

عنوان آزمایش: تعیین زاویه و مسافت بوسیله متر کشی و قدم شماری

اهداف آزمایش:

- (۱) تعیین فاصله بین دو نقطه به روش متر کشی معمولی
- (۱ - ۱) مسیر یابی به روش سه ژالن
- (۲ - ۱) محاسبه P.R روش مذکور
- (۲) تعیین فاصله بین دو نقطه به روش قدم شماری
- (۲ - ۱) محاسبه P.R مذکور
- (۳) تعیین زاویه بین دو مسیر به روش متر کشی معمولی
- (۴) پیاده کردن مسیر عمود بر یک مسیر مشخص به روش متر کشی معمولی

روش کار:

(۱) برای تعیین فاصله بین دو نقطه به روش متر کشی معمولی، ابتدا بایستی مسیر مستقیم بین دو نقطه مبدأ و مقصد ایجاد شود، که این کار به مسیر یابی به روش سه ژالن معروف است. بدین منظور نقطه ای دلخواه روی زمین مشخص شد که نقطه مبدأ کار می باشد و ژالن اول در این نقطه قرار داده شد. در این هنگام میخ چوبی اول در جلوی ژالن به زمین کوبیده شد. کوبیدن میخ بایستی بوسیله چکش انجام شود که بدلیل در دسترس نبودن، بوسیله سنگ انجام گردید. میخ اول ایستگاه A نامیده شد.

برای تعیین نقطه مقصد در فاصله ای دلخواه (حدود 40 متری) در مسیری مورب به سمت شمال شرقی نسبت به بست جغرافیایی نقطه اول، نقطه دوم بوسیله ژالن مشخص گردید، ژالن در زمین کوبیده شد و میخ چوبی دوم در جلوی ژالن مذکور بر زمین کوبیده شد. این نقطه ایستگاه B نامیده شد.

حال فاصله بین ایستگاه A تا B به طور فرضی و دلخواه به ۴ مسافت تقسیم گردید. (به عبارت دیگر ۳ ایستگاه دیگر بین نقطه A و B ایجاد شد.) لازم به ذکر است که به دلیل فرضی بودن، این مسافت ها یکنواخت نیستند. برای این منظور ژالن سوم را در نقطه ای فرضی بین ایستگاه A و B (حدود ۱/۴ مسافت A تا B) در مسیر مستقیم دو ژالن قرار داده شد. فردی از اعضای گروه ژالن سوم را در دست دارد و فردی دیگر در پشت ژالن ایستگاه A با فاصله حدوداً ۱ تا ۲ متر به سمت مستقیم نگاه می کند و به فردی که ژالن سوم را در دست داشت با دست علامت داد که به سمت چپ یا راست حرکت کند تا هنگامی که ۳ ژالن در یک مسیر قرار گیرد یا به عبارتی دیگر فردی که در ایستگاه نگاه می کند هر سه ژالن را یک ژالن ببیند. در این هنگام دو دست شخص نگاه کننده بالا برده شد و با این علامت ژالن در زمین قرار داده شد و میخ سوم در جلوی ژالن بر زمین کوبیده شد. این نقطه ایستگاه (1) نامیده گردید.

حال بار دیگر در فاصله حدوداً ۲/۴ مسافت ایستگاه A تا ایستگاه B ژالنی دیگر در دست یکی از اعضای گروه قرار گرفته شد. طبق روال پیدا کردن ایستگاه (۱) در این مرحله نیز با فردی که ژالن در دست دارد با حرکت به چپ و راست به دستور فرد ناظر حرکت می کرد تا هنگامی که فرد ناظر به علامت ایست، دو دستش را بالا نگه داشت. در اینجا نیز میخ چوبی چهارم در جلوی ژالن بر زمین کوبیده شد. این نقطه ایستگاه (۲) نامیده گردید. ایستگاه (۳) نیز در فاصله حدوداً ۳/۴ مسافت بین ایستگاه A تا B طبق روال ذکر شده بوسیله ژالن سوم مشخص شد و توسط میخ چوبی پنجم در جلوی ژالن بر زمین کوبیده شد. حال پنج ایستگاه در مسیر A تا B ایجاد شد.

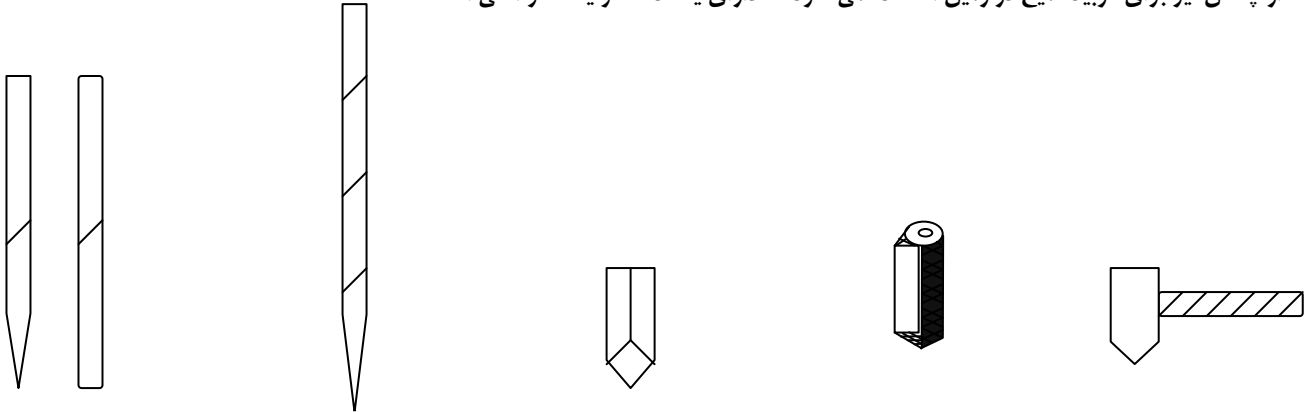
لازم به ذکر است که (۳) ژالن در هر مرحله از مشخص کردن ایستگاه های پنج گانه، بایستی تراز باشد. این کار بوسیله تراز شاخص یا تراز ژالن انجام گردید.

در توضیح ژالن و تراز ژالن باید گفته شود که ژالن استوانه توخالی در حدود ۲ متر است که از دو تکه تشکیل شده که بر روی هم نصب می شود. یک سر ژالن به صورت نیزه بوده تا در زمین فرو رود و بر بدنه ژالن هر 50cm به وسیله رنگ قرمز و سفید یا زرد و سفید مدرج شده است. تراز ژالن نیز

دارای یک زاویه ۹۰ درجه در طول خود می باشد که این زاویه بر بدنه ژالن قرار می گیرد. بالای این تراز صفحه ای دایره وار قرار دارد که از آب پر شده است و حبابی درونش قرار دارد. ژالن را آنقدر حرکت می دهیم تا حباب در وسط دایره قرار گیرد. در این هنگام ژالن تراز است و زاویه اش ۹۰ درجه می باشد، در این هنگام ژالن را در زمین محکم می کنیم.

میخ های که در این آزمایش استفاده شد میخ های بودند چوبی که یک سر آن به صورت نیزه تراشیده شده بود و سر بالایی آن مربع شکل بود که یک دایره (نقطه) بروی این سر مربع شکل کشیده شده و نقطه وسط را معین می کرد.

از چکش نیز برای کوبیده میخ در زمین استفاده می شود که دارای یک دسته و یک سر آهنی است.



شکل (۱) ژالن دو تکه

شکل (۲) ژالن متصل شده

شکل (۳) میخ چوبی

شکل (۴) تراز شاخص

شکل (۵) چکش

حال که مسیری مستقیم بین ایستگاه A تا ایستگاه B مشخص گردید متر کشی آغاز خواهد شد. ابتدا فاصله A تا ایستگاه (۱) و سپس (۱) تا (۲) سپس (۲) تا (۳) و در نهایت (۳) تا B با متر فلزی اندازه گیری شد. متر فلزی نسبت به متر پارچه ای دارای دقت بیشتری است. دقت متر فلزی بین ۱/۳۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰ است. برای این کار نقطه صفر متر بر روی نقطه مرکزی دایره بالای میخ چوبی قرار داده شد و فاصله تا میخ بعدی اندازه گیری شد. متر نباید زیاد کشیده و نه زیاد شل باشد که شکم بیاورد، همچنین متر باید دارای یک فاصله معین با سطح زمین در طول دو ایستگاه باشد. عددی که بر روی مرکز دایره میخ دوم قرار گرفته است، خوانده شد. این فاصله، فاصله بین ایستگاه A تا (۱) می باشد. ایستگاه های (۱) تا (۲) و (۲) تا (۳) و (۳) تا B نیز به همین صورت اندازه گیری شد و نتایج آن در جدولی که در صفحه مشاهدات و اطلاعات موجود می باشد ثبت شد.

این متر کشی ۲ بار صورت گرفت، یک بار از A به B و بار دیگر از B به A و نتایج در دو جدول ثبت شد. این کار به منظور یافتن خطا و کاهش آن صورت گرفت.

بعد از طی این مراحل نوبت به محاسبه P.R به روش مذکور می رسد. P.R در واقع همان خطا یا دقت اندازه گیری و متر کشی می باشد. با توجه به این که متر کشی با متر فلزی انجام شد، و با داشتن آگاهی از اینکه دقت متر فلزی ۱/۵۰۰۰ تا ۱/۳۰۰۰ است عددی که از این محاسبه بدست می آید بایستی بین این دو عدد باشد. P.R همیشه کسری با صورت یک و بدون واحد می باشد و اگر صورت ۱ نباشد باید صورت و مخرج بر عدد صورت تقسیم شود تا صورت ۱ شود. فرمول P.R به صورت زیر است:

$$\text{فرمول شماره (۱) P.R روش سه ژالن} \quad P.R = \frac{\left| \text{اندازه گیری اول} - \text{اندازه گیری دوم} \right|}{\text{میانگین دو عدد اندازه گیری}} = \frac{1}{?}$$

(۲) روش کار در تعیین فاصله بین دو نقطه به روش قدم شماری بدین صورت می باشد که پشت پای خود را جلوی میخ A و چسبیده به آن قرار داده و تا ایستگاه B بصورت عادی و قدم های ثابت حرکت کرده و تعداد قدمهای برداشته شده را شماره و ثبت می کنیم. این کار را از ایستگاه B تا A نیز انجام میدهیم، برای کاهش خطا و افزایش دقت و بدست آوردن میانگین، یک بار دیگر این کار صورت گرفت. یعنی در مجموع ۴ بار این مسافت پیموده شد. ممکن است در انتهای مسیر پس از برداشتن آخرین گام فاصله نوک پا تا ایستگاه آخر کمتر از یک قدم باشد، در این هنگام باید با کف پا این فاصله اندازه گیری شود. بدین صورت که کف پای خود را جلوی پای دیگر می گذاریم و به همین ترتیب جلو می رویم. این فاصله ممکن است یک

کف پا یا دو کف پا باشد. تقریباً هر سه کف پا برابر یک قدم می باشد. تعداد قدم ها را به صورت عدد صحیح و کف پاها را به صورت کسری با مخرج ۳ می نویسیم، مثلاً ۲/۳ یا ۱/۳.

P.R روش مذکور در حقیقت برای بدست آوردن طول قدم فرد شمارنده است. واحد P.R این روش سانتی متر و دارای فرمولی به شکل زیر است.

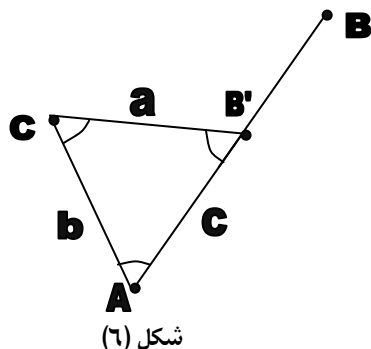
$$P.R_{(CM)} = \frac{\overline{D} \text{ (میانگین فاصله بین دو ایستگاه)}}{\overline{A} \text{ (میانگین قدم ها)}}$$

فرمول (۲) روش قدم شماری

(۳) برای تعیین زاویه بین دو مسیر به روش مترکشی معمولی، نقطه ای دلخواه به نام C با زاویه و فاصله دلخواه نسبت به ایستگاه A مشخص شد. در محل نقطه C میخی در زمین کوبیده شد. حال ایستگاه A و نقطه C و ایستگاه (۱) تشکیل یک مثلث مختلف الاضلاع می دهند. ایستگاه (۱) که فاصله آن تا ایستگاه A را داریم و در مسیر A تا B قرار دارد را برای سهولت در نامگذاری اضلاع مثلث B' می نامیم. در این هنگام فاصله ایستگاه A تا C و ایستگاه B' تا C به وسیله مترکشی مشخص و ثبت شد با داشتن ۳ ضلع این مثلث و با استفاده از قانون کسینوسها می توان تمامی زوایای داخلی مثلث را محاسبه کرد.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \hat{\alpha}$$

فرمول (۳) قانون کسینوسها (زاویه بین دو مسیر)



شکل (۶)

با کمی جابجایی در قانون کسینوسها زوایای دیگر نیز بدست می آید که با جمع زوایا و محاسبه تفاضل آن از ۱۸۰ درجه میزان خطا بدست می آید. زیر مجموع ۳ زاویه یک مثلث بایستی ۱۸۰ درجه شود.

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \hat{\beta}$$

فرمول (۴) قانون کسینوسها

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ab \cos \hat{\gamma}$$

فرمول (۵) قانون کسینوسها

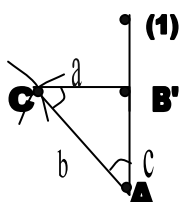
۴) پیاده کردن مسیر عمود بر یک مسیر مشخص به روش مترکشی معمولی به دو صورت انجام می پذیرد:

(۱) روش ۳ - ۴ - ۵

(۲) روش حلقه ۳ متری

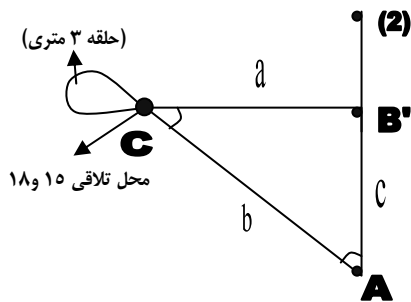
ضمن روش ۳ - ۴ - ۵ نقطه صفر متر در مرکز میخ ایستگاه گذاشته شد و متر را تا ایستگاه (۱) باز کرده و در فاصله ۴ متری از ایستگاه A (نرسیده به ایستگاه (۱)) که بوسیله متر مشخص شده با کوبیدن یک میخ مشخص شد. این نقطه B' خوانده شد.

یک مسیر ۴ متری در امتداد A تا (۱) با نقطه ی B' مشخص شد. سپس متر را به اندازه ی ۳ متر باز کرده و صفر متر را بر مرکز دایره روی میخ B' گذاشته شد و نقطه ۳ متری به ژالن چسبانده شد. سپس متر را کشیده تا صاف شود و پرگاروار یک کمان بوسیله قسمت نیزه مانند ژالن بر زمین ایجاد شد. حال متر به اندازه ۵ متر باز شد و نقطه صفر متر بر مرکز میخ ایستگاه A گذاشته و نقطه ۵ متر به ژالن چسبانده شد. سپس متر کشیده شد تا صاف گردد و دوباره پرگاروار یک کمان بوسیله ژالن بر روی زمین ایجاد شد. در محل تلاقی دو کمان یک میخ در زمین کوبیده شد و این نقطه C نامیده شد. در تنوری فاصله AC= 5m و B'C= 3m و AB' که ثابت است. اما برای اندازه گیری و پی بردن به میزان خطا و بدست آوردن زاویه قائمه و زوایای دیگر، دو ضلع AC و B'C بار دیگر بوسیله متر کشی اندازه گیری شد و نتایج ثبت گردید. حال با داشتن اندازه ی ۳ ضلع این مثلث و با استفاده از قانون کسینوسها زاویه قائمه و دیگر زوایای مثلث مشخص می شود همچنین میزان خطا نیز بدست می آید.



شکل (۷) پیاده کردن مسیر عمود بر مسیر دیگر به روش ۳ - ۴ - ۵

روش کار پیاده کرده مسیر عمود بر یک مسیر مشخص به روش حلقه ۳ متری بدین صورت می باشد که ابتدا متر از ایستگاه A تا ایستگاه (۲) باز شد و در فاصله ۹ متری از ایستگاه A (نرسیده به ایستگاه ۲) که به وسیله متر مشخص شد، میخی در زمین کوبیده شد و این نقطه B' نامیده شد. حال متر فلزی به اندازه 30 m باز شد و نقطه صفر متر بر مرکز میخ A گذاشته شد و همچنین نقطه 30 m بر مرکز B' قرار گرفت. سپس نقاط ۱۵ و ۱۸ متر، بر روی هم گذاشته (تلاقی داده شد) به طوری که یک حلقه ۳ متری درست شود. سر صفر و ۳۰ متر که بر میخهاست توسط افرادی از گروه گرفته شد و محل تلاقی ۱۵ و ۱۸ توسط فردی دیگر کشیده شد تا اضلاع AC و CB' صاف شود. سپس در نقطه تلاقی ۱۵ و ۱۸ یک میخ در زمین کوبیده شد. در تنوری نقطه $AB' = 9m$ ثابت و نقطه $AC = 15m$ و $CB' = 12m$ می باشد با حساب حلقه ۳ متری مجموع این ۳ عدد ۳۰ متر می شود که درست به اندازه باز کردن متر است. اما برای اندازه گیری و پی بردن به خطا و بدست آوردن زاویه قائمه و زوایای دیگر دو ضلع AC و CB' بار دیگر به وسیله ی متر کشی اندازه گیری شد و نتایج ثبت گردید. ($AB = 9m$ ثابت است) حال با داشتن اندازه ۳ ضلع این مثلث و با استفاده از قانون کسینوسها، زاویه قائمه و دیگر زوایای مثلث مشخص می شود و همچنین میزان خطا بدست می آید.



شکل (۸) پیاده کردن مسیر عمود بر یک مسیر مشخص به روش حلقه ۳ متری

مشاهدات و اطلاعات

جدول شماره (۱) اطلاعات فاصله نقطه A تا B بوسیله مترکشی در رفت

اطلاعات (Data)			مشاهدات
Station	St.Interval (m)	Distance (m)	۱- تاریخ انجام آزمایش : ۱۳۸۷/۰۷/۲۲ ۲- وضعیت هوا : آفتابی ۳- کروکی محل آزمایش : مجتمع فنی مهندسی بوفه مرکزی آزمایشگاه محل انجام آزمایش آزمایشگاه ۴- وسایل مورد نیاز : (۱) ژالن ۳ عدد (۲) میخ ۶ عدد (۳) تراز بنایی (۴) متر فلزی (۵) چکش (۶) تراز شاخص ۵- نام اعضای گروه : بهروز زنگنه نژاد - محمدعلی قربانی - علی بحرینی - احسان تسلیمی - جابر حیدری
A		*	
۱	۶,۴۰	۶,۴۰	
۲	۸,۷۳۱	۱۵,۱۳۱	
۳	۱۱,۸۷	۲۷,۰۰۱	
B	۸,۷۸۹	۳۵,۷۹	

جدول شماره (۲) اطلاعات فاصله نقطه B تا A بوسیله مترکشی در برگشت

اطلاعات (Data)			مشاهدات
Station	St.Interval (m)	Distance (m)	۱- تاریخ انجام آزمایش : ۱۳۸۷/۰۷/۲۲ ۲- وضعیت هوا : آفتابی ۳- کروکی محل آزمایش : مجتمع فنی مهندسی بوفه مرکزی آزمایشگاه محل انجام آزمایش آزمایشگاه ۴- وسایل مورد نیاز : (۱) ژالن ۳ عدد (۲) میخ ۶ عدد (۳) تراز بنایی (۴) متر فلزی (۵) چکش (۶) تراز شاخص ۵- نام اعضای گروه : بهروز زنگنه نژاد - محمدعلی قربانی - علی بحرینی - احسان تسلیمی - جابر حیدری
B		*	
3	8.786	8.786	
۲	11.870	20.656	
1	8.726	29.382	
A	6.40	35.782	

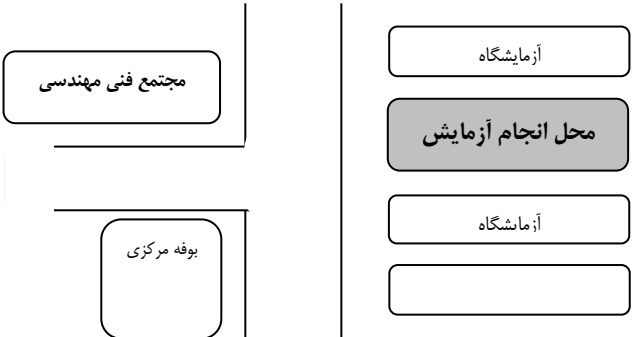
جدول شماره (۳) اطلاعات قدم شماری از A تا B و از B تا A در دو نوبت

اطلاعات (Data)	مشاهدات						
<table border="1"> <tr> <th>برگشت</th><th>رفت</th></tr> <tr> <td>$40 + 2/3$</td><td>۴۱</td></tr> <tr> <td>$40 + 2/3$</td><td>۴۱</td></tr> </table>	برگشت	رفت	$40 + 2/3$	۴۱	$40 + 2/3$	۴۱	۱- تاریخ انجام آزمایش: ۱۳۸۷/۰۷/۲۲ ۲- وضعیت هوا: آفتابی ۳- کروکی محل آزمایش: مجتمع فنی مهندسی بوفه مرکزی آزمایشگاه محل انجام آزمایش آزمایشگاه ۴- وسایل مورد نیاز: (۱) ژالن ۳ عدد (۲) میخ ۶ عدد (۳) تراز بنایی (۴) متر فلزی (۵) چکش (۶) تراز شاخص ۵- نام اعضای گروه: بهروز زنگنه نژاد - محمدعلی قربانی - علی بحرینی - احسان تسلیمی - جابر حیدری
برگشت	رفت						
$40 + 2/3$	۴۱						
$40 + 2/3$	۴۱						

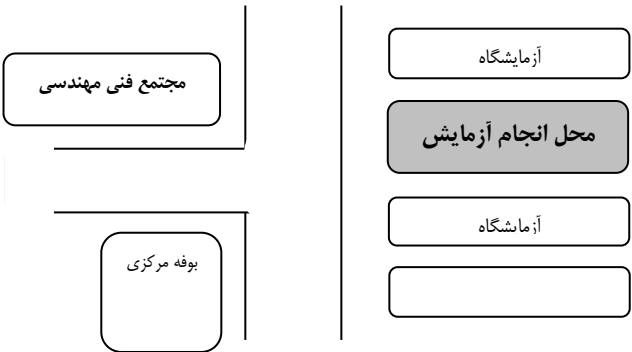
جدول شماره (۴) اطلاعات اندازه گیری اضلاع مثلث ایجاد شده در تعیین زاویه دو مسیر به روش مترکشی

اطلاعات (Data)	مشاهدات
$c = 6.40$ $a = 3.825$ $b = 5.81$	۱- تاریخ انجام آزمایش: ۱۳۸۷/۰۷/۲۲ ۲- وضعیت هوا: آفتابی ۳- کروکی محل آزمایش: مجتمع فنی مهندسی بوفه مرکزی آزمایشگاه محل انجام آزمایش آزمایشگاه ۴- وسایل مورد نیاز: (۱) ژالن ۳ عدد (۲) میخ ۶ عدد (۳) تراز بنایی (۴) متر فلزی (۵) چکش (۶) تراز شاخص ۵- نام اعضای گروه: بهروز زنگنه نژاد - محمدعلی قربانی - علی بحرینی - احسان تسلیمی - جابر حیدری

جدول شماره (۵) اطلاعات اندازه گیری اضلاع مثلث ایجاد شده در پیاده کردن مسیر عمود بر مسیر دیگر به روش ۳ - ۴ - ۵

اطلاعات (Data)	مشاهدات
$c = 4 \text{ m}$ $a = 2.985 \text{ m}$ $b = 5.005 \text{ m}$	۱- تاریخ انجام آزمایش : ۱۳۸۷/۰۷/۲۲ ۲- وضعیت هوا : آفتابی ۳- کروکی محل آزمایش :  ۴- وسایل مورد نیاز : (۱) ژالن ۳ عدد (۲) میخ ۶ عدد (۳) تراز بنایی (۴) متر فلزی (۵) چکش (۶) تراز شاخص ۵- نام اعضای گروه : بهروز زنگنه نژاد - محمدعلی قربانی - علی بحرینی - احسان تسلیمی - جابر حیدری

جدول شماره (۶) اطلاعات مربوط به اندازه گیری اضلاع مثلث ایجاد شده در پیاده کردن مسیر عمود بر مسیر دیگر به روش حلقه ۳ متری

اطلاعات (Data)	مشاهدات
$c = 9 \text{ m}$ $a = 12.005 \text{ m}$ $b = 15 \text{ m}$ $\text{حلقه} = 3 \text{ m}$	۱- تاریخ انجام آزمایش : ۱۳۸۷/۰۷/۲۲ ۲- وضعیت هوا : آفتابی ۳- کروکی محل آزمایش :  ۴- وسایل مورد نیاز : (۱) ژالن ۳ عدد (۲) میخ ۶ عدد (۳) تراز بنایی (۴) متر فلزی (۵) چکش (۶) تراز شاخص ۵- نام اعضای گروه : بهروز زنگنه نژاد - محمدعلی قربانی - علی بحرینی - احسان تسلیمی - جابر حیدری

محاسبات :

۱- محاسبه P.R در روش متر کشی:

$$P.R = \frac{\text{اندازه اول} - \text{اندازه دوم}}{\text{میانگین دو اندازه}} = \frac{0.8 \text{ cm}}{3578.6 \text{ cm}} = \frac{1}{4473.25}$$

$$|35.782 - 35.79| = 0.8$$

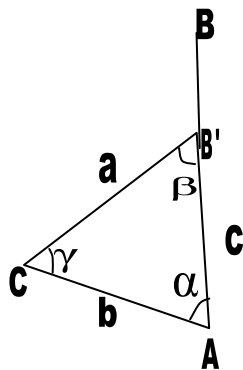
$$\text{میانگین} = \frac{35.79 + 35.782}{2}$$

۲- محاسبه P.R در روش قدم شماری

$$P.R = P_{(cm)} = \frac{\bar{D}}{\bar{A}} = \frac{35.786}{40.833} = 0.876_{(m)} = 87.6_{(cm)}$$

$$\text{میانگین} = \frac{41 + 41 + 40.333 + 40.333}{4} = 40.833$$

۳- محاسبه اضلاع مثلث



$$c = 6.40$$

$$b = 5.81$$

$$a = 3.825$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \hat{a} \Rightarrow (3.825)^2 = (5.8)^2 + (6.40)^2 - 2(5.81)(6.40) \cos \hat{a}$$

$$14.63 = 33.75 + 40.96 - 74.368 \cos \hat{a}$$

$$74.368 \cos \hat{a} = 60.08$$

$$\cos \hat{a} = \frac{60.08}{74.368} = 0.807$$

$$\hat{a} = 36.196^\circ$$

زاویه بین دو مسیر

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \hat{\gamma}$$

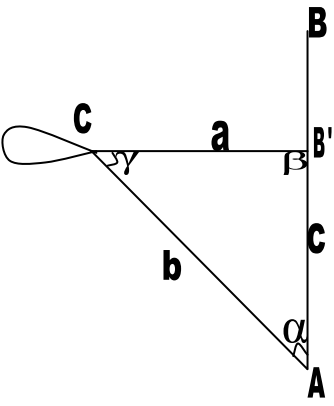
$$(6.40)^2 = (3.825)^2 + (5.81)^2 - 2(3.825)(5.81) \cos \hat{\gamma}$$

$$40.96 = 14.63 + 33.75 - 44.446 \cos \hat{\gamma}$$

$$44.446 \cos \hat{\gamma} = 7.42$$

$$\cos \hat{\gamma} = \frac{7.42}{44.446} = 0.166 \Rightarrow \hat{\gamma} = 80.444^\circ$$

0.551° خطا دارد



a= 12.005
b= 15
c= 9 m

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos \hat{\beta}$$
$$(15)^2 = (12.005)^2 + (9)^2 - 2(12.005)(9) \cos \hat{\beta}$$
$$225 = 144.120 + 81 - 216.09 \cos \hat{\beta}$$
$$216.09 \cos \hat{\beta} = 0.12 \Rightarrow \cos \hat{\beta} = \frac{0.12}{216.09} = 5.5532 \times 10^{-4} = 0.0005$$
$$\hat{\beta} = \cos^{-1} 0.0005 = 89.971^\circ$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$
$$81 = 144.120 + 225 - 360.15 \cos \hat{\gamma} \Rightarrow \cos \hat{\gamma} = \frac{288.12}{360.15} = 0.8$$
$$\Rightarrow \hat{\gamma} = \cos^{-1} 0.8 = 36.869^\circ$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \hat{\alpha}$$
$$144.120 = 225 + 81 - 270 \cos \hat{\alpha} \Rightarrow \cos \hat{\alpha} = \frac{161.88}{270} = 0.599$$
$$\Rightarrow \hat{\alpha} = \cos^{-1} 0.599 = 53.201^\circ$$

$$\text{مجموع زوایای مثلث} = \alpha + \beta + \gamma$$
$$= 53.201 + 89.971 + 36.869 = 180.041^\circ$$

۰,۰۴۱ درجه خطا دارد

بحث و نتیجه گیری:

تعیین زاویه و مسافت در عملیات نقشه برداری و برای مهندسین راه و عمران جزء تفکیک ناپذیر این حرفه است. به عبارتی دیگر ابتدایی ترین کار، تعیین مسافت و مسیری مستقیم بین دو نقطه می باشد. هر چند مسیر یابی به روش سه ژالن دارای دقتی بالا نیست، ولی در مسافتهای کوتاه و در نبود وسایل مهندسی، دیگر جوابگوی نیاز ما می باشد. در هر حال در مسیریابی به روش سه ژالن انسان متکی به چشمان خود می باشد که این مورد به خودی خود ایجاد خطا می کند. اگر زمین مورد نظر نیز دچار عوارض و ناهمواری باشد، میزان خطا افزایش می یابد. در کل این روش به فرضیات و توانایی فیزیکی انسان وابستگی زیادی دارد. تقسیم کردن فرضی مسافت ایستگاه های A تا B، تراز کردن دستی ژالن ها از موارد خطا است. همچنین فردی که در پشت ایستگاه A ایستاده و ژالن سوم را راهنمایی می کند، هر قدر که از ایستگاه دور شده و سپس سه ژالن را در یک خط تراز کند میزان خطا کمتر شده است. در هر صورت این روش در مواقعی کاربرد دارد که نقاط ابتدا و انتهای مسیر مورد نظر مشخص باشد.

در اندازه گیری مسافت دو ایستگاه هر چند از متری فلزی استفاده شد و متر فلزی دارای دقت قابل قبولی است، اما این روش دارای معایبی نیز می باشد. متر فلزی در مسافت های کوتاه بسیار خوب عمل می کند، اما هنگامی که مسافت زیاد می شود خطاهایی چون شکم آوردن متر آغاز می شود. همچنین اگر متر را زیاد بکشیم ایجاد خطا می کند. به هم پیوسته نبودن ایستگاه ها، و اینکه ما چندین بار از متر برای اندازه گیری مسافت A تا B استفاده می کنیم ایجاد خطا می کند. در مرکز قرار نداشتن نقطه صفر متر در مرکز میخ، عوارض زمین مثل پستی و بلندی یا موانع دیگر دلایل دیگر بروز خطاست. همچنین باید فاصله متر با زمین در طول مسیر یکنواخت و معین باشد. به هر صورت متر فلزی ابزاری فیزیکی برای اندازه گیری است. بنابراین خود متر می تواند دارای خطا یا پس از مدتی دارای خطا شود. شرایط جوی مثل باد نیز در اندازه گیری بی تاثیر نیست. به خاطر همین خطاهاست که دو بار مسافت A تا B متر کشی شده و P.R روش مذکور حساب می شود. نتیجه بدست آمده میزان دقت اندازه گیری را نشان می دهد. تعیین فاصله بوسیله قدم شماری یکی از پر خطاترین روشهاست. در این روش فرد باید اندازه گامهای خود را بداند که هدف P.R روش قدم شماری مشخص کردن اندازه گامهاست. قدم شماری دارای دقت بسیار کمی نسبت به متر فلزی و عموماً در جاهایی کاربرد دارد که هیچ ابزار مهندسی و متر کشی در اختیار نباشد. پستی و بلندی و عوارض زمین نیز در قدم شماری ایجاد خطا می کند. یکنواخت نبودن گامها، طبیعی نبودن حرکت از دیگر عوامل ایجاد خطاست.

تعیین زاویه بین دو مسیر یکی از مهمترین بخش های این آزمایش و از پر کاربردترین عملیات در این حرفه است. تعیین زاویه بین دو مسیر با ایجاد کردن یک مثلث و در دسترس داشتن طول اضلاع مثلث و با استفاده از قانون کسینوسها کاری بسیار راحت و دقیق می باشد، یعنی اگر اضلاع بسیار دقیق اندازه گیری شوند قانون کسینوسها جواب دقیقی به ما می دهد. اما نکته اینجاست که خطای ناشی از این روش مربوط به اندازه گیری اضلاع با متر است که ایجاد خطا می کند. هرچند که در طول گزارش مشاهده شد این خطا بسیار کم می باشد اما در عملیتهای حرفه ای مقدار قابل توجه ای است این خطا با بدست آوردن ۳ زاویه و تفاضل مجموع آنها از ۱۸۰ درجه بدست می آید.

از دیگر بخش های مهم این آزمایش پیاده کردن مسیر عمود بر مسیر دیگر است. برای این کار دو روش وجود داشت که یکی از آنها روش ۳ - ۴ - ۵ بود که طبق رابطه فیثاغورث مثلثی با این اضلاع، یک زاویه قائمه روبرو به وتر دارد. اما باز هم نکته اینجاست که خطاهای این آزمایش ناشی از اندازه گیری است. در غیر این صورت این روش و محاسبات آن در تئوری جوابی صحیح و دقیق را نشان نمی دهند. کوبیدن میخ در محل تلاقی کمان و احیاناً تکان خوردن آنها، کشیدن کمان بر زمین، اندازه گیری بین سه نقطه، استفاده از متر و ... از خطاهای این آزمایش است. اما با همه ی این اوصاف همانطور که در گزارش مشاهده شد نتیجه بدست آمده در حد قابل قبولی قرار دارد این روش در مکانهایی که ابزار پیشرفته وجود ندارد به راحتی قابل اجراست. با داشتن ژالن و متر و میخ که ژالن و متر حکم پرگار را بازی می کنند، انجام آن بسیار آسان است. اما باید توجه داشته باشیم که به وجود آمدن خطا هرچند ناچیز در کارهای حرفه ای جایی نداشته و به کار لطمه ای بزرگ وارد می کند.

روش دیگر پیاده کردن مسیر عمود بر یک مسیر مشخص استفاده از طرحی موسوم به حلقه ۳ متری است. این روش بسیار متکی به متر فلزی می باشد. اما باز هم اندازه گیری در این روش ایجاد خطا می کند. در صورت دقیق بودن متر و دقت در تلاقی نقاط ۱۵ و ۱۸ متر و دقت در قرار گرفتن نقاط

صفر و ۳۰ بر میخ ها، نقطه تلاقی ۱۵ و ۱۸ مکانی نسبتاً دقیق برای ایجاد عمود بر محور مورد نظر می باشد. همانطور که می دانید ۱۵ و ۱۸ و ۳ مضربی از ۳ می باشند. در صورت اندازه گیری دقیق این روش خوابی قابل قبول را نشان می دهد. این روش ساده تر از روش ۳ - ۴ - ۵ بوده و همچنین محتاج ابزار کم تری است. پیدا کردن مسیر عمود بر مسیر دیگر در عملیات نقشه برداری و کارهای عمرانی امر بسیار قابل توجه و مهمی است. این دو روش از ابتدای روش های دستی و فیزیکی برای رسیدن به این هدف می باشند.