبنا قرار داد. حال این طول را بر عدد مقیاس تقسیم نموده، تا اندازه آن در مقیاس مورد نظر مشخص و بر روی کاغذ رسم شود. حال برای

تعیین موقعیت نقطه بعدی (مانند نقطه ۶)، فاصله آن از نقطه ابتدا (فاصله ۱۶) و انتهای خط مبنا (فاصله ۷۶) را در مقیاس بدست آورده و با پرگار دو کمان ترسیم شود. محل تقاطع این دو کمان موقعیت نقطه بعدی (نقطه ۶) را مشخص می‌نماید. برای پیدا کردن موقعیت نقطه بعدی به همین روش اقدام شود. در مثال فوق با داشتن فاصله‌های ۱۵ و ۶۵ می‌توان موقعیت نقطه ۵ را مشخص نمود. به همین ترتیب موقعیت سایر نقاط بدست می‌آید.

۵. پس از تعیین محل تمام نقاط (نقاط ۱ تا ۱۸) مطابق کروکی ترسیمی اولیه نقاط با خط به هم وصل شوند. بدین ترتیب یک نقشه با دقت مناسب تهیه می‌شود.

☜ می‌توان نقشه را در نرم‌افزار اتوکد ترسیم نمود، در این صورت طول‌ها با همان اندازه واقعی در اتوکد ترسیم می‌شوند و می‌توان نقشه ترسیمی را مقیاس‌های دلخواه پلات نمود.

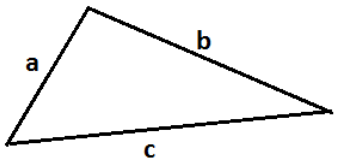
۳-۹- محاسبه مساحت

برای محاسبه مساحت زمین‌هایی که دارای اشکال هندسی مشخص مانند مربع، مستطیل و دایره نمی‌باشند. زمین را به یکسری مثلث تقسیم نموده و سپس مساحت هر مثلث را به صورت جداگانه به روش زیر محاسبه و از مجموع مساحت همه مثلث‌ها، مساحت کل زمین بدست می‌آید.

اگر a و b و c اندازه‌های اضلاع یک مثلث باشند، مساحت مثلث (S) از فرمول زیر بدست می‌آید.

$$P = \frac{a+b+c}{2}$$

$$S = \sqrt{P \times (p-a) \times (p-b) \times (p-c)}$$

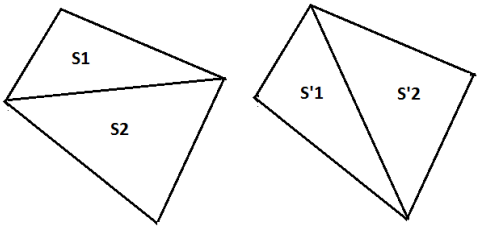


شکل ۳-۱۹- محاسبه مساحت یک مثلث

مثال : درصورتیکه اندازه سه ضلع یک مثلث به ترتیب ۵، ۴ و ۳ متر باشند. مساحت آن چند متر مربع است.

$$P = \frac{5+4+3}{2} = 6$$
$$S = \sqrt{6\times(6-5)\times(6-4)\times(6-3)} = \sqrt{36} = 6m^2$$

برای کنترل اندازه‌گیری مساحت می‌توان قطرهای دیگر را نیز اندازه‌گیری نمود. در شکل زیر یک چهارضلعی در دوحالت با ترسیم قطرش به دو مثلث متفاوت تبدیل شده است. در این حالت باید مساحت $S1+S2$ با مساحت $S'1+S'2$ برابر باشد، درصورتیکه اختلاف زیاد باشد، می‌توان نتیجه گرفت اندازه‌گیری اشتباه بوده است.



شکل ۳-۲۰- کنترل محاسبه مساحت با تشکیل مثلث‌های متفاوت با انتخاب قطرهای متفاوت

۳–۱۰– خودآزمایی

۱. متر نواری با درجه‌بندی .... دقت بالاتری دارد.

الف–متر ب- سانتیمتر ج – میلیمتر د- هر سه مورد

۲. کدام وسیله برای قائم نمودن ژالون می‌تواند استفاده شود.

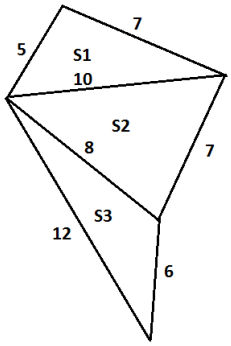
الف–تراز نبشی ب- شاقول ج – ترازدستی د- الف و ب

۳. در یک سطح شیبدار که زاویه آن به کمک شیب‌سنج دستی ۶۰ درجه بدست آمده است، اگر طول افقی روی آن بین دو نقطه ۵۰ متر باشد، فاصله مایل بین دو نقطه موردنظر چند متر است.

۴. دو مورد از کاربردهای ژالون را بیان کنید.

۵. درصورتیکه اندازه سه ضلع یک مثلث به ترتیب ۹، ۷ و ۶ متر باشند. مساحت آن چند متر مربع است.

۶. یک قطعه زمین به سه قطعه مثلثی به صورت زیر تقسیم شده و ابعاد اضلاع مثلث‌ها اندازه‌گیری شده است. مساحت زمین چند متر مربع است.



۳–۱۱– فعالیت عملی

۱. وسایل ساده نقشه‌برداری دانشگاه خود را بررسی نموده و نوع مترها و دقت اندازه‌گیری آنها را مشخص نمایید.

۲. یک امتداد قائم به کمک گونیای مساحی بر روی زمین پیاده نمایید.

۳. یک طول بر روی سطح شیبدار را به روش مترکشی افقی و مترکشی مایل اندازه‌گیری نموده و فاصله افقی بدست آمده از دو روش را مقایسه نمایید.
۴. با روش مثلث یک نقشه از محوطه دانشگاه خود در مقیاس ۱:۲۰۰ بر روی کاغذ تهیه نمایید، سپس نقشه را در محیط اتوکد ترسیم نموده و در مقیاس ۱:۵۰۰ پلات نمایید.
۵. با روش مثلث، مساحت محوطه دانشگاه خود را بر حسب مترمربع بدست آورید.
۶. یک زمین چهارضلعی را انتخاب نموده و قطرهای آن را طوری انتخاب کنید که دو مثلث جداگانه تشکیل گردد. حال طول‌ها اندازه‌گیری شوند. مساحت بدست آمده از دو حالت چقدر با هم اختلاف دارند.

فصل ۴

آشنایی کلی با تئوری خطاها

در این فصل دانشجو با مفهوم خطا، انواع خطاها، خطای واقعی، خطای برآورد شده، خطای مطلق، خطای نسبی، منابع ایجاد خطاها، تعیین بهترین مقدار اندازه‌گیری، مفهوم دقت و صحت و برآورد دقت اندازه‌گیری آشنا می‌شود :

- ☑ آشنایی با مفهوم خطا
- ☑ آشنایی با انواع خطاها
- ☑ آشنایی با منابع خطاها
- ☑ آشنایی کلی با روش‌های عملی و تئوری کاهش خطاها
- ☑ آشنایی با مفهوم صحت و دقت
- ☑ آشنایی با برآورد بهترین مقدار اندازه‌گیری
- ☑ آشنایی با برآورد دقت اندازه‌گیری
- ☑ آشنایی با خطای واقعی و خطای برآورد شده
- ☑ آشنایی با خطای مطلق و خطای نسبی

۴–۱– مقدمه

هر اندازه‌گیری از دنیای واقعی با اندازه واقعی آن تفاوت دارد. اگر با ترازوهای مختلف وسیله‌ای وزن شود، با توجه به دقت ترازوها، وزن جسم مقدارهای متفاوتی خواهد بود. اندازه‌گیری هر پارامتری مانند دما، وزن، طول و فشار برای دستیابی به مقدار واقعی انجام می‌گیرد. اما دستیابی به دقت بیشتر، نیاز به وسیله اندازه‌گیری دقیق‌تر و در نتیجه هزینه بیشتر دارد. بنابراین باتوجه به اینکه امکان دستابی به مقدار واقعی وجود ندارد، هر اندازه‌گیری با مقدار اختلاف آن از مقدار واقعی که دقت نام دارد، تعریف می‌شود. برای اندازه‌گیری با دقت بیشتر علاوه بر دقت وسیله اندازه‌گیری، شرایط محیطی و انسانی نیز موثر می‌باشد. در این فصل بطور خلاصه نحوه شناسایی خطاها و کاهش آنها جهت دستیابی به دقت بهتر شرح داده می‌شود. برای آشنایی بیشتر می‌توانید به مباحث تئوری خطاها، تعدیل و سرشکنی در رشته مهندسی نقشه‌برداری مراجعه نمایید.

۴–۲– مفهوم خطا

تفاوت اندازه هر پارامتر اندازه‌گیری شده با مقدار واقعی آن خطا[۱] نامیده می‌شود. به عنوان نمونه اگر طول یک ساختمان با متر نواری با درجه‌بندی سانتیمتر اندازه‌گیری شود، با مقدار واقعی طول ساختمان مقداری در حدود یک سانتیمتر تفاوت خواهد داشت، این تفاوت خطا نامیده می‌شود. در صورتیکه از متر با درجه‌بندی میلیمتر استفاده شود، خطا کمتر (در حدود میلیمتر) خواهد شد.

مقدار بدست آمده از هر اندازه‌گیری، مشاهده[۲] نامیده می‌شود. به عنوان نمونه اندازه عرض یک کوچه، یک مشاهده نامیده می‌شود. در نقشه‌برداری مشاهدات طول، زاویه و اختلاف ارتفاع بیشتر استفاده می‌شود.

مفهوم خطا با توجه به اینکه دستیابی به مقدار واقعی هر پارامتر وجود ندارد. به دو صورت زیر تعریف می‌گردد:

---

[۱] Error

[۲] Observation

۱. خطای واقعی[۱] : اختلاف بین مقدار واقعی و مقدار اندازه‌گیری شده است. بدست آوردن این خطا حالت ایده‌ال است و با توجه به اینکه نمی‌توان گفت مقدار واقعی یک پارامتر چقدر است، امکان تعیین آن وجود ندارد.
۲. خطای برآورد شده (خطای بافیمانده)[۲] : اختلاف بین برآوردی از مقدار واقعی ($\hat{x}$) و مقدار اندازه‌گیری شده (l) است.

$$v = l - \hat{x}$$

تفاضل مقدار واقعی یا مقدار برآورد شده یک کمیت از مقدار اندازه‌گیری شده آن خطای مطلق نامیده می‌شود.
هنگامی که گفته می‌شود خطای اندازه‌گیری یک طول ۵ سانتیمتر می‌باشد، گفته می‌شود ۵ سانتیمتر در چند متر خطا دارد. در اینصورت مفهوم خطای نسبی مطرح می‌شود. خطای نسبی تقسیم مقدار خطای مطلق بر مقدار کمیت است.

مثال : یک طول ۲۰۰ متری با وسیله‌ای با خطای ۴ سانتیمتر اندازه‌گیری شده است. خطای نسبی وسیله اندازه‌گیری محاسبه شود.

$$e = \frac{4cm}{200m} = \frac{4cm}{20000cm} = \frac{1}{5000}$$

خطای نسبی، ۱ به ۵۰۰۰ است. معمولا خطای نسبی به صورت کسری بیان می‌شود. به عنوان نمونه در مثال فوق یعنی در هر ۵۰۰۰ متر یک متر خطا وجود دارد یا در هر ۵۰۰۰ سانتیمتر (۵۰ متر) یک سانتیمتر خطا وجود دارد.

مثال : یک طول ۲۰۰ متری با وسیله‌ای با دقت نسبی ۱:۱۰۰۰ اندازه‌گیری شده است. خطای اندازه‌گیری محاسبه شود.

$$e = \frac{200m}{1000m} = 0.2m = 20cm$$

یعنی اگر در ۱۰۰۰ متر اندازه‌گیری یک متر خطا وجود داشته باشد، در ۲۰۰ متر، ۰٫۲ متر خطای اندازه‌گیری دارد.

---

[۱] True error
[۲] Residual

۴–۳– عوامل ایجاد خطا

بطورکلی سه عامل اصلی زیر بر روی دقت اندازه‌گیری و در نتیجه ایجاد خطا موثرند.

۱. عامل انسانی : عدم دقت و تجربه توسط عامل انسانی می‌تواند در ایجاد خطا موثر باشد. برای رفع این خطا می‌توان اندازه‌گیری را تکرار نموده یا روش اندازه‌گیری را تغییر داد. همچنین تمرکز و افزایش دقت در رفع این خطا موثر است.

۲. عامل دستگاهی : ممکن است دستگاه اندازه‌گیری خراب باشد. برای رفع آن می‌توان دستگاه را تعمیر و کالیبره نمود. در این حالت پیشنهاد می‌شود قبل از شروع اندازه‌گیری با دستگاه، دقت آن تست شود. برای اینکار می‌توان یک شاخص مشخص مانند یک طول دقیق ایجاد نمود و سپس با دستگاه آنرا اندازه‌گیری نمود، اگر اختلاف زیاد باشد، نشاندهنده خراب بودن دستگاه است که اصطلاحا گفته می‌شود دستگاه از کالیبره خارج شده است.

۳. عامل محیطی : هر وسیله اندازه‌گیری برای شرایط محیطی خاصی ساخته شده است. به عنوان نمونه یک متر نواری برای دمای ۲۰ درجه طول آن دقیق است و درصوریتکه در دمای بالاتر و پایین‌تر استفاده شود با توجه به ضریب انبساط جنس آن، طول متر افزایش یا کاهش می‌یابد. در این حالت با کمک فرمول‌های فیزیکی می‌توان مقدار خطا را تعیین و حذف نمود.

۴–۴– انواع خطاها

بطورکلی سه نوع خطا وجود دارد :

۱. خطای بزرگ یا فاحش (اشتباه) [۱]: هرگاه مقدار یک اندازه‌گیری با مقدار اصلی آن تفاوت زیادی داشته باشد، گفته می‌شود اندازه‌گیری اشتباه است. به عنوان مثال طول یک ساختمان ۵ بار مختلف اندازه‌گیری شده است و اعداد زیر بدست آمده است.

$$31.2 - 31.1 - 13.2 - 31.1 - 31.2$$

[۱] Gross error – Blaunder - Mistake

با توجه به مشاهدات فوق، مشاهده ۱۳,۲ اشتباه می‌باشد. منبع این نوع خطا معمولا بی دقتی عامل انسانی است. این نوع خطا حتما باید کشف و از مشاهدات (اندازه‌گیری‌ها) حذف گردد.

۲. خطای سیستماتیک [۱]: این نوع خطا تمام مشاهدات را به یک مقدار مشخص تغییر می‌دهد. اصطلاحا گفته می‌شود مقدار و جهت این نوع خطا ثابت است. دو عامل موثر بر ایجاد این نوع خطا عبارتند از :

- ✓ شرایط محیطی : مانند تغییر دما که بر روی تمام اندازه‌ها تاثیر دارد. در این حالت می‌توان با فرمول‌های فیزیکی مقدار خطای سیستماتیک را حذف نمود. معمولا در حال حاضر وسایل اندازه‌گیری نقشه‌برداری طوری ساخته می‌شوند که شرایط محیطی تاثیر ناچیزی بر روی دقت آنها داشته باشند و نیازی به محاسبه این نوع خطا توسط نقشه‌بردار در کارهای معمولی نقشه‌برداری نمی‌باشد.
- ✓ وسیله اندازه‌گیری : با توجه به عدم کالیبره بودن دستگاه اندازه‌گیری، تمام اندازه‌ها به یک مقدار مشخص تغییر می‌نمایند. به عنوان نمونه نوارمتری وجود دارد که یک متر را یک متر و دو سانتیمتر اندازه‌گیری می‌نماید. برای حذف این نوع خطا می‌توان دستگاه را کالیبره نموده یا از طریق فرمول آنرا محاسبه و حذف نمود. یک روش متعارف برای حذف این نوع خطا روش عملی در هنگام اندازه‌گیری است. به عنوان نمونه خطای کلیماسیون که در فصل بعد شرح داده می‌شود، به صورت عملی حذف می‌گردد.

مثال : طول ساختمانی با یک متر که هر متر را ۱,۰۳ متر نشان می‌دهد. اندازه‌گیری شده است. اگر طول این ساختمان با این متر ۲۰,۶۲ متر اندازه-گیری شده باشد، طول واقعی این ساختمان محاسبه شود.

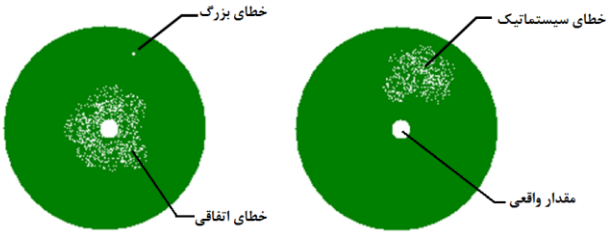
برای محاسبه از طریق تناسب عمل شود.

$$\begin{array}{ll} 1 & 1.03 \\ x & 20.62 \end{array}$$

$$x = \frac{20.62}{1.03} = 20.02m$$

[۱] Systematic error

۳. خطای اتفاقی [۱]: پس از حذف خطاهای فاحش و خطاهای سیستماتیک بازهم داده‌ها دارای خطا هستند. این نوع خطا از قانون خاصی پیروی نمی‌کند و مقدار و جهت آن متفاوت است. این نوع خطا که امکان فرموله نمودن و حذف آن با روش‌های ریاضی وجود ندارد، خطای اتفاقی نامیده می‌شود. برای بررسی و کاهش این نوع خطا از علم آمار استفاده می‌شود. در این راستا لازم است هر کمیتی چند بار اندازه‌گیری شود. به عنوان نمونه باید طول یک ساختمان را چندین بار اندازه‌گیری نمود تا بتوان با روش‌های آماری که در بخش بعد شرح داده می‌شود، بهترین برآورد از طول ساختمان را تعیین نمود.

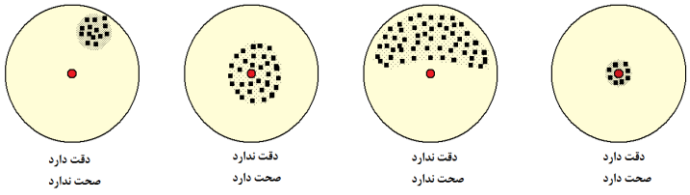


شکل ۴-۱- مفهوم خطاهای سیستماتیک، بزرگ و اتفاقی

۴-۵- صحت و دقت

نزدیکی داده‌های اندازه‌گیری به همدیگر را دقت می‌نامند. یعنی هرچه داده‌ها با هم اختلاف کمی داشته باشند، گفته می‌شود دقت بالاست.

صحت مفهوم نزدیکی داده‌های اندازه‌گیری شده به مقدار واقعی را بیان می‌کند. بنابراین هر دو مفهوم برای بررسی ارزش اندازه‌گیری‌ها ضروری است. شکل زیر مفهوم صحت و دقت را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲- مفهوم صحت و دقت

[۱] Random error

۴–۶– برآورد بهترین مقدار اندازه‌گیری و دقت آن

پس از حذف خطاهای بزرگ و سیستماتیک، داده‌های اندازه‌گیری شده بازهم دارای خطای اتفاقی هستند. برای بررسی و کاهش این خطا از نظر آماری تعداد اندازه‌گیری‌ها از یک کمیت را باید افزایش داد. اما در بین این داده‌ها کدام داده صحیح‌تر بوده و به واقعیت نزدیک‌تر است.

فرض شود یک طول n بار اندازه‌گیری شده است. اگر $\hat{x}$ برآوردی از واقعیت باشد و l_i اندازه حاصل از اندازه‌گیری iام باشد و v خطای برآوردشده برای اندازه iام باشد.

$$v_1 = l_1 - \hat{x}$$
$$v_2 = l_2 - \hat{x}$$
$$\vdots$$
$$v_n = l_n - \hat{x}$$

با جمع طرفین روابط فوق :

$$\sum_{i=1}^{n} v_i = \sum_{i=1}^{n} l_i - n\hat{x}$$

با تقسیم طرفین بر n :

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_i}{n} - \frac{n\hat{x}}{n}$$

در رابطه فوق اگر n به سمت بینهایت میل کند مقدار $\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n}$ برابر صفر خواهد شد، بنابراین :

$$\hat{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_i}{n}$$

طرف سمت راست، میانگین اندازه‌گیری‌ها را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر بهترین برآورد از واقعیت محاسبه میانگین داده‌ها می‌باشد.

برای برآورد دقت اندازه‌گیری داده‌ها از کمیت آماری انحراف معیار استفاده می‌شود. این کمیت، انحراف داده‌ها از میانگین (که برآوردی از واقعیت است) را نشان می‌دهد. در

تئوری خطاها معمولا پارامتر انحراف از معیار را جذر میانگین مربع خطاها[۱] (RMSE) می‌نامند و فرمول آن به صورت زیر است.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(l_i - \hat{x})^2}}{n-1}$$

مثال : طول یک ساختمان ۱۰ بار اندازه‌گیری شده است و داده‌های زیر بدست آمده است. بهترین مقدار برای طول ساختمان و خطای آن را محاسبه نمایید. سپس خطای نسبی اندازه‌گیری محاسبه شود.

$$20.32 - 20.31 - 20.33 - 20.31 - 20.34 - 20.30 - 20.32 - 20.30 - 20.32 - 20.33$$

بهترین مقدار برای جواب، میانگین است.

$$\hat{x} = \frac{20.32 + 20.31 + 20.33 + 20.31 + 20.34 + 20.30 + 20.32 + 20.30 + 20.32 + 20.33}{10}$$

$$\hat{x} = 20.318m$$

برای برآورد دقت اندازه‌گیری از جذر میانگین مربع خطاها استفاده می‌شود.

$$RMSE = \frac{\sqrt{(20.32 - 20.318)^2 + (20.31 - 20.318)^2 + \cdots + (20.33 - 20.318)^2}}{10-1}$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{0.00156}}{9} = \frac{0.0395}{9} = 0.004\text{m}$$

$$e = \frac{0.004m}{20.318m} = 0.000197 = \frac{1}{5076}$$

[۱] Root Mean Square Error

۴–۷– خودآزمایی

۱. اختلاف بین مقدار واقعی و مقدار اندازه‌گیری شده خطای ... نامیده می‌شود.
الف–اتفاقی ب- واقعی ج – باقیمانده د- سیستماتیک
۲. عوامل ایجاد خطا کدامند و هر کدام می‌توانند چه نوع خطایی ایجاد نمایند.
۳. طول ساختمانی با یک متر که هر متر را ۰,۹۷ متر نشان می‌دهد. اندازه‌گیری شده است. اگر طول این ساختمان با این متر ۲۰,۰۲ متر اندازه‌گیری شده باشد، طول واقعی این ساختمان محاسبه شود.
۴. تفاوت خطای مطلق و خطای نسبی را بیان نمایید.
۵. تفاوت خطای سیستماتیک و خطای اتفاقی را بیان نمایید.
۶. یک طول ۲۵۰ متری با وسیله‌ای با خطای ۵ سانتیمتر اندازه‌گیری شده است. خطای نسبی وسیله اندازه‌گیری محاسبه شود.
۷. یک طول ۵۰۰ متری با وسیله‌ای با دقت نسبی ۱:۵۰۰۰ اندازه‌گیری شده است. خطای اندازه‌گیری محاسبه شود.
۸. صحت و دقت را تعریف نمایید.
۹. طول یک زمین ۱۰ بار اندازه‌گیری شده است و داده‌های زیر بدست آمده است. بهترین مقدار برای طول زمین و خطای آن را محاسبه نمایید. سپس خطای نسبی اندازه‌گیری را مشخص نمایید.

$$50.32 - 50.31 - 50.33 - 50.31 - 50.34 - 50.30 - 50.32 - 50.30 - 50.32 - 50.33$$

۴–۸– فعالیت عملی

۱. طول ساختمان دانشگاه خود را با یک متر نواری با درجه‌بندی میلیمتر، ۱۰ بار اندازه‌گیری نمایید. هنگام اندازه‌گیری هر بار جای شروع اندازه‌گیری (صفر متر) را عوض نمایید. بهترین برآورد و خطای آن را محاسبه نمایید.

فصل ۵

آشنایی با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع (ترازیابی)

در این فصل دوربین ترازیاب آنالوگ، دوربین ترازیاب دیجیتال، شاخص، سه‌پایه دوربین، نحوه استقرار دوربین، روش استفاده و اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با ترازیاب، روش‌های مختلف ترازیابی، محاسبات ترازیابی، محاسبه و تصحیح خطای ترازیابی و خطای مجاز ترازیابی توضیح داده می‌شود.

- ☑ آشنایی با سه‌پایه دوربین
- ☑ آشنایی با شاخص
- ☑ آشنایی با دوربین ترازیاب آنالوگ
- ☑ آشنایی با دقت دوربین‌های ترازیاب
- ☑ آشنایی با استقرار دوربین ترازیاب
- ☑ آشنایی با نحوه قرائت شاخص
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با ترازیاب
- ☑ آشنایی با ترازیابی تدریجی
- ☑ آشنایی با کنترل و برآورد خطای ترازیابی
- ☑ آشنایی با خطای مجاز ترازیابی و تصحیح خطای ترازیابی

☑ آشنایی با ترازیابی شعاعی
☑ آشنایی با ترازیاب‌های دیجیتال

۵–۱– مقدمه

تعیین اختلاف بین نقاط جهت تسطیح زمین و تعیین شیب مناسب در طرح‌ها و پروژه-ها عمرانی، کشاورزی، کانال‌های آب، خطوط لوله، راه‌ها و تونل‌ها برای اجرای بهینه پروژه ضروری می‌باشد. اختلاف ارتفاع، میزان فاصله بین دو نقطه در جهت عمود بر سطح زمین است. برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع در نقشه‌برداری از دوربین نقشه-برداری تحت عنوان ترازیاب استفاده می‌شود. به کمک این دوربین می‌توان اختلاف ارتفاع نقاط را با دقت بالایی اندازه‌گیری نمود. در این فصل ابتدا ابزار مورد نیاز برای تعیین اختلاف شرح داده می‌شود، سپس روش اندازه‌گیری و محاسبات تعیین اختلاف ارتفاع و برآورد دقت اندازه‌گیری بیان می‌شوند. به کلیه مراحل و عملیاتی که برای اندازه‌گیری و تعیین اختلاف ارتفاع نقاط با دقت مناسب انجام می‌شود، ترازیابی گفته می‌شود.

۵–۲– وسایل ترازیابی

برای انجام عملیات ترازیابی وسایل زیر مورد نیاز است.

- ✓ سه پایه دوربین
- ✓ شاخص (میر)
- ✓ تراز نبشی
- ✓ سکل (پاشنه شاخص)
- ✓ دوربین ترازیاب

- سه پایه دوربین : وسیله‌ای است که دوربین نقشه‌برداری بر روی آن قرار می‌گیرد. سه پایه دوربین دارای یک صفحه فلزی صاف و مثلث شکلی است که دوربین نقشه‌برداری بر روی آن قرار گرفته و به کمک یک پیچ بر روی صفحه فلزی محکم می‌شود. سه پایه همچنین دارای سه تا پایه می‌باشد که ارتفاع آنها با کمک پیچ-

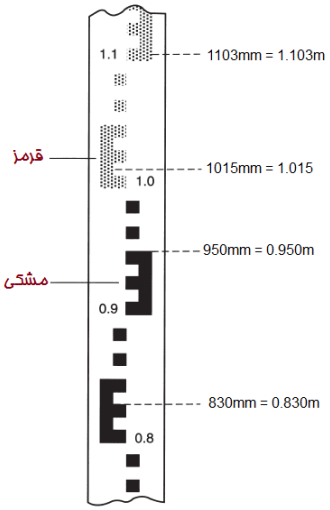
هایی، قابل تنظیم می‌باشد. برای محکم نمودن پایه‌ها بر روی زمین، کفشک‌ها با پا فشار داده شود.

شکل ۵-۱- سه پایه

- شاخص (میر) : وسیله‌ای است به صورت یک خط‌کش بلند با تقسیمات سانتیمتر به طول ۴ یا ۵ متر، از جنس چوب یا آلومینیوم که به صورت کشویی یا تاشو ساخته می‌شود.

شکل ۵-۲- شاخص کشویی (آلومینیومی)

برای خواندن شاخص مانند خواندن متر عمل می‌شود. تقسیمات شاخص به صورت سانتیمتر است که برای دقت بیشتر تا حد میلیمتر به صورت حدسی قرائت می‌شود. علامت‌های روی شاخص‌ها معمولا دارای دو رنگ مشکی و قرمز هستند. شکل زیر نحوه قرائت شاخص را نشان می‌دهد.



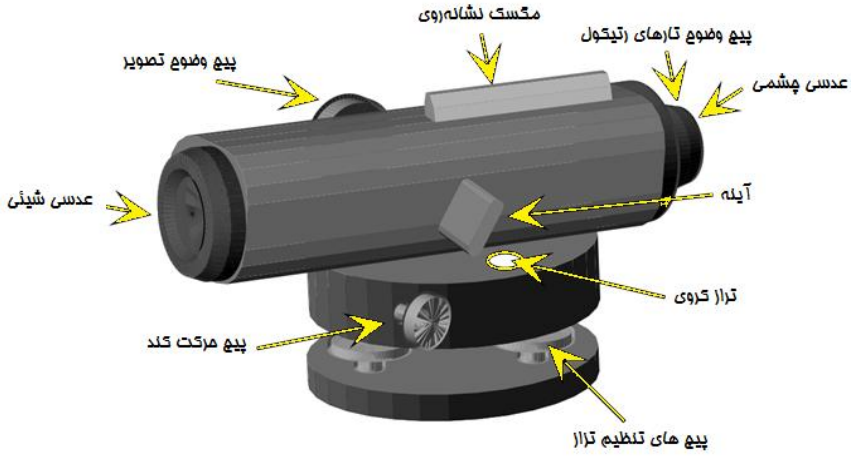
شکل ۵-۳- نحوه قرائت شاخص

شاخص باید به صورت قائم قرار گرفته باشد، برای اینکار از تراز نبشی استفاده می-شود. بدین صورت که تراز نبشی را در کنار شاخص قرار داده و آنقدر شاخص حرکت داده می‌شود، تا حباب تراز نبشی در وسط قرار گیرد. در این صورت شاخص در نقطه استقرار، بر زمین عمود است.

- سکل (پاشنه شاخص) : وسیله‌ای است فلزی که شاخص بر روی آن قرار می‌گیرد. در زمین‌های نرم که ممکن است شاخص در آنجا فرو رود، از سکل استفاده می-شود. ابتدا سکل را با جکش در زمین محکم نموده و سپس شاخص بر روی آن قرار داده می‌شود.

شکل ۵-۴- سکل (پاشنه شاخص)

- دوربین ترازیاب : ساده‌ترین دوربین نقشه‌برداری است که به کمک آن می‌توان یک سطح تراز مشخص نمود. با استفاده از این دوربین می‌توان اختلاف ارتفاع نقاط را مشخص نمود. این دوربین دارای اجزا زیر می‌باشد. نحوه کاربرد این اجزا در ادامه شرح داده می‌شود.

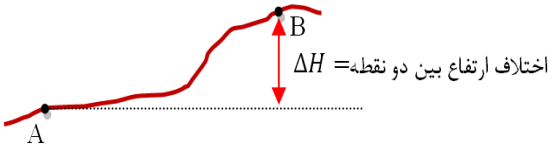


شکل ۵-۵- دوربین ترازیاب و اجزای آن

شکل ۵-۶- دوربین‌های ترازیاب

۵–۳– روند انجام عملیات ترازیابی

عملیات ترازیابی برای تعیین اختلاف ارتفاع بین دو یا چند نقطه کاربرد دارد. فرض خواسته شود اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A وB با دوربین ترازیاب تعیین شود.



شکل ۵-۷- مفهوم اختلاف ارتفاع

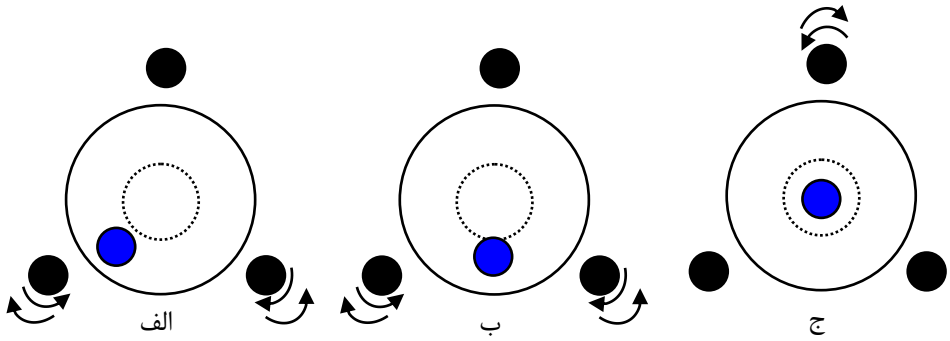
برای انجام عملیات ترازیابی بین دو نقطه مراحل زیر انجام می‌شود:

- استقرار سه پایه دوربین: ابتدا سه پایه دوربین را در وسط دو نقطه A وB مستقر نموده و ارتفاع آن به اندازه مورد نظر (بسته به قد فرد) به کمک پیچ‌های تنظیم ارتفاع، تنظیم شود.

☜ پایه‌های سه پایه دوربین به اندازه مناسب باز شده باشد و با فشار دادن کفشک-ها بر روی زمین محکم شده باشد. سه پایه طوری استقرار یابد که صفحه مسطح آن کاملا صاف دیده شود.

- استقرار دوربین بر روی سه‌پایه: پس از استقرار سه‌پایه دوربین، دوربین ترازیاب از جعبه آن خارج شده و بر روی سه پایه قرار داده شود. حال به کمک پیچ اتصال سه پایه به دوربین، دوربین ترازیاب به سه پایه متصل و محکم شود.
- تراز نمودن دوربین ترازیاب: برای تراز نمودن دوربین ترازیاب با چرخاندن دوربین، تراز کروی در وسط دو تا از پیچ‌های تراز قرار گیرد. حال دو پیچ تنظیم تراز کروی همزمان در جهت مخالف همدیگر (به سمت داخل یا به سمت خارج) پیچانده شود (الف) تا حباب در راستای پیچ سوم قرار گیرد (ب). حال پیچ سوم چرخانده شود تا حباب در مرکز نشانه قرار گیرد (ج) و دوربین تراز شود.

☜ برای قرار دادن دقیق حباب در مرکز نشانه می‌توان مراحل تراز نمودن را تکرار نمود.



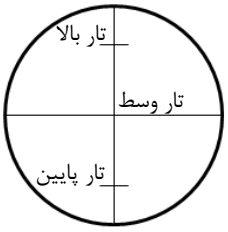
شکل ۵-۸- مراحل تراز نمودن دوربین

- استقرار شاخص‌ها: شاخص بر روی نقطه مورد نظر به صورت قائم قرار داده شود. برای قائم نگهداشتن شاخص از تراز نبشی استفاده شود.
- نشانه‌روی: دوربین ترازیاب به سمت شاخص مورد نظر چرخانده شوند. ابتدا از بالای مگسک به سمت شاخص نشانه‌روی شود. سپس از داخل چشمی دوربین به شاخص نگاه شود. برای دیدن شاخص، پیچ وضوح تصویر چرخانده شود تا شاخص بطور واضح دیده شود. حال برای مشاهده بهتر تارهای رتیکول (خطوط سیاه رنگ

متقاطع) پیچ وضوح تارهای رتیکول چرخانده شود. برای قرار دادن دقیق تارهای رتیکول بر روی شاخص از پیچ حرکت کند استفاده شود.

☜ دقت شود پیچ‌ها بیش از حد پیچانده نشود که موجب شکسته شدن آنها گردد. در صورت سفت شدن پیچ‌ها، در خلاف جهت چرخانده شوند.

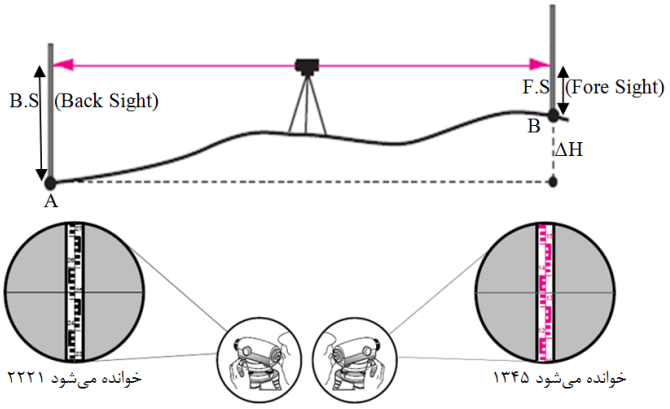
☜ تارهای رتیکول خطوط مشکی متقاطی می‌باشند که دارای سه خط افقی و یک یک خط قائم می‌باشد. خطوط افقی بالا و پایین که کوتاه‌تر می‌باشند تار بالا و تار پایین نامیده می‌شوند و خط افقی وسط که بلندتر است. تار وسط نامیده می‌شود.



شکل ۵-۹- تار رتیکول

- قرائت شاخص: به شاخص مستقر در نقطه A نشانه‌روی شود و عدد روی شاخص که تار وسط روی آن قرار گرفته است، خوانده شود. عددی که خوانده می‌شود قرائت عقب (B.S) نامیده می‌شود. حال به شاخص مستقر در نقطه B نشانه‌روی شود و عدد روی شاخص که تار وسط روی آن قرار گرفته است، خوانده شود. عددی که خوانده می‌شود. قرائت جلو (F.S) نامیده می‌شود.

☜ این نوع ترازیابی، ترازیابی مستقیم نامیده می‌شود. فاصله بین دوربین و شاخص وابسته به بزرگنمایی دوربین ترازیاب و دقت مورد نظر می‌باشد. ترازیابی بین هر دو نقطه یک دهنه ترازیابی نامیده می‌شود. نقطه‌ای که اول خوانده می‌شود چون عقب‌تر از دوربین قرار می‌گیرد، اصطلاحا قرائت عقب نامیده می‌شود، اما در نقطه دوم چون شاخص جلوتر از دوربین قرار می‌گیرد، اصطلاحا قرائت جلو نامیده می‌شود.



شکل ۵-۱۰- ترازیابی و قرائت شاخص‌ها

- محاسبه اختلاف ارتفاع: همانگونه که در شکل فوق دیده می‌شود، برای محاسبه اختلاف ارتفاع (ΔH) می‌توان از تفاضل قرائت جلو از قرائت عقب استفاده نمود.

$$\Delta H = B.S - F.S$$

بنابراین در شکل فوق اختلاف ارتفاع بین دو نقطه برابر است با:

$$\Delta H == 2221 - 1345 = 876\,mm = 8.76cm = 0.876m$$

☜ در صورتیکه عدد بدست آمده مثبت باشد، یعنی نقطه دوم (F.S) نسبت به نقطه اول (B.S) بالاتر است (سربالایی) و اگر عدد بدست آمده منفی باشد، یعنی نقطه دوم (F.S) نسبت به نقطه اول (B.S) پایین‌تر است (سرپایینی).

مثال : برای تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه قرائت عقب ۱۲۳۲ و قرائت جلو ۳۳۵۵ خوانده شده است. اختلاف ارتفاع دو نقطه محاسبه شود.

$$\Delta H == 1232 - 3355 = -2123\,mm = -21.23cm = -2.123m$$

یعنی نقطه دوم بیش از ۲ متر از نقطه اول پایین‌تر است.

☜ اگر ارتفاع نقطه اول (A) معلوم باشد، ارتفاع نقطه دوم برابر جمع اختلاف ارتفاع دو نقطه و ارتفاع نقطه اول است.

$$H_B = \Delta H_{AB} + H_A$$

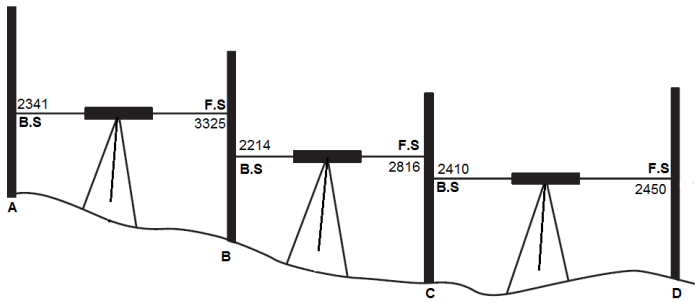
مثال : در مثال قبل اگر ارتفاع نقطه اول ۱۰۰ متر باشد، ارتفاع نقطه دوم محاسبه شود.

$$H_B = 100m - 2.123m = 97.877m$$

۵–۴– ترازیابی تدریجی

اگر فاصله دو نقطه که خواسته شود اختلاف ارتفاع بین آنها مشخص شود، زیاد باشد. نمی‌توان با یک بار استقرار دوربین اختلاف ارتفاع آنها را محاسبه نمود. لذا باید محل استقرار دوربین و شاخص را تا رسیدن به نقطه نهایی جابجا نمود. یعنی نیاز به بیش از یک دهنه ترازیابی برای تعیین اختلاف ارتفاع وجود دارد. در این حالت مانند شکل زیر اگر خواسته شود اختلاف ارتفاع نقطه A و D محاسبه شود. با توجه به فاصله زیاد دو نقطه یا عدم دید به هر دو نقطه، باید از ترازیابی تدریجی برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه استفاده شود. در این حالت از نقاط کمکی مانند B و C استفاده می‌شود. مطابق شکل اختلاف ارتفاع دو نقطه A و D را می‌توان به صورت زیر بدست آورد.

$$\Delta H_{AD} = \Delta H_{AB} + \Delta H_{BC} + \Delta H_{CD}$$



شکل ۵-۱۱- ترازیابی تدریجی

در این روش ابتدا دوربین را بین دو نقطه A و B قرار داده و سپس قرائت عقب بر روی شاخص A (عدد ۲۳۴۱) خوانده می‌شود. سپس قرائت جلو بر روی شاخص B (عدد ۳۳۲۵) خوانده می‌شود. پس از اتمام قرائت شاخص‌ها در دهنه اول شاخص A برداشته شده و بر روی نقطه C قرار داده می‌شود، سپس دوربین ترازیاب نیز منقل شده و بین دو نقطه B و C مستقر می‌شود. شاخص نقطه B نباید جابجا شود و فقط باید به سمت دوربین چرخانده شود. در دهنه BC، قرائت عقب بر روی شاخص B (عدد ۲۲۱۴) و قرائت جلو بر روی شاخص C (عدد ۲۸۱۶) خوانده می‌شود. حال شاخص از روی نقطه B برداشته شده و بر روی نقطه D قرار داده شود. سپس دوربین ترازیاب نیز منقل شده و بین دو نقطه C و D مستقر می‌شود. شاخص نقطه C نباید جابجا شود و فقط باید به سمت دوربین چرخانده شود. در دهنه CD، قرائت عقب بر روی شاخص C (عدد ۲۴۱۰)

و قرائت جلو بر روی شاخص D (عدد ۲۴۵۰) خوانده می‌شود. این روند برای تعداد دهنه‌های زیاد باید تکرار شود تا بتوان به نقطه نهایی مورد نظر رسید.

برای بدست آوردن اختلاف ارتفاع دو نقطه مورد نظر ابتدا اختلاف ارتفاع بین دهنه‌ها را محاسبه نموده و سپس آنها با هم جمع می‌شوند.

$$\Delta H_{AD} = \Delta H_{AB} + \Delta H_{BC} + \Delta H_{CD}$$

$$\Delta H_{AB} = 2341 - 3325 = -984mm$$

$$\Delta H_{BC} = 2214 - 2816 = -602mm$$

$$\Delta H_{CD} = 2410 - 2450 = -40mm$$

$$\Delta H_{AD} = -984 - 602 - 40 = -1626mm = -1.626m$$

برای محاسبات ترازیابی در نقشه‌برداری از جدول ترازیابی استفاده می‌شود. جدول زیر این محاسبات را نشان می‌دهد.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)
A	2341		
B	2214	3325	-984
C	2410	2816	-602
D		2450	-40
∑	6965	8591	-1626

ستون آخر جمع کلیه سطرها می‌باشد. اگر همه اعداد ستون اختلاف ارتفاع با هم جمع شوند، اختلاف ارتفاع نقطه اول و آخر بدست می‌آید. برای کنترل می‌توان تمام قرائت-های عقب را باهم جمع نموده و سپس تمام قرائت‌های جلو را با هم جمع نموده و از هم کم نمود.

$$\Delta H_{AD} = \sum B.S - \sum F.S$$

☜ در صورتیکه ارتفاع نقطه A برابر ۱۰۰ متر باشد، ارتفاع سایر نقاط را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود. به تبدیل واحدها در هنگام محاسبه ارتفاع دقت شود، اختلاف ارتفاع بر حسب میلیمتر بوده و ارتفاع بر حسب متر می‌باشد.

$$H_B = \Delta H_{AB} + H_A$$

$$H_B = -0.984m + 100m = 99.016m$$

$$H_C = \Delta H_{BC} + H_B$$

$$H_C = -0.602m + 99.016m = 98.414m$$

$$H_D = \Delta H_{CD} + H_C$$
$$H_D = -0.040m + 98.414m = 98.374m$$

می‌توان محاسبات فوق را در جدول ترازیابی به صورت زیر انجام داد.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH) بر حسب میلیمتر	ارتفاع (H) بر حسب متر
A	2341			100
B	2214	3325	-984	99.016
C	2410	2816	-602	98.414
D		2450	-40	98.374

۵–۵– کنترل ترازیابی

نکته مهم در عملیات ترازیابی این است که چگونه می‌توان از دقت کار اطمینان حاصل نمود. یعنی چگونه می‌توان فهمید که اختلاف ارتفاع بدست آمده صحیح است. برای کنترل دقت و صحت عملیات ترازیابی دو روش کلی وجود دارد.

❖ ترازیابی بسته: در این روش ترازیابی از یک نقطه شروع و به همان نقطه برمی‌گردد. در واقعیت اختلاف ارتفاع یک نقطه با خودش باید برابر صفر باشد. اما در عملیات ترازیابی با توجه به وجود خطا این اختلاف ارتفاع برابر صفر نیست و مقدار آن را خطای بست ترازیابی می‌نامند.

$$\text{خطای بست ترازیابی بسته} = \sum B.S - \sum F.S$$

مثال: جدول ترازیابی تدریجی بسته زیر تکمیل شده و خطای بست ترازیابی آن محاسبه شود.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH) بر حسب میلیمتر	ارتفاع (H) بر حسب متر
A	1420			100
1	2170	2100	-680	99.32
2	1842	1801	369	99.689
3	2211	2102	-260	99.429
4	2050	1702	509	99.938
5	3112	2121	-71	99.867
A		2965	147	100.014

با توجه به جدول فوق ارتفاع نقطه شروع ۱۰۰ متر و ارتفاع همان نقطه از محاسبات ترازیابی برابر ۱۰۰,۰۱۴ متر می‌باشد. یعنی به اندازه ۱۴ میلیمتر خطا وجود دارد. می‌توان خطا را از فرمول خطای بست ترازیابی نیز بدست آورد.

$$\text{خطای بست ترازیابی بسته} = \sum B.S - \sum F.S$$

خطای بست ترازیابی بسته = 12805 – 12791 = 14 mm

❖ ترازیابی بین دو نقطه معلوم: در این روش عملیات ترازیابی بین دو نقطه که ارتفاع آنها به طور دقیق وجود دارد، انجام می‌شود. این نقاط ارتفاعی که توسط سازمان نقشه‌برداری کشور به صورت یک شبکه ارتفاعی ایجاد شده‌اند، اصطلاحا بنچ مارک ارتفاعی نامیده می‌شوند. در این روش ارتفاع نقطه آخر از محاسبات بدست آمده و اختلاف آن با ارتفاع واقعی نقطه بیانگر خطای بست ترازیابی می‌باشد.

ارتفاع واقعی نقطه - ارتفاع نقطه آخر از طریق ترازیابی = خطای بست ترازیابی بسته

مثال: جدول ترازیابی تدریجی که بین دو نقطه معلوم انجام شده است، تکمیل شده و خطای بست ترازیابی آن محاسبه شود.

$$H_A = 100m, H_B = 102.02m$$

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH) بر حسب میلیمتر	ارتفاع (H) بر حسب متر
A	2425			100
1	2175	1102	1323	101.323
2	1845	1803	372	101.695
3	2210	2102	-257	101.438
4	2050	1702	508	101.946
5	3118	2121	-71	101.875
B		2966	152	102.027

خطای بست ترازیابی بین دو نقطه معلوم = 102.027-102.021=0.006m=6mm

اما خطای بست ترازیابی تا چه اندازه قابل قبول است. به عبارت دیگر حداکثر خطای مجاز ترازیابی چگونه محاسبه می‌شود. خطای مجاز ترازیابی وابسته به دو عامل زیر است:

- ✓ طول ترازیابی : فاصله بین نقطه شروع و خاتمه ترازیابی.
- ✓ درجه ترازیابی: ترازیابی بر اساس دقت مورد نظر به ۴ درجه مختلف از ۱ تا ۴ طبقه‌بندی می‌شود. ترازیابی درجه ۱ دقیق‌ترین نوع ترازیابی است. هر چه

دقت بالاتر باشد ابزار اندازه‌گیری دقیق‌تر و روش اندازه‌گیری تغییر می‌کند، که اصطلاحا ترازیابی دقیق نامیده می‌شود. در این کتاب روش ترازیابی بیان شده برای ترازیابی درجه ۳ و ۴ کاربرد دارد.

خطای مجاز ترازیابی از فرمول زیر بدست می‌آید که در آن L بیانگر طول ترازیابی بر حسب کیلومتر و K مقدار ثابتی که بستگی به درجه ترازیابی دارد. در تزاریابی درجه ۱ مقدار K برابر است با ۴، در تزاریابی درجه ۲ مقدار K برابر است با ۸، در تزاریابی درجه ۳ مقدار K برابر است با ۱۲ و در تزاریابی درجه ۴ مقدار K برابر است با ۱۵ می‌باشد.

خطای مجاز ترازیابی بر حسب میلیمتر $=K\sqrt{L}$

مثال: خطای بست مجاز ترازیابی درجه ۳ به طول ۴۰۰۰ متر محاسبه شود.

خطای مجاز ترازیابی بر حسب میلیمتر $=12\sqrt{4}=24mm$

خطای بست ترازیابی باید تعدیل شود. در این حالت خطای بست ترازیابی بین دهنه‌ها تقسیم می‌شود. مقدار تصحیح برای دهنه iام ترازیابی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$C_i=-\frac{e}{n}\times i$$

در رابطه فوق (e) خطای بست ترازیابی و (n) تعداد دهنه‌ها می‌باشد.

در مثال قبل خطای بست ترازیابی ۶ میلیمتر و تعداد دهنه‌ها برابر ۶ دهنه می‌باشد. بنابراین مقدار تصحیح برای هر دهنه برابر است با :

$$C=-\frac{6}{6}=-1mm$$

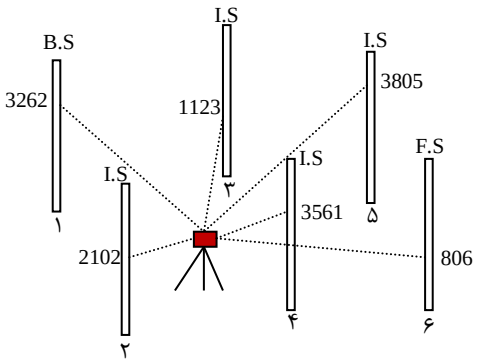
برای تصحیح ارتفاع نقاط، جدول ترازیابی به صورت زیر اصلاح می‌شود و دو ستون جدید به آن اضافه می‌شود. مقدار تصحیح اعمال شده به صورت تجمعی اعمال می‌گردد.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	مقدار تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح‌شده (HC)
A	2425			100		100
1	2175	1102	1323	101.323	-1	101.322
2	1845	1803	372	101.695	-2	101.693
3	2210	2102	-257	101.438	-3	101.435
4	2050	1702	508	101.946	-4	101.942
5	3118	2121	-71	101.875	-5	101.870
B		2966	152	102.027	-6	102.021

۵-۶- ترازیابی شعاعی

درصورتیکه خواسته شود نقاطی که در امتداد یک مسیر مانند مسیر راه‌ها و رودخانه‌ها هستند، ارتفاع آنها تعیین شود، از ترازیابی تدریجی استفاده می‌شود. اما در حالتی که آرایش نقاط مورد نظر جهت تعیین ارتفاع آنها خطی نمی‌باشد، مانند حالتی که خواسته‌شود پستی و بلندی‌های یک زمین جهت تسطیح زمین مشخص شود، یا کف یک ساختمان تراز شود. از ترازیابی شعاعی استفاده می‌شود. در این روش فقط شاخص روی نقاط جابجا می‌شود و دوربین ترازیاب تغییر نمی‌کند. در این حالت اولین نقطه‌ای که قرائت می‌شود، قرائت عقب و آخرین نقطه‌ای که قرائت می‌شود قرائت جلو و نقاطی که بین نقطه اول و آخر قرائت می‌شوند قرائت وسط (Intermediate sight) نامیده می‌شوند. در این حالت اختلاف ارتفاع همه نقاط از نقطه اول محاسبه می‌شود.

مثال: در شکل زیر شاخص بر روی نقاط ۱ تا ۶ قرار گرفته شده است و اعداد زیر برروی آنها قرائت شده است. اختلاف ارتفاع نقاط با نقطه اول محسبه شود.



شکل ۵-۱۲- ترازیابی شعاعی

$$\Delta H_{12} = \text{B.S1} - \text{I.S2} = 3262 - 2102 = 1160\text{mm}$$
$$\Delta H_{13} = \text{B.S1} - \text{I.S3} = 3262 - 1123 = 2139\text{mm}$$
$$\Delta H_{14} = \text{B.S1} - \text{I.S4} = 3262 - 3561 = -299\text{mm}$$
$$\Delta H_{15} = \text{B.S1} - \text{I.S5} = 3262 - 3805 = -543\text{mm}$$
$$\Delta H_{16} = \text{B.S1} - \text{F.S6} = 3262 - 806 = 2456\text{mm}$$

برای محاسبات ترازیابی در نقشه‌برداری از جدول ترازیابی استفاده می‌شود. جدول زیر این محاسبات را نشان می‌دهد.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت وسط (I.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)
1	3262			
2		2102		1160
3		1123		2139
4		3561		-299
5		3805		-543
6			806	2456

در صورتیکه ارتفاع نقطه 1 برابر ۱۰۰ متر باشد، ارتفاع سایر نقاط را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود.

$$H_2 = \Delta H_{12} + H_1$$
$$H_2 = 1.160\text{m} + 100\text{m} = 101.160\text{m}$$
$$H_3 = \Delta H_{13} + H_1$$
$$H_3 = 2.139 + 100\text{m} = 102.139\text{m}$$
$$H_4 = \Delta H_{14} + H_1$$
$$H_4 = -0.299 + 100\text{m} = 99.701\text{m}$$
$$H_5 = \Delta H_{15} + H_1$$
$$H_5 = -0.543 + 100\text{m} = 99.457\text{m}$$
$$H_6 = \Delta H_{16} + H_1$$
$$H_6 = 2.456 + 100\text{m} = 102.456\text{m}$$

می‌توان محاسبات فوق را در جدول ترازیابی به صورت زیر انجام داد.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت وسط (I.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)
1	3262				100
2		2102		1160	101.160
3		1123		2139	102.139
4		3561		-299	99.701
5		3805		-543	99.457
6			806	2456	102.456

۵–۷– انواع ترازیاب

ترازیاب‌ها در دو نوع کلی از نظر ساختار طبقه‌بندی می‌شوند.

- ترازیاب آنالوگ (مکانیکی): این نوع ترازیاب‌ها دارای قطعات مکانیکی و اپتیکی بوده و قرائت شاخص توسط عامل انسانی صورت می‌گیرد. مطالب بیان شده در قسمت‌های قبل نحوه استفاده از این نوع ترازیاب‌ها را نشان می‌دهند. این نوع ترازیاب‌ها بدلیل قیمت کمتر و هزینه تعمیر و نگهداری کمتر در کشور بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- ترازیاب دیجیتال: این نوع ترازیاب از قطعات الکترونیکی، مکانیکی و اپتیکی ساخته شده است. در این نوع دوربین‌ها شاخص توسط دوربین قرائت شده و عدد خوانده شده به اپراتور نشان داده می‌شود. شاخص مورد استفاده برای عملیات ترازیابی در این نوع دوربین‌ها شاخص‌های مخصوص بارکددار هستند. در این دوربین‌ها امکان ذخیره‌سازی قرائت‌ها و انجام عملیات ترازیابی وجود دارد. اسقرار دوربین در این نوع ترازیاب‌ها شبیه دوربین‌های مکانیکی بوده و فقط قرائت شاخص به صورت اتوماتیک توسط دستگاه انجام می‌شود.

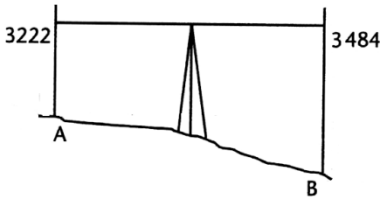
شکل ۵-۱۳- ترازیاب دیجیتال و شاخص بارکددار

۵–۸– خودآزمایی

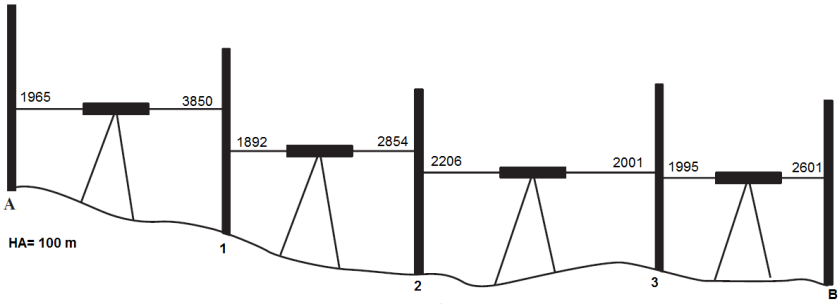
۱. برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع استفاده از کدام وسیله نقشه‌برداری متعارف است.

الف–ترازیاب ب- زاویه‌یاب ج – شیب‌سنج د- قطب‌نما

۲. طبق شکل زیر اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B بر حسب میلیمتر محاسبه شود. اگر ارتفاع نقطه A برابر ۱۰۰ متر باشد، ارتفاع نقطه B بر حسب متر محاسبه شود.



۳. جدول ترازیابی شکل زیر کشیده شده و اختلاف ارتفاع و ارتفاع نقاط ترازیابی محاسبه شود.



۴. جدول ترازیابی زیر تکمیل شود.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH) بر حسب میلیمتر	ارتفاع (H) بر حسب متر
A	2341			100
۱	2214	3325		
۲	985	1233		
۳	3995	1526		
۴	1253	1452		
۵	1566	3362		
۶	2410	2816		
B		2450		
∑				

۵. تفاوت‌ها و شباهت‌های ترازیابی با دوربین ترازیاب مکانیکی و دوربین ترازیاب دیجیتال بیان شود.

۶. جدول ترازیابی تدریجی بسته زیر تکمیل شده و خطای بست ترازیابی آن محاسبه شود.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH) بر حسب میلیمتر	ارتفاع (H) بر حسب متر
A	1620			100
1	2373	2301		
2	2042	2002		
3	2411	2304		
4	2250	1902		
5	3312	2322		
A		3165		

۷. جدول ترازیابی تدریجی که بین دو نقطه معلوم انجام شده است، تکمیل شده و خطای بست ترازیابی آن محاسبه شود.

$$H_A = 100\text{m}, H_B = 91.93m$$

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH) بر حسب میلیمتر	ارتفاع (H) بر حسب متر
A	2315			100
1	1418	2863		
2	2563	3265		
3	2512	2853		
4	230	1456		
5	852	3532		
B		3985		

۸. در مسئله قبل اگر ترازیابی درجه ۳ و طول ترازیابی برابر ۱۰۰۰ متر باشد، خطای مجاز بست ترازیابی محاسبه شود.

۹. در مسئله ۶ خطای ترازیابی تصحیح شده و ارتفاع تصحیح شده نقاط محاسبه شود.

۱۰. جدول ترازیابی شعاعی زیر تکمیل شود.

نام نقطه	قرائت عقب (B.S)	قرائت وسط (I.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)
1	1456				100
2		3102			
3		1123			
4		543			
5		2001			
6		1652			
7		2865			
8			806		

۵–۹– فعالیت عملی

۱. دوربین‌های ترازیاب دانشگاه تراز شده و نحوه قرائت شاخص تمرین شود.
۲. نوع و دقت دوربین‌های ترازیاب دانشگاه بررسی شود.
۳. بین دو نقطه با فاصله حداقل ۲۰۰ متر ترازیابی تدریجی به صورت رفت و برگشت انجام شده و خطای بست ترازیابی محاسبه شود. همچنین مشخص شود خطای بست ترازیابی از خطای مجاز کمتر است؟
۴. با استفاده از ترازیابی شعاعی اختلاف ارتفاع گوشه‌های ساختمان دانشگاه محاسبه شود.

فصل ۶

آشنایی با اندازه‌گیری زاویه

در این فصل مفهوم زاویه افقی و قائم، ساختار دوربین‌های زاویه‌یاب(تئودولیت)، نحوه استقرار دوربین‌های تئودولیت، انواع و دقت دوربین‌های زاویه‌یاب آنالوگ و دیجیتال، نحوه قرائت زاویه افقی و قائم، اندازه‌گیری زاویه به روش کوپل و برآورد دقت اندازه‌گیری زاویه توضیح داده می‌شود.

- ☑ آشنایی با مفهوم زاویه افقی و قائم
- ☑ آشنایی با ساختار دوربین زاویه‌یاب
- ☑ آشنایی با استقرار دوربین زاویه‌یاب
- ☑ آشنایی با نحوه قرائت زاویه افقی و قائم
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری زاویه به روش کوپل
- ☑ آشنایی با برآورد دقت اندازه‌گیری زاویه
- ☑ آشنایی با انواع دوربین‌های زاویه‌یاب آنالوگ و دیجیتال
- ☑ آشنایی با دقت دوربین‌های زاویه‌یاب

۶–۱– مقدمه

برای تهیه نقشه نیاز به اندازه‌گیری می‌باشد، یکی از اندازه‌گیری‌های مهم در نقشه-برداری جهت تهیه نقشه، اندازه‌گیری زاویه می‌باشد. زاویه به عنوان یک مشاهده جهت تبدیل دنیای واقعی به نقشه مورد نیاز است. اندازه‌گیری شکستگی‌ها جهت بیان دقیق مدلی از دنیای واقعی نیازمند شناسایی زاویا است. هر چه اندازه‌گیری زاویه دقیق‌تر باشد، نقشه و مدل تهیه شده دارای دقت بیشتری بوده و از اعتماد پذیری بالاتری برخوردار است. در این فصل وسایل اندازه‌گیری زاویه در نقشه‌برداری و نحوه استفاده از آنها شرح داده می‌شود.

۶–۲– مفهوم زاویه

زاویه برای بیان میزان چرخش یک امتداد کاربرد دارد. واحد اندازه‌گیری زاویه بر منبای میزان یک چرخش کامل تعریف می‌شود. این چرخش کامل مکان هندسی یک دایره است. واحدهای اندازه‌گیری زاویه توسط دوربین‌های زاویه‌یاب عبارتند از:

۱. درجه: اگر یک دایره به ۳۶۰ قسمت تقسیم شود. هر قسمت آن یک درجه است. هر درجه ۶۰ دقیقه و هر دقیقه ۶۰ ثانیه است. بنابراین هر درجه برابر ۳۶۰۰ ثانیه است.

۲. گراد: اگر یک دایره به ۴۰۰ قسمت تقسیم شود. هر قسمت آن یک گراد است.

واحدی دیگری که معمولا برای اندازه‌گیری زاویه استفاده می‌شود رادیان است. یک دایره کامل با 2π نشان داده می‌شود. که π عددی ثابت و تقریبا برابر ۳,۱۴ می‌باشد. برای تبدیل واحدهای رادیان (R)، درجه (D) و گراد (G) می‌توان از فرمول زیر استفاده نمود.

$$\frac{D}{180} = \frac{G}{200} = \frac{R}{\pi}$$

مثال: زاویه‌ای که با یک دوربین نقشه‌برداری بر حسب گراد اندازه‌گیری شده است که مقدار آن ۵۰,۲۱ گراد است، مقدار این زاویه بر حسب درجه محاسبه شود.

$$\frac{D}{180} = \frac{50.21}{200} \Rightarrow D = 45.189$$

در مثال قبل اگر خواسته شود، زاویه بر حسب درجه، دقیقه و ثانیه محاسبه شود. مقدار اعشار آن را جدا نموده و با توجه به اینکه هر یک درجه برابر ۶۰ دقیقه است یک تناسب برای بدست آوردن مقدار دقیقه آن بسته می‌شود.

$$\begin{matrix} 1 & 60 \\ 0.189 & x \end{matrix} \Rightarrow x = 60 * 0.189 = 11.34$$

به همین ترتیب مقدار اعشار آنرا جدا نموده و با توجه به اینکه هر دقیقه برابر ۶۰ ثانیه است یک تناسب برای بدست آوردن مقدار ثانیه آن بسته می‌شود.

$$\begin{matrix} 1 & 60 \\ 0.34 & x \end{matrix} \Rightarrow x = 60 * 0.34 = 20.4$$

یعنی زاویه ۴۵,۱۸۹ برابر ۴۵ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۰,۴ ثانیه می‌باشد($45^{o}\ 11'\ 20.4''$).

برای تبدیل معکوس درجه(d)، دقیقه(m) و ثانیه(s) به درجه می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود.

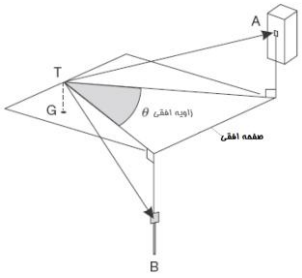
$$\mathrm{D} = d + \frac{m}{60} + \frac{s}{3600}$$

بنابراین برای مثال قبل می‌توان نوشت.

$$\mathrm{D} = 45 + \frac{11}{60} + \frac{20.4}{3600} = 45.189$$

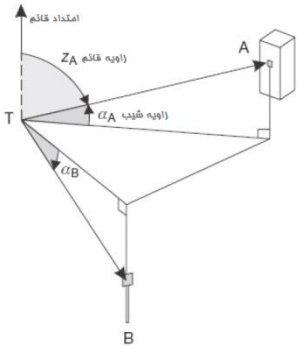
در نقشه‌برداری اندازه‌گیری زاویه، در دو صفحه مسطح و قائم انجام می‌شود، یعنی زاویه در فضای سه‌بعدی به دو زاویه افقی و قائم تبدیل می‌شود. بنابراین دو نوع زاویه تعریف و اندازه‌گیری می‌شود:

- زاویه افقی: این زاویه بین دو امتداد بر روی صفحه افق اندازه‌گیری می‌شود. شکل زیر مفهوم زاویه افقی بین دو امتداد TA و TB را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱- مفهوم زاویه افقی

- زاویه قائم: این زاویه بین یک امتداد و امتداد قائم اندازه‌گیری می‌شود. میزان انحراف یک امتداد نسبت به سطح افقی را زاویه شیب می‌نامند. شکل زیر مفهوم زاویه قائم و زاویه شیب را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۲- مفهوم زاویه قائم

☜ اگر امتداد مورد نظر بالاتر از صفحه افقی باشد زاویه شیب مثبت و اگر پایین صفحه افقی باشد زاویه شیب منفی است. زاویه شیب بین ۰ تا ۹۰ درجه تغییر می‌کند.

زاویه قائم از ۰ تا ۱۸۰ درجه تغییر می‌کند. اگر امتدادی بر روی صفحه افقی قرار داشته باشد، زاویه قائم آن ۹۰ درجه خواهد بود. رابطه بین زاویه شیب (α) و زاویه قائم (v) به صورت زیر است.

$$\alpha = 90 - v$$

مثال: اگر زاویه قائم یک امتداد ۱۲۵ درجه باشد، زاویه شیب آن چند درجه است.

$$\alpha = 90 - 125 = -35$$

☜ در صورتیکه زاویه بر حسب گراد اندازه‌گیری شود، فرمول رابطه بین زاویه شیب (α) و زاویه قائم (v) به صورت زیر است.

$$\alpha = 100 - v$$

۶–۳– ساختار دوربین زاویه‌یاب

دوربین‌های زاویه‌یاب دوربین‌هایی هستند که برای اندازه‌گیری زاویه افقی و زاویه قائم استفاده می‌شوند. اصطلاحا دوربین‌های زاویه‌یاب "تئودولیت" نامیده می‌شود. این دوربین‌ها در دو دسته کلی زیر طراحی و ساخته می‌شوند:

- دوربین زاویه‌یاب مکانیکی (تئودولیت مکانیکی): اجزا این دوربین از قسمت‌های مکانیکی و اپتیکی ساخته شده است که قرائت زاویه توسط عامل انسانی انجام می‌شود. اینگونه دوربین‌ها امروزه با پیشرفت تکنولوژی بندرت ساخته می‌شوند. شکل زیر یک نوع دوربین زاویه‌یاب مکانیکی را نشان می‌دهد.

شکل ۶-۳- دوربین زاویه‌یاب مکانیکی

- دوربین زاویه‌یاب دیجیتال (تئودولیت دیجیتال): اجزا این دوربین از قطعات الکترونیکی، مکانیکی و اپتیکی ساخته شده است و قرائت زاویه به صورت دیجیتال انجام می‌شود و نتیجه بر روی صفحه نمایش نشان داده می‌شود. شکل زیر یک نوع دوربین زاویه‌یاب دیجیتال را نشان می‌دهد.

شکل ۶-۴- دوربین زاویه‌یاب دیجیتال

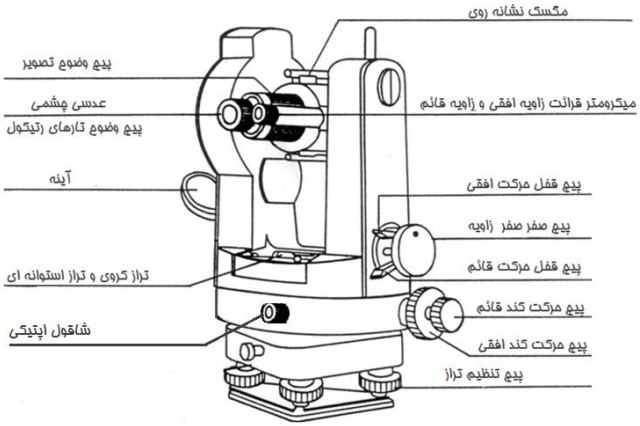
دوربین‌های زاویه‌یاب از نظر دقت به دو دسته کلی زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- دوربین زاویه‌یاب دقیقه‌ای: دقت اندازه‌گیری این نوع دوربین‌ها در حد دقیقه می‌باشد و برای کارهایی با دقت کم استفاده می‌شود. مهمترین مدل دوربین‌های زاویه‌یاب مکانیکی دقیقه‌ای، دوربین T16 می‌باشد.

- دوربین زاویه‌یاب ثانیه‌ای: دقت اندازه‌گیری این نوع دوربین‌ها در حد ثانیه می‌باشد و برای کارهایی دقیق استفاده می‌شود. مهمترین مدل دوربین‌های زاویه‌یاب مکانیکی ثانیه‌ای، دوربین T2 می‌باشد.

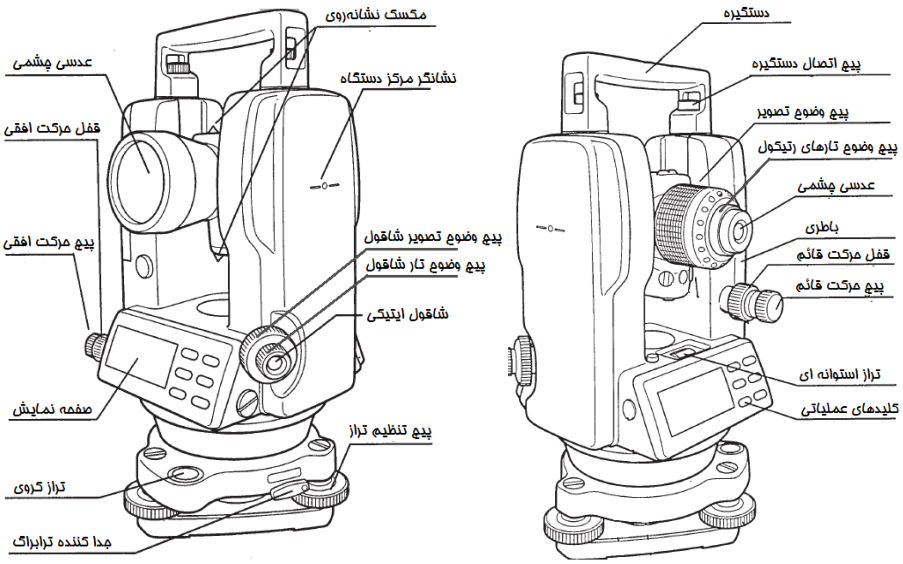
یکی از مهمترین پارامترهای تعیین قیمت دوربین‌های زاویه‌یاب، دقت اندازه‌گیری زاویه می‌باشد.

دوربین زاویه‌یاب مکانیکی شامل قسمت‌های زیر می‌باشد. نحوه استفاده از قسمت‌های مختلف و کاربرد آنها شرح داده خواهد شد.



شکل ۶-۵- اجزا دوربین زاویه‌یاب مکانیکی

دوربین زاویه‌یاب دیجیتال شامل قسمت‌های زیر می‌باشد. نحوه استفاده از قسمت‌های مختلف و کاربرد آنها شرح داده خواهد شد.



شکل ۶-۶- اجزا دوربین زاویه‌یاب دیجیتال

۶–۴– استقرار دوربین زاویه‌یاب

برای استقرار دوربین زاویه‌یاب مراحل زیر انجام می‌شود:

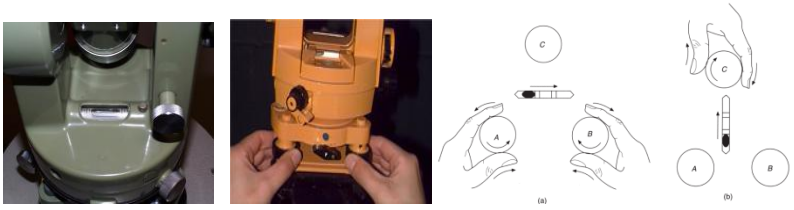
- ✓ ابتدا نقطه موردنظر جهت استقرار دوربین بر روی زمین مشخص شود. در کارهای معمولی نقشه‌برداری برای اینکار می‌توان از میخ یا چوب استفاده نمود. در کارهای حرفه‌ای موقعیت نقاط طبق استانداردهای سازمان نقشه‌برداری کشور به صورت بتنی با ابعاد مشخص ایجاد می‌شود. این نقطه اصلاحا ایستگاه نقشه‌برداری نامیده می‌شود.
- ✓ سه پایه دوربین به اندازه مورد نظر بر اساس قد افراد باز شده و بر روی ایستگاه قرار داده شود. دوربین ترازیاب را از جعبه آن خارج نموده و بر روی سه پایه قرار داده شود، سپس پیچ اتصال سه پایه به دوربین محکم شود.

شکل ۶-۷- نحوه قرار دادن دوربین بر روی سه‌پایه

- ✓ از چشمی شاقول اپتیکی به زمین نگاه شود. برای وضوح تصویر پیچ‌های آن چرخانده شود. حال دو پایه از سه پایه دوربین را با دست بلند نموده و آنقدر جابجا شوند تا تارهای رتیکول شاقول اپتیکی بر نقطه مورد نظر (مرکز ایستگاه) قرار گیرد. این عمل اصطلاحا سانتراژ نمودن دوربین نامیده می‌شود.
- ✓ برای تراز نمودن تراز کروی از پایه‌های سه‌پایه دوربین استفاده شود. برای اینکار حباب تراز در راستای هر پایه‌ای قرار گیرد. پیچ آن پایه شل شده و ارتفاع آن تغییر داده شود. تا حباب در مرکز نشانه تراز کروی قرار گیرد.

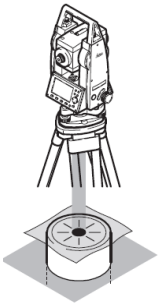
شکل ۶-۸- تراز نمودن تراز کروی با پایه‌ها

- ✓ برای تراز نمودن تراز استوانه‌ای، تراز را بین دو تا از پیچ‌های تنظیم تراز قرار داده و آنقدر به سمت داخل یا خارج چرخانده شوند تا حباب در وسط قرار داده شود (شکل a). سپس دوربین به اندازه ۹۰ درجه چرخانده شود تا تراز استوانه‌ای در راستای پیچ سوم قرار گیرد، حال با چرخاندن پیچ سوم جباب در وسط تراز استوانه‌ای قرار داده شود(شکل b).



شکل ۶-۹- نحوه تراز نمودن تراز استوانه‌ای

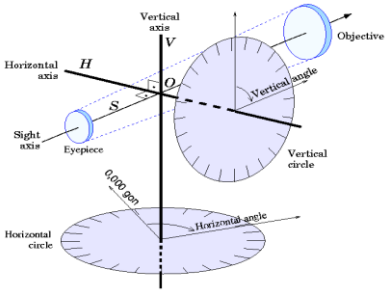
☜ در برخی دوربین‌های دیجیتال شاقول اپتیکی وجود ندارد و به جای آن شاقول لیرزری وجود دارد. در این نوع دوربین‌ها کافی است نقطه لیزر بر روی مرکز ایستگاه قرار داده شود.



شکل ۶-۱۰- شاقول لیزری

۶–۵– نحوه قرائت زاویه

دوربین زاویه‌یاب مانند ساختار زیر قابلیت خواندن زاویه افقی و زاویه قائم را به ما می-دهد.



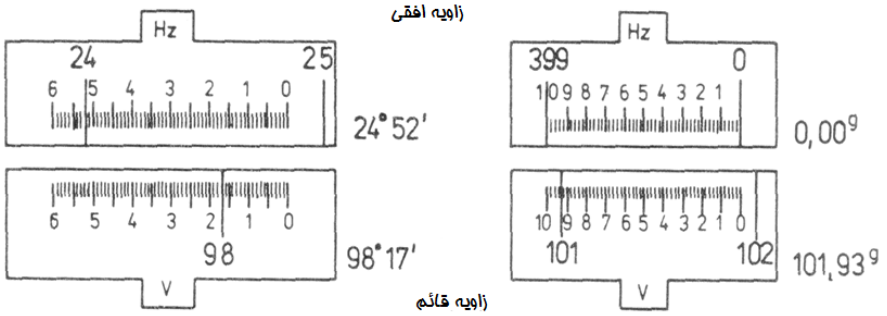
شکل ۶-۱۱- ساختار دوربین‌های زاویه‌یاب برای قرائت زاویای افقی و قائم

اندازه‌گیری زاویه در دوربین زاویه‌یاب مکانیکی به صورت زیر صورت می‌گیرد:

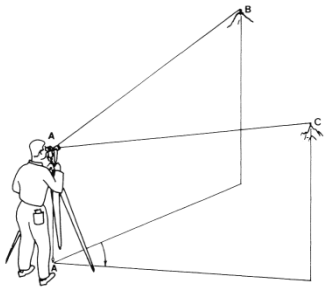
زاویه قائم : پس از استقرار دوربین زاویه‌یاب، به نقطه مورد نظر نشانه‌روی نموده و به کمک پیچ تنظیم وضوح تصویر و پیچ وضوح تارهای رتیکول، تصویر و تارهای رتیکول کاملا واضح شوند. برای قرار دادن تارهای رتیکول برروی نقطه مورد نظر، حرکت افقی و قائم قفل شده و از پیچ‌های حرکت کند افقی و قائم استفاده شود. حال از داخل چشمی میکرومتر قرائت زاویه، زاویه قائم (V) مانند شکل زیر خوانده شود. زاویه بر حسب درجه یا گراد خواهد بود که وابسته به این است که دوربین گرادی یا درجه‌ای باشد.

زاویه افقی : زاویه افقی بین دو امتداد تعریف می‌شود. در این حالت ابتدا به امتداد اول نشانه‌روی نموده و به کمک پیچ صفر صفر زاویه افقی بر روی صفر درجه قرار داده می-شود، سپس به سمت امتداد دوم نشانه‌روی شود، حال از داخل چشمی میکرومتر قرائت

زاویه، زاویه افقی (Hz) مانند شکل زیر خوانده شود. زاویه خوانده شده، بیانگر زاویه بین دو امتداد مورد نظر است.

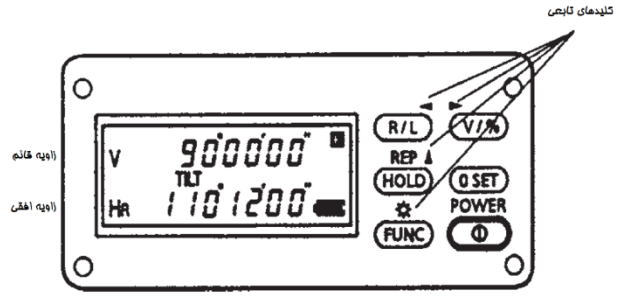


شکل ۶-۱۲- قرائت زاویای افقی و قائم در دوربین زاویه‌یاب گرادی و دوربین زاویه‌یاب درجه‌ای



شکل ۶-۱۳- اندازه‌گیری زاویه با دوربین زاویه‌یاب

اندازه‌گیری زاویه در دوربین زاویه‌یاب دیجیتال مانند دوربین زاویه‌یاب مکانیکی است با این تفاوت که در دوربین دیجیتال قسمت چشمی میکرومتر قرائت زاویه و پیچ صفر صفر وجود ندارد و زاویه افقی و قائم بر روی صفحه نمایش نشان داده می‌شود.



شکل ۶-۱۴- صفحه نمایش زاویه افقی و قائم در دوربین زاویه‌یاب دیجیتال

آشنایی با برخی از کلیدهای متعارف دوربین زاویه‌یاب دیجیتال:

Power : برای روشن و خاموش کردن دوربین

R/L : برای دایره به چپ و دایره به راست نمودن دوربین جهت قرائت زاویه (بیان شده در قسمت ۶-۶)

V/% : برای نمایش زاویه قائم به درجه یا درصد

0 SET : برای صفر صفر نمودن دوربین (بیان شده در قسمت ۶-۶)

HOLD : بستن زاویه روی یک امتداد

همچنین امکان تنظیم قرائت زاویه در حالت‌های درجه‌ای و گرادی نیز وجود دارد. برای آشنایی بیشتر به راهنمای هر دوربین مراجعه شود.

۶-۶- قرائت زاویه افقی به روش کوپل

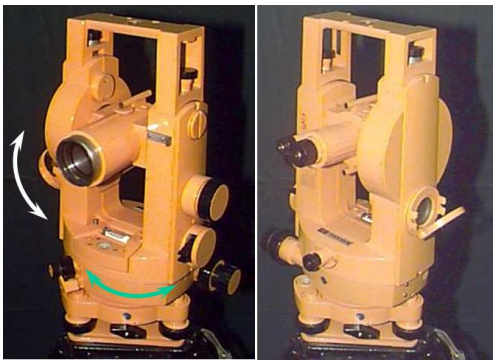
برای کنترل قرائت زاویه و افزایش دقت اندازه‌گیری زاویه از روشی استفاده می‌شود. که روش کوپل نامیده می‌شود. قبل از توضیح این روش مفهوم اندازه‌گیری زاویه در دو حالت دایره به راست و دایره به چپ شرح داده می‌شود.

اگر دوربین ترازیاب طوری قرار گیرد که لمب قائم (شکل زیر) در سمت چپ قرار گیرد، زاویه قرائت شده، دایره به چپ خوانده می‌شود.

شکل ۶-۱۵- لمب قائم و مفهوم دایره به چپ

حال اگر محور دوربین به صورت قائم چرخانده شود، بطوریکه جای عدسی چشمی و عدسی شیئ عوض شود و سپس دوربین به اندازه ۱۸۰ درجه به صورت افقی چرخانده

شود، لمب قائم در سمت راست قرار می‌گیرد. در این حالت زاویه قرائت شده، دایره به راست نامیده می‌شود.



شکل ۶-۱۶- چرخش دوربین و مفهوم دایره به راست

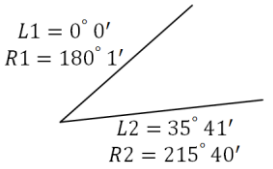
برای قرائت زاویه به روش کوپل ابتدا دوربین را در حالت دایره به چپ قرار داده و به امتداد اول نشانه‌روی شود. زاویه افقی دوربین را صفر نموده (L1)و به امتداد دوم نشانه-روی شود، سپس زاویه افقی بر روی امتداد دوم قرائت شود(L2). حال دوربین را در حالت دایره به راست قرار داده و به امتداد دوم نشانه‌روی نموده و زاویه آن قرائت شود(R2)، سپس بر روی امتداد اول نشانه‌روی نموده و زاویه قرائت شود(R1). برای بدست آوردن زاویه بین دو امتداد (α) می‌توان از فرمول ساده زیر استفاده نمود.

$$L = L2 - L1$$
$$R = R2 - R1$$
$$\alpha = \frac{R + L}{2}$$

☜ می‌توان زاویه امتداد اول را بر روی صفر قرار نداد. همچنین بین قرائت زاویه افقی در حالت دایره به راست و دایره به چپ بر حسب اینکه دوربین درجه‌ای یا گرادی باشد، ۱۸۰ درجه یا ۲۰۰ گراد اختلاف دارند. یعنی

$$R1 = L1 + 180^{\circ}$$
$$R1 = L1 + 200^{g}$$
$$R2 = L2 + 180^{\circ}$$
$$R2 = L2 + 200^{g}$$

مثال : زاویه بین دو امتداد به روش کوپل به صورت زیر قرائت شده است. این زاویه چند درجه است.



$$L = 35^{\circ}41' - 0^{\circ}0' = 35^{\circ}41'$$
$$R = 215^{\circ}40' - 180^{\circ}1' = 35^{\circ}39'$$
$$\alpha = \frac{35^{\circ}41' + 35^{\circ}39'}{2} = 35^{\circ}40'$$

با قرائت زاویه به روش کوپل امکان خطا کاهش یافته و دقت اندازه‌گیری زاویه افزایش می‌یابد. می‌توان برای دقت بیشتر زاویه را چندین کوپل خواند و برای دقت بیشتر از آنها میانگین‌گیری نمود.

۶–۷– خودآزمایی

۱. زاویه‌ای بین دو امتداد برابر ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقه و ۳۱ ثانیه است، اندازه این زاویه برحسب گراد محاسبه شود.

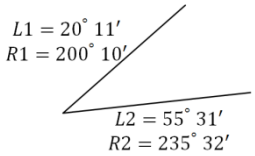
۲. زاویه‌ای قائم برای دو امتدادی که زاویه شیب آنها ۱۵ و ۳۶- درجه است، محاسبه شود.

۳. تفاوت دوربین زاویه‌یاب مکانیکی با دیجیتال بیان شود.

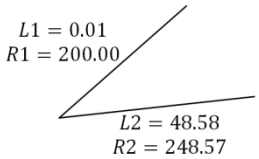
۴. درصورتیکه با یک دوربین زاویه‌یاب ثانیه‌ای زاویه یک امتداد در حالت دایره به چپ برابر $35^\circ 41' 29''$ قرائت شود، مقدار این زاویه در حالت دایره به راست محاسبه شود.

۵. درصورتیکه با یک دوربین زاویه‌یاب گرادی زاویه یک امتداد در حالت دایره به راست برابر۲۳۲,۵۴۲ قرائت شود، مقدار این زاویه در حالت دایره به چپ محاسبه شود.

۶. زاویه بین دو امتداد به روش کوپل به صورت زیر قرائت شده است. این زاویه چند درجه است.



۷. زاویه بین دو امتداد به روش کوپل به صورت زیر قرائت شده است. این زاویه چند گراد است.



۸. زاویه قائم یک امتداد با دوربین زاویه‌یاب برابر $23^\circ 21' 29''$ قرائت شده است. زاویه شیب امتداد محاسبه شود.

۹. زاویه قائم یک امتداد با دوربین زاویه‌یاب برابر $103^\circ 14' 45''$ قرائت شده است. زاویه شیب امتداد محاسبه شود.

۶–۸– فعالیت عملی

۱. دوربین‌های زاویه‌یاب را برروی ایستگاه موردنظر مستقر نموده و زاویه افقی و قائم بین امتدادهای مورد نظر قرائت شود.
۲. با روش کوپل زاویه افقی بین دو امتداد قرائت شود.

فصل ۷

آشنایی با اندازه‌گیری فاصله

در این فصل مفهوم فاصله و نحوه اندازه‌گیری آن با وسایل مختلف نقشه‌برداری شامل متر لیزری، دوربین‌های زاویه‌یاب، دوربین‌های ترازیاب و دوربین‌های توتال استیشن شرح داده می‌شود. همچنین روابط و ساختار اندازه‌گیری فاصله با وسایل مختلف نقشه-برداری و دقت‌های اندازه‌گیری فاصله بیان می‌شود.

- ☑ آشنایی با مفهوم فاصله و واحدهای اندازه‌گیری آن
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری فاصله با دوربین ترازیاب
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری فاصله با دوربین زاویه‌یاب
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با دوربین زاویه‌یاب
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری فاصله با متر لیزری
- ☑ آشنایی با اندازه‌گیری فاصله با دوربین توتال استیشن
- ☑ آشنایی با برآورد دقت اندازه‌گیری فاصله
- ☑ آشنایی با ساختار دوربین‌های الکترونیکی در اندازه‌گیری فاصله

۷–۱– مقدمه

برای تهیه نقشه نیاز به اندازه‌گیری می‌باشد، یکی از اندازه‌گیری‌های مهم در نقشه-برداری جهت تهیه نقشه، اندازه‌گیری فاصله می‌باشد. اندازه‌گیری فاصله برای تهیه یک مدل کوچکتر از دنیای واقعی ضروری است. فاصله به عنوان یک شاخص اصلی در تهیه نقشه و داده‌های مکانی مطرح است. هر چه اندازه‌گیری فاصله دقیق‌تر باشد، نقشه و مدل تهیه شده از دنیای واقعی دارای دقت بیشتری بوده و از اعتماد پذیری بالاتری برخوردار است. در این فصل وسایل اندازه‌گیری فاصله در نقشه‌برداری و نحوه استفاده از آنها شرح داده می‌شود.

۷–۲– مفهوم اندازه‌گیری طول

برای اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه، دو مفهوم فاصله مایل و فاصله افقی مطرح است. اندازه‌گیری فاصله بر اساس کاربرد تعریف می‌شود. فاصله افقی بیانگر فاصله بین دو نقطه در فضای مسطح است و فاصله مایل بیانگر فاصله بین دو نقطه در فضای سه‌بعدی است. اگر مختصات دو نقطه در فضای سه بعدی و سیستم مختصات کارتزین به صورت $A(x_a, y_a, z_a), B(x_b, y_b, z_b)$ تعریف شود، از نظر هندسی فاصله افقی(D) و مایل(L) به صورت زیر بیان می‌شود.

$$D = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}$$

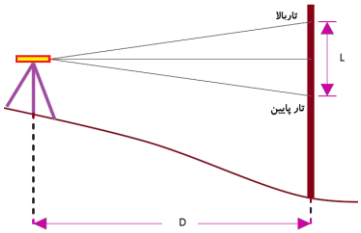
$$L = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 + (z_a - z_b)^2}$$

در نقشه‌برداری هر دو فاصله اندازه‌گیری شده و می‌توان آنها را به هم تبدیل نمود. وسایل و ابزارهای ساده و پیشرفته نقشه‌برداری امکان اندازه‌گیری فاصله با دقت‌های مختلف را فراهم می‌نمایند.

برای اندازه‌گیری فاصله معمولا از واحدهای متریک استفاده می‌شود. در کشور ما فاصله بین دو نقطه با واحد متر بیان می‌شود. هر ۱۰۰۰ متر یک کیلومتر می‌باشد. هر متر ۱۰۰ سانتیمتر و هر سانتیمتر برابر ۱۰ میلیمتر می‌باشد.

۷–۳– اندازه‌گیری فاصله با ترازیاب

برای اندازه‌گیری فاصله بین محل استقرار دوربین ترازیاب و نقطه استقرار شاخص، ابتدا دوربین ترازیاب در نقطه مورد نظر تراز شده و سپس شاخص در نقطه دیگر قرار داده شود. به شاخص نشانه‌روی شده و تار بالا و پایین آن قرائت شود. سپس می‌توان از رابطه زیر فاصله افقی را محاسبه نمود.



شکل ۷-۱- مفهوم اندازه‌گیری فاصله با دوربین ترازیاب

$$D = K \times L$$

در رابطه فوق :

L = تارپایین - تاربالا

و K عدد ثابت دوربین بوده و معمولا برابر ۱۰۰ است.

☜ این روش اندازه‌گیری فاصله را روش استادیمتری می‌نامند و K را عدد ثابت استادیمتری نیز می‌نامند. معمولا ترازیاب برای اندازه‌گیری فاصله در زمین‌های صاف می‌تواند استفاده شود.

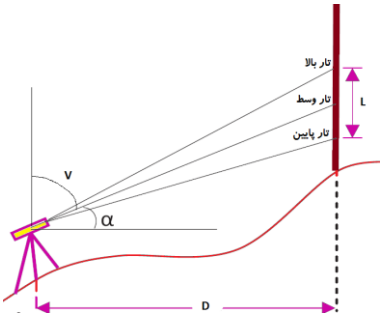
مثال : برای اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه از دوربین ترازیاب استفاده شده است و اعداد ۳۵۶۲ و ۲۰۱۱ برای تار بالا و تار پایین قرائت شده است. فاصله افقی بین دو نقطه چند متر است.

$$D = 100.(3562 - 2011) = 155100\text{mm} = 15.51\text{m}$$

☜ با توجه به اینکه قرائت روی شاخص بر حسب میلیمتر انجام می‌شود، فاصله بر حسب میلیمتر بدست می‌آید و برای تبدیل آن به متر بر ۱۰۰۰ تقسیم شده است.

۷–۴– اندازه‌گیری فاصله با زاویه‌یاب

برای اندازه‌گیری فاصله بین محل استقرار دوربین زاویه‌یاب و نقطه استقرار شاخص، ابتدا دوربین زاویه‌یاب را در نقطه مورد نظر سانتراژ و تراز نموده و سپس شاخص در نقطه دیگر قرار داده شود. به شاخص نشانه‌روی شده و تار بالا و پایین آن قرائت شود، سپس زاویه قائم آن خوانده شود. از دوربین زاویه‌یاب می‌توان برای اندازه‌گیری فاصله افقی بر روی سطح شیبدار استفاده نمود. شکل زیر این مفهوم را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۲- مفهوم اندازه‌گیری فاصله با دوربین زاویه‌یاب

می‌توان از روابط زیر فاصله افقی را محاسبه نمود.

$$D = \mathrm{K} \times \mathrm{L} \times \mathrm{Cos}^2\alpha$$

$$D = \mathrm{K} \times \mathrm{L} \times \mathrm{Sin}^2 v$$

در روابط فوق : α زاویه شیب و v زاویه قائم است.

$$v + \alpha = 90$$

L برابر اختلاف تاربالا و پایین و K عدد ثابت استادیمتری است.

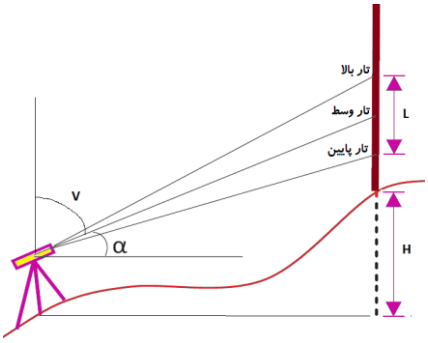
مثال : برای اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه از دوربین زاویه‌یاب استفاده شده است و اعداد ۳۵۲۲ و ۱۸۱۱ برای تار بالا و تار پایین قرائت شده است. زاویه قائم برابر ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه خوانده شده است. فاصله افقی بین دو نقطه چند متر است.

$$D = 100 \times (3522 - 3311) \times \mathrm{Sin}^2(55^\circ, 30') = 17389.06\mathrm{mm} = 17.389\mathrm{m}$$

۷–۵– اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با زاویه‌یاب

برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین محل استقرار دوربین زاویه‌یاب و نقطه استقرار شاخص، ابتدا دوربین زاویه‌یاب را در نقطه مورد نظر سانتراژ و تراز نموده و سپس شاخص در نقطه دیگر قرار داده شود. به شاخص نشانه‌روی شده و تار بالا، تار وسط و تار

پایین قرائت شود، سپس زاویه قائم آن خوانده شود و ارتفاع دوربین اندازه‌گیری شود. شکل زیر این مفهوم را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۳- مفهوم اندازه‌گیری فاصله با دوربین زاویه‌یاب

می‌توان از روابط زیر اختلاف ارتفاع را محاسبه نمود.

$$\Delta H = \mathrm{K}\times \mathrm{L}\times Sin\alpha \times \mathrm{Cos}\alpha + \mathrm{H_i} - H_r$$

$$\Delta H = \mathrm{K}\times \mathrm{L}\times Sinv \times \mathrm{Cos}v + \mathrm{H_i} - H_r$$

در روابط فوق : α زاویه شیب و v زاویه قائم است.

$$v+\alpha = 90$$

L برابر اختلاف تاربالا و پایین و K عدد ثابت استادیمتری است.

$\mathrm{H_i}$ برابر ارتفاع دوربین و H_r قرائت تار وسط است.

مثال : برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو نقطه از دوربین زاویه‌یاب استفاده شده است و اعداد ۳۵۲۲، ۳۵۱۱ و ۳۵۰۱ برای تار بالا، تار وسط و تار پایین قرائت شده است. زاویه قائم برابر ۸۵ درجه و ۳۰ دقیقه خوانده شده است و ارتفاع دوربین ۱,۴۵ متر است. اختلاف ارتفاع بین دو نقطه چند متر است.

$$\Delta H = 100\times(3522-3501)\times Sin(85^\circ,30')\times \mathrm{Cos}(85^\circ,30') + 1450 - 3511$$
$$= -1896.74mm = -1.894m$$

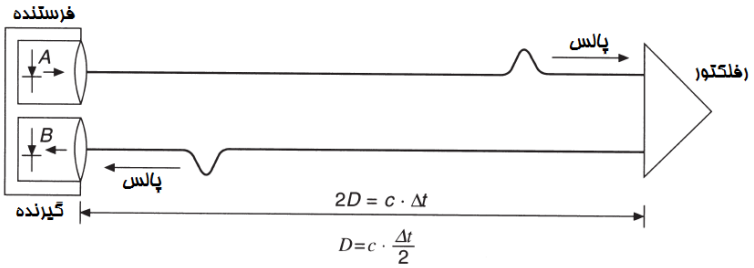
☜ در هنگام محاسبات به یکسان نمودن واحدها دقت شود.

۷–۶– اندازه‌گیری فاصله با طولیاب الکترونیکی

در روش اندازه‌گیری فاصله به صورت الکترونیکی دستگاه به دو صورت مبتنی بر اندازه-گیری زمان و مبتنی بر اندازه‌گیری فاز، فاصله بین دستگاه و نقطه مورد نظر را بدست می‌آورد.

❖ اندازه‌گیری الکترونیکی فاصله مبتنی بر زمان

در روش اندازه‌گیری الکترونیکی فاصله مبتنی بر زمان، پالس مشخصی به سمت نقطه مورد نظر توسط فرستنده دستگاه ارسال شده و پس از برخورد پالس به رفلکتور (منعکس کننده موج)، پالس ارسالی به سمت دستگاه بر می‌گردد و توسط گیرنده دستگاه دریافت می‌شود. در این حالت زمان رفت و برگشت اندازه‌گیری شده و با توجه به سرعت موج ارسالی فاصله محاسبه می‌شود. شکل زیر ساختار این نوع دستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۴- مفهوم اندازه‌گیری الکترونیکی فاصله مبتنی بر اندازه‌گیری زمان

$$D = \mathrm{C} \times \frac{\Delta t}{2}$$

در رابطه فوق، C سرعت موج و Δt زمان رفت و برگشت موج ارسالی می‌باشد.

مثال : اگر سرعت موج ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه باشد و زمان رفت و برگشت برابر ۵ میلی ثانیه باشد، فاصله چند متر است.

$$D = 300000000 \times \frac{0.000005}{2} = 750m$$

☜ در این روش با توجه به سرعت بالای موج نیاز به اندازه‌گیری زمان با دقت بالا وجود دارد، بنابراین اگر ساعت داخل دستگاه دقیق باشد، قیمت آنها گران بوده و در صورتیکه ساعت کم دقت باشد، فاصله اندازه‌گیری شده دارای دقت پایینی خواهد بود.

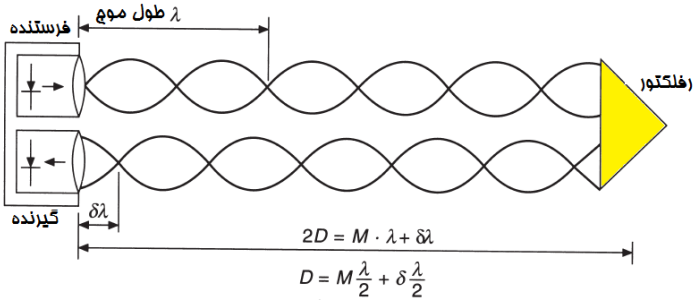
☜ دستگاه‌هایی که اندازه‌گیری فاصله را به روش‌های الکترونیکی انجام می‌دهند، طولیاب الکترونیکی نامیده می‌شوند.

☜ رفلکتورها وسایلی متشکل از منشورهای چند وجهی هستند که موج ارسالی از دستگاه طولیاب الکترونیکی را دقیقا به سمت فرستنده منعکس نموده و بر می‌گردانند.

شکل ۷-۵- یک نوع رفلکتور

❖ اندازه‌گیری الکترونیکی فاصله مبتنی بر فاز

در این روش فاز ارسالی و فاز دریافتی حاصل از موج برگشتی توسط یک فازیاب داخل دستگاه طولیاب مقایسه می‌شوند. شکل زیر ساختار دستگاه‌های طولیاب مبتنی بر فاز را جهت اندازه‌گیری فاصله نشان می‌دهد.



شکل ۷-۶- مفهوم اندازه‌گیری الکترونیکی فاصله مبتنی بر اندازه‌گیری فاز

مطابق شکل فوق در روش مبتنی بر فاز، توسط فازیاب، تعداد امواج کامل شمارش شده و اختلاف فاز نیز اندازه‌گیری می‌شود. در فرمول فوق، λ طول موج، M تعداد موج کامل و $\delta\lambda$ طول موج ناقص می‌باشد.

☜ در این روش دقت اندازه‌گیری فاصله به طول موج ارسالی وابسته است، بنابراین هرچه طول موج کوتاهتر باشد، دقت اندازه‌گیری فاصله بیشتر است.

☜ دقت اندازه‌گیری طول در طولیاب‌ها به صورت m+n ppm بیان می‌شود که در آن m مقدار ثابت بر حسب میلیمتر و n بیان‌کننده، n میلیمتر خطا در یک کیلومتر اندازه-گیری است. به عبارت دیگر اندازه‌گیری طول با این طولیاب دارای خطای ثابت m میلیمتر بوده و در هر کیلومتر اندازه‌گیری فاصله، n میلیمتر خطا وجود دارد.

مثال : اگر دقت اندازه‌گیری طول با یک طولیاب برابر 2+3 ppm باشد. دقت اندازه‌گیری یک طول ۵ کیلومتری با این نوع طولیاب چند میلیمتر است.

$$e = 2 + 3 * 5 = 17mm$$

۷–۷– متر لیزری

متر لیزری به عنوان یک ابزار مناسب جهت اندازه‌گیری فاصله به روش الکترونیکی با دقت مناسب در فواصل کوتاه و معمولا داخل فضای بسته استفاده می‌شود. متر لیزری، لیزر را به سمت هدف مورد نظر ارسال نموده و فاصله محل استقرار متر لیزری تا هدف را اندازه‌گیری می‌نماید. متر لیزری دارای دقت اندازه‌گیری فاصله بین ۱ تا ۲ میلیمتر بوده و بسته به نوع آن می‌تواند فواصل تا ۲۰۰ متر را اندازه‌گیری نماید. در این مترها برنامه‌های جانبی برای اندازه‌گیری مساحت، حجم و غیره وجود دارد. برخی از مترهای لیزری دارای شیب‌سنج دیجیتال بوده و امکان اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع را نیز فراهم می‌نمایند.

یکی از مهمترین مزیت این نوع دستگاه‌ها، یادگیری سریع و استفاده آسان از آنها می-باشد.

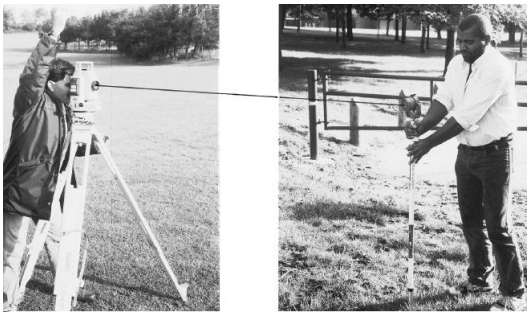
شکل ۷–۷– متر لیزری

۷–۸– دوربین توتال استیشن

دوربین توتال استیشن ترکیبی از زاویه‌یاب الکترونیکی و طولیاب الکترونیکی به همراه برنامه‌های نرم‌افزاری جهت محاسبه مستقیم مختصات و سایر امور کاربردی نقشه‌برداری زمینی می‌باشد. امروزه استفاده از این نوع دوربین‌ها برای انجام امور نقشه‌برداری زمینی گسترش زیادی یافته است. آسان بودن کار با این نوع دوربین‌ها و سرعت بالاتر نسبت به روش‌های سنتی از مزایای دوربین‌های توتال استیشن می‌باشد. بطورکلی توتال استیشن مجموعه‌ای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که مشاهدات زاویه افقی و قائم و فاصله را اندازه‌گیری و با پردازش آنها مختصات نقاط مشاهده شده را محاسبه می‌نماید. همچنین برای پیاده نمودن (مانند مشخص نمودن گوشه‌های یک زمین یا مشخص نمودن مسیر راه طراحی شده بر روی زمین) استفاده می‌شود. به طورکلی مراحل استفاده از این نوع دوربین‌ها به صورت زیر است.

- استقرار دوربین بر روی ایستگاه: در این حالت مانند آنچه برای دوربین‌های زاویه‌یاب شرح داده شد، دوربین سانتراژ و تراز می‌شود. با این تفاوت که در این نوع دوربین‌ها برای سانتراژ نمودن به جای استفاده از شاقول اپتیکی از شاقول لیزری استفاده می‌شود. با روشن نمودن دستگاه نقطه لیزری بر روی زمین دیده می‌شود که با جابجا نمودن پایه‌های سه‌پایه، لیزر بر روی نقطه قرار داده می‌شود. با توجه به تنوع مدل‌های دوربین توتال استیشن، جهت آشنایی با نحوه سانتراژ و تراز نمودن آنها به دفترچه راهنمای این نوع دوربین‌ها، مراجعه شود.
- ایجاد یک فایل (Job) در دستگاه: در این حالت برای ذخیره داده‌ها یک فایل با نام مورد نظر ایجاد شود.
- معرفی پارامترهای لازم به دستگاه: در این حالت ارتفاع دوربین و ارتفاع منشور و سایر پارامترهای لازم به دستگاه معرفی شود.
- توجیه دستگاه: به امتداد مورد نظر جهت صفر نمودن زاویه افقی نشانه‌روی شده و بر روی امتداد مورد نظر صفر صفر شود.
- برداشت داده‌ها : به نقاطی که یافتن موقعیت آنها مورد نظر است، نشانه-روی شده و اطلاعات برداشت می‌شود.

- تخلیه داده‌ها: پس از اتمام عملیات زمینی، توتال استیشن را به کامپیوتر متصل نموده و با نرم‌افزار خاص دستگاه توتال استیشن، داده‌ها (مختصات نقاط) به داخل کامپیوتر شخصی انتقال داده می‌شود.
- ترسیم نقشه: با داشتن مختصات نقاط می‌توان در نرم‌افزارهای CAD نسبت به ترسیم نقشه اقدام نمود.



شکل ۷-۸- برداشت نقاط با دوربین توتال استیشن

۷–۹– خودآزمایی

۱. برای اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه از دوربین ترازیاب استفاده شده است و اعداد ۲۵۶۲ و ۱۱۷۲ برای تار بالا و تار پایین قرائت شده است. فاصله افقی بین دو نقطه چند متر است.
۲. برای اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه از دوربین زاویه‌یاب استفاده شده است و اعداد ۳۵۲۲ و ۳۳۲۸ برای تار بالا و تار پایین قرائت شده است. زاویه شیب برابر ۱۵ درجه و ۳۰ دقیقه خوانده شده است. فاصله افقی بین دو نقطه چند متر است.
۳. برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو نقطه از دوربین زاویه‌یاب استفاده شده است و اعداد ۲۵۲۲، ۲۵۱۰ و ۲۴۹۸ برای تار بالا، تار وسط و تار پایین قرائت شده است. زاویه افقی برابر ۱۵ درجه و ۳۰ دقیقه خوانده شده است و ارتفاع دوربین ۱٫۶۵ متر است. اختلاف ارتفاع بین دو نقطه چند متر است.
۴. اگر سرعت موج ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه باشد و زمان رفت و برگشت برابر ۰٫۵۲ میلی‌ثانیه باشد، فاصله چند متر است.
۵. دقت اندازه‌گیری فاصله در دستگاه‌های طولیاب مبتنی بر فاز به چه عاملی بستگی دارد.
۶. دقت اندازه‌گیری فاصله در دستگاه‌های طولیاب مبتنی بر زمان به چه عاملی بستگی دارد.
۷. اگر دقت اندازه‌گیری طول با یک طولیاب برابر 4+5 ppm باشد. دقت اندازه‌گیری یک طول ۲۵۰۰ متری با این نوع طولیاب چند میلیمتر است.

۷–۱۰– فعالیت عملی

۱. با دوربین ترازیاب و زاویه‌یاب فاصله بین دو نقطه اندازه‌گیری شود.
۲. با دوربین توتال استیشن فاصله افقی و مایل بین دو نقطه اندازه‌گیری شود.

۷–۱۱– تحقیق

۱. گزارش تحقیقی در مورد دقت اندازه‌گیری زاویه و اندازه‌گیری طول برای مدل‌های مختلف توتال استیشن که بیشتر در ایران استفاده می‌شوند، نوشته شود.

۲. یک نوع مدل دوربین توتال استیشن انتخاب نموده و در مورد برنامه‌های داخل آن تحقیق شود.
۳. در مورد پارامتر ثابت منشور و انواع منشورها تحقیق شود.

فصل ۸

آشنایی با توجیه امتداد و تعیین موقعیت

در این فصل ابتدا مفهوم امتداد مبنا، توجیه امتداد نسبت به شمال، شمال جغرافیایی، شمال مغناطیسی، شمال شبکه، ژیزمان، آزیموت و زاویه حامل شرح داده می‌شود. سپس سیستم مختصات محلی، تعیین موقعیت در سیستم مختصات محلی، پیمایش و نحوه محاسبه مختصات شرح داده می‌شود.

- ☑ آشنایی با شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی
- ☑ آشنایی با شمال شبکه
- ☑ آشنایی با مفهوم توجیه امتداد
- ☑ آشنایی با ژیزمان و آزیموت
- ☑ آشنایی با زاویه حامل
- ☑ آشنایی با سیستم مختصات محلی
- ☑ آشنایی با مختصات
- ☑ آشنایی با محاسبه مختصات و تعیین موقعیت
- ☑ آشنایی با پیمایش

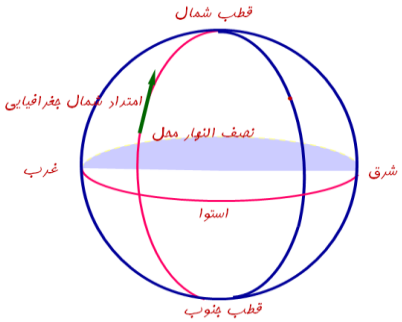
۸–۱– مقدمه

همواره بشر برای رفتن از محلی به محل دیگر نیاز به توجیه خود و تعیین موقعیت داشته است. در گذشته معمولا برای تعیین موقعیت در روز از خورشید و در شب از ستارگان استفاده می‌شده است. هدف اصلی یافتن شمال و در نتیجه توجیه مسیر حرکت خود بوده است. در دنیای حاضر با توجه به رشد سریع تکنولوژی و جمعیت مفهوم مکان و موقعیت اهمیت ویژه‌ای یافته است. طراحی و جانمایی سازه‌ها، طراحی و پیاده‌سازی مسیر راه‌ها، طراحی و پیاده‌سازی روند توسعه در بخش‌های مختلف کشاورزی، محیط زیست، معدن، منابع طبیعی و صنایع مختلف نیاز به نقشه و بیان موقعیت دارد. بنابراین تعیین موقعیت دقیق پدیده‌های طبیعی و مصنوعی جهت دستیابی به یک طرح مناسب در راستایی دستیابی به اهداف مورد نظر ضروری است. در این فصل ابتدا توجیه امتداد نسبت به شمال، نحوه تعریف سیستم مختصات برای نقشه-برداری از مناطق با وسعت کم شرح داده می‌شود و سپس نحوه تعیین موقعیت و محاسبه مختصات شرح داده می‌شود.

۸–۲– تعریف امتداد مبنا

قبل از توجیه یک امتداد نیاز به تعریف امتداد مبنا وجود دارد. امتداد مبنا در نقشه-برداری معمولا امتداد شمال است، یعنی خطی که جهت شمال را نشان می‌دهد.
در نقشه‌برداری امتداد مبنا، معمولا به صورت یکی از سه حالت زیر می‌تواند تعریف شود.

- ❖ شمال جغرافیایی: اگر از محل استقرار دوربین، خطی به قطب شمال وصل شود، این امتداد، امتداد شمال جغرافیایی نامیده می‌شود. به عبارت دیگر امتداد نصف‌النهار محل استقرار دوربین به سمت قطب شمال، جهت شمال جغرافیایی نامیده می‌شود. شمال جغرافیایی، شمال واقعی نیز نامیده می‌شود و آنرا با TN (True North) نشان می‌دهند. با تعریف امتداد شمال جغرافیایی می‌توان سایر جهت‌های جغرافیایی مانند شرق، غرب و جنوب را نیز تعریف نمود. شکل زیر شمال جغرافیایی و جهت‌های جغرافیایی را نشان می‌دهند.



شکل ۸-۱- شمال جغرافیایی و جهت‌های جغرافیایی

❖ شمال مغناطیسی: با توجه به میدان مغناطیسی زمین (ناشی از حرکت دورانی زمین) و ساختار قطب‌نما (که مانند یک آهن‌ربا عمل می‌کند و قطب‌های همنام همدیگر را جدب می‌نمایند) که تمایل به قرارگیری در جهت میدان مغناطیسی زمین دارد. جهتی را که عقربه قطب‌نما نشان می‌دهد، امتداد شمال مغناطیسی نامیده می‌شود و آنرا با MN (Magnetic North) نشان می‌دهند. شکل زیر یک قطب‌نما را نشان می‌دهد. در قطب‌نماهای نقشه‌برداری معمولا فلش سفیدرنگ (N) جهت شمال و فلش قرمز رنگ (S) جهت جنوب را نشان می‌دهد.

شکل ۸-۲-شکل یک نوع قطب نما

❖ شمال شبکه: جهت محور yها در نقشه را اصطلاحا شمال شبکه می‌نامند و با با GN (Grid North) نشان می‌دهند.

☜ شمال مغناطیسی و شمال جغرافیایی بر هم منطبق نبوده و با هم اختلاف دارند، این اختلاف زاویه انحراف مغناطیسی نامیده می‌شود. شمال شبکه می‌تواند همان شمال مغناطیسی یا جغرافیایی بر روی نقشه باشد.

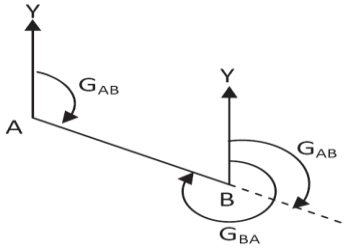
۸–۳– توجیه امتداد

مشخص کردن اندازه زاویه بین امتداد مورد نظر با امتداد مبنا، توجیه امتداد نامیده می‌شود. برای توجیه امتداد با توجه به تعریف امتداد مبنا مفاهیم زیر تعریف می‌شود.

❖ ژیزمان (Gisement): زاویه بین امتداد مورد نظر با شمال شبکه در نقشه و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت را ژیزمان می‌نامند و با G نشان می‌دهند. شکل زیر ژیزمان امتداد AB را در حالتهای مختلف نشان می‌دهد.

☜درصورتیکه ژیزمان امتداد AB معلوم باشد و خواسته شود ژیزمان امتداد BA محاسبه شود، اصطلاحا ژیزمان امتداد BA را ژیزمان معکوس امتداد AB می‌نامند. ژیزمان معکوس یک امتداد با ژیزمان آن ۱۸۰ درجه (یا ۲۰۰ گراد) اختلاف دارد. اگر ژیزمان یک امتداد کوچکتر از ۱۸۰ درجه باشد، ژیزمان معکوس آن با ۱۸۰ درجه جمع می‌شود و در صورتیکه ژیزمان یک امتداد بزرگتر از ۱۸۰ باشد، ژیزمان معکوس آن از ۱۸۰ درجه کم می‌شود.

$$G_{BA} = G_{AB} \pm 180$$

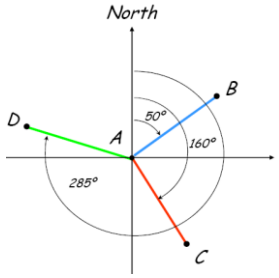


شکل ۸-۳- ژیزمان و ژیزمان معکوس امتداد AB

مثال: اگر ژیزمان دو امتداد به ترتیب ۲۰ و ۲۳۵ درجه باشد، ژیزمان معکوس آنها چند درجه است.

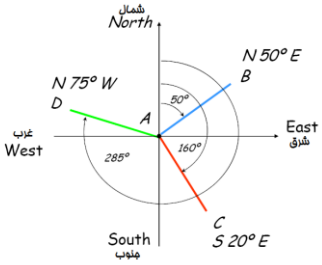
$$G_{20}^{\text{معکوس}} = 20 + 180 = 200$$
$$G_{235}^{\text{معکوس}} = 235 - 180 = 55$$

❖ آزیموت (Azimuth): زاویه بین امتداد مورد نظر با شمال جغرافیایی یا شمال مغناطیسی را آزیموت جغرافیایی یا آزیموت مغناطیسی می‌نامند و با Az نشان می‌دهند. شکل زیر آزیموت چند امتداد را نسبت به شمال جغرافیایی نشان می‌دهد.



شکل ۸-۴- آزیموت امتدادهای AB، AC و AD

❖ زاویه حامل (Bearing): زاویه بین امتداد مورد نظر با جهت‌های اصلی شمال شرقی، شمال غربی، جنوب شرقی و جنوب غربی، زاویه حامل می‌نامند. شکل زیر رابطه بین ژیزمان و زاویه حامل را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۵- رابطه بین ژیزمان و زاویه حامل

در شکل فوق رابطه بین ژیزمان و زاویه حامل به صورت زیر است :

✓ در ناحیه شمال شرقی (NE) یعنی ژیزمان کوچکتر از ۹۰ درجه باشد.

$$B_{AB} = G_{AB}$$

و به صورت NE مطابق شکل فوق نمایش داده می‌شود.

✓ در ناحیه جنوب شرقی (SE) یعنی ژیزمان بین ۹۰ و ۱۸۰ درجه باشد.

$$B_{AB} = 180 - G_{AB}$$

و به صورت SE نمایش مطابق شکل فوق داده می‌شود.

✓ در ناحیه جنوب غربی (SW) یعنی ژیزمان بین ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه باشد.

$$B_{AB} = G_{AB} - 180$$

و به صورت SW نمایش داده می‌شود.

✓ در ناحیه شمال غربی (NW) یعنی ژیزمان بین ۲۷۰ و ۳۶۰ درجه باشد.

$$B_{AB} = 360 - G_{AB}$$

و به صورت NW نمایش مطابق شکل فوق داده می‌شود.

مثال: اگر ژیزمان یک امتداد ۲۳۸ درجه باشد، زاویه حامل آن چند درجه است.

$$B = 238 - 180 = 58$$

S58W

مثال: اگر زاویه حامل یک امتداد برابر N20W باشد، ژیزمان آن چند درجه است.

$$G = 360 - 20 = 340$$

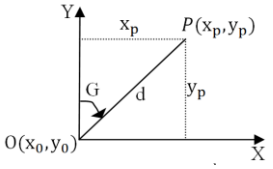
☜ در نقشه‌برداری معمولا برای بیان و تعریف توجیه امتدادها از مفهوم ژیزمان استفاده می‌شود.

☜ در نقشه‌برداری زمینی معمولا برای توجیه امتداد از قطب نما استفاده می‌شود، بدین ترتیب که با قطب‌نما به امتداد مورد نظر نشانه‌روی نموده و زاویه بین شمال و امتداد مورد نظر بر روی صفحه مدرج قطب‌نما قرائت می‌شود. این زاویه بیانگر آزیموت مغناطیسی است و در نقشه معمولا شمال شبکه منطبق بر شمال مغناطیسی در نظر گرفته می‌شود، یعنی ژیزمان بر آزیموت مغناطیسی منطبق است.

۸–۴– سیستم مختصات و تعیین موقعیت

مطابق آنچه در فصل دوم بیان شد، در سیستم مختصات محلی که برای نقشه‌برداری از مناطق کوچک تعریف می‌شود. مبدا نقطه‌ای روی سطح زمین در محل نقشه‌برداری در نظر گرفته می‌شود. جهت محور y به سمت شمال و محور z عمود بر سطح زمین در مبدا (امتداد شاقولی) است و محور x عمود بر محور y و z باشد.

در این سیستم مختصات موقعیت هر نقطه در فضای سه بعدی با (x,y,z) بیان می‌شود. در فضای مسطحاتی موقعیت هر نقطه با (x,y) بیان می‌شود و ارتفاع آن نیز با Z بیان می‌شود. در شکل زیر نحوه محاسبه مختصات نقطه P در یک سیستم مختصات محلی با مبدا O، با استفاده از ژیزمان امتداد (G) و فاصله افقی (d) نشان داده شده است.



شکل ۸-۶- موقعیت نقطه P

مطابق شکل فوق مختصات نقطه P از روابط زیر محاسبه می‌شود.

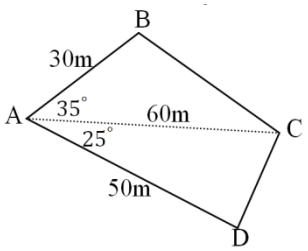
$$x_p = x_0 + d \times \mathrm{Sin}(G_{op})$$
$$y_p = y_0 + d \times \mathrm{Cos}(G_{op})$$
$$z_p = z_0 + \Delta H$$

☜معمولا مختصات مبدا برای جلوگیری از منفی شدن مختصات نقاط به جای (0,0) مقدار (1000,1000) منظور می‌گردد. برای ارتفاع نیز به جای ارتفاع صفر، ارتفاع ۱۰۰ متر برای مبدا در نظر گرفته می‌شود.

مثال: اگر ژیزمان یک نقطه برابر $35^\circ 20'$ و فاصله آن تا مبدا برابر ۱۰۲,۲۳ باشد، در صورتیکه مختصات مبدا برابر (1000,1000) باشد. مختصات نقطه مورد نظر محاسبه شود.

$$x_p = 1000 + 102.23 \times \mathrm{Sin}(35^\circ 20') = 1059.123$$
$$y_p = 1000 + 102.23 \times \mathrm{Cos}(35^\circ 20') = 1083.399$$

مثال: برای تهیه نقشه یک زمین کشاورزی مانند شکل زیر زوایای افقی و فاصله افقی از نقطه مبنای A اندازه‌گیری شده است. ژیزمان امتداد AB نیز برابر ۹۰ درجه است. مختصات نقاط زمین مورد نظر محاسبه شود.



فرض مختصات نقطه A برابر (1000,2000) در نظر گرفته شود. مطابق شکل ژیزمان امتدادهای AC و AD به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$G_{AC} = G_{AB} + 35 = 90 + 35 = 125$$
$$G_{AD} = G_{AB} + 35 + 25 = 90 + 60 = 150$$

برای محاسبه مختصات نقاط از روابط زیر استفاده می‌شود.

$$x_B = 1000 + 30 \times \mathrm{Sin}(90^\circ) = 1030.00$$
$$y_B = 1000 + 30 \times \mathrm{Cos}(90^\circ) = 1000.00$$
$$x_C = 1000 + 60 \times \mathrm{Sin}(125^\circ) = 1049.15$$

$$y_C = 1000 + 60 \times \text{Cos}(125^\circ) = 965.58$$

$$x_D = 1000 + 50 \times \text{Cos}(150^\circ) = 1025.00$$

$$y_D = 1000 + 50 \times \text{Cos}(150^\circ) = 956.70$$

☜ با داشتن مختصات نقاط می‌توان شکل زمین را در محیط نرم‌افزار اتوکد ترسیم نمود.

☜ در این روش محل استقرار دوربین به عنوان نقطه مبنا و جهت شمال به عنوان محور y در نظر گرفته می‌شود.

برای محاسبه فاصله بین دو نقطه به مختصات $A(x_a, y_a), B(x_b, y_b)$ از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$d = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}$$

برای محاسبه ژیزمان یک امتداد به کمک مختصات ابتدا و انتهای آن از روابط زیر استفاده می‌شود.

$$\Delta x = x_a - x_b$$

$$\Delta y = y_a - y_b$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left|\frac{\Delta y}{\Delta x}\right|$$

اگر $\Delta y > 0$ و $\Delta x > 0$ باشد آنگاه: $G_{ab} = \alpha$

اگر $\Delta y < 0$ و $\Delta x > 0$ باشد آنگاه: $G_{ab} = 180 - \alpha$

اگر $\Delta y < 0$ و $\Delta x < 0$ باشد آنگاه: $G_{ab} = 180 + \alpha$

اگر $\Delta y > 0$ و $\Delta x < 0$ باشد آنگاه: $G_{ab} = 360 - \alpha$

مثال : اگر مختصات دو نقطه برابر $A(50,150), B(100,100)$ باشد، فاصله و ژیزمان امتداد AB محاسبه شود.

$$d = \sqrt{(50-100)^2 + (150-100)^2} = 70.71$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left|\frac{150-100}{50-100}\right| = 45$$

چون $\Delta y = 150-100 > 0$ و $\Delta x = 50-100 < 0$ می‌باشد آنگاه:

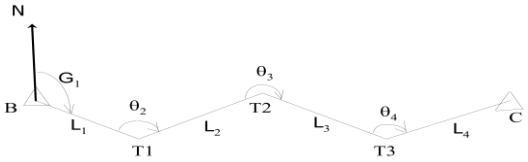
$$G_{ab} = 360 - 45 = 315$$

۸–۵– مفهوم پیمایش

برای نقشه‌برداری از مناطق وسیع، تهیه نقشه فقط از یک ایستگاه امکان پذیر نمی‌باشد. لذا جهت افزایش دقت و برداشت همه نقاط لازم است ابتدا یکسری نقاط مبنا در منطقه با مختصات دقیق ایجاد نمود. پیمایش یکی از روش‌های تعیین موقعیت مجموعه‌ای از نقاط مبنا است.

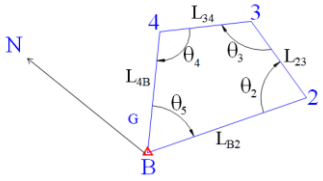
در نقشه‌برداری از دو نوع پیمایش استفاده می‌شود.

- ✓ پیمایش باز: در این نوع پیمایش نقطه شروع و پایان جدا از هم هستند. معمولا برای نقشه‌برداری مسیر راه‌ها، انتقال خطوط لوله، شبکه‌های انتقال و رودخانه‌ها از این نوع پیمایش استفاده می‌شود.



شکل ۸-۷- یک پیمایش باز

- ✓ پیمایش بسته: در این نوع پیمایش نقطه ابتداد و پایان یکی است.

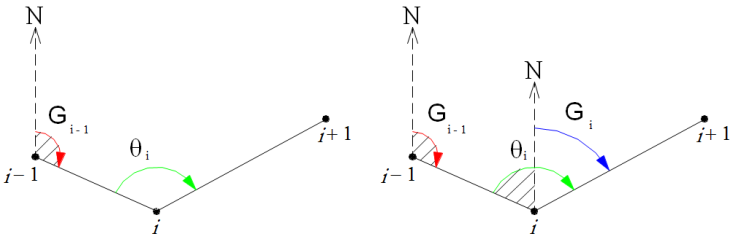


شکل ۸-۷- یک پیمایش بسته

برای محاسبه مختصات نقاط مبنا در پیمایش زوایای بین امتدادها، طول‌های بین نقاط مبنا و ژیزمان یک امتداد اندازه‌گیری می‌شود.

در پیمایش ابتدا ژیزمان یک امتداد به سایر امتدادها انتقال داده می‌شود و در نتیجه ژیزمان هر امتداد محاسبه می‌شود. سپس با داشتن ژیزمان و طول می‌توان مختصات نقاط مبنا را محاسبه نمود.

به عنوان مثال در شکل زیر نحوه انتقال ژیزمان نشان داده شده است. هدف این است که با داشتن ژیزمان امتداد قبلی G_{i-1} و زاویه بین دو امتداد بعدی θ_i، ژیزمان امتداد بعدی G_i محاسبه شود. مطابق شکل زیر: $G_i = G_{i-1} - (180 - \theta_i)$



شکل ۸-۸- مفهوم انتقال ژیزمان

برای انتقال ژیزمان یک امتداد به امتداد بعدی بهترین روش ترسیم شکل و انجام محاسبات مطابق شکل است.

مثال: در شکل قبل اگر مختصات نقطه ابتدا برابر (100,100) فرض شود و در صورتیکه ژیزمان امتداد اول برابر ۱۲۰ درجه و طول امتداد برابر ۱۰۰ متر باشد و زاویه بین امتداد اول و دوم برابر ۱۴۵ درجه باشد.

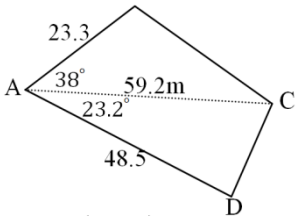
$$G_i = 120 - (180 - 145) = 85$$

$$x_i = 100 + 100 \times \mathrm{Sin}(85^\circ) = 199.62$$

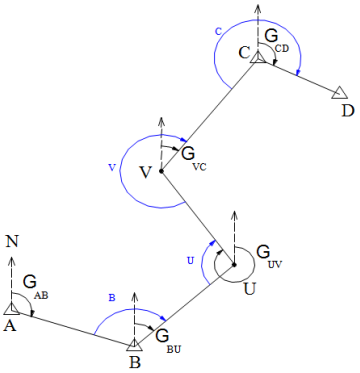
$$y_i = 100 + 100 \times \mathrm{Cos}(85^\circ) = 108.72$$

۸–۶– خودآزمایی

۱. زاویه انحراف مغناطیسی تعریف شود.
۲. شمال مغناطیسی چگونه اندازه‌گیری می‌شود.
۳. اگر ژیزمان دو امتداد به ترتیب ۲۵,۵ و ۳۴۳,۲ درجه باشد، ژیزمان معکوس آنها چند درجه است.
۴. اگر ژیزمان یک امتداد ۱۷۲,۳ درجه باشد، زاویه حامل آن چند درجه است.
۵. اگر زاویه حامل یک امتداد برابر N20E باشد، ژیزمان آن چند درجه است.
۶. اگر ژیزمان یک نقطه برابر $108^{\circ}20'$ و فاصله آن تا مبدا برابر ۵۲,۲۳ باشد، در صورتیکه مختصات مبدا برابر (1000,1000) باشد. مختصات نقطه مورد نظر محاسبه شود.
۷. برای تهیه نقشه یک زمین مانند شکل زیر زوایای افقی و فاصله افقی از نقطه مبنای A اندازه‌گیری شده است. ژیزمان امتداد AB نیز برابر ۱۲۵ درجه است. مختصات نقاط زمین مورد نظر محاسبه شود.



۸. اگر مختصات دو نقطه برابر $A(50,50), B(50,100)$ باشد، فاصله و ژیزمان امتداد AB محاسبه شود.
۹. اگر ژیزمان امتداد AB برابر ۴۵ درجه و زوایای B، U، V و C برابر ۱۲۵، ۵۰، ۲۵۰ و ۲۳۰ درجه باشد، ژیزمان سایر امتدادها محاسبه شود.



۱۰. در مسئله قبل اگر طول‌ها به ترتیب برابر ۸۵، ۹۵، ۷۵، ۱۰۵ و ۵۵ متر باشد، مختصات نقاط مبنا محاسبه شود.

۸–۷– فعالیت عملی

۱. با قطب نما، آزیموت چند امتداد اندازه‌گیری شود.
۲. بر روی یک نقشه ژیزمان چند امتداد اندازه‌گیری شود.
۳. دوربین تئودولیت را در نقطه‌ای مستقر نموده و با محاسبه ژیزمان و فاصله تا نقاط مورد نظر در محوطه دانشگاه، مختصات نقاط را محاسبه نموده و با اتصال آنها به همدیگر در نرم‌افزاراتوکد، نقشه محوطه دانشگاه ترسیم شود.
۴. با بستن یک پیمایش مختصات نقاط مبنا را محاسبه نموده و نقشه محوطه دانشگاه برداشت و ترسیم شود.

۸–۸– تحقیق

۱. گزارش تحقیقی در مورد نحوه پیدا کردن زاویه بین امتداد موردنظر با شمال جغرافیایی، نوشته شود.

فصل ۹

آشنایی با نقشه‌برداری توپوگرافی

در فصول قبل نحوه اندازه‌گیری طول، اختلاف ارتفاع، زاویه و ژیزمان جهت محاسبه مختصات و تعیین موقعیت شرح داده شد. در این فصل نحوه برداشت مختصات عوارض شرح داده می‌شود. همچنین ساختار و نوع عوارض و نحوه نمایش آنها به طور خلاصه شرح داده می‌شوند. نمایش عوارض در قالب نقشه در درس کارتوگرافی شرح داده شده است.

- ☑ آشنایی با مفهوم عارضه
- ☑ آشنایی با عوارض مسطحاتی و ارتفاعی
- ☑ آشنایی با مفهوم توپوگرافی
- ☑ آشنایی با عوارض مصنوعی و طبیعی
- ☑ آشنایی با ساختار هندسی عوارض
- ☑ آشنایی با نحوه برداشت مختصات عوارض
- ☑ آشنایی با نحوه نمایش پستی و بلندی‌های زمین

۹–۱– مقدمه

اشیا طبیعی و غیرطبیعی که موقعیت آنها برای کاربرد مورد نظر مورد نیاز است، اصطلاحا عارضه نامیده می‌شوند. چگونگی برداشت مختصات مربوط به هر عارضه و نمایش آن در قالب نقشه هدف اصلی نقشه‌برداری می‌باشد. در این فصل برخی از عوارض طبیعی و غیرطبیعی همراه با نحوه جمع‌آوری موقعیت آنها شرح داده می‌شود. جهت اطلاع از نام عوارض، ساختار و نحوه برداشت آنها می‌توان به استانداردهای سازمان نقشه‌برداری کشور مراجعه نمود.

۹–۲– مفهوم عارضه

هر شیئ که بیانگر یک موجودیت طبیعی مانند درخت یا یک موجودیت غیرطبیعی مانند ساختمان باشد، اصطلاحا در نقشه‌برداری عارضه نامیده می‌شود.

عوارض به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- ✓ عوارض طبیعی: عوارضی که ساخته طبیعت باشند. مانند رودخانه، درخت، جنگل
- ✓ عوارض غیرطبیعی (مصنوعی): عوارضی که ساخته دست بشر باشند. مانند ساختمان، پل، راه

☜ شناسایی عوارض مورد نظر جهت برداشت موقعیت آنها و نمایش در نقشه به کابرد بستگی دارد. به عنوان نمونه در نقشه‌های زمین‌شناسی، عارضه گسل و در نقشه‌های منابع طبیعی عارضه مرتع از اهمیت بیشتری برخودار هستند.

۹–۳– ساختار هندسی عوارض

ساختار هندسی بیانگر شناسایی المان‌های هندسی مناسب مانند نقطه، خط، پلیگون جهت بیان موقعیت عوارض می‌باشد.

ساختار هندسی عوارض به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ✓ عوارض نقطه‌ای: عوارضی که موقعیت آنها با یک نقطه قابل بیان باشد. در نقشه معمولا به صورت سمبل نشان داده می‌شوند. مانند تیربرق، تک درخت

- ✓ عوارض خطی: عوارضی که موقعیت آنها با خط (پلی‌لاین) شامل چند نقطه قابل بیان باشد. این عوارض داری ساختار خطی یعنی عرض کم و طول بلند دارند. مانند مسیر راه‌ها، خطوط انتقال، جوی و جدول
- ✓ عوارض سطحی: عوارضی که موقعیت آنها با پلیگون قابل بیان باشد. این عوارض یک سطح را می‌پوشانند. مانند ساختمان، جنگل، چمن، مرتع، استادیوم

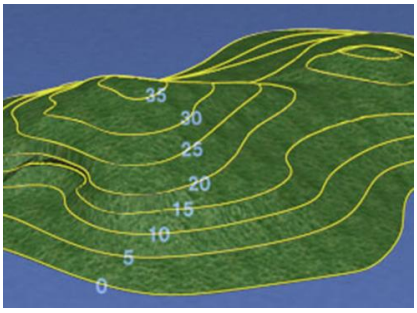
۹–۴– نقشه توپوگرافی

عوارض از نظر نمایش ساختار زمین به دو دسته تقسیم می‌شوند.

- ✓ عوارض مسطحاتی: این عوارض شامل موجودیت‌هایی که دقت مسطحاتی (مختصات x و y) آنها از اهمیت بیشتری برخودار است، می‌شوند. مانند ساختمان، خیابان
- ✓ عوارض توپوگرافی (ارتفاعی): عوارضی که برای بیان پستی و بلندی‌های زمین استفاده می‌شوندو برای بیان شکل سه بعدی زمین کاربرد دارند. مانند نقاط ارتفاعی، آبراهه، منحنی میزان

نقاط ارتفاعی، نقاطی هستند که موقعیت عارضه خاصی را نشان نمی‌دهند و با توجه به دقت و مقیاس نقشه با فواصل مناسب و جاهایی که زمین تغییر شیب دارد، موقعیت و مختصات برداشت می‌شود. این نقاط برای بیان پستی و بلندی‌های زمین (بیان ارتفاع) استفاده می‌شوند.

منحنی‌های میزان خطوطی هستند که یک سطح هم‌ارتفاع را نشان می‌دهند. شکل زیر مفهوم منحنی میزان را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱- مفهوم منحنی میزان

منحنی میزان در نقشه‌برداری زمینی از طریق درون‌یابی نقاط ارتفاعی بدست می‌آیند و مستقیم نمی‌توان آنها را برداشت نمود. برای ترسیم منحنی‌میزان‌ها، نقاط ارتفاعی وارد

نرم‌افزار نقشه‌برداری (مانند AutoCAD Civil) شده و با مثلث‌بندی نقاط توسط نرم‌افزار می‌توان نسبت به ترسیم منحنی‌میزان اقدام نمود.

۹–۵– خودآزمایی

۱. مفهوم عارضه چیست و با توجه به رشته تحصیلی خود چند عارضه نام برده شود.
۲. ساختار کدام عارضه زیر خطی است.
الف– درختکاری ب- پل ج – خط انتقال گاز د- استادیوم
۳. مفهوم منحنی میزان چیست و ساختار هندسی آن چیست.

۹–۶– فعالیت عملی

۱. یک نقشه از سازمان نقشه‌برداری خریداری نموده و عوارض داخل آن بررسی شود.
۲. در نقشه فوق عوارض از نظر ساختار طبق لژاند نقشه دسته‌بندی شوند.

۹–۷– تحقیق

۱. در مورد استانداردهای نقشه‌برداری در کشور تحقیق شود. می‌توان به سایت سازمان نقشه‌برداری کشور مراجعه نمود.

منابع

۱- عباسی، محمد : *جزوه نقشه‌برداری رشته نقشه‌برداری*، ۱۳۹۳

۲- عباسی، محمد : *جزوه نقشه‌برداری رشته عمران*، ۱۳۹۲

۳- عباسی، محمد : *جزوه نقشه‌برداری رشته معماری*، ۱۳۹۱

۴- عباسی، محمد : *جزوه نقشه‌برداری رشته جغرافیا*، ۱۳۹۰

۵- عباسی، محمد : *جزوه نقشه‌برداری رشته محیط زیست*، ۱۳۹۰

6-w. Schofield, M. Breach, "Engineering Surveying" : Elsevier, 2007

7- Johnson, Aylmer, "Plane and Geodetic Surveying" : Spon Press, 2004

8- *A.M. Chandra, "Surveying" : New Age, 2005*

9- *Mario A. Gomarasca, "Basics of Geomatics": Springer, 2009*

جهت دانلود و مشاهده فیلم های آموزشی به سایت زیر مراجعه کنید:

http://www.aparat.com/abbasi1355

جهت مشاوره برای پروژه‌های اجرایی و پژوهشی خود در خصوص کاربردهای فناوری اطلاعات مکانی شامل سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، پردازش تصاویر ماهواره‌ای (سنجش از دور) و هوایی (فتوگرامتری)، سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای و نقشه‌برداری با ایمیل زیر در ارتباط باشید.

mohammadabbasi@ut.ac.ir

معرفی کتاب: **برنامه نویسی کاربردی ویژوال بیسیک تحت اتوکد**

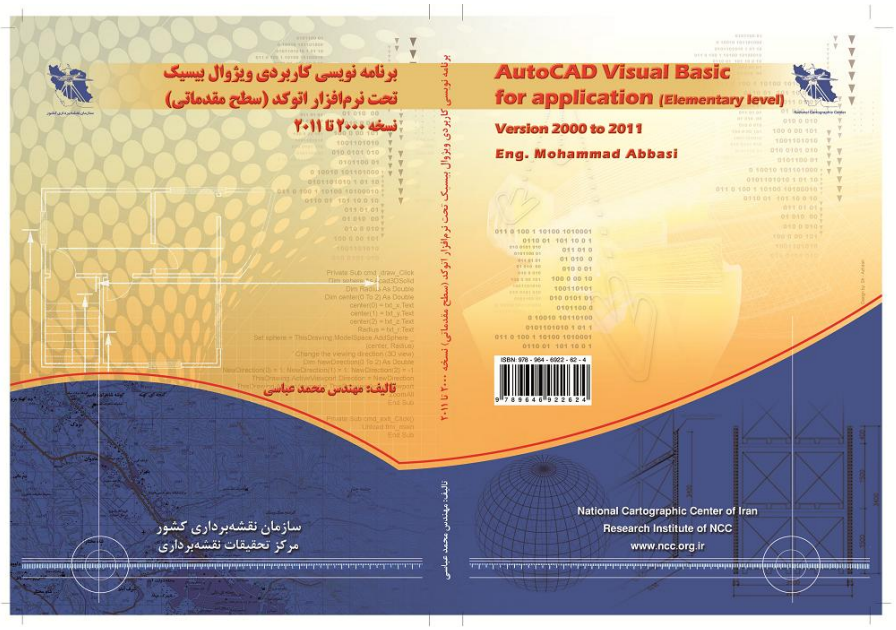
اتوکد به عنوان یک نرم افزار پردازش داده‌های برداری برای ورود به سیستم اطلاعات مکانی در کشور ما اهمیت فراوانی دارد.

با توجه به نیاز صنعت به انجام فرآیندهای مکانی با دقت و سرعت بالا، نیاز به برنامه نویسی در راستای خارج نمودن این فرآیندها از حالت سنتی ضروری است. در این راستا، این کتاب (**برنامه نویسی کاربردی ویژوال بیسیک تحت اتوکد**) امکان توسعه برنامه‌های کاربردی در محیط نرم افزار اتوکد را به کمک برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک به زبان ساده شرح می‌دهد. معمولا برخی فعالیت‌ها در محیط اتوکد به صورت تکراری بوده و می‌توانند به کمک برنامه‌نویسی سریع‌تر و دقیق‌تر انجام شوند. این کتاب سعی دارد به کاربران خود آموزش دهد که فرآیندهایی که در محیط اتوکد انجام می‌دهند، قابل بهبود می‌باشد.

ساختار کتاب طوری طراحی شده است که استفاده کننده به سرعت با محیط برنامه‌نویسی کاربردی تحت اتوکد آشنا شده و بتواند برنامه‌های مورد نیاز خود را بدون داشتن تجربه برنامه‌نویسی، نوشته و فرآیندهای کاری سنتی با اتوکد را تا حد امکان اتوماتیک نماید که در نتیجه زمان و هزینه کاهش یافته و دقت نیز افزایش می‌یابد.

این کتاب برای تمام افرادی که با محیط اتوکد آشنا بوده و فعالیت‌های کاری خود را با این نرم افزار انجام می دهند، می تواند مفید باشد. بطورکلی مطالعه این کتاب برای متخصصین نقشه برداری، عمران، کشاورزی، منابع طبیعی، معماری، آب، شهرسازی، کامپیوتر، برق، معدن، مکانیک و تمامی رشته های مرتبط با نقشه پیشنهاد می‌گردد.

این کتاب می‌تواند در درس برنامه‌نویسی رشته‌های فوق برای مقطع کارشناسی ناپیوسته، پیوسته و کارشناسی ارشد تدریس شود.



با مطالعه این کتاب می‌توان برنامه‌های کاربردی تحت نرم افزار اتوکد از **نسخه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷** و نرم‌افزارهای مختلف شرکت Autodeskمانند AutoCAD 3D Map و AutoCAD Civil 3D نوشت.

فصل ۱ – آشنایی با محیط VBA در اتوکد

فصل ۲– آشنایی با اصول برنامه نویسی VBA

فصل ۳ – آشنایی با ترسیم اشیا گرافیکی

فصل ۴ – کنترل خصوصیات و ویرایش اشیا گرافیکی

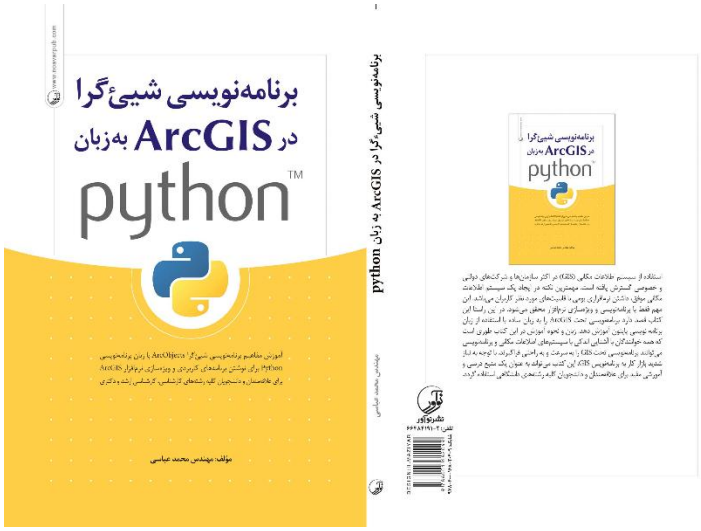
فصل ۵ – انتخاب اشیا گرافیکی

فصل ۶ – اجرای اتوماتیک برنامه و کنترل منوها و نوارابزارها

برای خرید به سازمان نقشه‌برداری کشور یا لینک زیر مراجعه شود. (قیمت ۶۰۰۰ تومان)

http://nccshop.ir/?part=product&inc=product&id=64

کتاب برنامه نویسی شیئ گرا در ArcGIS با زبان برنامه‌نویسی Python حاوی آموزش مفاهیم برنامه نویسی شیئ‌گرا ArcObjects با زبان برنامه نویسی پایتون برای نوشتن برنامه های کاربردی و ویژه سازی نرم افزار ArcGIS برای علاقه مندان و دانشجویان کلیه رشته‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری منتشر شد.



استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) در اکثر سازمان‌ها و شرکت‌های دولتی و خصوصی گسترش یافته است. مهمترین نکته در ایجاد یک سیستم اطلاعات مکانی موفق، داشتن نرم افزاری بومی با قابلیت‌های مورد نظر کاربران می باشد. این مهم فقط با برنامه نویسی و ویژه سازی نرم افزار محقق می شود. در این راستا این کتاب قصد دارد برنامه نویسی تحت ArcGIS را به زبان ساده با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون آموزش دهد. زبان و نحوه آموزش در این کتاب طوری است که همه خوانندگان با آشنایی اندکی با سیستم‌های اطلاعات مکانی و برنامه نویسی می توانند برنامه‌نویسی تحت GIS را به سرعت و به راحتی فراگیرند. با توجه به نیاز شدید بازار کار به برنامه نویسGIS، این کتاب می تواند به عنوان یک منبع درسی و آموزشی مفید برای علاقه مندان و دانشجویان کلیه رشته‌های دانشگاهی استفاده گردد.

فصول کتاب عبارتند از:

فصل ۱ – مقدمه

فصل ۲– آشنایی با زبان برنامه نویسی پایتون

فصل ۳ – آشنایی سریع با ArcPy

فصل ۴ – توصیف داده ها

فصل ۵ – مدیریت لیست اشیا در ArcPy

فصل ۶ – مدیریت انتخاب داده ها در ArcPy

فصل ۷ – مدیریت جداول توصیفی

فصل ۸ – مدیریت ساختار هندسی داده های مکانی

فصل ۹ – مدیریت لایه ها و نقشه ها در ArcMap

فصل ۱۰ – مدیریت خطاها

فصل ۱۱ – ویژه سازی نرم افزار با Add-in

مولف : مهندس محمد عباسی، عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی عمران و توسعه

ناشر: انتشارات نوآور قیمت : ۹۰۰۰ تومان

سایت برای خرید :

http://www.noavarpub.com/viewBooks.aspx?RequestType=ABook&Serial=895
http://iranbuybook.com/9786001682049
http://mehreganbook.ir/nullcategory/9252-15431-015431.html
http://shop.arcgis.ir/index.php?route=product/category&path=59
http://book1001.ir/academic/?product=arc-gis-10