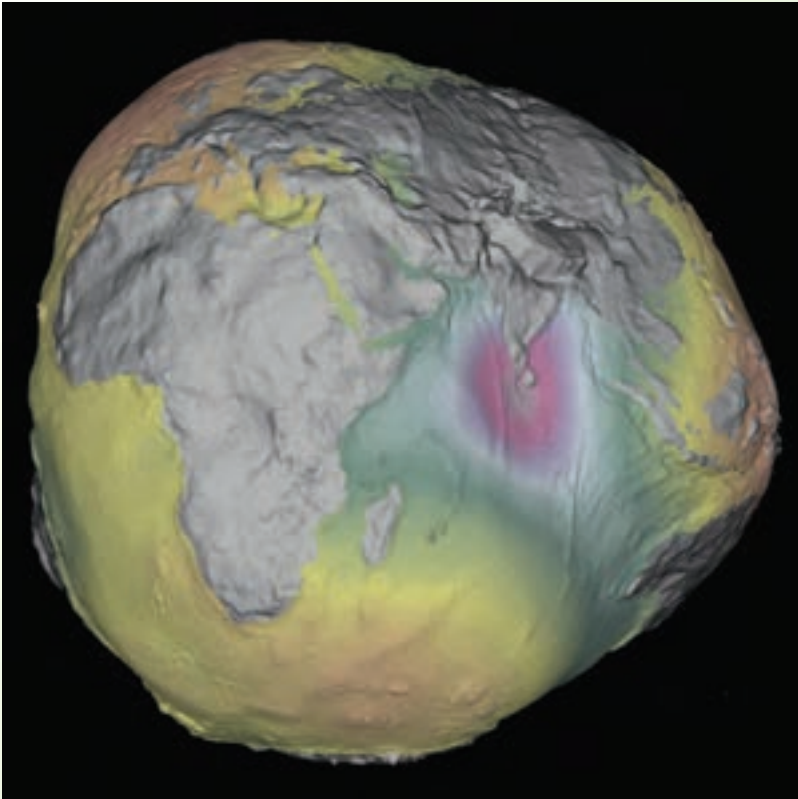


# فصل نهم

## تعاریف مهم در ترازیابی



مدل ژئوئید کره‌ی زمین با اغراق در ناهمواری‌های آن

## هدف های رفتاری :

- ۱- پس از آموزش و مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند:  
۱- سطوح مهم در ترازیبی (سطح تراز، سطح مبنای ارتفاعات و سطح متوسط آب دریا‌های آزاد) را با رسم شکل تعریف کند.
- ۲- ژئوئید را به عنوان سطح مبنای ارتفاعات با رسم شکل توضیح دهد.
- ۳- خطوط مهم در ترازیبی (خط تراز، خط افق) را با رسم شکل تعریف کند.
- ۴- صفحات افقی و قائم را در ترازیبی با رسم شکل تعریف کند.
- ۵- امتداد قائم یا امتداد شاقولی یک نقطه را با رسم شکل تعریف کند.
- ۶- منظور از ارتفاع یک نقطه را با رسم شکل بیان کند و تفاوت ارتفاع مطلق و نسبی را با رسم شکل توضیح دهد.
- ۷- اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را با رسم شکل شرح دهد.
- ۸- بنج‌مارک در ترازیبی را توضیح دهد.
- ۹- ترازیبی را تعریف کند.

قبل از مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد:

۱- آشنایی با مفاهیم اولیه‌ی هندسه (نقطه، خط، صفحه)

۲- آشنایی با شاقول و امتداد شاقولی

: مطالب پیش نیاز

## مفاهیم کلیدی

سطح تراز  
Level Surface

ژئوئید  
Geoid

خط تراز  
Level Line

خط افقی  
Horizontal Line

صفحه‌ی افقی  
Horizontal Plane

امتداد شاقولی  
Plumb Line

صفحه‌ی قائم  
Vertical Plane

ارتفاع نقطه  
Hight of Point

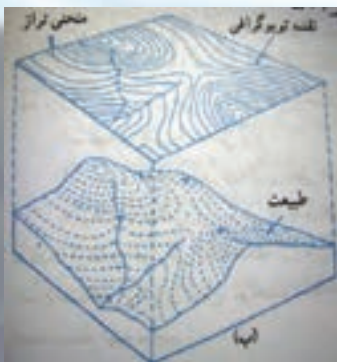
بنچ‌مارک  
Bench Mark(B.M)

ترازیابی  
Levelling

## مقدمه - عملیات ترازیابی

اجرای پروژه‌های شهرسازی و آبرسانی و انتقال خطوط شبکه‌ی سراسری برق از سدها به نقاط مصرفی و شبکه‌ی فاضلاب‌های شهری و غیره بدون داشتن نقاط ارتفاع دار عملاً مقدور نیست. لذا لازم است به کمک ترازیابی اختلاف ارتفاع نقاط واقع بر زمین یا ارتفاع نقاط مورد لزوم را با محاسبه به دست آوریم. بنابراین، با دانستن ارتفاع نقاط، نه تنها اطلاعات کافی از فرم پستی و بلندی زمین برای اجرای طرح پروژه‌ها به دست می‌آید، بلکه به کمک همین نقاط ارتفاع دار است که مهندسین می‌توانند پروژه‌ها را پیاده کرده و ضمن اجرا آن‌ها را نظارت و کنترل نمایند. در این فصل با تعاریف اولیه‌ی عملیات ترازیابی آشنا می‌شوید و در فصول دیگر این بخش به جزئیات آن خواهیم پرداخت.

بیش تر بدانیم . . .



چگونه ناهمواری‌های زمین سه بعدی را بر روی کاغذ دو بعدی نشان می‌دهند؟ در این مورد تحقیق کنید.

## ۱-۹ تعاریف مهم در ترازیبی

قبل از شرح روش‌ها و وسایل کار مورد نیاز ترازیبی، لازم است با بعضی از اصطلاحات و تعاریف اولیه، که در علم نقشه‌برداری و جغرافیا به کار می‌رود، آشنایی کامل پیدا کنید. ترازیبی در واقع به معنی تعیین موقعیت سطح تراز بر یک نقطه نسبت به سطح تراز مبناست. بنا بر این، با تعریف سطح تراز نقطه، مفهوم ترازیبی مشخص می‌گردد.

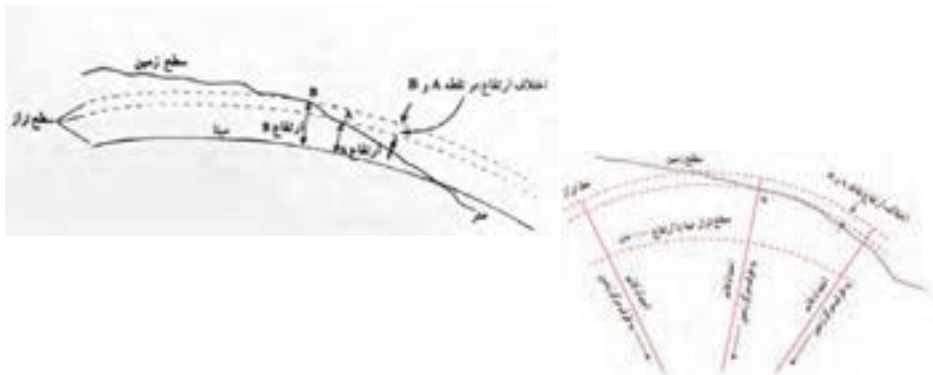
سطح تراز سطحی است که تمام نقاط واقع بر آن دارای یک ارتفاع است. به عبارت دیگر سطح تراز به سطحی می‌گویند که امتداد شاقولی (امتداد ثقل زمین) در هر نقطه بر آن عمود باشد.

مانند سطح متوسط آب دریاها و آزاد و امتداد آن‌ها و یا در یک منطقه کوچک مانند سطح آب‌های ساکن در یک محل مانند دریاچه.

اما چنانچه عملیات نقشه‌برداری در سطح محدودی انجام گردد سطح تراز یا سطح مقایسه را یک سطح افقی عمود بر خط قائم در آن محل فرض می‌کنند و کلیه ارتفاع‌ها را نسبت به آن سطح می‌سنجند.

از آن‌جا که امتدادهای شاقول در مناطق مختلف زمین موازی هم نیستند سطح تراز نیز صفحه‌ای مسطحی نیست و شکلی نظیر سطح مبنای ارتفاعات دارد.

سطح مبنای ارتفاعات سطح تراز است که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند. سطح متوسط آب دریاها و آزاد را در مدت زمان مشخص که در خشکی‌ها هم به طور فرضی ادامه یافته است، سطح مبنای ارتفاعات در نظر می‌گیریم. این سطح را ژئوئید یا سطح تراز متوسط دریاها یا سطح تراز صفر گویند. به جز این سطح هر سطح اختیاری دیگری را نیز می‌توان سطح مبنای ارتفاعات در نظر گرفت (شکل ۹-۱)



شکل ۹-۱. سطح تراز

کلیه ی خطوط واقع روی یک سطح تراز به نام خط تراز نامیده می شود. بنابراین، خط تراز خطی منحنی شکل است که کلیه ی نقاط واقع بر روی آن دارای یک ارتفاع اند.



شکل ۹ - ۲. صفحه ی افق

مطابق شکل ( ۹-۲ ) فرض کنید از مرکز یک توپ بسکتبال خطی فرضی بر سطح آن عمود شده است.

در نقطه ای که این خط به سطح می رسد، تنها یک صفحه می توان بر سطح توپ مماس کرد که بر خط مذکور عمود باشد. حال اگر سطح توپ را سطح منحنی تراز فرض کنیم صفحه ی مماس در حکم صفحه ی افق نقطه ی تماس خواهد بود. مطابق شکل هر خط منطبق بر صفحه ی افق، در نقطه ی عبور امتداد شاقولی آن صفحه، بر امتداد شاقولی عمود است. بنابراین، هر نقطه دارای امتداد افق خواهد بود. با دَوَران در هر محور امتداد شاقولی سطحی را جارو خواهیم کرد که شامل بی نهایت امتداد افقی خواهد بود. این امتدادها سطح افق را به وجود می آورند. بنابراین:

خطی که در یک نقطه، مماس بر خط تراز و عمود بر امتداد شاقولی باشد خط افق و صفحه ی مماس بر یکی از نقاط سطح تراز یا صفحه ی عمود بر امتداد شاقولی را صفحه ی افق گویند.

بیش تر بدانیم . . .



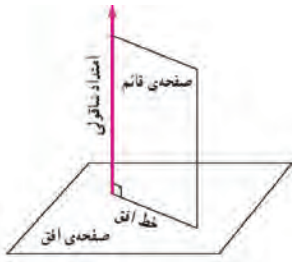
مفاهیم اولیه:

نقطه: از مفاهیم تعریف نشده است و اثر نوک مداد یا خودکار روی کاغذ و یا اثر نوک تیز هر شیء روی سطحی را نمایش نقطه گویند.

خط: از مفاهیم تعریف نشده است و اثر حرکت نوک مداد یا خودکار روی صفحه ی کاغذ نمایشی از خط است.

صفحه: از مفاهیم تعریف نشده است. منظور از صفحه، سطح مستوی است که از هر طرف نامحدود است.

فضا: از مفاهیم تعریف نشده است. فضا مجموعه ی نامتناهی نقاطی است که می توان آن را تصور کرد.



شکل ۹ - ۳. صفحه‌ی قائم

می‌دانیم که هر خط از تقاطع دو صفحه به وجود آمده است. بنابراین، این سؤال پیش می‌آید که (خط) امتداد افق از تقاطع کدام دو صفحه به وجود می‌آید؟ همان طور که گفته شد، یکی از این دو صفحه، صفحه‌ی افق است. اما صفحه‌ی دوم صفحه‌ای است که شامل خطوط امتداد افق و امتداد شاقولی است. به چنین صفحه‌ای صفحه‌ی قائم می‌گوییم (شکل ۹-۳)

بنابراین، منظور از امتداد قائم در یک نقطه همان

امتداد شاقولی یا امتداد ثقل در آن نقطه است و صفحه‌ی قائم صفحه‌ای است که از یک خط قائم یا امتداد شاقول بگذرد. لذا، در یک نقطه، می‌توان بی‌نهایت صفحه‌ی قائم تصور کرد. نقطه در نقشه برداری عبارت است از مکان مشخص روی زمین که نشانه گذاری شده و موقعیت آن از لحاظ مسطحاتی ( $x$  و  $y$ ) و ارتفاعی ( $z$  یا  $h$ ) تعیین گردیده باشد. موضوع تراز یابی به دست آوردن ارتفاع نقطه است.

ارتفاع یک نقطه عبارت است از فاصله‌ی قائم نقطه از سطح مبنای ارتفاعات در جهت یا خلاف جهت امتداد شاقول (یا گرانش).

چنان چه مبنا برای تعیین ارتفاع نقطه، ژئوئید باشد/ارتفاع نقطه را مطلق و در صورتی که مبنا سطح دیگری باشد ارتفاع نقطه را نسبی می‌گویند.

برای نشان دادن نقاط ماندگار، که لازم است مدت طولانی در روی زمین باقی بمانند، از قالب‌های بتونی آماده یا بتون در محل ریخته شده استفاده می‌کنند. در این قالب‌ها آرماتور یا میله‌های مخصوص، که روی آن علامت گذاری شده است تعبیه می‌گردد و ارتفاع این نقاط از سطح مبنای ارتفاعات به دست می‌آید به این نقاط نقطه‌ی ارتفاعی گفته می‌شود. در پروژه‌های موقت نقشه برداری برای نشان دادن نقطه‌ی ارتفاعی از میخ‌های چوبی استفاده می‌کنند. ✓



شکل ۹ - ۴. نقطه‌ی ارتفاعی

برای محاسبه‌ی نقطه‌ی ارتفاعی ابتدا لازم است اختلاف ارتفاع بین دو نقطه محاسبه شود و سپس به کمک آن ارتفاع نقطه به دست آید.

اختلاف فاصله‌ی قائم دو نقطه نسبت به سطح مبنای ارتفاعات را اختلاف ارتفاع آن دو نقطه گویند.

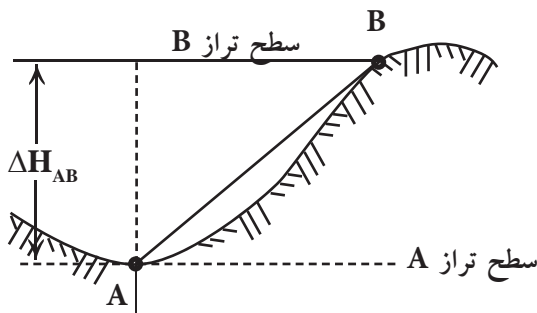
به عبارت دیگر اگر ارتفاع دو نقطه ی A و B به ترتیب  $H_A$  و  $H_B$  باشد اختلاف ارتفاع A تا B برابر است با  $H_B - H_A$ ، که معمولاً آن را با نماد  $\Delta H_{AB}$  نشان می دهند. بنابراین، خواهیم داشت:

اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A تا B :

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

( رابطه‌ی ۹ - ۱ )

به تعبیر دیگر اختلاف ارتفاع دو نقطه، فاصله‌ی قائم بین دو سطح تراز دو نقطه است.



شکل ۹ - ۵. اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A تا B

بیش تر بدانیم . . .



ارتفاع واقعی قله‌ی دماوند  
براساس اعلام سازمان نقشه برداری کشور، ارتفاع دقیق قله‌ی دماوند ۵ هزار و ۶۰۹ متر  
است حال آن که قبلاً ارتفاع ۵۶۷۱ متر برای این قله اعلام می شد.



برای به دست آوردن ارتفاعِ مطلقِ نقاط باید اختلاف ارتفاع آن‌ها را با سطح تراز دریا‌های آزاد (سطح مبنا) به دست آوریم. از آن‌جا که انتقال ارتفاع از سطح دریا‌های آزاد تا محل کار نقشه‌برداری کاری بسیار مشکل، پرهزینه و وقت‌گیر است، از این رو سازمان‌های مسئول نقشه‌برداری در هر کشور تعدادی نقطه را به صورت نقاط مبنا در سراسر کشور انتخاب می‌کنند و ارتفاع آن‌ها را از سطح مبنا به دست می‌آورند تا مورد استفاده‌ی نقشه‌برداران قرار بگیرد. به این نقاط «بنچ مارک» ( Bench Mark ) که آن را به اختصار با B.M نمایش می‌دهند ) می‌گویند.



شکل ۹ - ۶ . بنچ مارک ترازایی و شناسنامه‌ی آن

با توجه به تعاریف گفته شده، می‌توان دریافت که پس از تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه، اگر یکی از آن‌ها ارتفاع معلوم دارد، ارتفاع نقطه‌ی دیگر محاسبه می‌گردد. به عملیاتی که در این خصوص انجام می‌شود ترازایی می‌گویند. بنابراین، ترازایی را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

ترازایی مجموعه عملیاتی است که به تعیین ارتفاع یک نقطه یا اختلاف ارتفاع دو نقطه نسبت به هم منجر می‌گردد.

در زبان فرانسه ترازایی را نیولمان (Nivelment) و در زبان انگلیسی لولینگ (Levelling) می‌گویند. در ایران واژه‌ی نیولمان متداول است و به کسی که کار ترازایی را انجام می‌دهد، نیولر می‌گویند.



در فصل بعد با روش‌های مختلف ترازایی آشنا خواهید شد.



## خلاصه ی فصل

- سطح تراز سطحی است که تمام نقاط واقع بر آن یک ارتفاع داشته باشد.
- سطح مبنای ارتفاعات سطحی است که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند.
- ژئوئید سطح متوسط آب دریاها را آزاد را گویند که به طور فرضی در زیر خشکی‌ها ادامه پیدا می‌کند.
- خط تراز به کلیه‌ی خطوط واقع در روی یک سطح تراز گفته می‌شود.
- خط افقی خطی است که در یک نقطه مماس بر خط تراز و عمود بر امتداد شاقولی است.
- صفحه‌ی مماس بر یکی از نقاط سطح تراز یا صفحه‌ی عمود بر امتداد شاقولی را صفحه‌ی افقی گویند.
- امتدادی که نقطه‌ی روی زمین را به مرکز ثقل زمین متصل می‌کند، امتداد شاقولی گفته می‌شود.
- صفحه‌ی قائم صفحه‌ای است که از امتداد شاقولی در یک نقطه می‌گذرد.
- ارتفاع یک نقطه فاصله‌ی قائم از سطح مبنای ارتفاعات در جهت امتداد شاقولی یا خلاف آن است.
- ارتفاع مطلق ارتفاعی است که نسبت به ژئوئید محاسبه می‌شود و ارتفاع نسبی نسبت به سطوح مبنای دیگر محاسبه می‌شود.
- اختلاف فاصله‌ی قائم دو نقطه نسبت به سطح مبنای ارتفاعات را اختلاف ارتفاع آن دو نقطه گویند.
- پنج مارک به نقاطی گفته می‌شود که ارتفاع آن‌ها نسبت به سطح مبنای ارتفاعات تعیین شده است.
- به مجموعه عملیاتی که برای اندازه‌گیری ارتفاع یا اختلاف ارتفاع بین نقاط انجام می‌شود تراز یابی گویند.



## خودآزمایی

### سؤالات تشریحی

- ۱- سطوح مهم در تراز یابی ( سطح تراز، سطح مبنای ارتفاعات و سطح متوسط آب دریاها را آزاد ) را با رسم شکل تعریف کنید.
- ۲- ژئوئید را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۳- خطوط مهم در تراز یابی (خط تراز، خط افق) را با رسم شکل تعریف کنید.
- ۴- اصطلاحات زیر را با رسم شکل تعریف کنید:  
الف- صفحه‌ی افقی  
ب- صفحه‌ی قائم
- ۵- امتداد شاقولی یک نقطه را با رسم شکل تعریف کنید.



- ۶- ارتفاع یک نقطه را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۷- تفاوت بین ارتفاع مطلق و نسبی را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۸- اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را با رسم شکل شرح دهید.
- ۹- بنچ مارک چیست؟ توضیح دهید.
- ۱۰- تراز یابی را تعریف کنید.

سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۱۱- سطح تراز سطحی است که .....
  - ۱) ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند.
  - ۲) تمام نقاط واقع بر آن دارای یک ارتفاع است.
  - ۳) سطح متوسط آب‌های آزاد دریاها باشد.
  - ۴) در راستای امتداد شاقولی باشد.
- ۱۲- صفحه‌ی قائم صفحه‌ای است که .....
  - ۱) ارتفاع تمام نقاط واقع بر آن برابر است.
  - ۲) بر امتداد شاقولی مماس باشد.
  - ۳) بر امتداد شاقولی عمود باشد.
  - ۴) در یک نقطه، مماس بر امتداد افق باشد.
- ۱۳- خط افقی خطی است که .....
  - ۱) در یک نقطه عمود بر خط تراز و مماس بر امتداد شاقولی باشد.
  - ۲) در یک نقطه مماس بر خط تراز و عمود بر امتداد شاقولی باشد.
  - ۳) در صفحه‌ی تراز قرار دارد.
  - ۴) از امتداد شاقولی در یک نقطه بگذرد.
- ۱۴- کدام گزینه صحیح نیست:
  - ۱) ارتفاع مطلق یک نقطه ارتفاعی است که نسبت به ژئوئید اندازه‌گیری می‌شود.
  - ۲) ارتفاع نسبی یک نقطه ارتفاعی است که نسبت به ژئوئید اندازه‌گیری می‌شود.
  - ۳) اختلاف ارتفاع دو نقطه همان اختلاف فاصله‌ی قائم دو نقطه نسبت به سطح مبنای ارتفاعات است.
  - ۴) بنچ مارک به نقاطی گفته می‌شود که دارای ارتفاع معلوم از سطح مبنای ارتفاعات باشد.