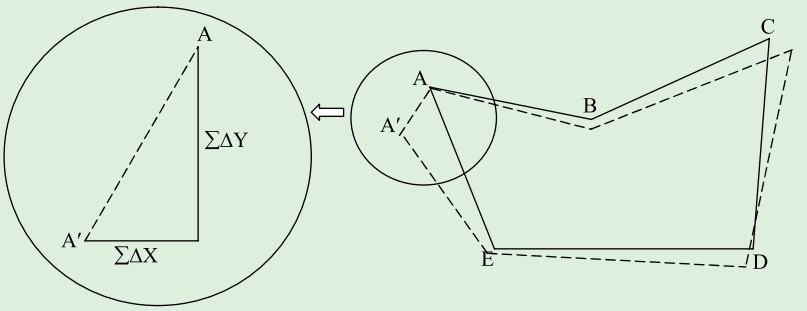
ج) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی :

راهکار کلی : همانطور که مشاهده کردید،خطای زاویه‌ای موجود در پیمایش چنانچه در حد مجاز باشد، بین رأس‌های پیمایش تعدیل می‌شود ولی این بدین معنی نیست که این خطا حذف می‌شود بلکه سرشکنی این خطا فقط به رابطهٔ هندسی حاکم بر شکل تحقق بخشیده است. به عبارتی این خطا هنوز در پیمایش وجود دارد. همچنین طول‌های اندازه‌گیری شده در پیمایش نیز مانند زوایای اندازه‌گیری شده دارای مقادیری خطا می‌باشند که در محاسبه ΔX وΔY خطایی ایجاد می‌کنند که به آن خطای بست موضعی(خطای بست طولی) می‌گویند.

از آنجا که پیمایش به صورت یک چند ضلعی بسته است یعنی از یک نقطه شروع شده و به همان نقطه ختم می‌گردد، پس باید جمع جبری اختلاف مختصات نقاط متوالی پیمایش یعنی مقادیر $\Sigma\Delta x_i$ و $\Sigma\Delta y_i$ مساوی صفر شوند. امّا به دلیل آنکه طول‌ها و زوایا دارای مقادیری خطا هستند که این خود خطایی در محاسبهٔ ΔX وΔY ایجاد می‌کند، در نتیجه این شرط برقرار نمی‌شود. بنابراین $\Sigma\Delta_{xi}$ و $\Sigma\Delta_{yi}$ بیانگر مقادیر خطا در جهت محور x و y می‌باشند. به عبارتی نشان می‌دهند که نقاط پیمایش چه‌مقدار در اثر خطای طول و زاویه جابجا شده‌اند. بنابراین خطای بست موضعی در پیمایش بسته پلیگون، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$e_{X_1Y} = \sqrt{(\sum \Delta X_i^2 + \sum \Delta Y_i^2)}$$

شکل زیر که در آن خطاهای طول و زاویه با اغراق ترسیم شده‌اند، به وضوح، مطالب گفته شده در بالا را نشان می‌دهد :



همانطور که در شکل صفحه قبل مشاهده می کنید، به دلیل وجود خطاهای موجود در پیمایش، نقطهٔ A و ´A بر هم منطبق نمی‌شوند، به ضلع ´AA ضلع خطا می‌گویند و طول آن که از رابطه بالا بدست می‌آید، همان خطای بست موضعی پیمایش می‌باشد.

از تقسیم طول ضلع خطا (خطای بست طولی) بر مجموع اضلاع پیمایش، خطای نسبی بست (دقت پیمایش) بدست می‌آید که خود معیاری است برای ارزیابی دقت کار و مجاز بودن خطای بست. در اکثر کارهای عمرانی خطای نسبی بست طولی ۱/۵۰۰۰ یا کمتر، خطای قابل قبول تلقی می‌شود. در صورتی که این مقدار در حد مجاز باشد، می‌توان آن را سرشکن کرد.

$$e_S = \frac{e_{X,Y}}{\sum L_i}$$

روش‌های مختلفی برای تعدیل خطای بست طولی وجود دارد که در این کتاب یکی از آنها را شرح می‌دهیم.

این روش که به روش قطب‌نما (compass) معروف است خطای بست را به نسبت طول اضلاع پیمایش بین اضلاع سرشکن می کند. به عبارتی در این روش، فرض بر آن است که تأثیر خطاهای اندازه‌گیری زاویه و طول با هم برابرند. امروزه وسایل دقیق اندازه‌گیری طول به تحقق این فرض کمک کرده است. تعدیل برای هر ضلع در دو جهت X و Y اعمال می‌شود و مقدارآن از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

$$\begin{cases} C_X = \dfrac{-L_i}{\sum L} \times \sum \Delta X \\ C_Y = \dfrac{-L_i}{\sum L} \times \sum \Delta Y \end{cases}$$

$\sum L$: مجموع طول‌های پیمایش بسته

که با مقادیر ΔX و ΔY جمع شده و مقادیرتعدیل شده آنها بدست می‌آیند :

ΔX تصحیح شده = ΔX تصحیح نشده + C_X

ΔY تصحیح شده = ΔY تصحیح نشده + C_X

و در پایان X و Y را به راحتی می‌توان از روی این مقادیر بدست آورد.

روش حل :

ج) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی :

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان	طول	ΔX	ΔY
A	$64^\circ 52' 54''$	$106^\circ 23' 45''$	690 880	662 785	−195 016
B	$206^\circ 34' 39''$	$79^\circ 49' 06''$	616 050	606 349	108 899
C	$64^\circ 20' 39''$	$195^\circ 28' 27''$	677 970	−180 885	−653 394
D	$107^\circ 33' 39''$	$267^\circ 54' 48''$	970 260	−969 617	−35 328
E	$96^\circ 38' 09''$	$351^\circ 16' 39''$	783 320	−118 790	774 260
A					
B	$\Sigma\alpha_i = 540^\circ$	$106^\circ 23' 45''$		$\Sigma\Delta X = -0\ 158$	$\Sigma\Delta Y = -0\ 579$

$$\Sigma\Delta X \quad 662.785 \quad 606.349 \quad (180.885) \quad (969.617) \quad (118.790)$$

$$\Sigma\Delta X \quad 0.158$$

$$\Sigma\Delta Y \quad (195.016) \quad 108.899 \quad (653.394) \quad (35.328) \quad (774.260)$$

$$\Sigma\Delta Y \quad 0.579$$

$$e_{X_1Y} = \sqrt{(-0.158)^2 + (-0.579)^2} = 0.6002\text{m} = 60.02\text{cm}$$

$$e_s = \frac{0.600}{3738.480} = \frac{1}{6230}$$

همانطور که مشاهده می کنید خطای نسبی (دقت) این پیمایش ۱ : ۶۲۳۰ است که دقت بالایی محسوب می‌شود.

حال مقدار تصحیح ΔX و ΔY را برای هر ضلع پیمایش را به صورت صفحه بعد محاسبه می کنیم :

$$\begin{cases} CX_{AB} = \dfrac{-690.880}{3738.480} \times -0.158 = 0.029m \\ CY_{AB} = \dfrac{-690.880}{3738.480} \times -0.579 = 0.107m \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{BC} = \dfrac{-616.050}{3738.480} \times -0.158 = 0.026m \\ CY_{BC} = \dfrac{-616.050}{3738.480} \times -0.579 = 0.096m \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{CD} = \dfrac{-677.970}{3738.480} \times -0.158 = 0.029m \\ CY_{CD} = \dfrac{-677.970}{3738.480} \times -0.579 = 0.105m \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{DE} = \dfrac{-970.260}{3738.480} \times -0.158 = 0.041m \\ CY_{DE} = \dfrac{-970.260}{3738.480} \times -0.579 = 0.150m \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{EA} = \dfrac{-783.320}{3738.480} \times -0.158 = 0.033m \\ CY_{EA} = \dfrac{-783.320}{3738.480} \times -0.579 = 0.121m \end{cases}$$

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_X	C_Y
A	64°52′54″	106°23′45″	690 .880	662 .785	−195 .016	0 .029	0 .107
B	206°34′39″	79°49′06″ 195°28′27″	616 .050	606 .349	108 .899	0 .026	0 .096
C	64°20′39″	267°54′48″	677 .970	−180 .885	−653 .394	0 .029	0 .105
D	107°33′39″	351°16′39″	970 .260	−969 .617	−35 .328	0 .041	0 .150
E	96°38′09″	106°23′45″	783 .320	−118 .790	774 .260	0 .033	0 .121
A	64°52′54″						
B							
جمع	$\Sigma\alpha_i$=540°			Σ =−0.158	Σ =−0.579	Σ =0.158	Σ =0.579

نکته : برای کنترل محاسبات اگر C_X ها و C_Y ها را با هم جمع کنید، باید به ترتیب با مقدار $-\Sigma\Delta X$ و $-\Sigma\Delta Y$ برابر شود.

اکنون مقادیر تصحیح C_X و C_Y را با مقادیر ΔX و ΔY جمع جبری می کنیم تا ستون‌های نهم و دهم یعنی ΔX_C و ΔY_C تکمیل شوند :

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ AB} = 662.785 + 0.029 = 662.814\\ \Delta Y_{C\ AB} = -195.016 + 0.107 = -194.909\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ BC} = 606.349 + 0.026 = 606.375\\ \Delta Y_{C\ BC} = 108.899 + 0.096 = 108.995\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ CD} = -180.885 + 0.029 = -180.856\\ \Delta Y_{C\ CD} = -653.394 + 0.105 = -653.289\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ DE} = -969.617 + 0.041 = -969.576\\ \Delta Y_{C\ DE} = -35.328 + 0.150 = -35.178\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ EA} = -118.790 + 0.033 = -118.757\\ \Delta Y_{C\ EA} = 774.260 + 0.121 = 774.381\end{cases}$$

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_X	C_Y	ΔX_C	ΔY_C
A	$64^\circ 52' 54''$	$106^\circ 23' 45''$	690 .880	662 .785	−195 .016	0 .029	0 .107	662 .814	−194 .909
B	$206^\circ 34' 39''$	$79^\circ 49' 06''$	616 .050	606 .349	108 .899	0 .026	0 .096	606 .375	108 .995
C	$64^\circ 20' 39''$	$195^\circ 28' 27''$	677 .970	−180 .885	−653 .394	0 .029	0 .105	−180 .856	−653 .289
D	$107^\circ 33' 39''$	$267^\circ 54' 48''$	970 .260	−969 .617	−35 .328	0 .041	0 .150	−969 .576	−35 .178
E	$96^\circ 38' 09''$	$351^\circ 16' 39''$	783 .320	−118 .790	774 .260	0 .033	0 .121	−118 .757	774 .381
A	$64^\circ 52' 54''$	$106^\circ 23' 45''$							
B									
جمع	$\Sigma\alpha_i = 540^\circ$			$\Sigma = -0.158$	$\Sigma = -0.579$	$\Sigma = +0.158$	$\Sigma = +0.579$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$

نکته : برای کنترل محاسبات، چنانچه ستون‌های ΔX_C و ΔY_C را جمع ببندید حاصل برابر صفر می‌گردد.

در پایان با معلوم بودن مختصات نقطهٔ اول (A) و ستون‌های ΔX_C و ΔY_C، مختصات سایر نقاط را محاسبه کرده و ستون‌های یازدهم و دوازدهم جدول را تکمیل می‌کنیم :

$$\begin{cases} X_B = X_A + \Delta X_{C\ AB} = 100.000 + 662.814 = 762.814 \\ Y_B = Y_A + \Delta Y_{C\ AB} = -194.909 + 908.980 = 714.071 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_C = X_B + \Delta X_{C\ BC} = 762.814 + 606.375 = 1369.189 \\ Y_C = Y_B + \Delta Y_{C\ BC} = 714.071 + 108.995 = 823.066 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_D = X_C + \Delta X_{C\ CD} = 1369.189 - 180.856 = 1188.333 \\ Y_D = Y_C + \Delta Y_{C\ CD} = 823.066 - 653.289 = 169.777 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_E = X_D + \Delta X_{C\ DE} = 1188.333 - 969.576 = 218.757 \\ Y_E = Y_D + \Delta Y_{C\ DE} = 169.777 - 35.178 = 134.599 \end{cases}$$

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_X	C_Y	ΔX_C	ΔY_C	X	Y
A	64°52′54″	106°23′45″	690 880	662 785	−195 016	0 029	0 107	662 814	−194 909	100 000	908 980
B	206°34′39″	79°49′06″	616 050	606 349	108 899	0 026	0 096	606 375	108 995	762 814	714 071
C	64°20′39″	195°28′27″	677 970	−180 885	−653 394	0 029	0 105	−180 856	−653 289	1369 189	823 066
D	107°33′39″	267°54′48″	970 260	−969 617	−35 328	0 041	0 150	−969 576	−35 178	1188 333	169 777
E	96°38′09″	351°16′39″	783 320	−118 790	774 260	0 033	0 121	−118 757	774 381	218 757	134 599
A	64°52′54″										

۵ــ۵ــ تعیین موقعیت ماهواره‌ای

از زمان‌های قدیم، مردم سعی می‌کردند روش قابل اطمینانی پیدا کنند که به آنها بگوید کجا هستند و حتی آنها را به جایی‌که می‌روند راهنمایی کرده و سپس به خانه بازگرداند. مردمان غارنشین وقتی که برای تهیه غذا به شکار می‌رفتند، احتمالاً از سنگ‌ها و شاخه‌های کوچک برای علامت‌گذاری مسیر خود استفاده می‌کردند. ملوانان نیز ابتدا سواحل را به دقت دنبال می‌کردند تا از گم شدنشان جلوگیری کنند. وقتی دریا نوردان اولیه در اقیانوس‌ها کشتیرانی کردند، دریافتند که می‌توانند مسیر خود را با دنبال کردن ستاره‌ها ردیابی کنند. این روش تنها در شب‌های صاف که ستاره‌ها قابل رؤیت بودند قابل به‌کارگیری بود. پیشرفت مهم بعدی در امر ناوبری کشف قطب‌نمای مغناطیسی و دستگاه زاویه‌یاب (sextant) بود. عقربهٔ قطب‌نما همیشه نقطه شمال را نمایش می‌داد، بنابراین همیشه جهت مسیر حرکت را نسبت به شمال تعیین می‌نمود.

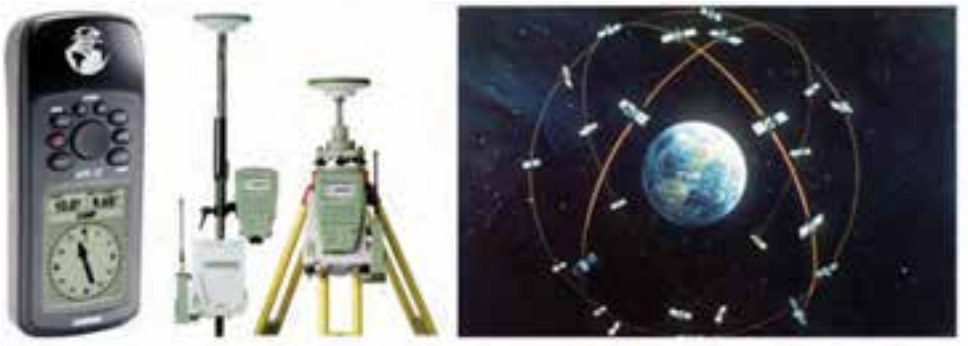
امروزه توسعه ارتباطات جهانی و لزوم تعیین موقعیت و ناوبری دقیق افراد و اشیاء متحرک، اصولاً زمینه استفاده از این‌گونه روش‌ها را تا حد زیادی منتفی کرده است. به هر صورت در شرایط فعلی، با گسترش فناوری‌های گوناگون، این امر توسط سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای انجام می‌پذیرد. در حقیقت دنیای امروز، دنیایی است که هیچ فردی در آن گم نخواهد شد و همه چیز بر روی تمام نقاط زمین قابل شناسایی است و این قدرت دستیابی به سیستم‌های شناسایی را ماهواره‌ها و کامپیوترها در اختیار بشر قرار داده‌اند.

بیشتر بدانیم

تعیین موقعیت ماهواره‌ای در قطب شمال

در حال حاضر مطرح‌ترین سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای شامل سیستم ماهواره‌ای ناوبری جهانی گلوناس (Glonass) مربوط به شوروی سابق، سیستم تعیین موقعیت جهانی جی پی اس (GPS–Global Positioning System) مربوط به آمریکا، و سیستم ماهواره‌ای ناوبری جهانی گالیله (Galileo) مربوط به اتحادیه اروپا می‌باشد. امروزه این سیستم‌های ماهواره‌ای، شبکه ایستگاه‌های مشاهداتی زمینی که اطلاعات پردازش شده خود را به‌صورت آنی در اطراف مخابره می‌نمایند (WAAS–Wide Area Augmentation System)، امکان تعیین موقعیت و ناوبری اجسام متحرک در سطح کشورها را بصورت گسترده، آنی، دقیق و پایدار فراهم نموده است.

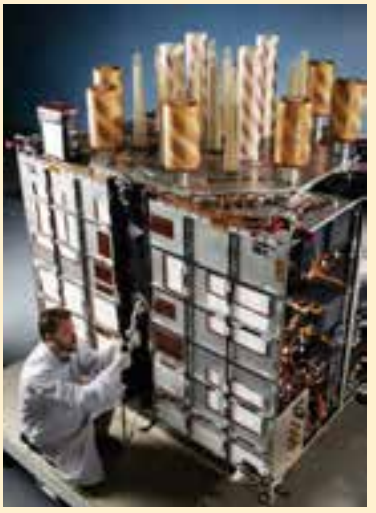
آشنایی با GPS : GPS یک سیستم تعیین موقعیت جهانی بر مبنای فناوری ماهواره‌ای است که توسط آن موقعیت متحرک در هر زمان، هر مکان و در هر شرایط آب و هوایی به‌صورت کاملاً رایگان تنها با فشار یک دکمه قابل تعیین است. هر چند تعیین موقعیت و ناوبری با GPS بسیار فراگیر شده است امّا اصول عملکرد آن بسیار پیچیده بوده و متخصصان علومی نظیر الکترونیک، مکانیک مداری، هوا فضا، هواشناسی، زمین شناسی، فیزیک، ریاضیات و نرم افزار در طراحی، ساخت و توسعه آن مشارکت داشته‌اند. GPS شامل ۲۸ ماهواره است که به‌تدریج از سال ۱۹۷۰ میلادی پیش تاکنون ساخته و در مدار قرار داده شده‌اند. این ماهواره‌ها که کل سطح کره زمین را به‌طور همزمان پوشش می‌دهند ، در ۶ مدار بیضی شکل با زاویهٔ میل ۵۵ درجه نسبت به صفحه استوای زمین، روزی دو بار به دور زمین می‌چرخند و در ارتفاع ۲۰۸۰۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارند. هر ماهواره حدوداً ۱۰ سال فعال می‌ماند و جایگزینی ماهواره‌ها به‌موقع انجام گشته و ماهواره‌های جایگزین به فضا پرتاب می‌گردند. این سیستم در ابتدا برای کاربردهای نظامی تهیه شد ولی از سال ۱۹۸۰ استفاده عمومی آن آزاد گردید.



شکل ۵ــ۷ــ شبکه ماهواره‌ای جی پی اس گیرنده ..... نقشه‌برداری، گیرنده دستی

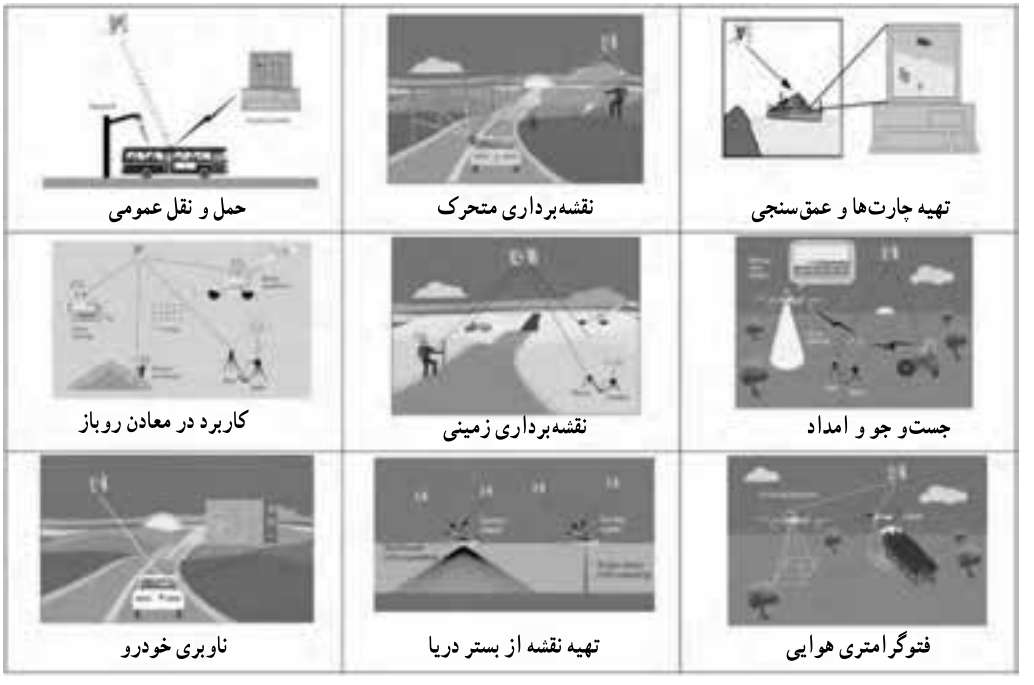
GPS دارای کاربردهای متنوعی در زمین، دریا، هوا و فضا می باشد. اساساً GPS هر جایی قابل استفاده است مگر در نقاطی که امکان وصول امواج ماهواره در آنها نباشد مانند داخل ساختمان، درون غار و نقاط زیرزمینی و یا در زیر دریا. از GPS برای ناوبری آنی هواپیماها، کشتی‌ها و اتومبیل‌ها استفاده می‌شود. استفاده‌های زمینی GPS بسیار گسترده‌تر می‌باشد. مراکز علمی از GPS برای استفاده از قابلیت و دقت زمان سنجی‌اش واطلاعات مکانی‌اش استفاده می‌کنند. نقشه‌برداران از GPS برای توسعه منطقهٔ کاری خود بهره می‌گیرند. گیرنده‌های GPS گران‌قیمت نقشه‌برداری دقت‌هایی تا یک میلی‌متر را فراهم می‌آورند .استفاده‌های تفریحی از GPS نیز به تعداد تمام ورزش‌های تفریحی متنوع است. به عنوان مثال برای شکارچیان، برف‌نوردان، کوهنوردان و سیاحان. در نهایت باید گفت هرکسی که می خواهد بداند که درکجا قراردارد، راهش به چه سمتی است، و یا با چه سرعتی درحرکت است می‌تواند از یک GPS استفاده کند . در خودروها نیز وجود GPS به امری عادی بدل خواهد شد. سیستم‌هایی درحال تهیه است تا درکنار هر جاده‌ای با فشار دادن یک کلید، موقعیت به یک مرکز اورژانس انتقال یابد (به‌وسیله انتقال موقعیت فعلی به یک مرکز توزیع) و سیستم‌های پیچیده دیگری موقعیت هر خودرو را دریک خیابان ترسیم کنند. این سیستم‌ها به راننده بهترین مسیر برای رسیدن به یک هدف خاص را پیشنهاد می‌کنند. در کشورهای توسعه یافته از این سیستم جهت کمک به راهبری خودرو، کشتی و انواع وسایل نقلیه بهره گیری می‌شود.

بیشتر بدانیم



بخشی از دستگاه‌های نصب شده در داخل یک ماهوارهٔ GPS

هر چه نقشه‌های منطقه‌ای که در حافظه گیرنده GPS بارگذاری می‌شود دقیق‌تر باشد، سرویس‌هایی که از آن می‌توان دریافت داشت نیز ارتقا می‌یابد. برای مثال، می‌توان از گیرنده GPS مسیر نزدیک‌ترین پمپ‌بنزین، تعمیرگاه و یا ایستگاه قطار را سؤال نمود و مسیر پیشنهادی را دنبال کرد. دقت مکان‌یابی این سیستم در حد چند متر می باشد، که بسته به کیفیت گیرنده تغییر می کند. پیش‌بینی زلزله از دیگرکاربردهای GPS است. (در حال حاضر برای پیش‌بینی زلزله بیش از ۱۲۰۰ عدد GPS در ژاپن نصب شده و همچنین فقط در اطراف شهر لس آنجلس آمریکا، به تعداد ۲۵۰ GPS در حال اندازه‌گیری و فعالیت ۲۴ ساعته هستند.) از دیگر کاربردهای این سیستم به طور فهرست‌وار می‌توان به موارد زیر اشاره کرد : کاداستر، کنترل امور مربوط به حمل و نقل و ترافیک، کنترل حرکات تکتونیکی زمین، کنترل جابه‌جایی سدها و برج‌های بلند، پیش‌بینی وضع هوا(از طریق اندازه‌گیری میزان انرژی موج فرستاده شده از سوی GPS پس از عبور از لایه‌های جو و ابرهای موجود در منطقه مورد نظر)، هیدروگرافی (آبنگاری)، تعیین موقعیت سکوهای دریایی نفتی،تعیین موقعیت جزیره‌های مرجانی، مین‌یابی، اسکن کردن دریا، بروزرسانی سیستم‌های تعیین موقعیت، استفاده جهت کنترل ماهواره‌های سنجش از دور و کاربردهای وسیع نظامی.

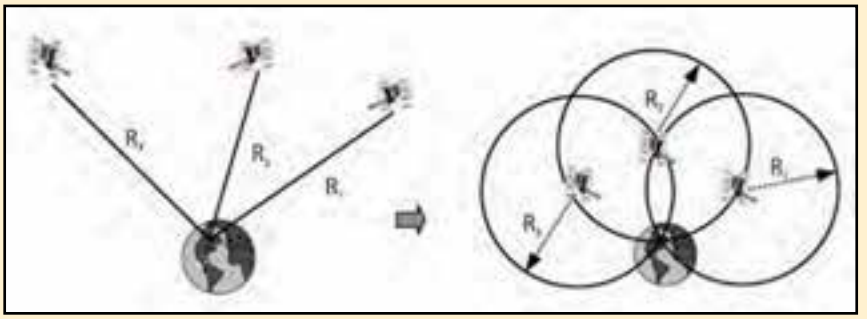


مثال‌هایی از کاربردهای GPS

در نهایت این نکته قابل ذکر است که با توجه به نزول شدید بهای گیرنده‌های این سیستم، و افزایش امکانات آنها، این تکنولوژی در آینده نزدیک بیش از پیش در اختیار همگان قرار خواهد گرفت.

بیشتر بدانیم

اصول تعیین موقعیت با GPS : در این سیستم فاصله بین گیرنده و تعدادی از ماهواره‌ها به‌صورت همزمان اندازه‌گیری می‌شود. در صورتی که موقعیت ماهواره‌ها در فضا معلوم باشد (این کار توسط پنج ایستگاه زمینی مشابه عمل تقاطع در نقشه‌برداری انجام می‌پذیرد)، از طریق این مشاهدات می‌توان محل گیرنده را تعیین موقعیت نمود. این امر مشابه عمل ترفیع در نقشه‌برداری می‌باشد.



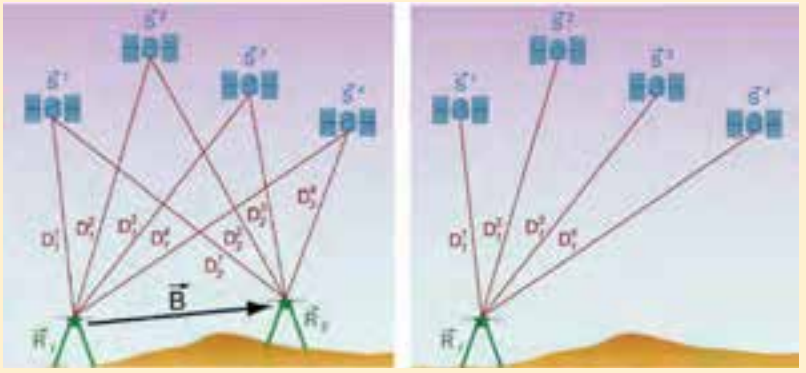
اصول تعیین موقعیت با GPS

در واقع هر ماهواره پیامی را به سوی گیرنده ارسال می کند که بـه‌طور ساده می‌گوید : من ماهواره شماره X هستم، موقعیت فعلی من Y است، و این پیام در زمان Z ارسال شده است. حال برای تعیین موقعیت، گیرنده GPS زمان‌های دریافت شده را با زمان خود مقایسه می‌کند. حاصلضرب‌تفاوت این دو زمان در سرعت نور، مشخص‌کننده فاصله گیرنده GPS از ماهواره مزبور می‌باشد. این عملی است که دقیقاً یک گیرنده GPS انجام می‌دهد. با استفاده از حداقل چهار ماهواره یا بیشتر، می‌توان طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع گیرنده را تعیین موقعیت نمود. با انجام متوالی این محاسبات، می‌توان سرعت و جهت حرکت گیرنده را نیز به دقت تعیین نمود. هر چه تعداد ماهواره‌های قابل

مشاهده بیشتر شود، زمان لازم برای تعیین موقعیت یک نقطه کاهش یافته و دقت تعیین موقعیت نیز افزایش خواهد یافت. امروزه در بعضی مکان‌های ایران قادر به دریافت اطلاعات تا ۱۰ ماهواره می‌باشیم و حداقل به ۴ تا ۵ ماهواره در هر زمان از شبانه روز و در هر مکان دسترسی داریم.

نکته مهمی که می بایست مورد توجه قرار گیرد، این‌است که ارتفاعی که GPS اندازه‌گیری می‌کند نسبت به بیضوی مبنای مسطحاتی جهانی به‌نام WGS۸۴ است. امّا ارتفاعی که توسط عملیات ترازیابی اندازه‌گیری شده و در نقشه‌ها نمایش می‌یابد، نسبت به سطح مبنای ارتفاعی بنام ژئوئید می‌باشد. اختلاف این دو ارتفاع در مناطق مختلف متفاوت بوده و حداکثر تا ۱۰۰ متر می‌رسد.

توسط GPS می‌توان هم تعیین موقعیت مطلق (مختصات جغرافیایی یک نقطه) و هم تعیین موقعیت نسبی (اختلاف مختصات جغرافیایی دو نقطه) نمود. برای تعیین موقعیت مطلق و نسبی می‌توان از روش‌های در حال سکون یا استاتیک (Static) و در حال حرکت یا کینماتیک (Kinematics) استفاده کرد.



تعیین موقعیت مطلق با یک گیرنده و حداقل چهار ماهواره و تعیین موقعیت نسبی
با حداقل دو گیرنده و چهار ماهواره

در روش تعیین موقعیت نسبی، معمولاً موقعیت نسبی یک نقطه مجهول نسبت به یک نقطه مختصات دار معلوم به‌دست می‌آید. روش تعیین موقعیت نسبی به علت حذف خطاهای سیستماتیک موجود در اندازه‌گیری‌های GPS از اهمیت خاصی

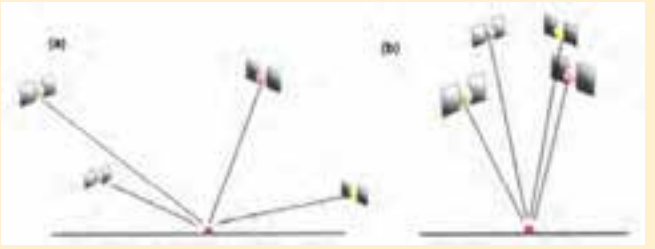
برخوردار است و برای انجام آن نیاز به دو گیرنده GPS می‌باشد که بطور همزمان ماهواره‌های مشترک را مشاهده و اندازه گیری نمایند. از روش تعیین موقعیت نسبی با GPS اکثراً در کارهای نقشه‌برداری و گسترش شبکه‌های ژئودزی استفاده می‌شود. دقت تعیین مختصات مطلق با سیستم GPS در حال حاضر در بهترین حالت ۳ ± متر است درحالی که دقت تعیین مختصات نسبی با این سیستم در حد میلی‌متر می‌باشد.

خطاهای تعیین موقعیت با GPS : عوامل مختلفی روی دقت تعیین موقعیت با GPS تأثیر دارد که عبارتند از :

۱ــ نوع گیرنده (گیرنده تک فرکانسه و دو فرکانسه) و مشاهدات جمع‌آوری شده و نحوهٔ پردازش آنها (تعیین موقعیت مطلق و نسبی)

۲ــ تعداد ماهواره‌های قابل رویت : هر چه تعداد ماهواره‌ها بیشتر باشد، تعداد مشاهدات بیشتر شده و در اکثر حالات دقت هم بیشتر می‌شود. امروزه با وجود ماهواره‌های تعیین موقعیت آمریکایی، روسی و اروپایی گیرنده‌های با بیش از ۲۰۰ کانال هم تولید و به‌کارگیری می‌شود.

۳ــ استحکام هندسی شبکه ماهواره‌ها(DOP (Dilution of precision که همان تعداد و موقعیت نسبی ماهواره‌ها نسبت به هم ونسبت به ایستگاه‌های زمینی می‌باشد :

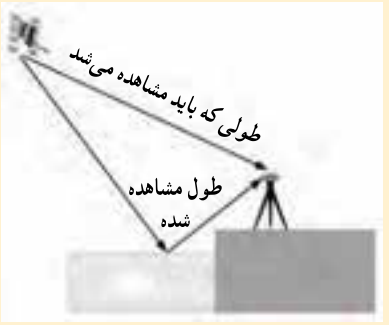


استحکام هندسی یا DOP بد (راست) و خوب (چپ) ماهواره‌ها

۴ــ مدت زمان و نرخ جمع آوری مشاهدات : هر چه زمان و نرخ بالاتر باشد تعداد مشاهدات بیشتر شده و دقت هم بیشتر می شود.

۵ــ خطای چند مسیری (Multipath) : چنانچه در اطراف گیرنده‌ها سطوح

صیقلی وجود داشته باشد، سیگنال‌های GPS به آنها بر خورد کرده و به آنتن‌های گیرنده می‌رسد که باعث افزایش طول اندازه‌گیری شده بین گیرنده و ماهواره می‌شود.



۶ــ خطای ساعت ماهواره که حاصل‌ضرب آن در سرعت نور باعث ایجاد خطای اندازه‌گیری فاصله می‌شود. معمولاً این خطا با اعمال یک سری ضرایب تا حد بسیار زیادی کاهش می یابد.

۷ــ خطاهای مداری که موجب خطای موقعیت ماهواره‌ها در فضا می‌شود. بخشی از این خطاها به عمد توسط سازنده سیستم ایجاد می شود امّا امروزه موقعیت دقیق ماهواره‌ها به خاطر ملاحظات امنیتی پس از یک تاخیر دو هفته‌ای از طریق اینترنت در اختیار کلیه کاربران GPS برای مقاصد تعیین موقعیت دقیق قرار می‌گیرد.

۸ــ سیگنال‌هایی که از ماهواره ساطع می‌شود و به گیرنده می‌رسد از لایه‌هایی چون یونوسفر و تروپسفر عبور می کنند که باعث کاهش سرعت امواج ماهواره و کوتاه شدن طول مشاهداتی بین ماهواره تا گیرنده می‌شود.

۹ــ خطاهای مربوط به آنتن گیرنده : معمولاً نقطه اندازه‌گیری که همان مرکز دریافت امواج در آنتن (بنام مرکز فاز آنتن) است با نقطه ایستگاه یکی نبوده و مشابه خطای سانتراژ باعث کاهش دقت اندازه‌گیری ایستگاه می‌شود.

۱۰ــ آگاهی و تجربه کاربران GPS در انتخاب ایستگاه، زمان و چگونگی انجام مشاهدات و پردازش‌های مربوطه در محاسبات نیز روی دقت تعیین موقعیت نقاط مؤثر است.

خطای تعیین موقعیت ارتفاعی در حدود ۲ الی ۳ برابر بیشتر از خطای تعیین موقعیت مسطحاتی است. بهترین حالت هنگامی است که ماهواره‌ها پوشش کاملی در دور تا دور افق و در ارتفاع‌های مختلف نسبت به نقطه اندازه‌گیری داشته باشند. برای رسیدن به حداکثر کارآیی و دقت تعیین موقعیت با GPS، باید از گیرنده‌های دو

فرکانسه استفاده کرد.

روش‌های تعیین موقعیت با GPS : تعیین موقعیت با GPS به دو روش کلی استاتیک (در حال سکون) و کینماتیک (در حال حرکت) قابل انجام است. در ادامه هر یک از این روش‌ها را توضیح مختصری می‌دهیم :

روش استاتیک : در این روش گیرنده‌ها روی ایستگاه‌های ثابت استقرار یافته و پس از جمع‌آوری مشاهدات، محاسبات صورت گرفته و مختصات نقاط ایستگاهی با دقت بالا به‌دست می‌آیند. برای مثال یک گیرنده روی نقطه معلوم و گیرنده دیگر روی نقطه دوم قرار می‌گیرد . هر دو گیرنده مشاهدات یکسانی را همزمان با ماهواره به‌دست می‌دهند . مدت زمان مشاهده در این روش ۱۵ تا ۶۰ دقیقه است و برای طول‌های بلند ۱ تا ۲۰ کیلومتر و دقت‌های بالا از چند سانتی‌متر تا چند میلی‌متر به‌کار می‌رود. از دیگر کاربردهای این روش می‌توان ردیابی حرکات پوسته زمین در سطح کشوری و قاره‌ای را نام برد. از مزایای این روش می‌توان صرفه اقتصادی، صرفه‌جویی در زمان و دقت بالا را ذکر نمود.

روش کینماتیک : در این روش گیرنده روی متحرک نصب شده و مدت زمان کوتاهی مشاهدات در حالت سکون انجام می‌گیرد. سپس متحرک شروع به حرکت نموده و تعیین موقعیت (به‌صورت آنی تا توقف چند دقیقه) با دقت مناسب (در حد چند سانتی‌متر) صورت می‌گیرد. این روش با سه راهکار کینماتیک پیوسته، شبه کینماتیک و ایست ــ رو قابل انجام است. در راهکار کینماتیک پیوسته، گیرنده متحرک (Rover)، حرکت پیوسته دارد و ممکن است در هواپیما یا ماشین و یا قطار مستقر شده باشد. در راهکار شبه کینماتیک، یک گیرنده به طور ثابت در روی نقطه معلوم مستقر می‌شود و گیرنده دیگر روی نقاط دیگر شروع به حرکت می‌کند. روی هر ایستگاه ۵ تا ۱۰ دقیقه مشاهده انجام می‌شود و یک ساعت بعد دوباره همان ایستگاه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه مورد مشاهده قرار می‌گیرند. یعنی هر ایستگاه حداقل دوبار در فاصله زمانی یک ساعت مشاهده می‌شوند. نکته مهم این است که گیرنده در هنگام حرکت بین دو ایستگاه خاموش می‌شود. در راهکار ایست ــ رو (Stop – Go)، گیرنده روی نقطه معلوم قرار می‌گیرد و روی نقاط دیگر حرکت می‌کند و با سرعت بالا طی زمان یک دقیقه موقعیت‌ها را با دقت سانتی‌متر جمع آوری می‌کند.

خلاصه فصل

● **پیمایش** : مجموعهٔ عملیاتی که برای تعیین موقعیت مسطحاتی یک سری نقاط دنبال هم (نقاط ایستگاهی) در یک منطقه از زمین انجام می‌گیرد، پیمایش گفته می‌شود.

● در پیمایش برای این‌که بتوان ابتدا سیستم مختصات دو بعدی مورد نظر را مشخص نمود، به حداقل دو نقطه با مختصات معلوم (یک نقطه با مختصات معلوم و یک امتداد معلوم) در آن سیستم مختصات نیاز می‌باشد.

● پیمایش معمولاً به دو حالت باز و بسته تقسیم‌بندی می‌شود.

● **پیمایش باز** : اگر پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم و یا مفروض شروع و به نقطه‌ای با مختصات مجهول (نامعلوم) پایان یابد، به آن پیمایش باز می‌گویند.

● **پیمایش بسته (Closed traverse)** : در دو حالت زیر پیمایش را بسته می‌گویند :

۱ــ پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم (مفروض) شروع شود و به همان نقطه ختم گردد. به چند ضلعی بسته که در این حالت ایجاد می‌شود پلیگون (Polygon) می‌گویند.

۲ــ پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم شروع شود و به نقطهٔ دیگری با مختصات معلوم برسد. به این حالت پیمایش اتصالی (Link traverse) می‌گویند.

● از پیمایش بسته (پلیگون) معمولاً در مناطقی که طول و عرض منطقه تقریباً مساوی است استفاده می‌شود. همچنین در مناطقی که نقاط با مختصات معلوم در دسترس نیست می‌توان با فرضی گرفتن مختصات نقطهٔ اول از این نوع پیمایش استفاده کرد. البته این‌حالت فقط برای نقشه‌برداری مناطق کوچک کاربرد دارد.

● مراحل کلی پیمایش عبارتند از :

الف) شناسایی ب) اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات پیمایش ج) محاسبات

● ***الف) شناسایی:*** در این مرحله گروه شناسایی با مراجعه مستقیم به محلی که قرار است پیمایش انجام شود، منطقه را شناسایی کرده و در نهایت از موقعیت نقاط موجود یک کروکی تهیه می‌کنند.

● ***ب) اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات پیمایش:*** پس از ایجاد و استحکام نقاط پیمایش، گروه نقشه‌بردار به محل مراجعه کرده و با توجه به کروکی و نام نقاط، طول افقی همه اضلاع و همچنین زاویه افقی همهٔ رئوس پیمایش و ژیزمان یکی از اضلاع مورد نظر (که معمولاً ضلع اول می‌باشد) نیز اندازه‌گیری می‌شود.

● زاویه‌هایی که در پیمایش اندازه گیری می‌شوند معمولاً زاویه به راست (Clockwise angle) هستند. زاویه به راست در محاسبات پیمایش همواره مثبت در نظر گرفته می‌شود.

● منظور از زاویه به راست، زاویه‌ای است که یک امتداد نسبت به امتداد قبل و در جهت عقربه ساعت (جهت راست) می‌سازد.

● ***ج) محاسبات پیمایش:*** برای شروع محاسبات لازم است مختصات یکی از ایستگاه‌های پیمایش (معمولاً نقطهٔ اول) و همچنین ژیزمان یکی از اضلاع پیمایش (معمولاً ضلع اول) معلوم باشد.

● محاسبهٔ مختصات در پیمایش باز را می‌توان در سه مرحله خلاصه کرد :

۱ــ محاسبهٔ ژیزمان کلیهٔ اضلاع پیمایش با استفاده از ژیزمان ضلع اول و زاویه به راست رئوس پیمایش.

۲ــ محاسبه ΔX و ΔY کلیهٔ اضلاع پیمایش.

۳ــ محاسبه مختصات نقاط ایستگاه‌های پیمایش.

● ژیزمان یک امتداد را می‌توان از رابطهٔ زیر به دست آورد :

$$G_{\text{امتداد بعدی}} = (G_{\text{امتداد قبلی}} + \text{زاویه به راست رأس}) \pm 180^\circ$$

● با استفاده از رابطهٔ زیر می‌توان ΔX و ΔY کلیهٔ امتدادها را محاسبه کرد :

$$\begin{cases} \Delta X_i = L_i \times \text{Sin}G_i \\ \Delta Y_i = L_i \times \text{Cos}G_i \end{cases}$$

● پس از محاسبهٔ ΔX و ΔYها با استفاده از روابط کلی زیر مختصات نقاط رئوس پیمایش را محاسبه می‌کنیم. به عنوان مثال برای نقطه B داریم :

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB}$$

● در محاسبه ژیزمان اضلاع در پیمایش باز، از روی جهت حرکت پیمایش و همچنین جهت محاسبات می‌توان زاویه به راست را تعیین کرد.

● مجموع زوایای یک چند ضلعی در فضای ایده‌آل و بدون خطای ریاضی از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$\text{جمع زوایای داخلی} = (n-۲)\times 180^\circ$$

$$\text{جمع زوایای خارجی} = (n+۲)\times 180^\circ$$

● مقدار خطای بست زاویه‌ای در یک پیمایش بسته از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$e_{\alpha} = \sum \alpha_i - (n \pm ۲) \times ۱۸۰^{\circ}$$

● مقدار مجاز خطای بست زاویه‌ای در یک پیمایش بسته از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$e_{max} \pm ۲/۵ \times d_a \times \sqrt{\frac{n}{m}}$$

● مقدار تصحیح برای زوایا از رابطهٔ زیر به دست می‌آید :

$$C = \frac{-e_{\alpha}}{n}$$

● پس از تصحیح زوایا، با معلوم بودن ژیزمان امتداد اول، سایر ژیزمان‌ها را محاسبه می‌کنیم.

● طول‌های اندازه‌گیری شده در پیمایش مانند زوایای اندازه‌گیری شده دارای مقادیری خطا می‌باشند که در محاسبه ΔX و ΔY خطایی ایجاد می‌کنند که به آن خطای بست موضعی (خطای بست طولی) می‌گویند.

● خطای بست موضعی (خطای بست طولی) از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود :

$$e_{X,Y} = \sqrt{(\sum \Delta X_i^{۲} + \sum \Delta Y_i^{۲})}$$

● خطای نسبی بست (دقت پیمایش) از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$e_S = \frac{e_{X,Y}}{\sum L_i}$$

● تعدیل برای هر ضلع در دو جهت X و Y اعمال می‌شود و مقدار آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$\begin{cases} C_X = \frac{-L_i}{\sum L} \times \sum \Delta X \\ C_Y = \frac{-L_i}{\sum L} \times \sum \Delta Y \end{cases}$$

که با مقادیر ΔX و ΔY جمع شده و مقادیر تعدیل شده آنها به دست می‌آیند :

ΔX تصحیح شده = ΔX تصحیح نشده + C_X

ΔY تصحیح شده = ΔY تصحیح نشده + C_X

و در پایان X و Y را به راحتی می‌توان از روی این مقادیر به دست آورد.

خودآزمایی

سؤالات تشریحی

۱ــ روش تقاطع را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نمایید.

۲ــ روش ترفیع را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف و کاربرد آن را ذکر نمایید.

۳ــ مثلث‌بندی و روش‌های آن را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نمایید.

۴ــ روش شبکه را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نمایید.

۵ــ پیمایش را تعریف کنید.

۶ــ تفاوت پیمایش‌های باز و بسته را بیان کنید.

۷ــ مراحل مختلف انجام عمل پیمایش را شرح دهید.

۸ــ روش تعیین موقعیت ماهواره‌ای را شرح دهید.

سؤالات چهارگزینه‌ای

۹ــ زاویه حامل امتداد AB برابر با $S32^{\circ} W$ و طول امتداد ۵۰ متر و(۱۰۰ , ۲۰۰) A می‌باشد، مختصات B کدام گزینه است؟

۱) (۱۵۷/۶۰ و ۷۳/۵۰)

۲) (۱۷۲/۷۷و۵۸/۰۷)

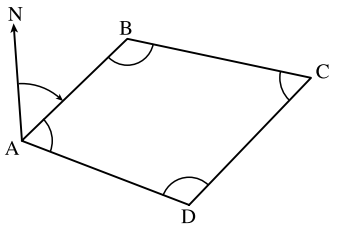
۳) (۱۴۳/۱۱و۴۱/۲۲)

۴) (۴۲/۲۲و۱۴۳/۱۱)

۱۰ــ برای رسیدن به دقت زاویه‌ای ۲۰ ثانیه در یک پیمایش ۸ ضلعی زاویه‌ها را با یک تئودولیت با دقت زاویه ۵ ثانیه چند مرتبه باید اندازه‌گیری کرد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۱ــ در یک پیمایش بسته (چهارضلعی) زوایا تصحیح شده و طول‌ها طبق جدول صفحه بعد اندازه‌گیری شده است. با توجه به مجاز بودن خطای بست پیمایش، جدول پیمایش را کامل کنید.



ایستگاه	زوایای تصحیح شده (gr)	ژیزمان (gr)	طول (m)	تغییرات طول و عرض (m)		تغییرات تصحیح شده (m)		مختصات (m)	
S	A	G	l	Δx	Δy	Δxc	Δyc	X	y
A	101/6858	77/9815	107/86	101/473	36/566	101/478	36/554	1000	1000
B	111/2407	166/7408	92/51	461/162	− 80/170	46/166	−80/181	1101/478	1036/554
C	97/4216	؟	128/17	−113/572	؟	؟	؟	1147/644	956/373
D	89/6519	؟	108/55	؟	103/060	؟	؟	؟	؟
A								1000	1000
جمع			ΣL =437/09	$\Sigma \Delta x$ = ?	$\Sigma \Delta y$ = ?	$\Sigma \Delta X_c$ =0	$\Sigma \Delta y_c$ =0		