جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي/ المساحة

الثاني

المؤلفون

أ. د. كريم حسن علوان

أ. م. د. فنار منصور عبد

المهندس حميد صكبان جبر

م. م. علا هاشم مهدي

المهندسة شيماء عبد علوان

الطبعة الأولى

1445 هـ - 2023 م

المقدمة

إن للمساحة دورا كبيرا في النهضة العمرانية والمشاريع الاستثمارية ونظرا للحاجة الماسة والمتزايدة لهذا التخصص في سوق العمل سعت المديرية العامة للتعليم المهني إلى استحداث تخصص المساحة لإعداد ملاكات تقنية وفنية كفوءة في تخصص المساحة قادرة على سد حاجة سوق العمل لهذا التخصص ، وتعمل هذه الملاكات على تسقيط المباني وأخذ المناسيب بالتقنيات الحديثة ، وبالتالي الوصول إلى مستوى مشاريع عالي الدقة مواكب للتطور العمراني والتكنولوجي وبكلف اقتصادية مناسبة.
كما حرصت الهيئة العامة للتعليم المهني على تطوير المناهج العلمية في تخصص المساحة لما لها من دور أساسي في إيصال المهارة المعرفية والأدائية الى الطلبة بالأسلوب العلمي الصحيح من أجل تنمية المهارات الفنية لديهم.

وبناءً على ما ذُكر في أعلاه ، فقد تم تأليف كتاب العلوم الصناعية للمرحلة الثانية في تخصص المساحة. إنّ هذا الكتاب يقدم عرضا لأهم المبادئ المطلوبة من مخرجات التعليم المهني وارتباطها بحقل العمل لتحقيق مهارة الاتصال والتعرف إلى أهم التقنيات الحديثة المستعملة لغرض التطوير والإرشاد ، إذ يتضمن الكتاب سبعة فصول تناولت المساحات المحددة بخطوط مستقيمة، وبالمنحنيات و بخطوط متعرجة، وفهم تقسيم الأراضي والطرائق المختلفة في تعيين المساحات، وجهاز التسوية وأنواعه، وطرق التسوية، واهم تطبيقاته وفهم طرائق قياس الزوايا باستعمال جهاز الثيودولايت وضبطه، وكيفية استعماله في رصد الزوايا والاتجاهات، وأنواع المضلعات والتصحيح للأطوال والاتجاهات، وفحص المضلع حسابيا، ومعرفة الحسابات الأمامية والمعكوسة والتصحيح بموازنة الأطوال ، فضلا عن التعريف بأنواع التقاطعات بشكل مبسط للتقاطع الأول والثاني و الثالث من دون الدخول في مسائل رياضية معقدة .
كما تضمنت فصول الكتاب مجموعة من الأمثلة والأسئلة المتنوعة والمختلفة، لتشكّل محورا للتغذية الراجعة، سائلين الله تعالى أن يكون هذا الكتاب قد حقق الغرض المطلوب لبناء قدرات الطلبة وتطويرها في تخصص المساحة التقني ضمن التعليم المهني لخدمة أبنائنا الطلبة .

والله ولي التوفيق

المؤلفون

1444 هـ - 2022 م

المحتويات

المحتويات	رقم الصفحة	المحتويات	رقم الصفحة
المقدمة	3	التسوية التفاضلية	52
الفصل الأول : المساحات وتجزئة الأراضي	7	خطأ الإقفال	53
المساحات	8	توزيع الأخطاء	57
مساحات الأشكال المنتظمة	10	تصحيح شبكات التسوية	60
مساحات الأشكال غير المنتظمة	15	المحطات	61
المساحة المحددة بخط متعرج	17	المقطع الطولي	62
تجزئة الأراضي	18	مصادر الأخطاء في عمليات التسوية	68
الطرائق الترسيمية لتعيين المساحة	22	**الفصل الثالث : الاتجاهات والزوايا**	70
طريقة المربعات	24	الاتجاهات	71
طريقة الـ Planimeter	25	الشمال المفترض	72
الفصل الثاني : التسوية	30	الشمال المغناطيسي	72
التسوية	31	الميل المغناطيسي	73
جهاز التسوية	32	التصحيحات	74
أنواع أجهزة التسوية	34	الشمال الحقيقي	78
موازنة الجهاز	37	الشمال التربيعي	79
تعديل الجهاز	40	الزوايا والاتجاهات	79
تأثير تكور الأرض وانكسار خط النظر	47	أرباع الدائرة	83
طرائق التسوية	48	تحويل الاتجاهات	86
التسوية المثلثية	49	الاتجاه الخلفي	88
التسوية البارومترية	51	جمع الزوايا	90
التسوية المتبادلة	51		

المحتويات	رقم الصفحة
الفصل الرابع : قياس الزوايا باستعمال الاجهزة المساحية	92
قياس الزوايا	93
الثيودولايت	94
أجزاء الثيودولايت	98
محاور الثيودولايت	99
الورنية	100
ضبط الثيودولايت	101
نصب الثيودولايت	103
ضبط التسامت (التمركز)	105
ضبط الفقاعة الدائرية	107
ضبط الفقاعة الأنبوبية	108
تعديل الإزاحة العدسية	109
تعديل التسديد	111
مبدأ التقليب	113
الثيودولايت التكراري	116
ثيودولايت الاتجاه	118
قياس الزوايا الرأسية	127
الاختلاف المركزي	134
مصادر الأخطاء في قياسات الثيودولايت	135
الفصل الخامس : المضلعات	137
المضلعات	138
أنواع المضلعات	143
تصحيح الزوايا وحساب الاتجاهات	145
تصحيح الأطوال	147
حساب الإحداثيات	151
تصحيح الأطوال والاتجاهات	153
الفصل السادس : الحسابات الأمامية والمعكوسة	155
الحسابات الأمامية	156
الحسابات المعكوسة	158
فحص المضلع حسابيا	161
التصحيح بموازنة الأطوال	163
الفصل السابع : التقاطعات	168
التقاطعات	169
التقاطع I	172
التقاطع II	176
التقاطع III	177
المصادر	183

الفصل الأول

المساحات و تجزئة الأراضي

Areas & Land Partitioning

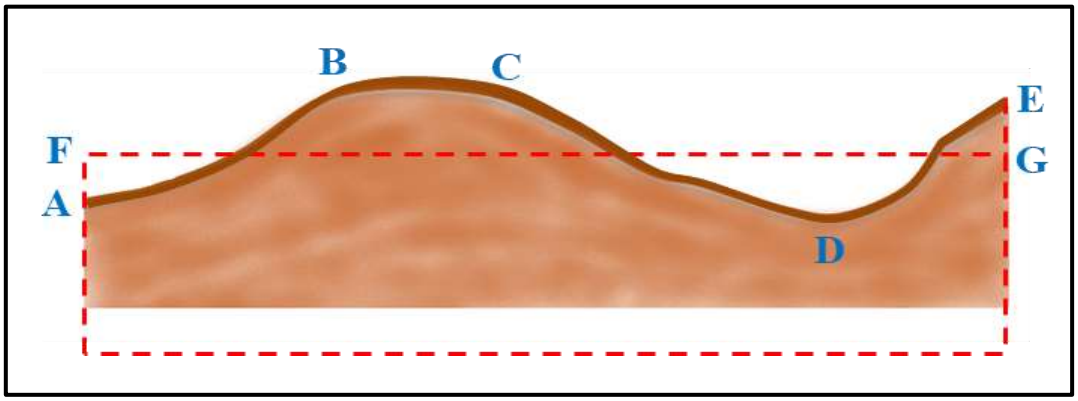
الأهـداف:

سيتعرف الطالب في نـهاية الفصل على :

1. مفهوم المساحات وقوانينها وإيجادها من المسح الحقلي والحسابات.
2. مساحة الأشكال المنتظمة.
3. مساحة الأشكال غير المنتظمة .
4. طرائق تجزئة الأراضي وحسابها.
5. إيجاد الطرائق الترسيمية لتعيين المساحة.
6. إيجاد المساحة بطريقة المربعات.
7. إيجاد المساحة باستعمال البلانيميتر (Planimeter) .

1 - 1 المساحات Areas

مساحة القطع والأراضي هي إحدى المتطلبات والتطبيقات المهمة التي تواجه المساح لاحتسابها بشكل رقمي ودقيق، فهي إحدى الواجبات التي يكلف بها المساح ويطلب منه القيام بها للحاجة لها في استعمالات عديدة في داخل المدينة وخارجها سواء من القياسات الحقلية مباشرة ام من الخريطة كما في الشكل (1-1)، وتكون بأساليب مختلفة . يشمل حساب المساحات في المستوي الأفقي والمستوي الرأسي كونها تمثل الحيز المحدد بين حدود المضلعات البسيطة محاطة بخطوط مستقيمة أو غير مستقيمة. إن حسابات المساحة لها ارتباط مع قياسات مساحات الأرض (المسح الكادسترائي) كأحد المعايير والمؤشرات الأساسية للأرض عند تصنيفها وتقسيمها و تجزئتها وتأثيرها في أسلوب المسح الأفقي ودقته، وكذلك في اعمال المسح الانشائي عن طريق حساب مساحات المقاطع الطولية والعرضية، ولاسيما في أعمال التسوية للحجوم والكميات الترابية، وأعمال السكك الحديدية، والطرق ومشاريع إنشاء خطوط النفط ، ومشارع الري والبزل، ومشاريع السدود والأعمال الجيولوجية ، وكذلك مع الكميات ذات العلاقة مع أعمال الأبنية الهندسية مع مراعاة أن المساحات التي تتعامل بها نسبة إلى المسقط الأفقي ولا تمثل المساحات الحقيقية وذلك لأنه تُحسب المسافات الافقية وليست المسافات المائلة فيها.



شكل (1-1) مساحة مقطع في الأرض

وعادة ما تكون الوحدات المستعملة في حساب المساحات هي وحدات مربعة مثل:

$Inch^2$, Cm^2, m^2, km^2, ft^2 وكذلك وحدات مساحة اصطلاحية مثل : دونم، وهكتار، و أولك، وفدان . إذ ان :

1 هكتار = 4 دونم = 100 أولك

1 دونم = 25 أولك

1 كلم^2 = 100 هكتار

1 فدان = 4200 متر مربع

1 دونم = 2500 متر مربع

مثال (1 - 1) : أوجد مساحة قطعة الأرض ($5\ Km^2$) بوحدات الهكتار إذا علمت أن :

$1\ km^2 = 100\ Hectares$

الحل : للتحويل من وحدة مساحة كبيرة إلى ما يكافؤها من وحدة مساحة اصغر تكون عملية التحويل باستعمال عملية الضرب وكما معطى في السؤال :

$A = 5 \times 100 = 500\ Hectares$

مثال (1-2) : اذا كانت مساحة قطعة الأرض بوحدات الهكتار (10) Hectares أوجد مساحتها بوحدات المتر المربع ووحدات الدونم ، إذا علمت ان :

$1\ Hectare = 10\ 000\ m^2$

$10000\ m^2 = 2.4710\ acres$

الحل: بناءً على البيانات المعطاة في السؤال، يتم تحويل وحدة المساحة (هكتار) إلى وحدة المتر المربع :

$A = 10 \times 10\ 000 = 100\ 000\ m^2$

إذ إن كل (1000) متر مربع = 2.4710 أكر :

$A = (100000 \div 10\ 000) \times 2.4710 = 24.710\ acres$

مثال (1-3): أوجد وحدات المساحة لـ(5) أكر ما يكافؤها بوحدات المتر المربع، إذا علمت أن :

$1\ acres = 4046.7\ m^2$

الحل: بناءً على البيانات المعطاة في السؤال يتم تحويل وحدة المساحة بالأكر إلى وحدات المساحة بالمتر المربع :

$5 \times 4046.7 = 20233.5\ m^2$

ترجع تطبيقات قوانين المساحة إلى العصور القديمة في زمن بلاد ما بين النهرين، والحضارة المصرية القديمة، والحضارة الصينية.

يوجد مصدران أساسيان لحساب المساحات وتقديرها (Computation Methods Area) هما : الاول / الخرائط : وهي الاكثر استعمالا لأنها أسهل على الرغم من أخطاء الرسم، والثاني / الحقل: وهي الأكثر دقة ، و كما يأتي :

أولا / حساب المساحة من الخريطة Computation Area From The Map :

ويكون عن طريق الحصول على معلومات متوفرة على الخريطة فقط ، و تعتمد على دقة إنتاج الخريطة ومقدار خطأ رسم الخريطة نفسها، وكذلك على الأخطاء الأخرى بحسب مقدار دقة الطريقة المستعملة في الحساب.

ثانيا / حساب المساحة حقليا Field Measurement of Area :

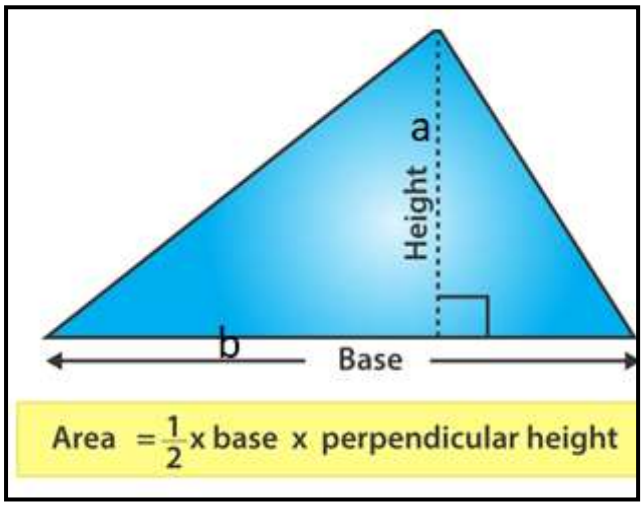
تُحسب المساحة والقياسات في هذه الطريقة من خلال القيام بالمسح الحقلي مثل : مسح المسافات والزوايا و بالطرائق الرياضية المختلفة.

1-1-1 مساحة الأشكال المنتظمة : The Area of regular shapes

بالاعتماد على الأشكال الهندسية المنتظمة ، تعتمد قوانين حساب أهم مساحات القطع المحددة داخل خطوط مستقيمة أو مضلعات ، التي تواجه المساح في عمله منها:

1- مساحة المثلث Triangle Area :

أ- إذا كان المعلوم قياس قاعدة المثلث والارتفاع ، وكما في الشكل (2-1) :



شكل (2-1) مساحة المثلث معلوم فيه القاعدة والارتفاع

$$A = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b = \frac{(ab)}{2} \qquad (1\text{-}1)$$

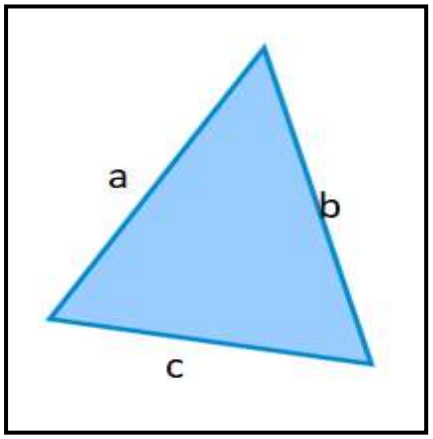
إذ إن:

A= المساحة

a = الارتفاع

b = قاعدة المثلث

ب- إيجاد مساحة المثلث إذا علمت ثلاثة أضلاع (a, b, c) وكما في الشكل (3-1)، يتم إيجاد مساحة القطعة المثلثة الشكل من تطبيق القانون الآتي :



شكل (3-1) مساحة مثلث معلوم فيه أطوال أضلاعه الثلاثة

$$\mathbf{A} = \sqrt{\mathbf{S}\,(\mathbf{S}-\mathbf{a})(\mathbf{S}-\mathbf{b})(\mathbf{S}-\mathbf{c})} \qquad (2\text{-}1)$$

$$\mathbf{S} = \frac{(\mathbf{a}+\mathbf{b}+\mathbf{c})}{\mathbf{2}}$$

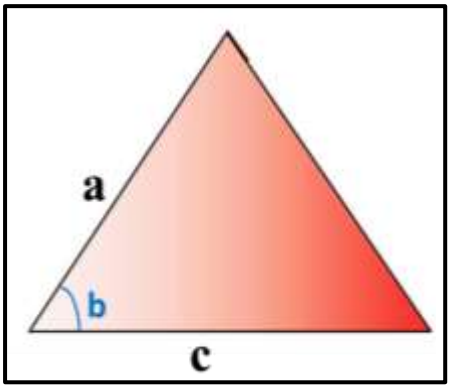
إذ إن : نصف مجموع المحيط = S

ج- إذا علم ضلعان و زاوية محصورة بينهما وكما في الشكل (1- 4) :

يتم إيجاد مساحة القطعة من تطبيق القانون الآتي:

$$A = \frac{1}{2} (a\ c \sin < b) \qquad (3\text{-}1)$$

a , c = ضلعان معلومان
< b = زاوية محصورة



شكل (1-4) مساحة مثلث معلوم فيه ضلعان وزاوية محصورة

مثال (1-4) : أوجد مساحة مثلث طول قاعدته (8 cm) وارتفاعه (9 cm) .

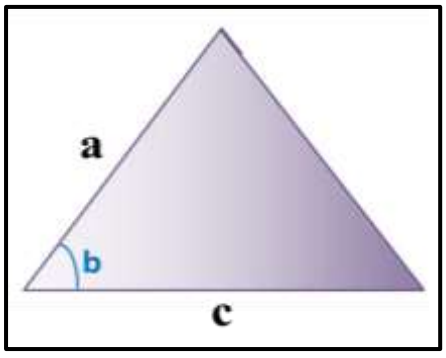
الحل:

$$A = \frac{1}{2} a \times b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 8 \times 9 = 36\ cm^2$$

مثال (1-5) : أوجد مساحة المثلث في الشكل أدناه ، والذي طول ضلعه (a = 18 cm) وطول ضلعه الثاني (C = 12 cm) وقياس الزاوية المحصورة بينهما (< b = 45°).

الحل:

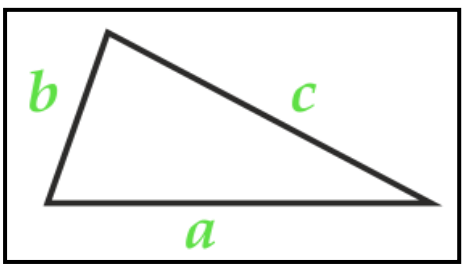


$$A = \frac{1}{2} a\ c \sin b$$

$$A = \frac{1}{2} \times 12 \times 18 \times \text{Sin } 45°$$

$$A = 108 \times 0.707 = 76.356\ cm^2$$

مثال (1-6): احسب مساحة المثلث الموضح في الشكل أدناه إذا علمت أن أطوال أضلاعه (a = 4 m) ، (b = 3 m) و(C = 5 m).



الحل:

$S = (a + b + c) \div 2$

$S = \frac{3 + 4 + 5}{2}$

$S = 6\ m$

$A = \sqrt{6\ (6-3)(6-4)(6-5)}$

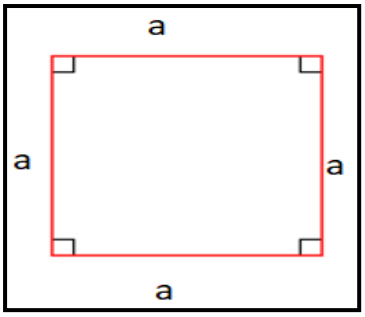
$A = \sqrt{6\ (3)(2)(1)}$

$A = \sqrt{36}\ = 6\ m^2$

2- مساحة المربع Square Areas : وكما في الشكل (1- 5)

$$A = a^2 \qquad (4\text{-}1)$$

إذ إن : طول ضلع المربع = a



شكل (1 - 5) مساحة المربع

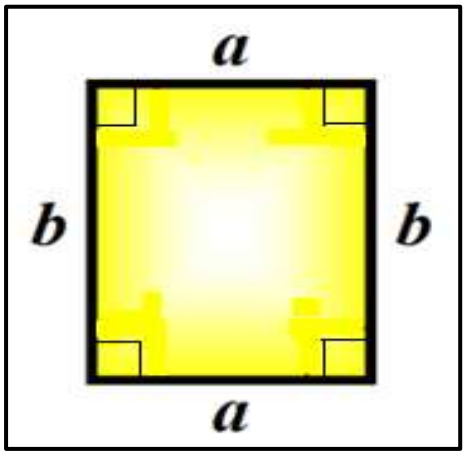
3- مساحة المستطيل Rectangular Areas : وكما في الشكل (1 - 6)

$$A = a \times b \qquad (5\text{-}1)$$

إذ إن :

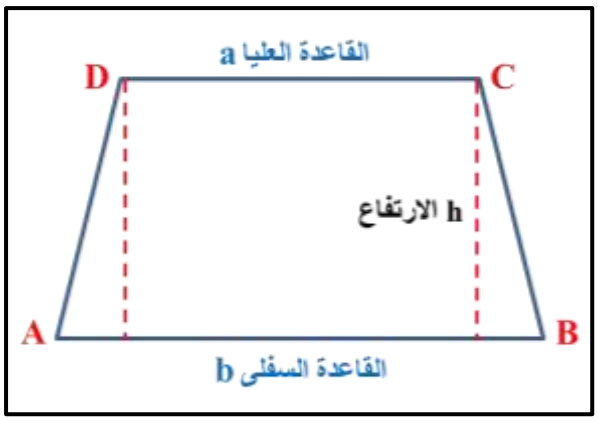
b = الطول

a = العرض



شكل (1 - 6) مساحة المستطيل

4- مساحة شبه المنحرف Trapezoidal Area :



شكل (1-7) مساحة شبه المنحرف

وكما في الشكل (1-7)

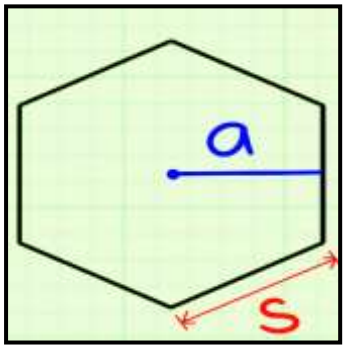
$$A = \left(\frac{a+b}{2}\right) h \qquad (6\text{-}1)$$

إذ إن :

a , b = قاعدتي شبه المنحرف العليا و السفلى

h = ارتفاع شبه المنحرف

5- مساحة المضلع المنتظم Regular polygon :



شكل (1-8) مساحة مضلع منتظم

وكما في الشكل (1-8)

$$A = \frac{1}{2} Pa \qquad (7\text{-}1)$$

إذ إن :

P = محيط المضلع المنتظم : (مجموع جميع أطوال المضلع)

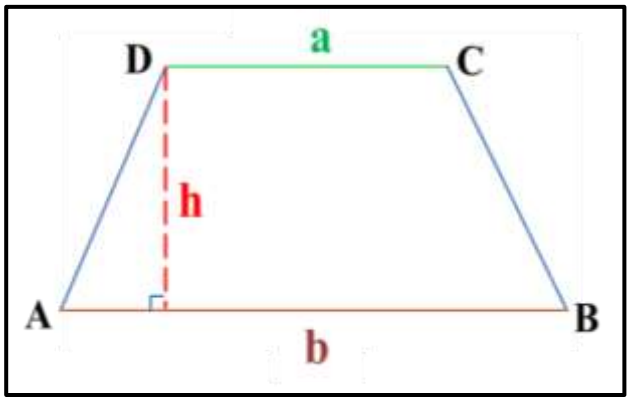
a = نصف قطر الدائرة الداخلية للمضلع

S = طول ضلع المضلع

مثال (1-7): احسب مساحة قطعة الأرض في الشكل التالي ؟ إذ إن : a = 3 m , b = 5 m

. h = 3.5 m

الحل :

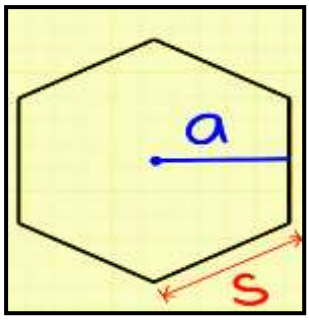


$$A = \left(\frac{a+b}{2}\right) h$$

$$A = \left(\frac{3+5}{2}\right) \times 3.5$$

$$A = 4 \times 3.5 = 14 \ m^2$$

مثال (1-8) : أوجد مساحة المضلع المنتظم من الشكل التالي ، إذا علمت إن :



طول ضلع السداسي المنتظم = S = 10 m

نصف قطر الدائرة الداخلية للمضلع = a = 8m

الحل:

$A = \frac{1}{2} P\ a$

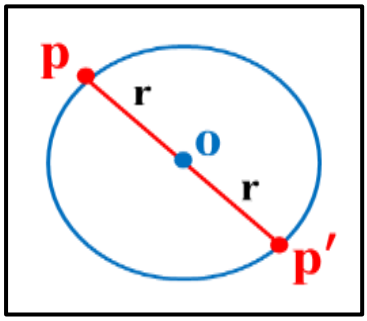
p = محيط المضلع السداسي المنتظم

$P = 10 \times 6 = 60\ m$

$A = \frac{1}{2}\ 60 \times 8 = 240\ m^2$

6- مساحة الدائرة Circular Area :

يتم إيجاد مساحة الدائرة ، التي نصف قطرها (r) معلوم ، وكما موضح في الشكل (1-9) باستعمال المعادلة الآتية :



شكل (1-9) مساحة الدائرة

$A = r^2\ \pi$ (8-1)

إذ إن : النسبة الثابتة $\pi = 3.142 = \frac{22}{7}$

نصف قطر الدائرة = r ، مركز الدائرة = O

قطر الدائرة = PP′

مثال (1-9) : أوجد مساحة دائرة قطرها (D) = 20 cm ؟

الحل :

$r = \frac{D}{2}$

$r = \frac{20}{2} = 10$

$A = r^2 \times \pi$

$A = 10^2 \times 3.142 = 314.2\ cm^2$

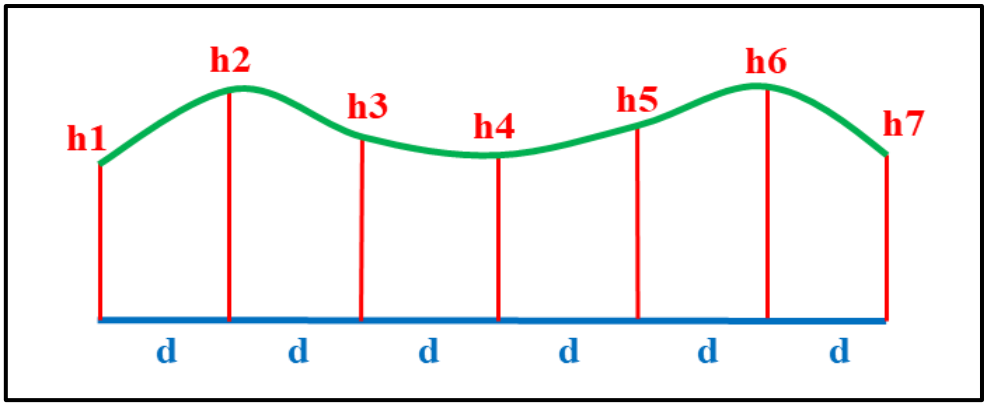
2-1-1 مساحة الأشكال غير المنتظمة The Area of Irregular Shapes

أ- إقامة أعمدة على فترات متساوية :

1- قاعدة سمبسون Simpson Rule : تستعمل لإيجاد مساحة قطعة غير منتظمة على شكل أقواس او منحني وتعد من الطرائق الدقيقة في إيجاد المساحات وحسابها وذلك لأخذها الشكل المنحني بالحسبان، وهي تطبق لعدد فردي من الأعمدة ، وتكون الحسابات كالتالي ، وكما هو موضح في الشكل (1- 10).

$$A = \frac{d}{3}[h_1 + h_n + 4(h_2 + h_4 + \dots h_{n-1}) + 2(h_3 + h_5 + \dots\dots + h_{n-2})] \qquad (9\text{-}1)$$

(ملاحظة : القانون يعطى من ضمن السؤال و لا يحفظ)

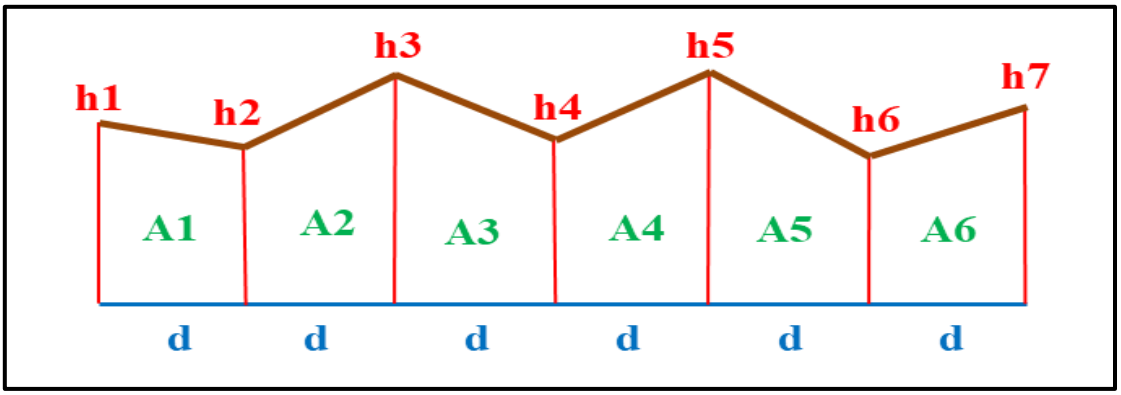


شكل (1- 10) قاعدة سمبسون

2- قاعدة شبه المنحرف Trapezoidal Rule : تستعمل هذه القاعدة عندما تكون حدود القطعة على شكل خطوط مستقيمة ، او عندما تكون الفترة المتساوية بين الأعمدة قصيرة ، وكما في الشكل (1-11):

$$A = d\left[\frac{h1+hn}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + \dots\dots + h_{n-1}\right] \qquad (10\text{-}1)$$

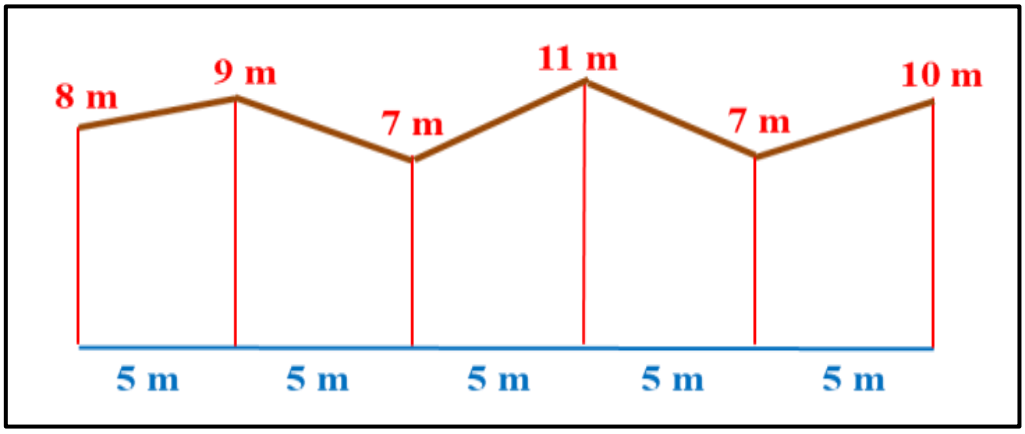
(ملاحظة : القانون يعطى من ضمن السؤال و لا يحفظ)



شكل (1- 11) قانون مساحة شبه المنحرف

مثال (1- 10) : أحسب مساحة قطعة الأرض الموضحة في الشكل أدناه باستعمال قانون شبه المنحرف.

$$A = d\left[\frac{h1+hn}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + \ldots\ldots + h_{n-1}\right]$$



الحل :

$$A = 5\left(\frac{8+10}{2} + 9 + 7 + 11 + 7\right) = 215\ m^2$$

3- قانون متوسط الأعمدة Average offsets Formula : وكما هو موضح في الشكل (12-1) ويستعمل القانون الآتي :

$$A = \left(\frac{h1 + h2 + h3 + \cdots + hn}{n}\right) \times L \qquad (11\text{-}1)$$

$$A = \frac{\sum h}{n} \times (n-1)\,d$$

$$A = \frac{\sum h}{n} \times L$$

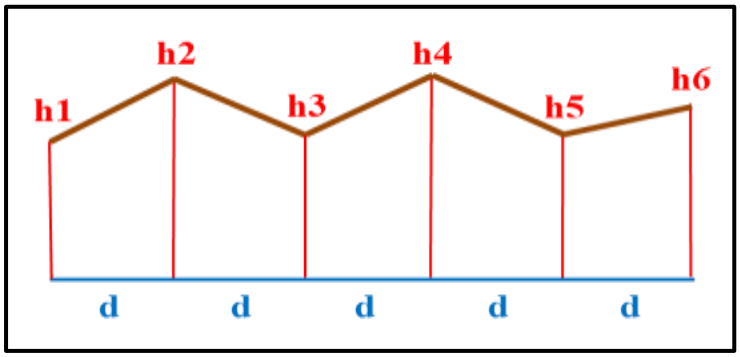
إن عدد الفترات المتساوية = عدد الأعمدة $- 1 = (n-1)$

إذ إن :

h = طول الأعمدة المقامة

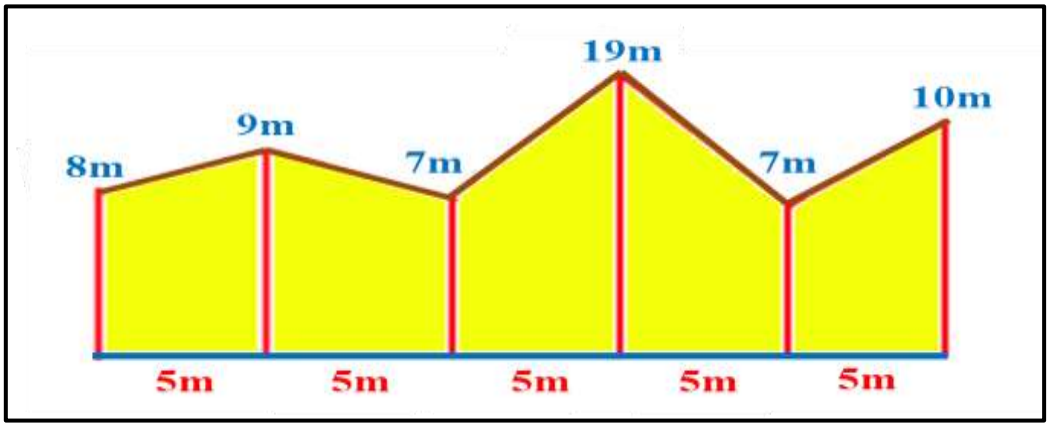
n = عدد الأعمدة المقامة

L = طول خط التضليع $= (n-1)\,d$



شكل (12-1) الفترة المتساوية للأعمدة

مثال (1 -11) : أحسب مساحة القطعة في الشكل أدناه ؟ باستعمال قانون متوسط الأعمدة .



الحل:

$$A = \left(\frac{h1 + h2 + h3 + \dots + hn}{n} \right) \times L$$

$$A = \left(\frac{8 + 9 + 7 + 19 + 7 + 10}{6} \right) \times 25 = 250\ m^2$$

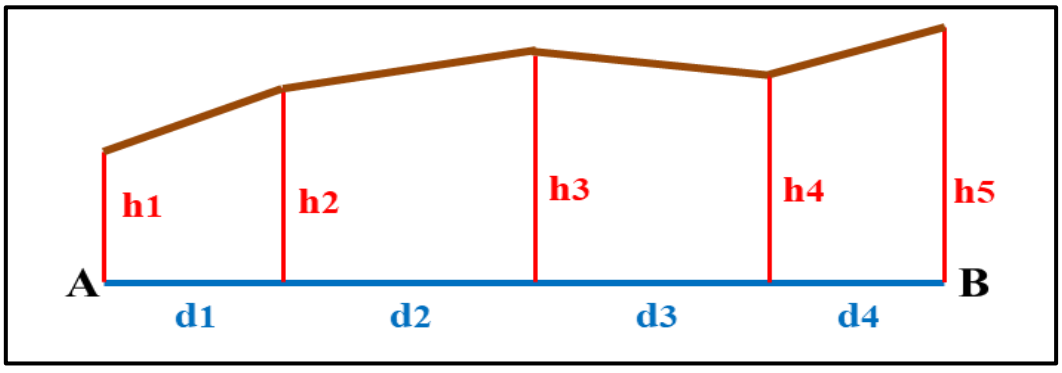
ب- إقامة أعمدة على فترات غير متساوية :

إن هذه الطريقة تستعمل في إيجاد مساحات الأشكال غير المنتظمة عن طريق إقامة أعمدة على مسافات غير متساوية بسبب طبيعة الأرض داخل القطعة التي تمنع إقامة أعمدة على فترات متساوية ، كما في الشكل (1-13) .

$$2A = d_1 (h_1 - h_3) + (d_1 + d_2) (h_2 - h_4) + (d_1 + d_2 + d_3) (h_3 - h_5) + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4) (h_4 - h_5) + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5) (h_5 - h_7) \dots . (h_{n-1} + h_n) \qquad (12\text{-}1)$$

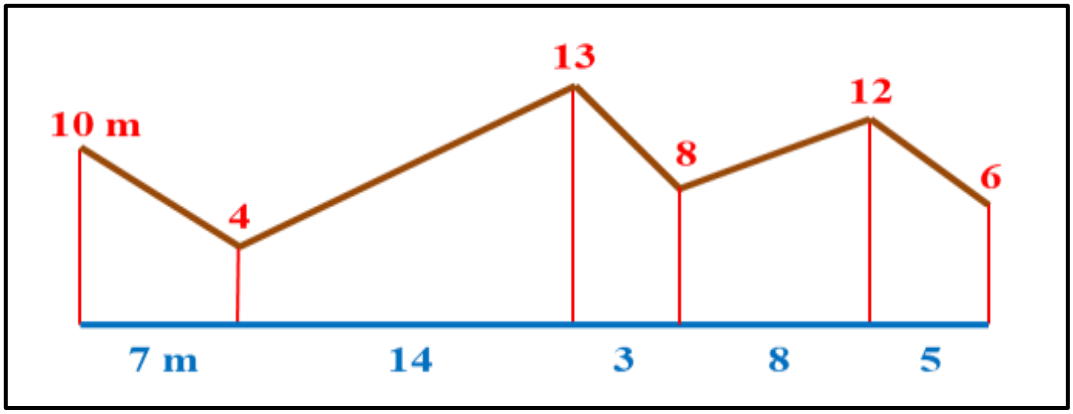
$$A = \left| \pm \frac{2A}{2} \right|$$

(ملاحظة : القانون يعطى من ضمن السؤال و لا يحفظ)



شكل (1-13) قانون المساحة بإقامة أعمدة على فترات غير متساوية

مثال (1-12): أحسب مساحة القطعة في الشكل التالي باستعمال أعمدة بفترات غير متساوية و بحسب القانون الآتي :



$$2A = d_1 (h_1 - h_3) + (d_1 + d_2) (h_2 - h_4) + (d_1 + d_2 + d_3) (h_3 - h_5) + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4) (h_4 - h_5) + (d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5) (h_5 - h_7) \ldots\ldots\ldots (h_{n-1} + h_n)$$

الحل:

$$2A = 7 (10 - 13) + (7 + 14) (4 - 8) + (7 + 14 + 3) (13 - 12) + (7 + 14 + 3 + 8) (8 - 12) + (7 + 14 + 3 + 8 + 5) (12 + 6)$$

$$2A = 457 \text{ m}^2 \longrightarrow A = 228.5 \text{ m}^2$$

1 - 2 تجزئة الأرض : Land partitioning

وهي احدى مهام المساح وواجباته والمتمثلة في أعمال مسح الحدود (Boundary survey) لمختلف الأراضي الحضرية في المدن و الأرياف ، إذ يقوم المساح بما يأتي :

1- تسجيل وكتابة وصف لحدود قطعة الأرض.
2- القيام بمسح قطعة الأرض بما يضمن كتابة الوصف لهذه القطعة بشكل دقيق.
3- تثبيت و تسقيط حدود القطعة و أركانها.
4- تعيين مواقع مختلف الأبنية والمنشآت والخطوط والأركان ضمن هذه القطعة ، وبحسب حدود القطعة الخارجية.

يمكن تقسيم الطرائق العامة المستعملة في إيجاد وتجزئة المسطحات على :

1- الطريقة الحسابية : وهي أدق الطرائق وتستعمل في تقسيم الأراضي على أشكال هندسية منتظمة مثل الأشكال الرباعية أو المربع أو المستطيل أو المثلث وتطبق عليها قوانين الأشكال المنتظمة.

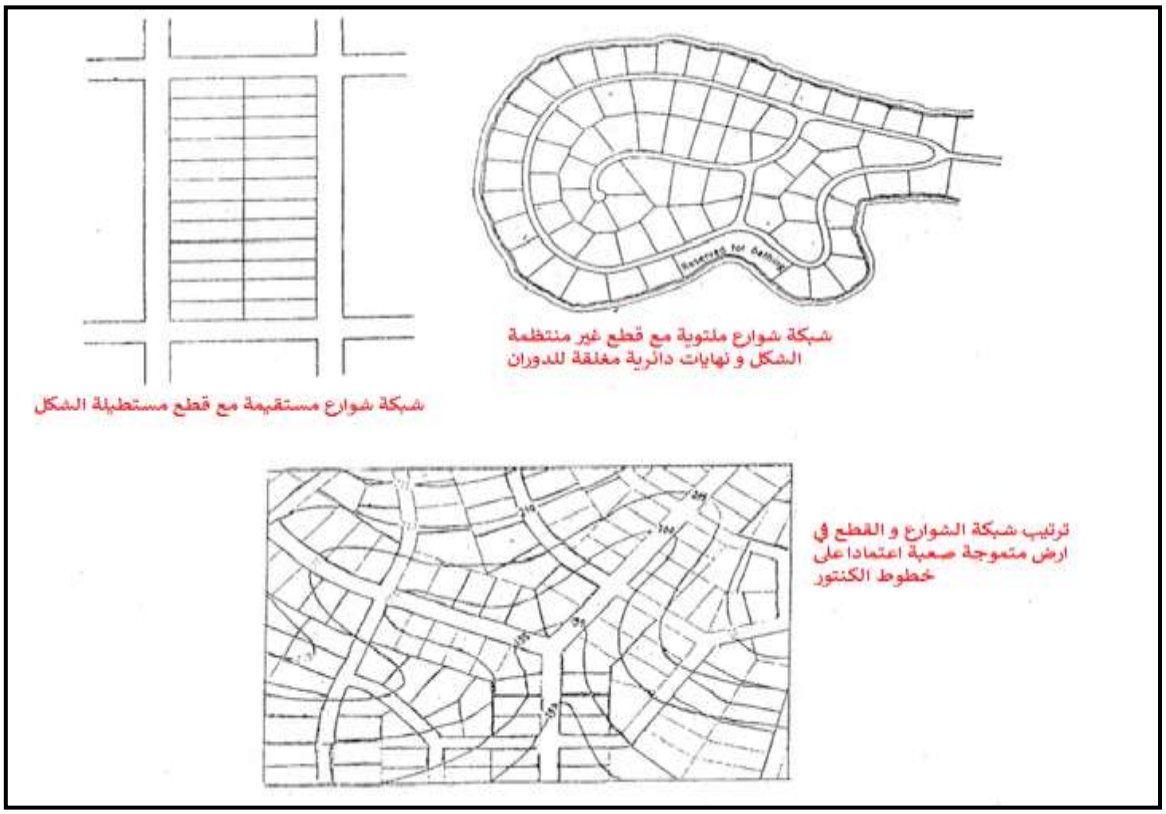
2- الطريقة النصف حسابية : وهي تستعمل في تقسيم المساحات الضيقة إلى شرائح ، ومن ثم تطبيق القوانين الخاصة بها.

3- الطريقة الميكانيكية : و تعتمد على استعمال أجهزة ومعدات لتعيين المساحات مثل البلانيميتر .

ولضمان تقسيم الأرض بالشكل المطلوب من حيث الدقة يجب القيام باختيار نقاط سيطرة أفقية و رأسية عن طريق شبكة التثليث أو التضليع المتوفرة في منطقة العمل ، او القيام بعمل هذا النوع من الشبكات وبما تحتاجه عملية التقسيم من حيث مساحة المنطقة و نوعية الاستغلال المطلوبة لها ، او الغرض من التقسيم و الدقة المطلوبة لعملية المسح.

إن هذه الدقة تعتمد على قيمة الأرض بشكل رئيسي و نوعية الاستغلال المطلوب ، إذ يفترض أن لا تزيد الأخطاء النسبية (Relative accuracy) بحسب طبيعة التقسيم عن (1 – 3) من 1000 للأراضي الزراعية و الريفية ، و لا تزيد عن (1 من 50000) للمسح داخل المدينة.

تُقسيم قطع الأراضي الكبيرة بعد الحصول على الموافقات الأصولية لغرض التقسيم والتوافق بين عملية التقسيم هذه ، والمخطط الأساسي للمدينة او المنطقة المراد تقسيمها، إذ يضع مخططو المدن خرائط التقسيم ، و يشارك المساح بوضع الخريطة الأولية من خلال إجراء المسوحات الأولية اللازمة ، وتوفير المعلومات والوصف الكامل لمنطقة التقسيم ، وبما ينسجم مع مساحات القطع المطلوبة وحدود هذه المساحات الدنيا والعليا ، كما في الشكل (1 - 14) إذ تؤخذ بنظر الاعتبار طبوغرافية الأرض .

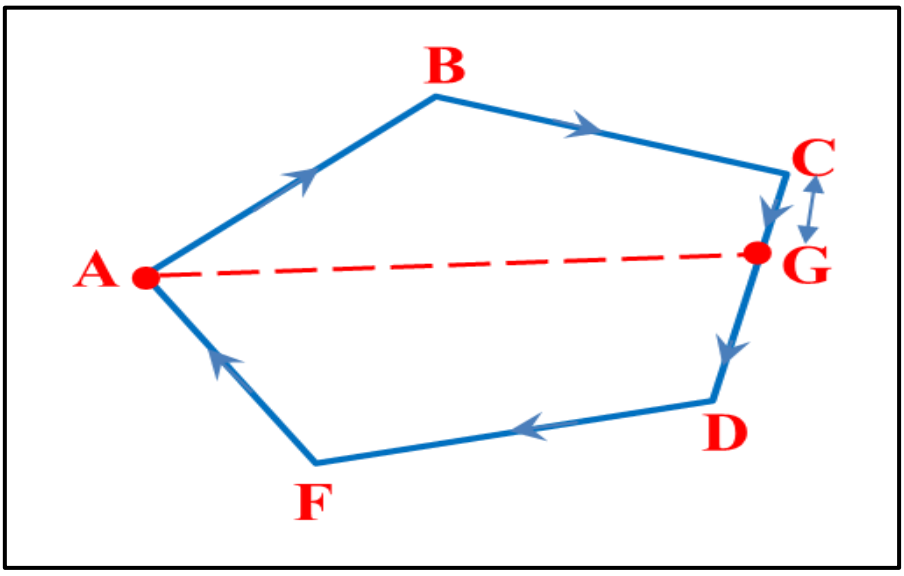


شكل (1- 14) تجزئة القطع المطلوبة و حدودها

كما وتؤخذ بنظر الاعتبار الأراضي المجاورة للقطع والطرق المحيطة أو المتقاطعة مع حدودها وغيرها من العناصر التي تؤثر في عملية المسح وإجراء التقسيمات والحسابات لاستعمالات الأرض المختلفة داخل المدينة ، من استعمالات أرض سكنية أو تجارية أو صناعية أو طرق وخدمات وغيرها.

ولتقسيم قطع الأراضي الصغيرة (Subdividing off land or traverse) يتطلب من المساح معرفة مساحات أجزاء أي قطعة أرض فعلى سبيل المثال قطعة أرض على شكل مضلع يقسمها خط بنهايتين معلومتي الموقعين، أو خط مركزي لطريق أو قناة بعرض معين ، و باتجاه معلوم يمر من نقطة معلومة على أحد أضلاع المضلع أو من ركن المضلع وكما موضح في الشكل (1- 15) .

قد يحتاج لتقسيم القطعة أو المضلع إلى جزأين أو عدد من الأجزاء المتساوية بين مجموعة من الأشخاص لأغراض سكنية ، أو لأغراض الري ، أو توزيع تركة بين الورثة من نقطة معينة على حدود المضلع أو من ركن لضلع ، أو بواسطة خط يمر باتجاه معلوم لتقسيم القطعة وغيرها.

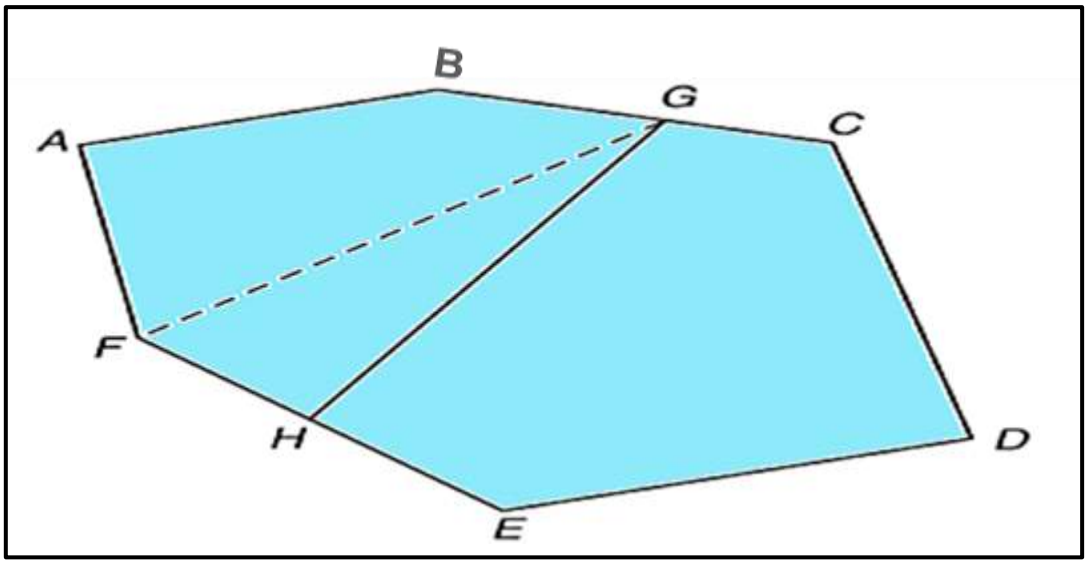


شكل (1-15) تقسيم قطعة أرض صغيرة

وقد يطلب تعديل حدود متعرجة ذات خطوط مستقيمة أو منحنية تفصل بين قطعتين إلى مستقيم بحيث تحتفظ كل قطعة بالمساحة الأصلية الكلية نفسها من دون زيادة أو نقصان، و قد تستعمل هذه الحالة أيضا بصورة أوسع لتعديل الحدود بين بلدين.

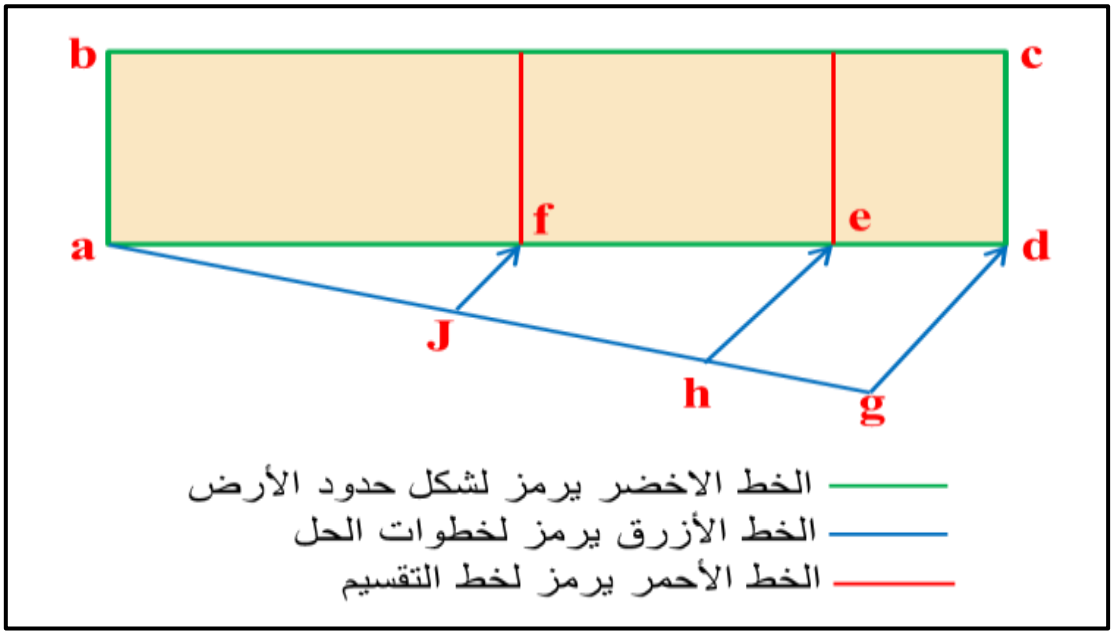
يمكن تقسيم الأراضي من خلال الطريقة الترسيمية باستعمال خرائط ذات مقياس رسم مناسب ، وهنالك حالات كثيرة ومختلفة لهذه الطريقة منها:

1- تقسيم قطعة أرض (A B C D E F) من نقطة محددة على محيطها (G) وكما في الشكل (1-16)، ولغرض التقسيم نعمل على إيجاد إحداثيات نقطة (H) على المحيط ، لنتمكن من ربط وإيصال النقطتين (GH) التي تقسمها إلى المساحات المطلوبة .



شكل (1-16) تقسيم قطعة أرض من نقطة محددة على محيطها

2- قطعة أرض مستطيلة الشكل (a b c d) ويراد تقسيمها بنسبة X:Y:Z على أن يكون الطريقان (b c) و (a d) مشتركين لكل أجزاء القطعة وكما في الشكل (1-17) :



شكل (1-17) تجزئة القطعة على أن يكون الطريقان مشتركين لكل أجزاء القطعة

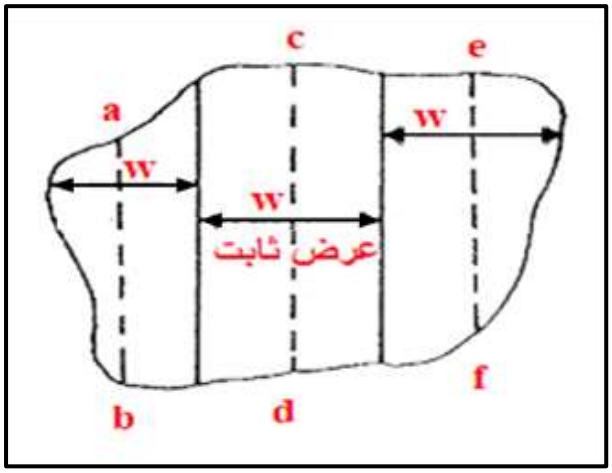
3- تقسيم قطعة أرض على شكل أشرطة أو شرائح Division into strips : إذ يمكن تقسيم القطعة على عدد من الأشرطة ذات عرض ثابت ، وكما في الشكل (1-18) ، وبعد ذلك يقاس مجموع الأطوال المتوسطة لهذه الشرائح (ab + cd + ef) في منتصف العرض الثابت عن طريق استعمال المسطرة والفرجال، وبعدها يضرب مجموع هذه الأطوال في العرض الثابت (fixed width) لإيجاد مساحة القطعة على الخريطة وإيجاد المساحة عن طريق المعادلة الآتية :

$$A = [\ ab + cd\ + ef\ ] \times \text{fixed width (w)} \qquad (13\text{-}1)$$

إذ إن :

مجموع الأطوال المتوسطة ab , cd ,ef

العرض الثابت (fixed width) = w



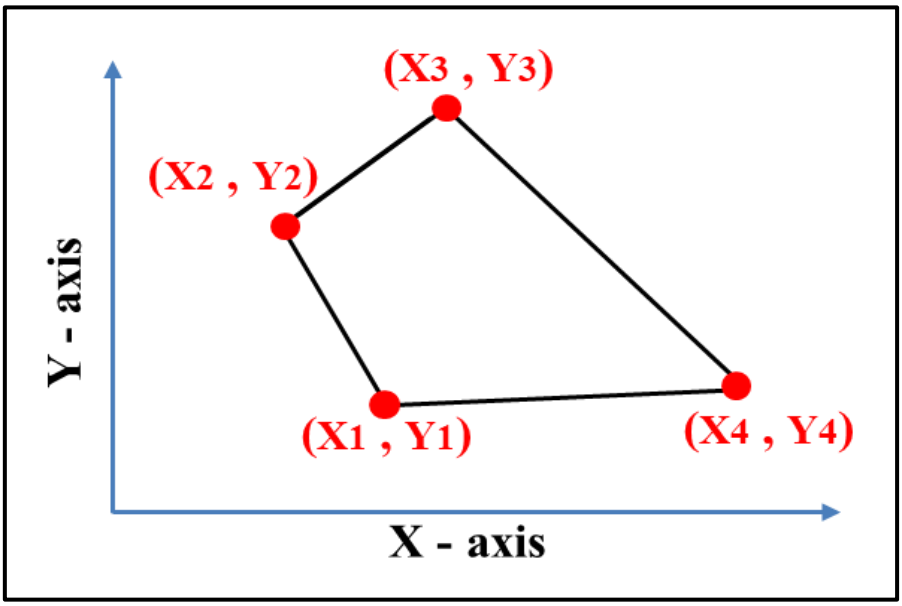
شكل (1-18) تقسيم القطعة على عدد من الأشرطة

1 - 3 الطرائق الترسيمية لتعيين المساحة

Analogue Methods for Area Determination

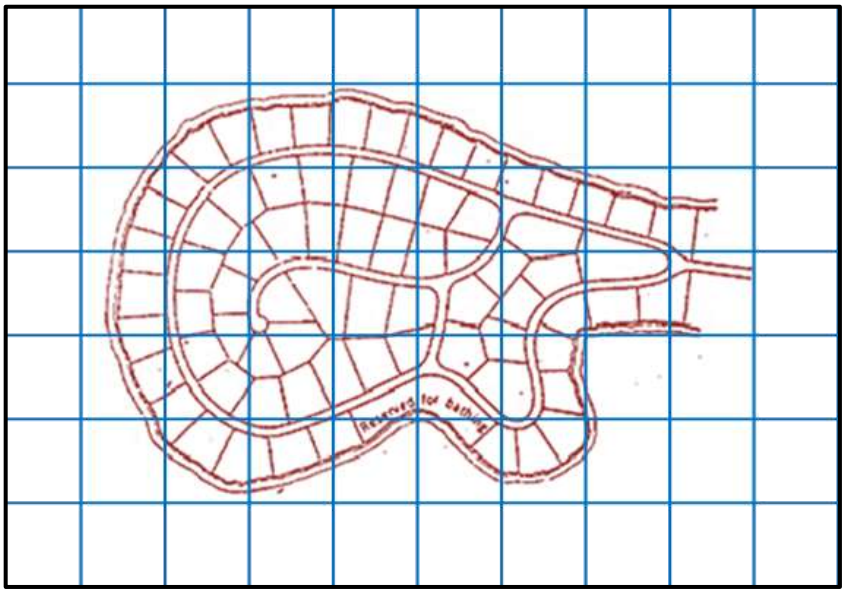
أ- طريقة تقسيم الخريطة على أشكال هندسية منتظمة : يمكن تطبيق قانون الأشكال الهندسية مثل : المثلث ، و المربع ، والمستطيل ....الخ ومن ثم حساب المساحة رياضيا وبحسب قوانين المساحة وبالاعتماد على حساب مقياس الرسم يتم إيجاد الأبعاد من الخريطة.

ب- استعمال إحداثيات أركان القطعة أو الخريطة : وباستعمال طريقة الإحداثيات وحساب قياس إحداثيات أركان القطعة على الخريطة وكما في الشكل (1-19) .



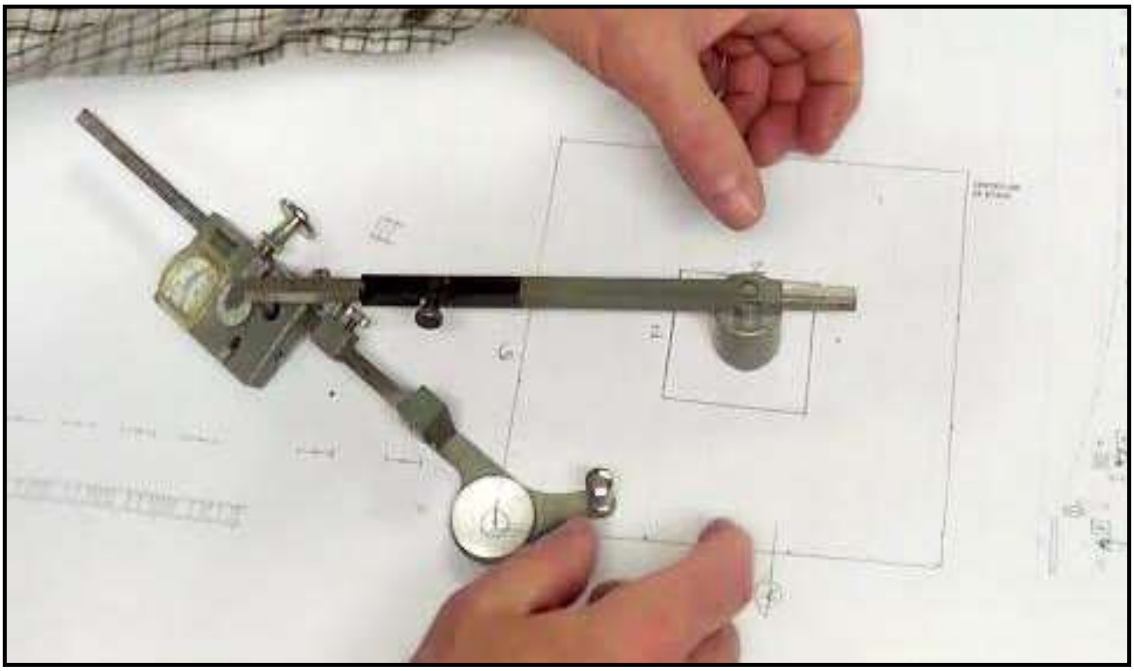
شكل (1- 19) استعمال إحداثيات أركان الخريطة

ج- استعمال ورق المربعات (الورق البياني) : وكما في الشكل (1- 20).



شكل (1- 20) استعمال ورق مربعات الأشكال البيانية لحساب المساحة

د- الطريقة الميكانيكية : باستعمال جهاز البلانيميتر (Planimeter) بأنواعه المختلفة الميكانيكي ، أو الإلكتروني الرقمي ، وكما في الشكل (1-21).



شكل (1-21) استعمال جهاز البلانيمتير

هـ - استعمال تقنيات البرمجيات في حساب المساحات : ومنها البرمجيات الخاصة بالرسم مثل : برنامج الاوتوكاد (AutoCAD) ، والتحويل إلى خريطة رقمية (Digitization) ، والمسح الضوئي (Scanning) واستعمال البرامج الحاسوبية الذكية الأخرى.

1 – 3 - 1 طريقة المربعات Square Method

تُحسب المساحة المحددة عن طريق إيجاد مجموع عدد المربعات الكاملة و مساحة المربعات غير الكاملة تقديرا ، ثم تضرب في مساحة المربع الواحد ، وكما في الشكل (1-22). يُرسم المقطع العرضي على ورقة المربعات بمقياس رسم واحد ، أو بمقياس رسم احدهما رأسي (V.s) و الاخر افقي (H.s) ، وبعدها تحسب عدد المربعات الصحيحة ، وكذلك المتكونة من الأجزاء (1×1cm) أو (2×2cm) أو (5×5 cm) بحسب الدقة المطلوبة ، وكبر المساحة ، ويضرب فيما يمثله المربع الواحد من الأمتار المربعة على الأرض للحصول على مساحة المقطع الحقيقية على الأرض.

شكل (1-22) حساب المساحة بطريقة المربعات

مثال (1-13) : رسمت قطعة أرض بمقياس رسم $\frac{1}{1000}$ على ورق مربعات ، وكان عدد المربعات الكاملة داخل القطعة (14) مربعا ، وحسبت أجزاء المربعات المجاورة لحدود القطعة (6) مربعات وتبلغ مساحة المربع الواحد (5 cm × 5 cm) ، المطلوب حساب مساحة قطعة الأرض بالأمتار المربعة؟

الحل :

مساحة المربع الواحد : $5\ cm \times 5\ cm = 25\ cm^2$

نستخرج مساحة المربع الواحد على الأرض وحسب مقياس الرسم $\frac{1}{1000}$ و كالآتي :

كل (1 cm) على الخريطة = 1000 cm أي ما يعادل على الأرض = 10 m

وبذلك : $1\ cm^2$ (على الخريطة) $= (10 \times 10) = 100\ m^2$

أي إن مساحة المربع الواحد على الأرض : $25 \times 100 = 2500\ m^2$

المساحة الكلية على الأرض = مساحة المربع الواحد على الأرض × (عدد المربعات الكاملة + عدد المربعات المتكونة من الأجزاء)

$$At = (6+14) \times 2500 = 50000\ m^2$$

مثال (1-14) : أوجد مساحة قطعة رسم مقطعها على ورق المربعات بمقياس رسم احدهما رأسي V.s $= \frac{1}{50}$ و الآخر أفقي H.s $= \frac{1}{400}$ إذ حسبت المربعات الصحيحة والمتكونة من الأجزاء فكان عدد المربعات الكلية = 20 مربعا ، وكانت مساحة المربع الواحد تساوي ($2 \times 2 = 4\ cm^2$).

الحل :

عرفنا أن : $1\ m = 100\ cm$ وعليه : $400 \div 100 = 4.0$ ، $50 \div 100 = 0.5$

وبذلك فإن المقياس الرأسي سيكون : 1cm على الخريطة = 0.5 m على الأرض

والمقياس الأفقي : 1 cm على الخريطة = 4.0m على الأرض

وعليه فإن $1cm^2$ على الورقة يعادل $4.0 \times 0.5 = 2\ m^2$ على الأرض ، وبذلك فإن مساحة المقطع على الأرض :

مساحة المربع الواحد على الأرض × مساحة المربع على الخريطة × عدد المربعات = A $A = 20 \times$

$$A = (4 \times 2) = 160\ m^2$$

1 - 3 - 2 طريقة البلانيميتر Planimeter Method

يمكن إيجاد مساحة الأشكال باستعمال الأدوات والأجهزة المساحية منها جهاز البلانيميتر القطبي (Polar planimeter) لقياس مساحة أية قطعة مرسومة على ورقة بمقياس رسم محدد إذ يسجل الجهاز عدداً صحيحاً من الدورات (Revolutions) وأجزائها على قرص أو (طبلة) و عجلة بصورة ميكانيكية نتيجة لدوران النقطة المتحركة أو نقطة التتابع (Tracing point) الخاصة بالجهاز حول حدود القطعة ، وعند ضرب عدد الدورات الكلية في ثابت الجهاز (Planimeter Constant) يمكن الحصول على مساحة القطعة على الخريطة و استخراج مساحتها على الأرض بعد ذلك.

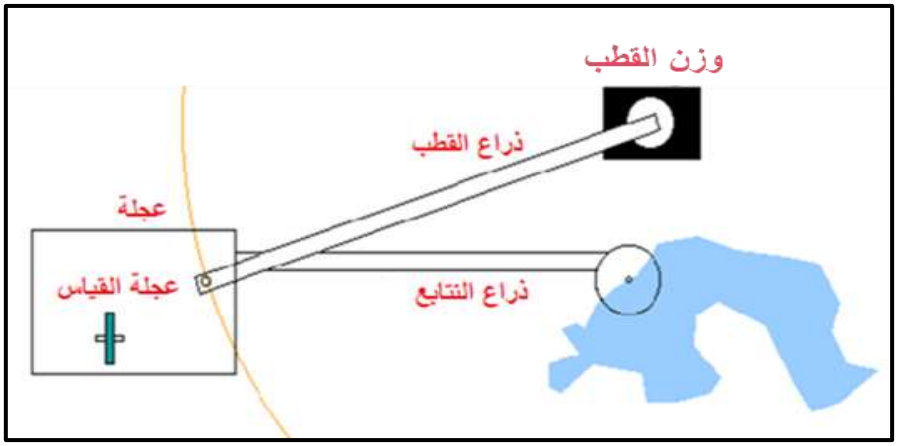
يتكون جهاز البلانيميتر من ثلاثة أجزاء رئيسة :

أ- نقطة التثبيت .

ب- نقطة التتابع .

ج- مسجل عدد الدورات في الجهاز .

والشكل (1-23) يوضح فكرة مبسطة عن عمل جهاز البلانيميتر القطبي في إيجاد المساحة.



شكل (1-23) فكرة عمل البلانيميتر القطبي

ويوضح الشكل (1-24) البلانيميتر الرقمي (Digital planimeter) بنوعيه الرقمي (ذو القطب الثابت) و الرقمي (ذو العجلة الدوارة) .

شكل (1- 24) أنواع البلانيميتر القطبي

هنالك نوعان من الأجهزة الأول : القديم الذي يظهر فيه عدد الدورات بشكل ميكانيكي ، وأما النوع الثاني : فيظهر فيه عدد الدورات بشكل رقمي.

ويعمل عن طريق وضع نقطة التثبيت خارج حدود الشكل و الرسم للمساحة المراد إيجادها في حالة كان الشكل صغيراً ، إذ يمكن إحاطته بواسطة نقطة التتبع وفي حالة كان الشكل كبيراً بحيث لا يمكن إحاطته بنقطة التتبع فتوضع نقطة التثبيت داخل الخريطة . إن جهاز البلانيميتر القطبي (Polar planimeter) يستعمل لإيجاد مساحة القطعة وهي مرسومة على خريطة بمقياس رسم معلوم ، فيُحصل على pm2 مساحة القطعة عن طريق ضرب عدد الدورات الكلي × ثابت الجهاز (Planimeter constant) وكما مثبت في المعادلة الآتية :

$$a = C \times n \qquad (14 - 1)$$

إذ إن :

$C = (cm^2 / revolutions)$ ثابت الجهاز .

n = عدد الدورات الكلي الذي يسجله الجهاز للمساحة المطلوبة (القراءة النهائية للجهاز) .

n_i = تسمى القراءة الأولية للجهاز

n_f = أما القراءة النهائية للجهاز فتسمى

وعليه فإن : $n = n_f - n_i$

ولإيجاد ثابت الجهاز C فإما أن يكتب ثابت الجهاز على ذراع التتبع أو يكتب داخل صندوق الجهاز ، واذا لم يثبت فبالإمكان إيجاده عن طريق أخذ مربع كأن يكون (10 cm × 10 cm) ويرسم على اللوحة بحيث تكون مساحة المربع ($100\ cm^2$)، ثم نضع ذراع التتبع خارج المربع ونقطة التتبع على أحد أركان المربع و تؤخذ قراءة أولية (n_i) و نبدأ بتحريك نقطة التتبع على أضلاع المربع المحدد ، ومن ثم نعود إلى نقطة البداية فنحصل على القراءة (n_f) . ثم نحسب ثابت الجهاز من خلال المعادلة الآتية :

$$n = n_f - n_i$$

$$c = \frac{100}{n} = cm^2 / revolution$$

تُحسب المساحة بوضع نقطة التثبيت خارج القطعة ، ونثبت نقطة التتبع على إحدى النقاط المؤشرة والواقعة على حدود القطعة وتؤخذ القراءة الأولية أي (n_i) بعد ذلك نحرك نقطة التتبع حول حدود القطعة و باتجاه عقرب الساعة حتى نصل إلى نقطة البداية و تؤخذ القراءة النهائية (n_f) .

ويفضل تكرار العملية عدة مرات لإيجاد معدل القراءة $A = c \times n$ وتحسب المساحة حسب مقياس الرسم.

مثال (1-15): أحسب مساحة قطعة أرض بالأمتار المربعة عن طريق استعمال جهاز البلانيميتر لقياس مساحة قطعة مرسومة بمقياس رسم $\frac{1}{1000}$ على الخريطة ، إذ وضعت نقطة تثبيت الجهاز خارج حدود القطعة ، وكانت القراءة الأولية للجهاز $n_i = 2.815$ و القراءة النهائية $n_f = 6.143$ ومقدار ثابت الجهاز ($C = 100\ cm^2 / revol.$) .

الحل: لحساب مساحة القطعة (A) نتبع الخطوات الآتية :

1- إيجاد عدد الدورات عن طريق تطبيق المعادلة الآتية : $n = n_f - n_i$

$$n = 6.143 - 2.815 = 3.328$$

2- إيجاد مساحة القطعة على الخريطة عن طريق تطبيق المعادلة الآتية :

$$a = C \times n$$

$$a = 100 \times 3.328 = 332.8 \ cm^2$$

3- إيجاد ما يكافئ مساحة الخريطة على الأرض من مقياس الرسم المعطى :

مقياس الرسم = $\frac{1}{1000}$ وعليه $1000 \div 100 = 10 \ m$

أي إن كل 1 cm على الخريطة = 10 m على الأرض .

وبذلك إذن كل 1 سم × 1سم على الخريطة = 10 متر ×10 متر = 100 متر مربع على الأرض أي :

$1cm^2$ على الخريطة = $100 \ m^2$على الأرض:

4 - إيجاد مساحة القطعة على الأرض :

$$A = 332.8 \times 100 = 33280 \ m^2$$

مثال (1- 16): استعمل جهاز البلانيميتر لقياس مساحة قطعة مرسومة بمقياس $\frac{1}{500}$ إذ كانت نقطة التثبيت خارج حدود القطعة ، وكانت القراءة الأولية للجهاز $n_i = 5$ و القراءة النهائية $n_f = 15$ ومقدار ثابت الجهاز $c = 100 \ cm^2$ / revolution ، المطلوب حساب مساحة القطعة بوحدات المتر المربع.

الحل :

1- إيجاد عدد الدورات عن طريق تطبيق المعادلة الآتية : $n = n_f - n_i$

$$n = 15 - 5 = 10$$

2- إيجاد مساحة القطعة على الخريطة عن طريق تطبيق المعادلة الآتية :

$$a = C \times n$$

$$a = 100 \times 10 = 1000 \ cm^2$$

3- إيجاد ما يكافئ مساحة الخريطة على الأرض من مقياس الرسم المعطى :

مقياس الرسم = $\frac{1}{500}$ وعليه $500 \div 100 = 5 \ m$

أي إن كل 1cm على الخريطة = 5 m على الأرض

وعليه فإن كل 1 سم × 1سم على الخريطة = 5 متر ×5 متر = 25 متر مربع على الأرض أي :

$1 \ cm^2$ على الخريطة = $25 \ m^2$ على الأرض :

4- إيجاد مساحة القطعة على الأرض :

$$A = 1000 \times 25 = 25000 \ m^2$$

أسئلة الفصل الاول

س 1 / أوجد مساحة مثلث طول قاعدته (8 cm) وارتفاعه (8 cm) .

الجواب: $32\ cm^2$

س 2 / قطعة أرض مساحتها (10) أكر ، أوجد مساحتها بوحدات المتر المربع إذا علمت أن :

$1\ acres = 4046.7\ m^2$

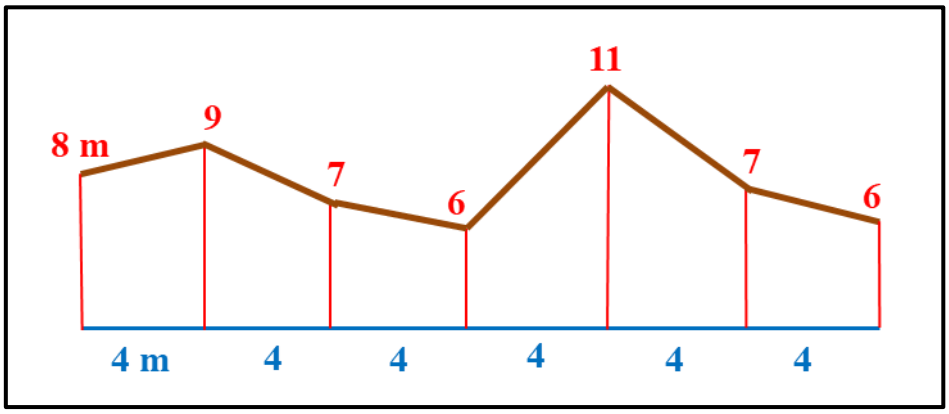
الجواب: $40467\ m^2$

س 3 / أوجد مساحة أرض مستطيلة الشكل يبلغ طولها 20 متراً وعرضها نصف طولها .

الجواب: $200\ m^2$

س 4 / احسب مساحة القطعة في الشكل أدناه باستعمال قانون شبه المنحرف وهو :

$$A = d\left[\frac{h1+hn}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + \ldots\ldots + h_{n-1}\right]$$



الجواب: $188\ m^2$

س 5 / عدد مهام المساح وواجباته في اعمال مسح الحدود لمختلف الأراضي .

س 6 / ما هي الأجزاء الرئيسة لجهاز البلانيميتر ؟ عددها .

س 7 / تكلم عن طريقة إيجاد المساحة بطريقة المربعات .

الفصل الثاني

التسوية

LEVELLING

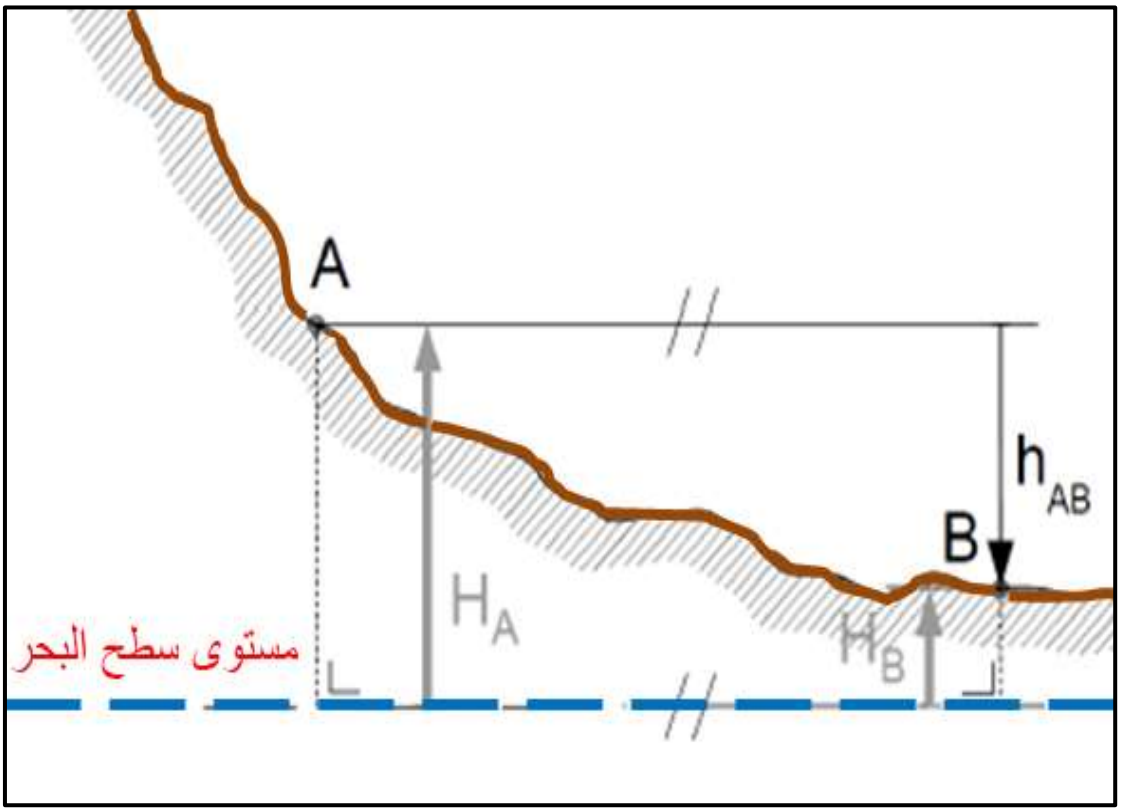
الأهداف :

سيتعرف الطالب في نهاية الفصل على:

1. التسوية وأنواع أجهزة التسوية ، وكيفية موازنتها قبل الاستعمال .
2. استعمال جهاز التسوية في حساب مناسيب النقاط و ترتيبها على شكل جداول .
3. طرائق التسوية واختيار الأنسب منها للمشاريع .
4. معرفة الأخطاء ومعالجتها في شبكات التسوية.
5. المحطات والمقاطع الطولية وكيفية تصميم خط الإنشاء لأي مشروع .
6. مصادر الأخطاء في عمليات التسوية .

2 - 1 التسوية Levelling

وهي عملية تحديد (Determining) أو تعيين (Establishing) ارتفاع النقاط فوق سطح الأرض أو تحته نسبة إلى مرجع ثابت والذي يعتمد أساسا على قياس فرق الارتفاع بين النقاط المرصودة ، وكما موضح في الشكل (2 – 1) . إن ارتفاع اي نقطة يمثل المسافة العمودية للنقطة فوق (+) أو تحت (−) السطح المرجعي الثابت ، والذي يمثل عادة مستوى سطح البحر (Mean sea level) ، ولهذا تعد التسوية احد الأركان الأساسية في موضوع المساحة .



الشكل (2 – 1) مفهوم التسوية

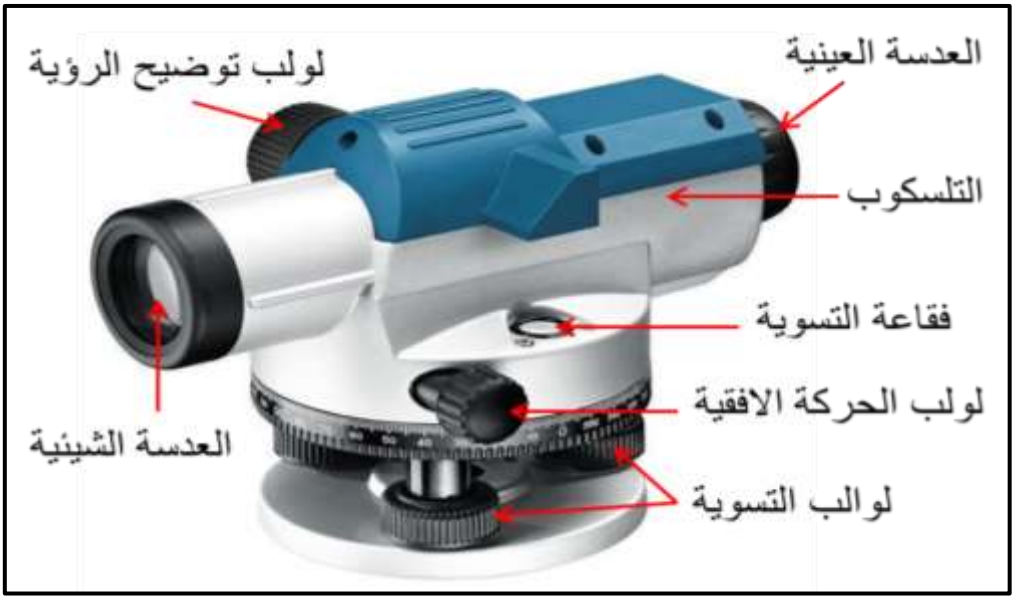
هنالك بعض الأجهزة والمعدات التي تستعمل في عملية التسوية من قبل المختصين الذين يقومون بأعمال التسوية في موقع العمل ، ومنها كما موضح في الشكل (2 - 2) وهي :

1. جهاز التسوية Level .
2. حامل الجهاز (الركيزة) Tripod .
3. مسطرة التسوية level rod .

الشكل (2 – 2) جهاز التسوية وملحقاته

1-1-2 جهاز التسوية Level Device

وهو الجهاز الذي يستعمل لحساب ارتفاع النقاط عن مستوى سطح البحر عن طريق قراءة المسافة العمودية لنقطة ما بالنسبة إلى خط النظر (الرؤية) الأفقي المار من تلسكوب الجهاز ، وهو آلة هندسية يمكن الحصول بواسطته على خط نظر أفقي تماما يوازي منسوب مستوى سطح البحر ، ويتكون جهاز التسوية من تلسكوب يشبه في تركيبته تلسكوب جهاز قياس الزوايا (الثيودولايت) ويدور بمستوى أفقي فقط ، ويحتوي على علبة مملوءة جزئياً بالكحول ، ليكّون فقاعة تجعل الجهاز بمستوى أفقي عندما تكون تلك الفقاعة في المنتصف ، ويتألف جهاز التسوية من المكونات التالية ، كما في الشكل (2 – 3) :



الشكل (2 – 3) أجزاء جهاز التسوية

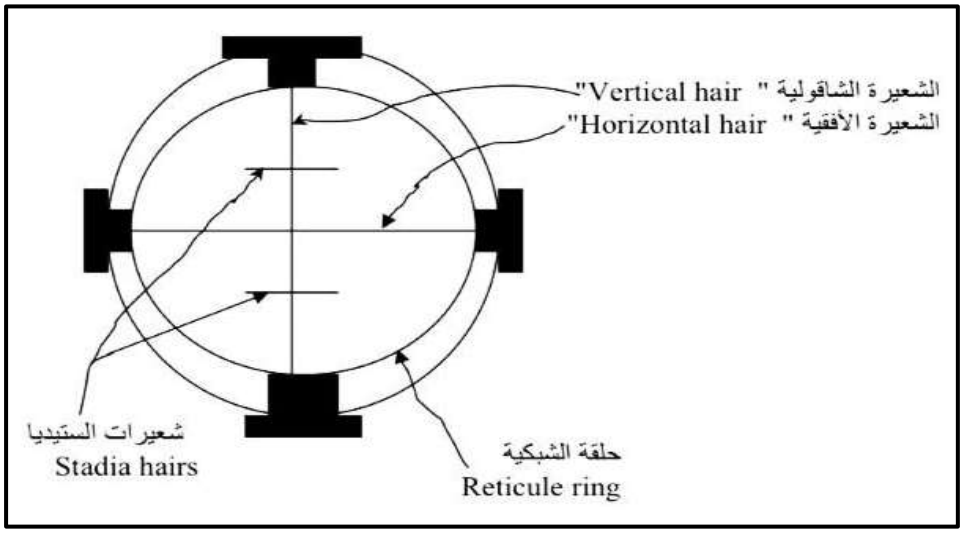
1- التلسكوب (Telescope) :

الغرض الأساسي من التلسكوب هو تثبيت خط النظر (Line of sight) المار من خلاله وإعطاء صورة مكبرة للجسم المنظور عبره ، الذي هو عبارة عن مسطرة التسوية (level rod) ويمكنه الدوران أفقيا بزاوية 360 درجة ، ويتألف التلسكوب من ثلاثة أجزاء رئيسة هي :

أ- العدسة الشيئية (Objective Lens) : الغرض من هذه العدسة هو تكوين صورة حقيقية لمسطرة التسوية وتكون هذه الصورة مقلوبة وصغيرة ، ويكون موقعها في مستوى (الشعيرات المتقاطعة).

ب- العدسة العينية (Eye Piece Lens) : ان الغرض الرئيسي من وجود العدسة العينية هو تكبير صورة مسطرة التسوية وتكبير شعيرات الشبكية وتوضيحهما.

ت- الشعيرات المتقاطعة Cross hairs : ان موقع مستوى الشبكية في التلسكوب يمثل مستوى توضيح الصورة Focusing Plane للعدسة العينية والعدسة الشيئية ، وتتألف الشبكية من شعيرتين اثنين tow hairs أحدهما أفقية والأخرى شاقولية تمثل مركز الجهاز وتقع على المحور البصري (optical axes) للجهاز، والشبكية في معظم أجهزة التسوية تحتوي على شعيرتين أفقيتين إضافيتين تسمى شعيرات الستيديا (Stadia hairs) وكما موضح في الشكل (2- 4).



الشكل (2- 4) الشعيرات المتقاطعة (الأفقية والعمودية) في تلسكوب جهاز التسوية

2. الفقاعة الدائرية Circular Bubble :

تستعمل فقاعة التسوية الدائرية (Bubble Level Circular) في جهاز التسوية للحصول على خط نظر أفقي عند القراءة . إن الدقة التي يجب إن نحصل عليها في قراءة الجهاز تعتمد بالأساس على الفقاعة الدائرية . وتتكون هذه الفقاعة من علبة زجاجية مغلقة بشكل محكم ، وتكون مملوءة تقريبا بخليط مكون من سائلي الأثير والكحول (وهو خليط غير قابل للانجماد) ، والجزء المتبقي من العلبة عبارة عن فضاء هوائي يسمى الفقاعة (Bubble) .

3. لوالب التسوية (الموازنة) Leveling Screws :

هي ثلاثة لوالب موجودة في قاعدة الجهاز وتستعمل لموازنة جهاز التسوية لجعل المستوى الأفقي للجهاز أو مستوى الفقاعة موازياً لمستوى سطح البحر ، ويحصل عليه عن طريق تمركز فقاعة التسوية في منتصفها عن طريق الاستمرار بتدوير لوالب التسوية لحين تمركز الفقاعة في الوسط .

2-1-2 أنواع أجهزة التسوية Level Device Types

أجهزة التسوية تختلف من حيث الدقة والتي بدورها تعتمد على قدرة المنظار المستعمل في تكبير الصورة ووضوحها وكذلك تعتمد على حساسية فقاعة التسوية ، وعليه يمكن تقسيم أجهزة التسوية إلى :

1- أجهزة عالية الدقة .
2- أجهزة دقيقة .
3- أجهزة متوسطة الدقة .
4- أجهزة قليلة الدقة .

وتوجد أنواع مختلفة من الأجهزة المساحية المستعملة في أعمال التسوية لكل منها مواصفات خاصة وتستعمل بحسب نوع المشروع ودقة القياسات المطلوبة فيه ومنها :

1. جهاز التسوية دمبي Dumpy Level :

هو من الأجهزة القديمة والبسيطة التركيب ، ويكون التلسكوب في هذا النوع من الأجهزة مربوط بصورة محكمة مع فقاعة التسوية ، كما في الشكل (2 – 5) . ويُوازن الجهاز قبل قياس الارتفاعات عن طريق تدوير أربعة براغي لغرض الموازنة مثبتة بقاعدة الجهاز بصورة دقيقة وذلك لكي يكون خط النظر موازياً لمحور فقاعة التسوية .

الشكل (2 – 5) جهاز التسوية نوع دمبي

2. جهاز التسوية الإمالة Tilting Level :

هو من الأجهزة التي يمكن موازنتها بسهولة ويحتوي على نوعين من الفقاعات ، الفقاعة الأولى مرتبطة بقاعدة الجهاز وهي من النوع الدائري ، والثانية على شكل حرف (U) توجد من ضمن الجزء العلوي من الجهاز الذي يحتوي على التلسكوب ، كما في الشكل (2 - 6) ، وتجري عملية الموازنة التقريبية بواسطة اللوالب الثلاثة الموجودة من ضمن قاعدة الجهاز لجعل الفقاعة الدائرية في المنتصف ، وبعد ذلك يتم التسديد على مسطرة التسوية ويُوازن الموازنة النهائية قبل القراءة بجعل الفقاعة الثانية على هيئة حرف (U).

الشكل (2 – 6) جهاز التسوية نوع الإمالة

3. جهاز التسوية الأوتوماتيكي Automatic Level :

وهو جهاز بسيط الاستعمال ويُعد من الأجهزة الدقيقة ، ويحتوي على فقاعة دائرية توازن وتُجعل في المنتصف بواسطة تدوير اللوالب الثلاثة الموجودة في قاعدة الجهاز ، كما في الشكل (2 - 7) . ومن الممكن إضافة المايكرومتر إلى جهاز التسوية الأتوماتيكي ليُستعمل في أعمال التسوية الدقيقة.

الشكل (2 – 7) جهاز التسوية نوع الأوتوماتيكي

كما ويجب الإشارة إلى أن التطور التكنولوجي أخذ دوراً كبيراً في هذا المجال ، فأصبحت هنالك أنواع أخرى بالإضافة إلى الأنواع المذكورة سابقاً من أجهزة التسوية ، وهي أجهزة التسوية الرقمية والليزرية ، ويكون عملها مع نوع خاص من مساطر التسوية وبالإمكان أيضا إظهار المسافة بين الجهاز والمسطرة باستعمال هذه الأنواع من الأجهزة ولكن ثمنها باهض مقارنة بالأجهزة الأخرى ، علماً أنها تتميز بإعطاء قراءات أكثر دقة وتنجز العمل بوقت وجهد أقل ، كما في الشكل (2 – 8).

الشكل (2 – 8) أنواع أجهزة التسوية الرقمية

3-1-2 موازنة الجهاز Device Balancing

هي تلك الإجراءات التي يتم عملها في كل مرة يتم فيها تغيير موقع الجهاز ويثبت لأخذ القياسات في موقع العمل ، وتعد موازنة الجهاز أهم عملية في تحضير الجهاز قبل استعماله وذلك لتكون جميع القراءات (القياسات) صحيحة ودقيقة ، ويجب أن يكون الجهاز متوازناً طوال مدة استعماله في عمليات التسوية الحقلية ويكون اجرائها كالآتي :

أ ـ الإعداد :

1. اختيار الموقع المناسب للجهاز .
2. تثبيت الحامل ثلاثي القوائم (الركيزة) وفتح هذه القوائم (الأرجل) بشكل مناسب بحيث تكون المسافات بين أرجل الركيزة متساوية تقريبا ، وبشكل مثلث متساوي الأضلاع .
3. تثبيت الركيزة بارتفاع يتناسب مع طول المساح وسطح الركيزة بشكل أفقي تقريباً وذلك عن طريق تحريك أرجل الركيزة (التسوية التقريبية) ، وغرس أرجل الركيـزة في الأرض ، كما في الشـكل (2 – 9).

الشكل (2 –9) تثبيت الركيزة في الأرض وغرسها بالقدم

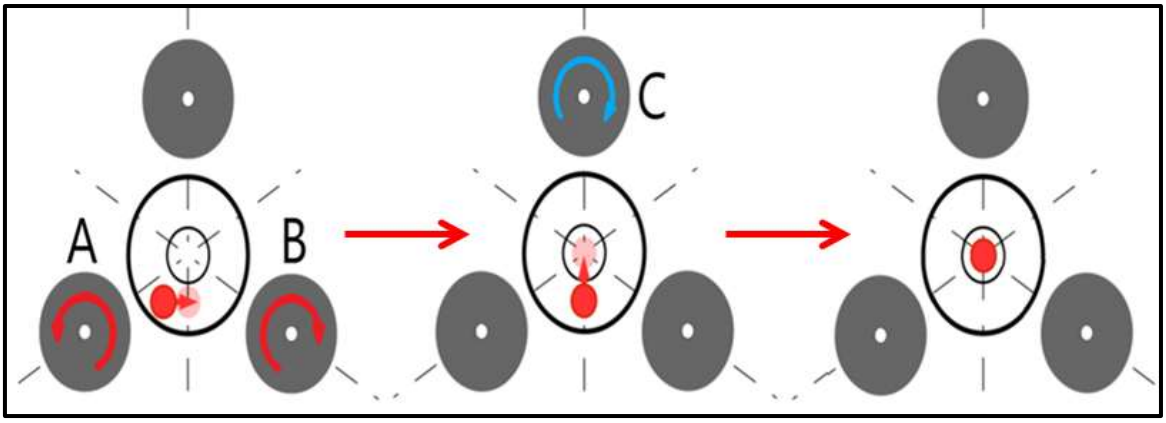
4. استخراج الجهاز بعناية من الحقيبة وتركيبه على الركيزة عن طريق تثبيته بلولب موجود في الركيزة ، وكما في الشكل (2 – 10) .

الشكل (2 - 10) تركيب وتثبيت الجهاز فوق الركيزة

ب ـ الضبط :

هو ضبط خط النظر للجهاز ليكون أفقياً تماما عبر تعامد المستوى الأفقي لميزان التسوية (محور الفقاعة) على المحور العمودي لدوران التلسكوب ، وأيضا يكون خط النظر الأفقي موازياً لمحور الفقاعة عن طريق موازنة فقاعة التسوية وجعلها في المنتصف بالخطوات الآتية :

1. تدوير الجهاز حتى يصبح التلسكوب موازياً لاثنين من لوالب التسوية (A و B) الموجودة في القاعدة ، وتدويرهما معا للداخل أو للخارج حتى تصبح الفقاعة قريبة من مركزها ، كما في الشكل (2 – 11).



الشكل (2 – 11) موازنة فقاعة الجهاز في المنتصف

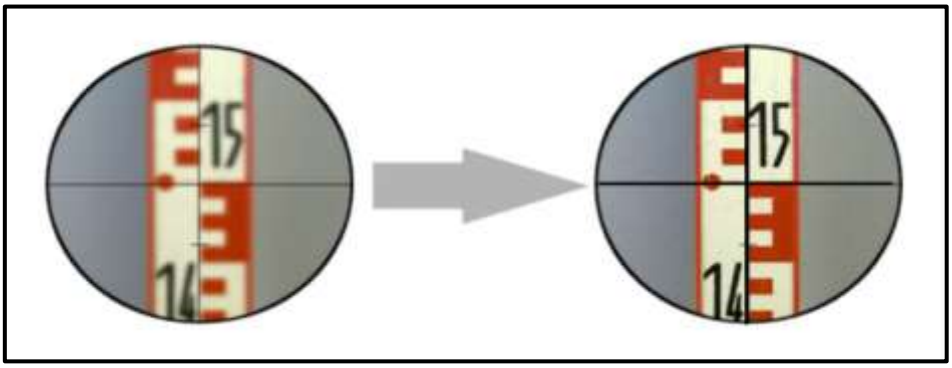
2. تدوير التلسكوب 90 درجة ليصبح فوق لولب التسوية الثالث (C) ، وتدوير اللولب حتى تتحرك الفقاعة وتصبح في منتصف مجراها .

3. تدوير التلسكوب 180 درجة والتأكد من أن الفقاعة لاتزال في المنتصف وإلا يتم إعادة الخطوتين (1 و 2) ، و بعدها يُدور الجهاز بكل الاتجاهات للتأكد من موازنة الجهاز فإن بقيت الفقاعة في المنتصف فهذا يثبت نجاح عملية موازنة الجهاز ، كما في الشكل (2 - 12) .

الشكل (2 - 12) موازنة جهاز التسوية والفقاعة في المنتصف

ج - التطبيق :

يُدور أولاً لولب العدسة العينية لتوضيح الشعيرات المتقاطعة بواسطة لولب توضيح الشعيرات حتى تظهر الشعيرات المتقاطعة على شكل خطوط سوداء واضحة تماما ومن ثم يُحرك لولب العدسة الشيئية لتوضيحها ، وبعدها يوجه التلسكوب نحو مسطرة التسوية لتوضيحها مع تحريك العين للأعلى أو للأسفل بحيث تُرى المسطرة والشعيرات متطابقات كصورة واحدة واضحة تماما ، كما في الشكل (2 - 13) .



الشكل (2 - 13) تطابق الشعيرات المتقاطعة مع مسطرة التسوية وتوضيحهما

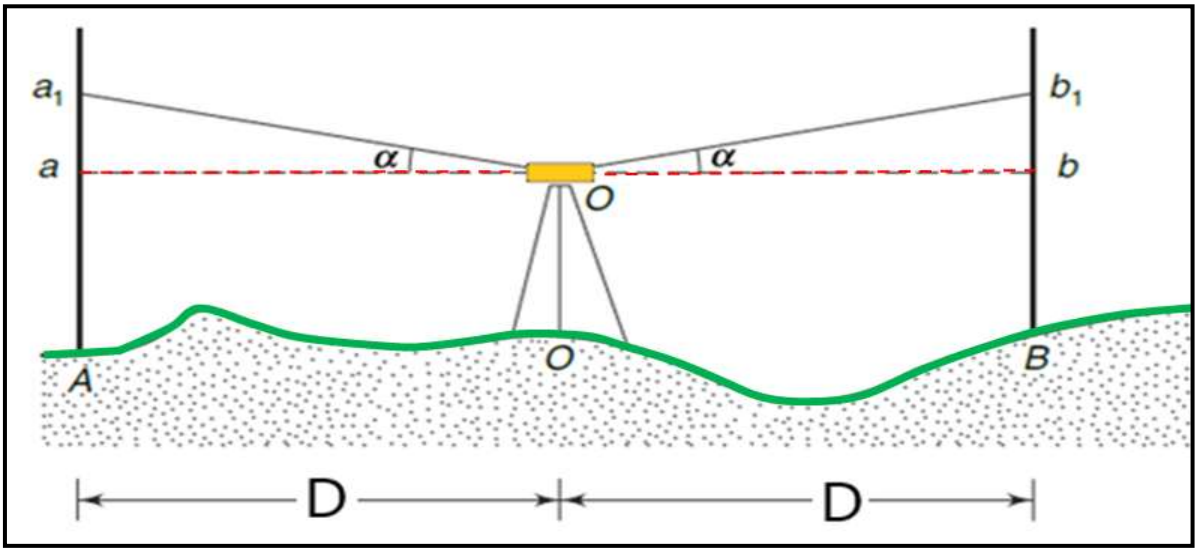
2 – 1 – 4 تعديل الجهاز Device Adjustment

تُجرى عملية فحص جهاز التسوية وتعديله لغرض التأكد من عدم تعرضه لصدمات التي من شأنها أن تتسبب بأخطاء في القراءات نتيجة لقدم الجهاز أو لسوء أو كثرة استعماله مما يجعل خط النظر غير أفقي وبالتالي تكون هنالك أخطاء في القراءات ، وعلى المساح الإلمام بطرائق فحص الجهاز وتعديله ، فيجب توفر عدة شروط لاستعمال الجهاز في العمليات المساحية وهي :

1- تعامد المستوى الأفقي لميزان التسوية على المحور الرأسي : وقد تم شرحه بشكل مفصل في فقرة موازنة الجهاز.

2- تعامد خط النظر على المحور الرأسي لدوران الجهاز : وهو موازنة خط النظر مع المحور البصري للتلسكوب وتعامده على المحور الرأسي (أي إن خط النظر يجب أن يكون خطاً أفقياً تماما وعموديا على المحور الرأسي) ولتحقيق هذا الشرط يفحص الجهاز والتأكد من دقة خط النظر بطريقة تسمى (فحص الوتدين) وهي كالآتي :

أ - يوضع جهاز التسوية في منتصف المسافة بين نقطتين (A و B) على أرض مستوية ، وتُوضع مسطرة التسوية على كل منهما بشكل عمودي عليهما ، وبعد تثبيت الجهاز وموازنته تؤخذ قراءة المسطرة على النقطة (A) ، وقراءة المسطرة على النقطة (B) ويكون الفرق الحقيقي بين منسوب النقطتين هو الفرق بين القراءتين ، إذ يفترض أن يكون الخطأ متساوي على المسطرتين لأن الجهاز في منتصف المسافة ، فعند تساوي المسافة من الجهاز إلى المسطرتين فإن ميلان خط النظر لا يؤثر في صحة حساب المناسيب ، إذ أن الارتفاع بين النقطتين يكون صحيحاً دائماً ، وبالتالي فإن مقدار الخطأ يكون متساوياً فيلغى من الحسابات ، وكما موضح في الشكل (2 – 14) .



الشكل (2 – 14) وضع الجهاز في منتصف المسافة في عملية تعديل جهاز التسوية

قراءة المسطرة على النقطتين = Aa_1 , Bb1

القراءة الصحيحة على النقطتين = Aa , Bb

الأخطاء على المسطرتين = $a\ a_1$, $b\ b_1$

$Aa = Aa_1 - aa_1 = Aa_1 - D \tan \alpha$

$Bb = Bb_1 - bb_1 = Bb_1 - D \tan \alpha$

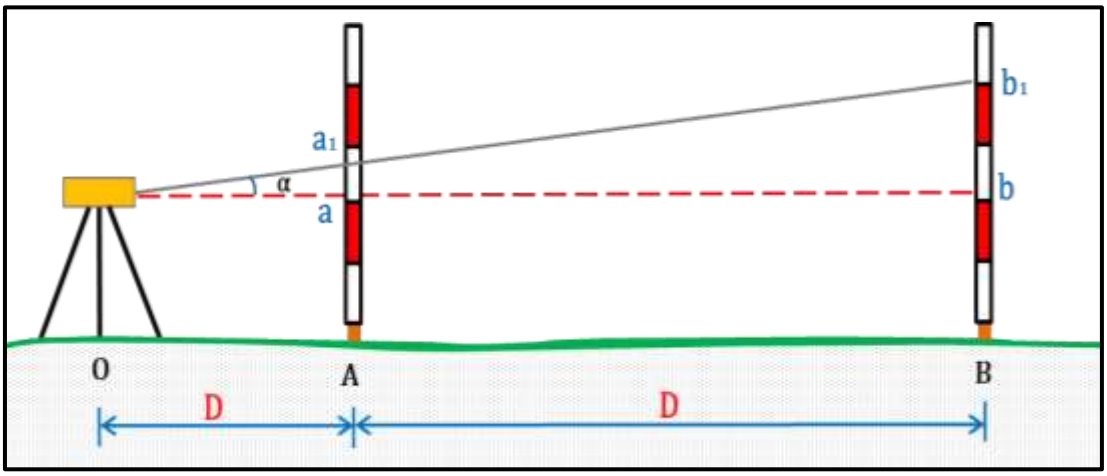
الفرق الحقيقي بين A و B هو : $Bb - Aa = (Bb_1 - D \tan \alpha) - (Aa_1 - D \tan \alpha)$

$Bb - Aa = Bb_1 - Aa_1$

إذ يتم القضاء على الخطأ تماما عن طريق تساوي المسافة بين النقطتين.

ب ـ وضع جهاز التسوية بالقرب من إحدى النقطتين وليكن قرب النقطة (A) ، وبعد تثبيت الجهاز وموازنته تؤخذ قراءة المسطرة (A) القريبة ، وتكون صحيحة لقربها من المسطرة بحدود (1 – 3) متر ، وتؤخذ أيضا قراءة المسطرة البعيدة (B) ويحسب فرق المنسوب بين القراءتين ويقارن الفرق مع الوضع الأول (الجهاز في منتصف المسافة) ، كما موضح بالشكل (2 – 15) .

فإذا تساوى في الوضعين دل على أن خط النظر أفقيا تماما وعموديا على المحور الرأسي للجهاز ، إما إذا لم يتساوى فرق المنسوب في الحالتين دل ذلك على عدم أفقية خط النظر ، أي عدم تطابق خط النظر مع المحور البصري ، ويكون إما أعلى من المحور أو أسفله فيرفع حامل الشعيرات أو يخفض عن طريق ضبط المسامير الموجودة في الجهاز لتنطبق القراءة المحسوبة الصحيحة مع (الشعيرة الأفقية).



الشكل (2 – 15) وضع الجهاز بالقرب من نقطة A في عملية تعديل جهاز التسوية

هنالك بعض المصطلحات المهمة في التسوية التي يجب على الطالب معرفتها وهي :

1. مستوى سطح البحر Mean Sea level (M.S.L) : وهو مستوى سطح البحر الحقيقي يستعمل للمقارنة ويعد الأصل في حساب المناسيب ويسمى أيضاً بمستوى سطح المقارنة ، ويقدر منسوبه بحوالي (0. 0) متر .

2. منسوب المقارنة Datum : وهو متوسط مستوى سطح البحر الذي تنسب إليه جميع النقاط في منطقة معينة ، ويكون متغيراً من منطقة لأخرى نتيجة لعوامل عدة منها تأثير جاذبية القمر ، ويكون سطح المقارنة لبلدنا هو متوسط مستوى سطح الخليج العربي عند مدينة الفاو في البصرة .

3. راقم التسوية Bench Mark (B.M) : وهي نقطة أو علامة (معلومة أو مفروضة) المنسوب تُحدد مناسيبها بدقة عالية من دائرة المساحة نسبةً إلى منسوب سطح المقارنة ، وتستعمل كمرجع لمعرفة وإيجاد مناسيب النقاط الأخرى في الأعمال المساحية القريبة منها ، و تختلف اشكالها وطرق تثبيتها ، ويُكتب رقم المنسوب عليها بوضوح ودقة ، وتوضع في الأماكن البعيدة عن التأثيرات الخارجية ، كما في الشكل (2 – 16) .

الشكل (2 – 16) نقطة لراقم التسوية (B.M.)

4. منسوب النقطة Elevation (Elev.) : وهو مقدار انخفاض أو ارتفاع النقطة عن مستوى سطح المقارنة ، وتكون موجبة (ارتفاع) إذا كانت فوق مستوى سطح المقارنة ، أو سالبة (انخفاض) إذا كانت تحت مستوى سطح المقارنة.

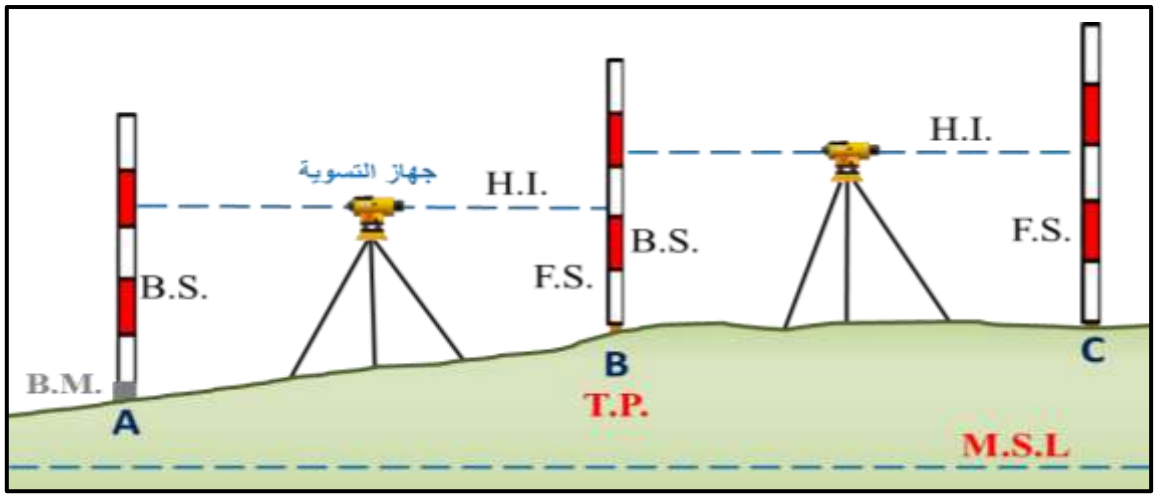
5. القراءة الخلفية Back Sight (B.S) : وهي قراءة تؤخذ بعد نصب الجهاز من نقطة معلومة المنسوب أو نقطة دوران ، وتسمى بالقراءة المؤخرة لأنها تقع خلف اتجاه السير للمسح .

6. القراءة الأمامية Fore Sight (F.S) : وهي قراءة تؤخذ على مسطرة التسوية قبل أن يُنقل الجهاز إلى موقع آخر و تسمى بالقراءة المقدمة .

7. نقطة الدوران Turning Point (T.P) : وهي النقطة التي يُنقل الجهاز حولها لأخذ قراءتين عليها ، وهما القراءة الأمامية (F.S) من الوضع الأول للجهاز ، والقراءة الخلفية (B.S) من الوضع الجديد للجهاز بعد نقله .

8. ارتفاع الجهاز Height of Instrument (H.I) : وهو ارتفاع خط النظر لجهاز التسوية عن مستوى سطح البحر ، ويُحسب عن طريق إضافة القراءة الخلفية (B.S.) للمسطرة إلى منسوب النقطة التي أُخذت عليها القراءة.

الشكل (2- 17) يوضح بعض المصطلحات المستعملة في عملية التسوية مع الجدول (2– 1) الخاص بحساب المناسيب للنقاط في أعمال التسوية الحقلية.



الشكل (2 – 17) المصطلحات المستعملة في التسوية

الجدول (2 - 1) حسابات المناسيب للنقاط في عمليات التسوية

Point النقطة	B.S القراءة الخلفية	F.S القراءة الأمامية	H.I ارتفاع الجهاز	Elevation منسوب النقطة	Remarks الملاحظات
A					B.M
B					T.P.
C					
D					

لتوضيح حسابات أعمال التسوية وكيفية إدراج القياسات في جدول التسوية يتم ذلك عن طريق حساب ارتفاع الجهاز H.I (ارتفاع خط النظر) ، من القانون الآتي :

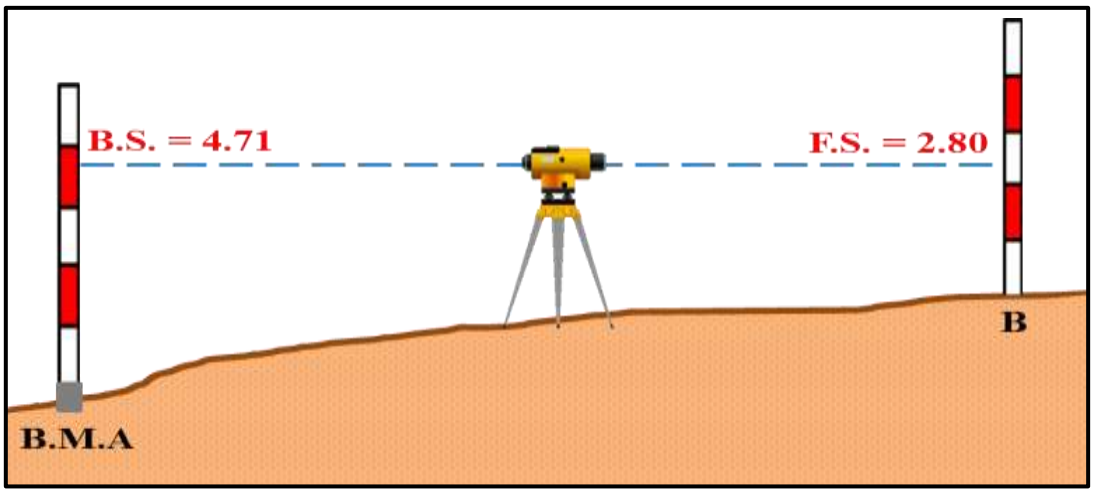
H.I of Point = Elev. of Point + B.S of Point (1-2)

وتكتب دائما قيمة (H.I) في جدول التسوية على نفس السطر للـ(B.S) المقابل لها ، وبعد إيجاد قيمة ارتفاع الجهاز (H.I) نستعملها لإيجاد بقية مناسيب النقاط عن طريق القانون التالي وبحسب القراءة المأخوذة على كل نقطة :

Elev. of Point = H.I – F.S (2-2)

وسنتطرق لذكر امثلة ليتمكن الطالب من استيعاب المادة عبر تطبيق الحسابات بنفسه ، وكما مدرج في الأمثلة الآتية :

مثال (2 - 1) : أُخذت القراءات التالية في عملية تسوية وكانت كما موضحة بالرسم في أدناه ، جد منسوب (النقطة B) إذا علمت أن منسوب النقطة B.M. A = 20 m ؟



الحل :

1. يحسب ارتفاع الجهاز H.I. عن طريق تطبيق القانون الاتي :

H.I. = Elev. B.M. A + B.S

H.I. = 20 + 4.71 = 24.71 m

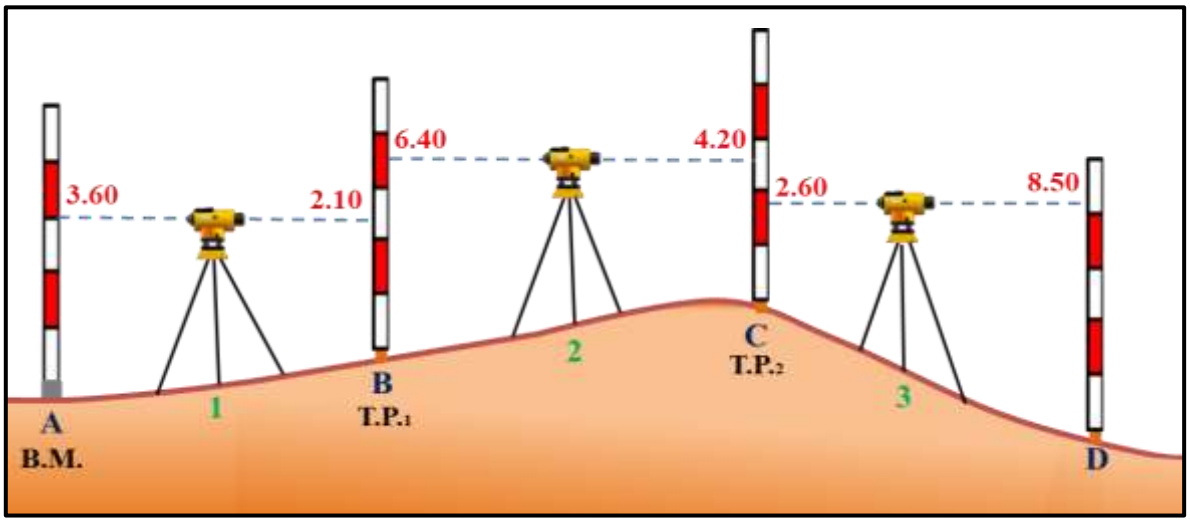
2. يحسب منسوب النقطة B (Elev. B) من القانون الآتي :

Elev. B = H.I. – F.S.

Elev. B = 24.71 – 2.80 = 21.91 m

مثال (2 – 2) أُخذت القراءات التالية في عملية التسوية لمشروع هندسي ابتداء من نقطة التسوية في نقطة (A) الأولى ومنسوبها (B.M) = 100.00 m ، وكانت كما موضحة بالجدول في أدناه ، احسب منسوب باقي نقاط التسوية وتحقق من صحة الحسابات ؟

Point	B.S	F.S	H.I	Elevation (m)	Remarks
A	3.60			100.00	B.M
B	6.40	2.10			T.P
C	2.60	4.20			T.P
D		8.50			



الحل : عندما يذكر في الجدول أن النقطة (B) هي نقطة دوران (T.P.) تعني أن هذه النقطة قد نقل الجهاز حولها وأُخذت قراءتان عليها ، وهي القراءة الأمامية (F.S) من الوضع الأول للجهاز وقراءة خلفية (B.S) من الوضع الجديد للجهاز بعد نقله ، وكذلك الحال في النقطة الثالثة (C) ، وتكون القراءة الأولى دائماً قراءة خلفية (B.S) ، والقراءة الاخيرة تكون قراءة أمامية (F.S).

إذ يتم إيجاد مناسيب النقاط لكل نصبة (محطة) جهاز بشكل مستقل ، وتتكون كل نصبة جهاز من (القراءة الخلفية ثم القراءة الأمامية) ، وتُحسب المناسيب بإيجاد قيمة ارتفاع الجهاز (H.I) أولاً وهي ثابتة لكل نصبة جهاز ، ومن ثم إيجاد مناسيب النقاط الأخرى لهذه النصبة بالاعتماد على قيمة (H.I) لنفس النصبة ، وبتطبيق القوانين التي ذكرت سابقا (2- 1) & (2- 2) وكالآتي :

$H.I_1$= B.M. A + $B.S_A$ = 100.00 + 3.60 = 103.60 m

Elev. B = $H.I_1$ – $F.S_B$ = 103.60 – 2.10 = 101.50 m

في هذه المرحلة ينقل الجهاز إلى المحطة الثانية لذلك يجب إيجاد قيمة ارتفاع الجهاز ($H.I_2$) الجديدة :

$H.I_2$ = Elev. B + $B.S_B$ = 101.50 + 6.40 = 107.90 m

Elev. C = $H.I_2$ – $F.S_C$ = 107.90 – 4.20 = 103.70 m

وفي هذه المرحلة ينقل الجهاز إلى المحطة الثالثة لذلك يجب إيجاد قيمة ($H.I_3$) الجديدة :

$H.I_3$= Elev. C + $B.S_C$ = 103.70 + 2.60 = 106.30 m

Elev. D = $H.I_3$ – $F.S_D$ = 106.30 – 8.50 = 97.80 m

و يتم ادراج جميع المعلومات الخاصة بجدول التسوية وكما يلي :

Point	B.S	F.S	H.I	Elevation	Remarks
A	3.60		103.60	100.00	B.M
B	6.40	2.10	107.90	101.50	T.P
C	2.60	4.20	106.30	103.70	T.P
D		8.50		97.80	
	∑ = 12.60	∑ =14.80			

وهنا انتهينا من عملية إيجاد مناسيب نقاط التسوية ، وللتحقق من الحسابات (تدقيق العملية الحسابية) نقوم بتطبيق المعادلة الآتية :

$$\sum B.S - \sum F.S = \text{Last Elev.} - \text{First Elev.} \qquad (3\text{-}2)$$

وتطبق المعادلة الرياضية بالشكل الآتية :

1- تُجمع قراءات B.S فيكون المجموع = 12.60 m

2- تُجمع قراءات F.S فيكون المجموع = 14.80 m

3- تُطبيق المعادلة الآتية :

$$\sum B.S - \sum F.S = Last\ Elev - First\ Elev$$

$$12.60 - 14.80 = 97.80 - 100.00$$

$$-2.20 = -2.20$$

يُلاحظ من الحسابات في أعلاه تساوي النتائج لطرفي المعادلة الرياضية بالقيمة والإشارة ، إذن الحسابات دقيقة .

2 – 2 تأثير تكور الأرض وانكسار خط النظر

Earth Curvature and Line of Sight Refraction Effects

يكون خط النظر الأفقي في جهاز التسوية مماساً للأرض من نقطة الرصد ويمكن استعمال الجهاز والقياسات التي تُجرى عن طريقه لمسافات صغيرة لعدم ظهور تأثير تكور الأرض ، ولكن عندما تكون مسطرة التسوية موضوعة على الأرض وتبعد مسافات كبيرة عن جهاز التسوية يظهر عليها تكور الأرض ويجب أن تعدل (تصحح) القراءات المأخوذة على مسطرة التسوية بسبب تأثرها بتكور الأرض، ويطرح مقدار التكور من القراءات دائما للحصول على القراءة الصحيحة .

وعند مرور خط التسديد (النظر) في طبقات الجو ذات الكثافة المختلفة فإنه سوف يعاني من الانكسار أو الانحراف عن الوضع الأفقي باتجاه الطبقة الأكثر كثافة وتكون باتجاه سطح الأرض ، أي أن الانكسار يكون للأسفل دائما فيؤدي إلى حصول نقصان في القراءات فيجب إضافة مقدار الانكسار إلى القراءات لتصحيحها . لذلك فإن القراءات في تلك الحالة يجب ان تعدل بسبب التأثير المزدوج لتكور الأرض وانكسار خط النظر ، ولا تجرى هذه التصحيحات عندما يكون الجهاز في منتصف المسافة بين المسطرتين ، وكما موضح في الشكل (2 - 18).

إن مقدار الخطأ الناتج عن الكروية والانكسار يساوي :

$$Cc = -0.0785\ D^2 \qquad (4\text{-}2)$$

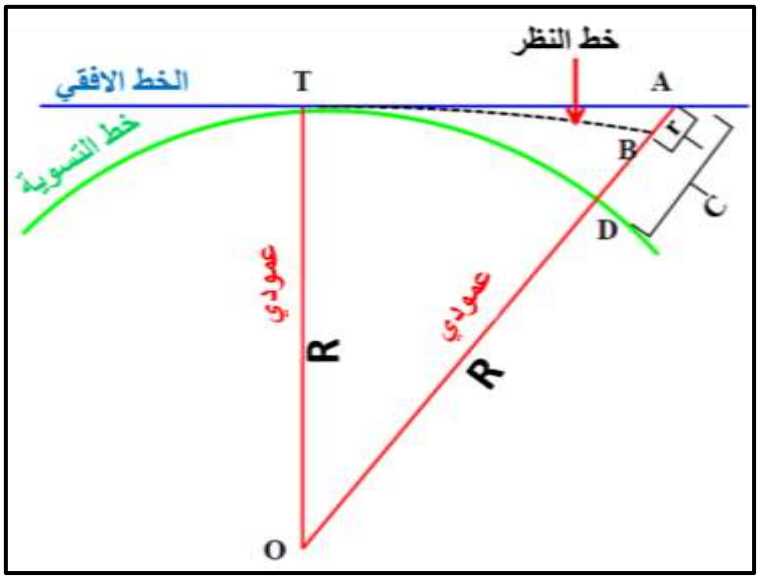
$$Cr = +0.0112\ D^2 \qquad (5\text{-}2)$$

$$C\ cr = -0.0673\ D^2 \qquad (6\text{-}2)$$

إذ إن :

Cc : مقدار التصحيح للتكور (m). ، Cr : مقدار التصحيح للانكسار (m).

C cr : مقدار التصحيح للتكور والانكسار (m). ، D : المسافة الأفقية (Km).



الشكل (2 – 18) تأثير الكروية والانكسار في دقة النتائج في أعمال التسوية

مثال (2- 3) : مساح يقف على مسافة 2000 m عن نقطة معينة لرصدها ، وكانت قراءة جهاز التسوية 2.758 m ، جد القراءة المصححة للانحناء (التكور) والانكسار ؟

الحل : تحويل 2000 m إلى km $= \frac{2000}{1000} =$ km 2

$$C\ cr = -\ 0.0673\ D^2 = -\ 0.0673 \times (2)^2 = -\ 0.2692\ m$$

تصحيح القراءة Corrected Reading = 2.758 – 0.2692 = 2.4888 m

2 - 3 طرائق التسوية Leveling Methods

هنالك طريقتان للتسوية :

1- **التسوية المباشرة (Direct Leveling) :** وتعد طريقة اعتيادية في التسوية وتجرى عن طريق قياس المسافة الشاقولية باستعمال جهاز التسوية (Level) ، ومسطرة التسوية الخاصة (staff) بشكل مباشرة من أجل إيجاد مناسيب النقاط (Elevations) .

2- **التسوية غير المباشرة :** وتشتمل على مجموعة من الطرائق نذكر منها :

1-3-2 التسوية المثلثية Trigonometric Leveling

يقاس بهذه الطريقة (التي ستشرح بالتفصيل في الفصل الرابع من هذا الكتاب) المسافة الأفقية والزاوية العمودية (Vertical angle) عند كل نقطة يُرصد فيها ،. ويُحسب فرق الارتفاع (المسافة العمودية) عن طريق حساب المثلثات (الخواص الهندسية للمثلث القائم الزاوية) باستعمال جهاز الثيودولايت ، وهذه الطريقة أقل دقة من التسوية المباشرة ، وفي الغالب تستعمل في حال كان خط النظر أعلى من ارتفاع المسطرة الذي هو في الغالب (5 – 7) متر عند المنحدرات ، ولتجنب النقل المتكرر للجهاز عند تلك المنحدرات ، فيمكن استعمال هذه الطريقة الأكثر كفاءة بدلاً من التسوية المباشرة ، وتستعمل الأجهزة التالية في هذا النوع من التسوية مثل :

أ- جهاز الثيودولايت لقياس الزاوية العمودية .

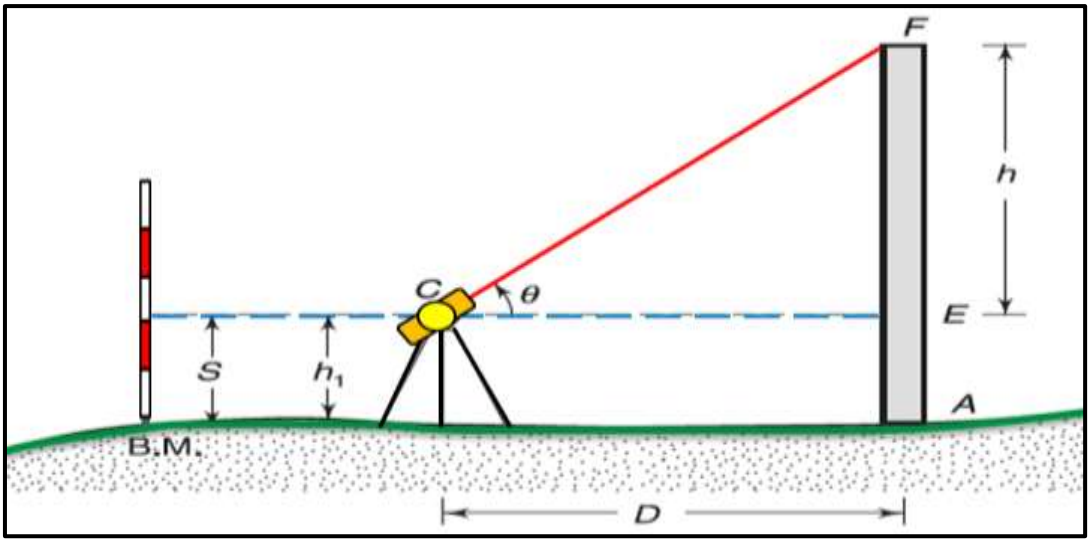
ب- شريط القياس (Tape) أو بواسطة جهاز الكتروني EDM .

ت- مسطرة التسوية (Level Rod) .

ينقسم هذا النوع من التسوية على قسمين هما :

أولاً / التسوية المثلثية البسيطة : وفي هذا النوع من التسوية تُرصد الأهداف بطريقتين :

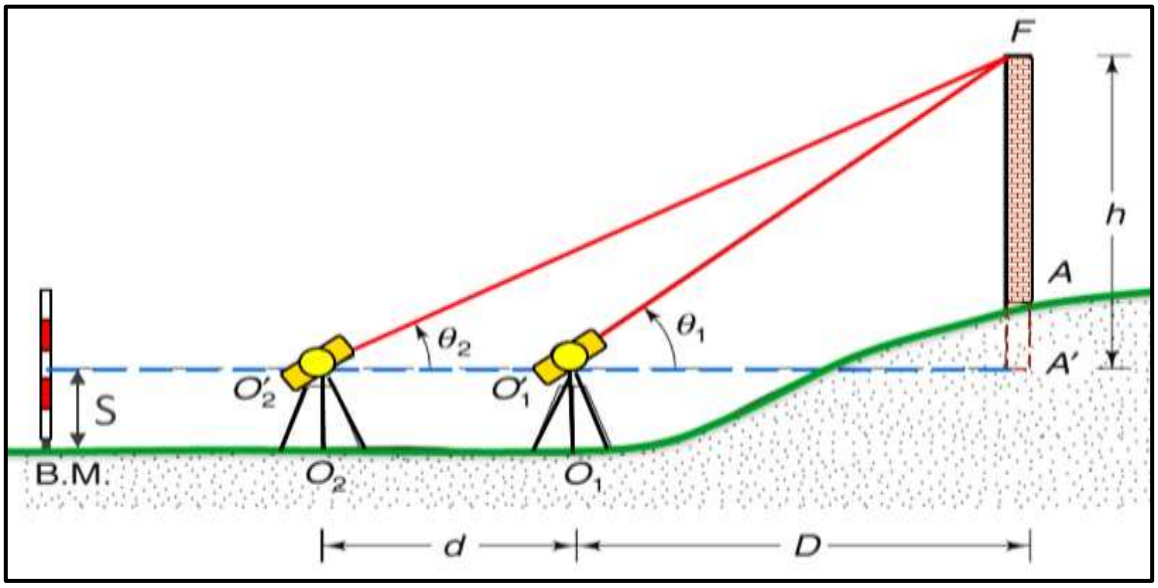
أ- رصد الهدف من نقطة واحدة : في هذه الحالة يكون من الممكن الوصول إلى الهدف المرصود وقياس المسافة الأفقية بينه وبين نقطة الرصد ، كما في الشكل (2 – 19) .



الشكل (2 – 19) رصد الهدف من نقطة واحدة في التسوية المثلثية

ب- الرصد من نقطتين باتجاه واحد بالنسبة للهدف : يُرصد الهدف المطلوب تحديد منسوبه من نقطتين مختلفتين وذلك في حالة عدم إمكانية الوصول إلى الهدف المرصود لقياس المسافة الأفقية بينه وبين نقطة الجهاز ، كما في الشكل (2 – 20) .

وهنا تجدر الإشارة إلى أن تطبيقات التسوية المثلثية البسيطة هي لمعرفة قياس ارتفاع المباني والمنشآت، وأبراج الطاقة الكهربائية ، وقمم المآذن ، والابراج العالية وغيرها .



الشكل (2 – 20) رصد الهدف من نقطتين في التسوية المثلثية

ثانيا / التسوية المثلثية الدقيقة :

يتم في هذه الطريقة التعامل مع مساحات ومناطق كبيرة إذ يجب اخذ كروية الأرض في الحسبان وتُعتمد هذه الطريقة في العمليات المساحية اللازمة لإنشاء الخرائط للمناطق الشاسعة والمساحات الكبيرة ضمن المسوحات الجيودسية ، وتحدد معظم ارتفاعات نقاط التثليث الموضوعة على قمة الجبل بواسطتها.

وتكمن أهمية التسوية المثلثية الدقيقة في دراسة المعلومات الخاصة بأجزاء كبيرة من سطح الأرض وتحديدا بالموضوعات الآتية :

1. اختيار وتحديد مواقع ونقاط عديدة على سطح الأرض لتكون أساساً ومرجعاً لعمل المشاريع الكبيرة و الصغيرة سواء كانت طبوغرافية أم تفصيلية.
2. الرصد الفلكي : لتعيين مكان الراصد بالنسبة لسطح الأرض ، والغرض منه تثبيت مواقع نقاط مرجعية.
3. التسويات الدقيقة والجيوديسية لتعيين ارتفاعات النقاط فوق متوسط مستوى سطح البحر.
4. دراسة ظاهرة المد والجزر ، وقاع البحار لتعيين مستوى الإسناد في التسويات ، وفي عمل الخرائط الملاحية.
5. إسقاط الخرائط الطوبوغرافية والتفصيلية.

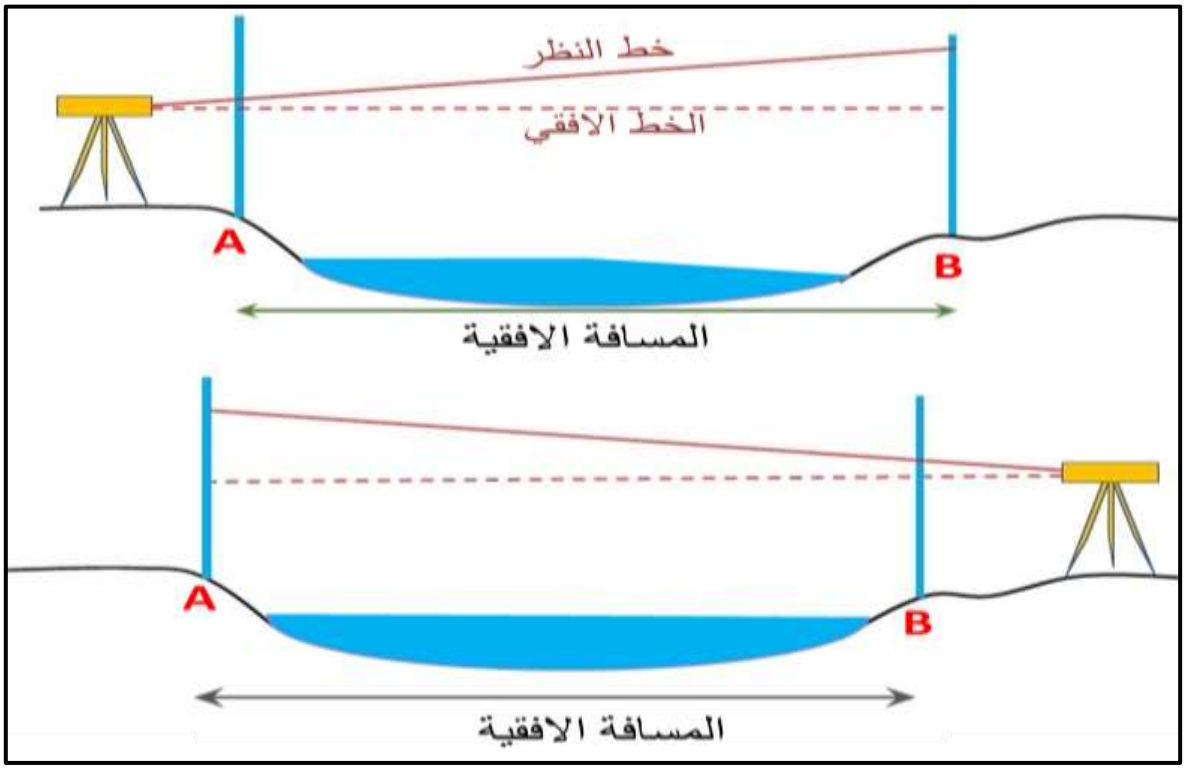
2 – 3 – 2 التسوية البارومترية Barometric Leveling

يُستعمل الضغط الجوي (air pressure) في تحديد الارتفاعات للنقاط علماً أن الضغط الجوي يقل مع زيادة الارتفاع والعكس صحيح ، أي إن الضغط الجوي يتناسب عكسياً مع الارتفاع فوق مستوى سطح البحر . ويقاس الضغط بين نقطتين باستعمال جهاز البارومیتر وبطرائق حسابية معينة يمكن إيجاد أو حساب فرق المنسوب بين النقطتين ، وتعد الطريقة البارومترية مناسبة بشكل خاص للعمل في المناطق الوعرة وتستعمل أيضا لتقليل مسافات الانحدار إلى أفقي عند استعمال القياس الألكتروني . علماً أن هذه النتائج التي يُحصل عليها بهذه الطريقة تكون غير دقيقة ، وتستعمل في الأعمال التقريبية فقط.

2 – 3 - 3 التسوية المتبادلة Reciprocal Leveling

هي إحدى عمليات التسوية التي يؤخذ بواسطتها قراءات من كلا الاتجاهين بين نقطتين معينتين وذلك في حال وجود عوائق كالأنهار والوديان ، إذ لا يمكن وضع الجهاز في المنتصف بين النقطتين، ولتلافي الخطأ من عدم وضع الجهاز في موقعه الصحيح يستعمل هذا النوع من التسوية التي عن طريقها تؤخذ القراءات بنقل جهاز التسوية نفسه إلى الجانب الآخر مع الإبقاء على حامل المسطرة في كلا الجانبين .

نلاحظ أن الأخطاء التي تحدث في أثناء عملية التسوية بسبب ميل خط الموازاة والانحناء والانكسار سوف يتم التخلص منها تلقائياً ، كما في الشكل (2 - 21).

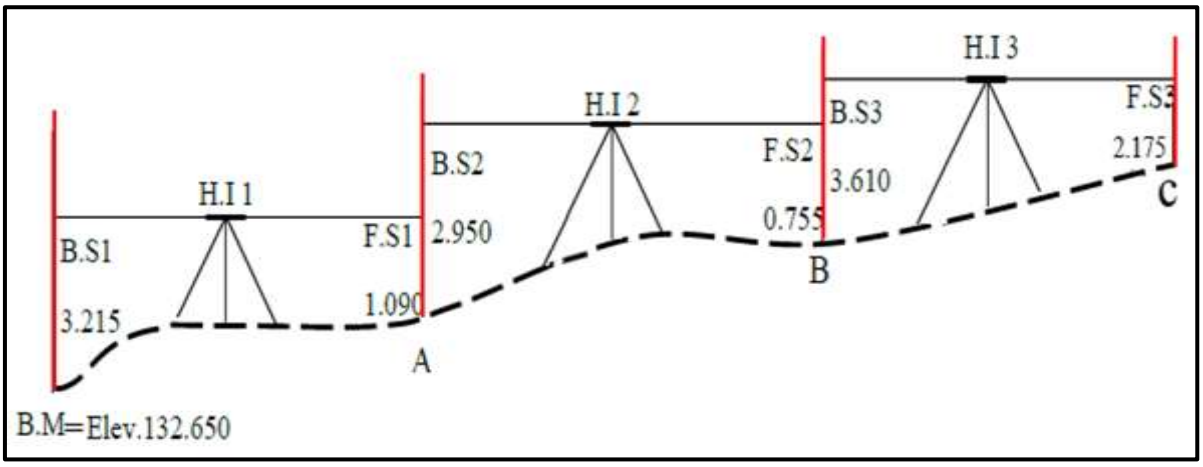


الشكل (2 – 21) التسوية المتبادلة

2 – 3 -4 التسوية التفاضلية Differential Leveling

أن هذا النوع من التسوية تُحدد فيه ارتفاعات (مناسيب) لرواقم تسوية جديدة ، والمقصود بكلمة جديدة هو إن هذه النقاط عبارة عن نقاط مجهولة المنسوب ، والمطلوب هو إيجاد هذه المناسيب لتصبح نقاطاً معلومة الارتفاع (المنسوب) وتصبح رواقم تسوية (Bench Marks) وتستعمل لإيجاد ارتفاعات (مناسيب) لنقاط أخرى مجهولة المنسوب وهكذا . أن التسوية التفاضلية تُنجز بطريقة التسوية المباشرة التي يستعمل فيها جهاز التسوية ومسطرة التسوية .

مثال (2 – 4) : احسب منسوب النقطة (C) من المعلومات المتوفرة في الرسم أدناه ؟



الحل : تُجرى الحسابات التالية وكما ذُكرت سابقا :

$$\text{Elev. A} = \text{B.S}_1 + \text{Elev. BM} - \text{F.S}_1 \qquad (7\text{-}2)$$

$$\text{Elev. A} = 3.215 + 132.650 - 1.090$$

$$= 134.775 \text{ m}$$

$$\text{Elev. B} = \text{B.S}_2 + \text{Elev. A} - \text{F.S}_2$$

$$= 2.950 + 134.775 - 0.755$$

$$= 136.970 \text{ m}$$

$$\text{Elev. C} = \text{B.S}_3 + \text{Elev. B} - \text{F.S}_3$$

$$= 3.610 + 136.970 - 2.175$$

$$= 138.405 \text{ m}$$

2 - 4 خطأ الإقفال Closure Error

بعد إتمام القياسات الحقلية يجب إجراء عملية تصحيح المناسيب الشاملة لأعمال التسوية. إذ تُحسب دقة العمليات الحسابية للمناسيب ومقارنتها بحدود الدقة المطلوبة ، وبعد ذلك تُعدل . إما إذا تجاوزت نسبة الخطأ الحد المسموح به فعلى المساح إعادة عملية التسوية من جديد.

توجد طريقتان لحساب خطأ الإقفال وحسب نوع أعمال التسوية المستعملة :

1- إذا أُجريت عملية التسوية بالاعتماد على نقطة معلومة المنسوب ، وبدأ العمل منها فإن طريقة التحقق من صحة عملية التسوية تكون بالاعتماد على القانون الآتي :

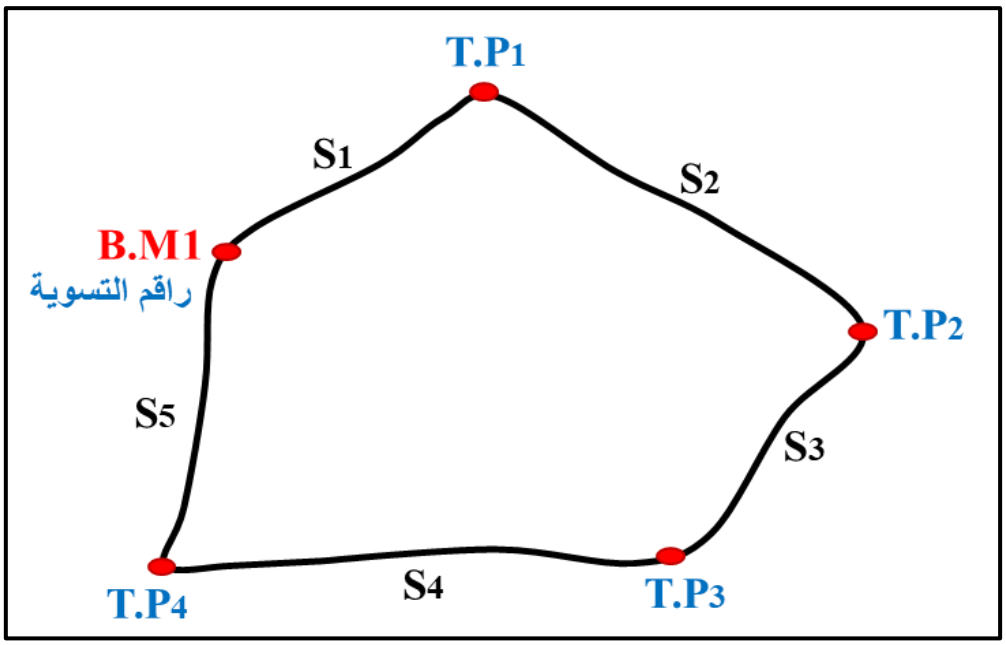
$$\sum F.S - \sum B.S = 0 \qquad (8 - 2)$$

2- إذا أُجريت عملية التسوية من نقطة معلومة المنسوب ، وإكملت العملية بنقطة أخرى معلومة المنسوب أيضاً ، فطريقة التحقق تكون بالاعتماد على :

$$\Delta E = \sum F.S - \sum B.S \qquad (9 - 2)$$

أولا: حساب مقدار خطأ الإقفال (ΔE) في عملية التسوية : وهو يساوي الفرق بين القيمة النظرية الثابتة لراقم التسوية وبين القيمة الحقلية المحسوبة له عن طريق عملية التسوية .

* إذا كانت عملية التسوية تبدأ براقم تسوية ، وتنتهي عند نفس الراقم ، كما في الشكل (2-22).



الشكل (2- 22) عملية التسوية التي تبدأ براقم تسوية وتنتهي به

إذ يساوي خطأ الإقفال هنا :

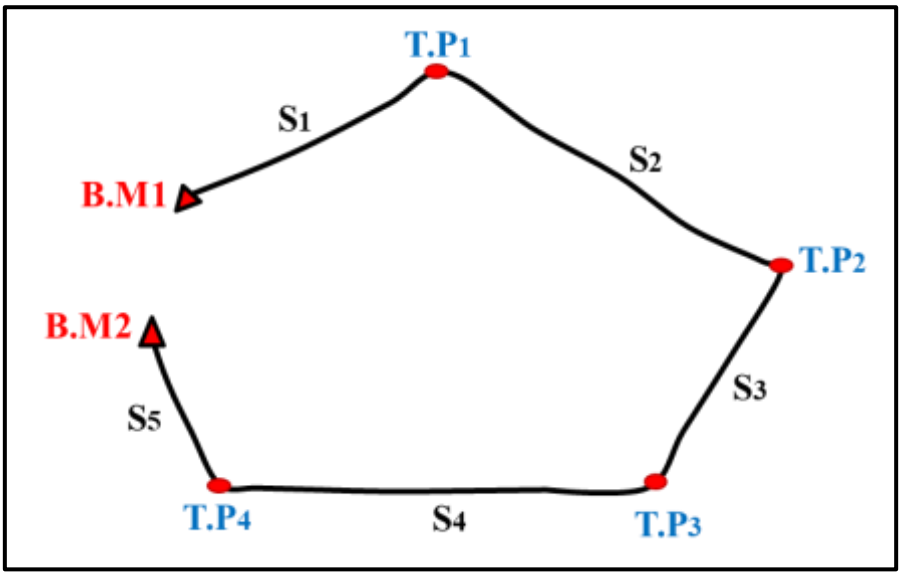
$$\Delta E = \text{Theortical Elev. BM1} - \text{Measured Elev. BM1} \qquad (10-2)$$

ΔE = خطأ الإقفال

Theatrical Elev.BM1 = المنسوب النظري لراقم التسوية .

Measured Elev.BM1 = المنسوب المقاس (المحسوب) لراقم التسوية .

* إما إذا كانت عملية التسوية تبدأ براقم تسوية معين BM1 وتنتهي براقم تسوية آخر BM2 ، كما في الشكل (2 – 23) .



الشكل (2-23) عملية التسوية التي تبدأ براقم تسوية وتنتهي براقم تسوية آخر

فإن خطأ الإقفال هنا يساوي الفرق بين المنسوب النظري لراقم التسوية BM2 ، والمنسوب الحقلي له (المحسوب) من عملية التسوية ، فيكون خطأ الإقفال يساوي :

$$\Delta E = E2 - \acute{E}2 \qquad (11-2)$$

E2 = المنسوب النظري لراقم التسوية BM2 .

$\acute{E}2$ = المنسوب الحقلي (المحسوب) من عملية التسوية لراقم التسوية BM2 .

ثانيا : حساب ثابت الدقة (C) : يُحسب ثابت الدقة لعملية التسوية بواسطة خطأ الإقفال ΔE وعن طريق مجموعة مسافات التسوية (مجموع المسافات بين نقاط التسوية) إذ يساوي ثابت الدقة :

$$C = \frac{\Delta E}{\sqrt{K}} \qquad (12 - 2)$$

C = ثابت الدقة بالمليميتر (mm) .

Δ E = خطأ الإقفال بالمليميتر .

K = مجموع مسافات التسوية بوحدات الكيلو متر (KM) .

ثالثا : مقارنة ثابت الدقة المحسوب مع ثابت الدقة المثبت: من ضمن مواصفات الدقة المحددة لأعمال التسوية. إن مواصفات الدقة المطلوبة والمحددة لأعمال التسوية موضحة في الجدول (2 – 2) :

الجدول (2 – 2) يوضح مستويات درجات الدقة لأعمال التسوية

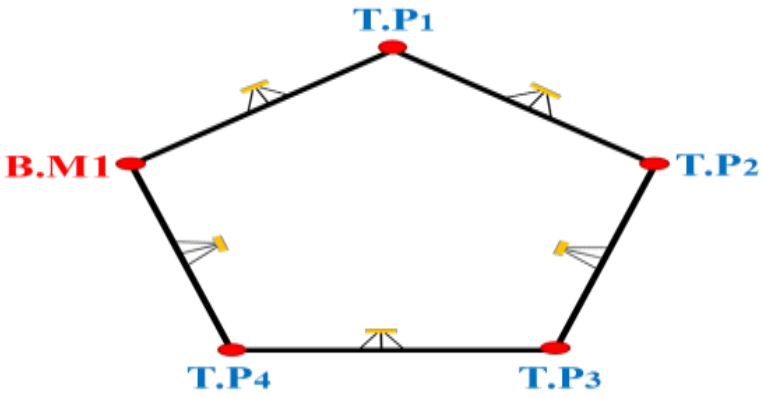
درجة الدقة	مقدارها
الدقة من الدرجة الأولى	$E = 4\ mm\ \sqrt{K}$
الدقة من الدرجة الثانية	$E = 8.4\ mm\ \sqrt{K}$
الدقة من الدرجة الثالثة	$E = 12\ mm\ \sqrt{K}$
الدقة من الدرجة الرابعة	$E = 20.3\ mm\ \sqrt{K}$

إذ تُقارن النتائج المستحصلة مع مقدار الدقة المطلوبة وبحسب مواصفات المشروع ليتم بعدها قبول الحسابات أو رفضها. وفي حالة رفضها تُعاد القياسات لغرض تحسين الدقة.

مثال (2 – 5) : أُجريت عملية تسوية تفاضلية من راقم التسوية BM1 مروراً بالنقاط TP1,TP2,TP3,TP4 ثم الرجوع إلى راقم التسوية BM1 وكانت القياسات المأخوذة حقلياً والشاملة لمناسيب النقاط والمسافات فيما بينها كما في الجدول الآتي :

المحطة	المناسيب الحقلية m	المسافة m
BM1		400.21
TP1	10.321	
TP2	11.521	304.50
TP3	12.031	199.21
TP4	11.008	241.53
BM1		361.51

فإذا علمت أن المنسوب النظري لراقم التسوية BM1 يساوي 10.000 m فوق مستوى سطح البحر والقيمة الحقلية المحسوبة له عن طريق عملية التسوية تساوي 10.012 m ، احسب درجة الدقة لعملية التسوية ؟



الحل: 1- تُحسب مسافات التسوية إذ إن :

$$\sum Si = K = 1506.96$$

2- يحسب خطأ الإقفال :

$\Delta E =$ القيمة المحسوبة – القيمة النظرية

$$\Delta E = 10.000 - 10.012$$

$$\Delta E = -0.012 = 12 \text{ mm}$$

3- يحسب ثابت الدقة ويساوي :

$$C = \frac{\Delta E}{\sqrt{K}}$$

$$C = \frac{12\ mm}{\sqrt{1.50696\ \text{km}}}$$

$$C = 9.775 \text{ mm}$$

إذن نستنتج أن الدقة لعملية التسوية هي من الدرجة الثانية لأنه لو فحصت درجة الدقة الثانية لوجب أن يكون خطأ الإقفال كالآتي :

$$E = 8.4\sqrt{1.50696}$$

$$E = 10.31 \text{mm}$$

2- 5 توزيع الأخطاء Errors Distribution

على الرغم من دقة عملية التسوية إلا إنها تتأثر بنوع الجهاز المستعمل وبالظروف الجوية المصاحبة للعمل ، وتعتمد بدرجة كبيرة على مهارة الراصد ودقة عمله. وكما مَر سابقا عند حساب الدقة ، فإن مقدار الخطأ المسموح به في التسوية يجب أن لا يزيد عن : $E \leq C \times \sqrt{K}$

وينبغي أن لا يزيد مقدار الخطأ الكلي (E) عن القيمة المسموحة ، فيمكن تعديل المناسيب للنقاط بتوزيع قيمة الخطأ على هذه النقاط ، إما إذا زاد عن القيمة المسموحة فيجب عندها إعادة العمل لأن الفرق سيكون كبيراً وبالتالي فإن النتائج ستكون غير مقبولة . ونشير إلى أن تصحيح الخطأ وتوزيعه في شبكات التسوية يحصل بطريقتين :

1- طريقة المسافة بين النقاط : وفي هذه الطريقة يتم استعمال القانون الآتية :

$$e_i = \frac{E}{\sum L} \times L_i \qquad (13-2)$$

إذ إن :

e_i : مقدار الخطأ المحسوب لكل نقطة .

E : مقدار الخطأ الكلي .

L_i : طول المسار من البداية لغاية تلك النقطة (مسافة النقطة عن نقطة البداية) .

$\sum L$: مجموع أطوال مسارات التسوية (المسافة الكلية) .

E = Measured ELV. (B.M.) – True ELV (B.M.) (14 –2)

2- طريقة عدد محطات الجهاز : وتستعمل فيها القانون الآتية :

$$e_i = \frac{E}{\sum N} \times N_i \qquad (15-2)$$

e_i : مقدار الخطأ المحسوب لكل نقطة .

E : مقدار الخطأ الكلي .

ΣN : مجموع عدد المحطات الكلية (المسافة الكلية).

N_i : عدد المحطات الكلي قبل تلك النقطة (المسافة من بداية التسوية إلى النقطة) .

مثال (2 – 6) : استعمل جهاز تسوية لقياس مناسيب النقاط (A , B , C , D , F , G) وكانت المسافة بين كل نقطة هي 100 m ، جد خطأ الإقفال وتوزيع الأخطاء لكل نقطة ، إذا علمت أن منسوب النقطة A هو 30 m ومنسوب النقطة G هو 29.9 m .

الحل : من معلومات السؤال نلاحظ ان النقطة A معلومة المنسوب ، والنقطة الاخيرة G أيضا معلومة المنسوب وهذا يعني أن عملية التسوية هنا هي تسوية معلومة ومحكمة . وإن المسافة الكلية هي 600 m وإن المسافة بين نقطة وأخرى هي 100 m.

Point النقاط	B.S. القراءة الخلفية	I.S. القراءة الوسطية	F.S القراءة الأمامية	H.I ارتفاع الجهاز	Elevation المنسوب	Remark الملاحظات
A	1.45			31.45	30.00	B.M
B		1.54			29.91	
C		1.63			29.82	
D	1.37		1.75	31.07	29.70	T.P
E		1.46			29.61	
F		1.51			29.56	
G	1.25		1.25		29.82	B.M
Σ	3.00		2.82			

نحسب أولاً منسوب كل نقطة ونضعها في الجدول :

Elevation A = 30.00

H.I (A) = Elevation (A) + B.S (A) = 30.00 + 1.45 = 31.45 m

Elevation (B) = H.I (A) – I.S (B) = 31.45 – 1.54 = 29.91 m

Elevation (C) = H.I (A) – I.S (C) = 31.45 – 1.63 = 29.83 m

ثم نحسب منسوب النقطة D (TP) وهي النقطة التي رُفع الجهاز عندها ، لذلك سيتغير ارتفاع الجهاز فيها :

Elevation (D) = Elevation (A) – F.S (C) = 31.45 – 1.75 = 29.70

ثم نحسب ارتفاع الجهاز في هذه النقطة :

H.I (D) = Elevation (D) + B.S (D) = 29.70 + 1.37 = 31.0 7

Elevation (E) = H.I (D) – I.S (E) = 31.07 – 1.46 = 29.61

Elevation (F) = H.I (D) – I.S (F) = 31.07 – 1.51 = 29.56

Elevation (G) = H.I (D) – F.S (G) = 31.07 – 1.25 = 29.82

نلاحظ منسوب النقطة (G) قد ذكر في السؤال وهو 29.9 m وهو مغاير لما تم الحصول عليه من الحسابات بالاعتماد على القياسات المستحصلة. وهذا يعني أن هنالك خطأ في العمل لذا يتوجب حساب قيمة هذا الخطأ من المعادلة الآتية :

E = القيمة المحسوبة – قيمة المعطاة (النظرية)

E = 29.82 – 29.9 = – 0.08 m

نحول قيمة هذا الفرق من المتر إلى المليمتر : E = – 0.08 × 1000 = – 80 mm

نعمل على المقارنة لإخراج الخطأ المسموح في المنسوب من ضمن العمل باستعمال القانون الآتي :

$E \leq C \times \sqrt{K}$

$E = 4 \times \sqrt{0.6}$

E = 3.098 mm

نلاحظ أن هذه القيمة هي أقل من القيمة المسموح بها في حال اعتبر العمل من الدرجة الأولى من حيث الدقة ، لذا يجب إعادة العمل لأن الخطأ غير مسموح به ، وعليه نختبر الدقة من الدرجة الثالثة :

$E \leq C \times \sqrt{K}$

$E = 12 \times \sqrt{0.6}$

E = 9.68

ونحن لدينا الخطأ الذي استُخرج وهو 8 ملم وهو أقل من الذي استُخرج سابقا والذي كانت قيمته (9.68) ملم . إذن العمل الذي انجز هو من الدرجة الثالثة من حيث الدقة.

هنا نعمل على توزيع الخطأ الحاصل على جميع نقاط المشروع وبحسب القانون الآتي:

$$e_i = \frac{E}{\sum N} \times N_i$$

$$e_i = \frac{-0.08}{600}$$

$$e_i = -1.33 \times 10^{-4} \ m$$

$$e_a = -1.33 \times 10^{-4} \times 0 = -0 \ m$$

$$e_b = -1.33 \times 10^{-4} \times 100 = -0.0133 \ m$$

$$e_c = -1.33 \times 10^{-4} \times 200 = -0.0266 \ m$$

$$e_d = -1.33 \times 10^{-4} \times 300 = -0.04 \ m$$

$$e_e = -1.33 \times 10^{-4} \times 400 = -0.053 \ m$$

$$e_f = -1.33 \times 10^{-4} \times 500 = -0.067 \ m$$

$$e_g = -1.33 \times 10^{-4} \times 600 = -0.08 \ m$$

6 – 2 تصحيح شبكات التسوية Adjusting Leveling Networks

هنالك العديد من العوامل التي تؤدي إلى حدوث أخطاء في أعمال التسوية منها سوء استعمال الجهاز والظروف الجوية المصاحبة للعمل ، وفي الغالب يكون الخطأ نتيجة لوجود خلل في جهاز التسوية نفسه. لذلك يجب تدقيق العمل وتصحيح الأخطاء التي تحدث في عملية التسوية وإيجاد مقدار الخطأ فيها لإيجاد ما إذا كان هذا الخطأ مسموح به في عملية التسوية أم لا ، لأنه إذا كان الخطأ أكبر من المسموح به يُعاد العمل مرة أخرى ، ويقارن الخطأ الناتج مع حدود الخطأ المسموح به ، وبعدها توزع الأخطاء كما مر ذكره بالفقرات السابقة ، وتصحح عن طريق :

حساب المنسوب المصحح بعد توزيع الخطأ ، باستعمال المعادلة الآتية :

المنسوب المصحح = المنسوب (المحسوب) – مقدار خطأ المنسوب لتلك النقطة

$$\text{Correct Elev.} = \text{Measured Elev.} - e_i \qquad (16-2)$$

مثال (2 – 7) : جد المناسيب المصححة لكل نقطة من جدول المناسيب وحسابات المثال السابق (2– 6).

الحل : نعمل على تصحيح منسوب كل نقطة عن طريق العلاقة الآتية :

$$\text{Correct Elev.} = \text{Measured Elev.} - e_i$$

Cor. Elev. A = 30 – 0 = 30 m

Cor. Elev. B = 29.91 – (– 0.0133) = 29.923 m

Cor. Elev. C = 29.82 – (– 0.0266) = 29.847 m

Cor. Elev. D = 29.70 – (– 0.04) = 29.74 m

Cor. Elev. E = 29.61 – (– 0.053) = 29.663 m

Cor. Elev. F = 29.56 – (– 0.067) = 29.627 m

Cor. Elev. G = 29.82 – (– 0.08) = 29.9 m

7-2 المحطات Stations

المحطة هي علامة تثبت (توضع) على الأرض وتمثل المسافة الأفقية من بداية المشروع إلى النقطة الأرضية المطلوبة ، وتُقاس على الخط المركزي لمشروع ما من نقطة البداية التي تكون معلومة . وتستعمل المحطات لتمثيل مواقع النقاط على خط المقطع الطولي (Profile) ، وتكتب عادة بجزأين مثلاً المحطة A تساوي (sta. 3+45) إذ يعني الجزء الأول " 3 " عدد المرات التي استعمل فيها شريط القياس البالغ طوله مئة متر ، فالمسافة لتلك النقطة تكون ثلاثمئة متر زائد الجزء الثاني وهو 45 متراً ، فتكون المسافة إلى تلك المحطة هي 345 مترا. وإذا قيل إن محطة B تساوي (sta. 5+20.50) فهذا يعني أن النقطة B تبعد عن نقطة الابتداء مسافة مقدارها خمسة أشرطة قياس أي خمسمئة متر زائد 20.50 مترا أي تكون المسافة 520.50 مترا . وبهذا يمكن إجراء العمليات الحسابية كالجمع أو الطرح للمحطات لاستخراج المسافة بين النقاط.

مثال (2 - 8) : قيست مسافة مقدارها 125.18 m ابتداء من محطة B البالغة 3+17.25 لتثبيت النقطة C على الخط المركزي كما موضح بالشكل في أدناه ، جد مقدار المحطة C ثم احسب المسافة من المحطة A إلى المحطة B إذا علمت أن المحطة A = (2+15.00) ؟

الحل: Sta. B = 3+17.25

المسافة من B إلى C هي 125.18 m وتكتب بطريقة المحطات كالاتي :

125.18 m = 1+25.18

وعليه فإن مجموع مقدار المحطة B مع المسافة من المحطة B إلى C سوف يشكل المحطة C :

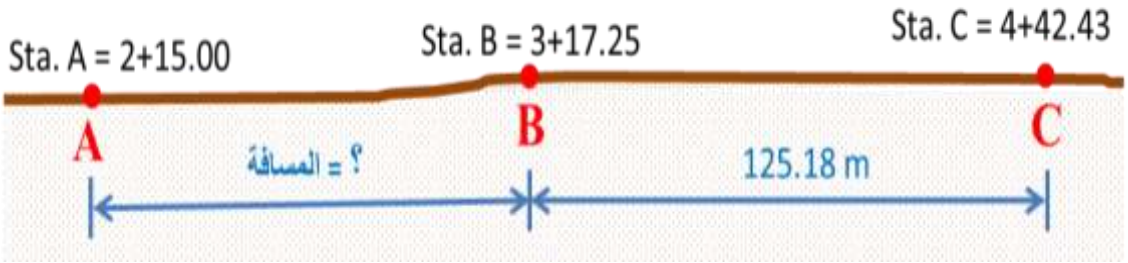
Sta. C = (3+17.25) + (1+25.18)

Sta. C = 4+42.43

ولحساب المسافة من المحطة A إلى المحطة B : المسافة من A إلى B = Sta. B − Sta. A

= (3+17.25) − (2+15.00) = 1+02.25

المسافة من A إلى B = 102.25 m



2 - 8 المقطع الطولي Profile

هو المقطع العمودي في سطح الأرض ويكون ممتداً على طول خط المشروع المراد تنفيذه مثل سكة حديد ، أو طريق ، أو عمل قناة ري . ويحدد على طول الخط المركزي للمشروع عدد من النقاط التي سوف يقاس عليها منسوب سطح الأرض والمسافات بين هذه النقاط ، إذ يُرسم المقطع الطولي على (الورق البياني) وذلك بتثبيت المحطات (المسافات) على المحور السيني (X) والمناسيب التي قيست على المحور الصادي (Y) .

ويجب ان يكون تمثيل تلك النقاط صحيحا وليس إسقاطاً ، فإذا انحرف المقطع الطولي إلى اليمين أو اليسار تبقى تلك المحطات في المقطع الطولي مستمرة بنفس الاتجاه ، وتتفاوت المسافات بين النقاط بحسب طوبوغرافية الأرض والدقة المطلوبة.

ومن فوائد عمل المقاطع الطولية :

1- معرفة طبيعة الأرض على امتداد الخط المركزي (الوسطي) للمشروع .
2- تساعد المهندس على اختيار أفضل انحدار للمشروع الذي يراد تنفيذه .
3- يتم تحديد النقاط التي يتقاطع فيها خط الأرض الطبيعية مع خط الانشاء التصميمي (وهي النقاط التي لا تحتاج إلى قطع أو ردم).
4- معرفة أعماق الردم أو القطع على طول خط المشروع.

إن المقطع الطولي لا يعطي وصفاً دقيقاً للأرض التي هي بجانب خطه المركزي ، فهو لا يوفر معلومات تكفي لتصميم مشروع على أرض واسعة وإنما يصلح للمشاريع التي تشغل شريطا ضيقا من الأرض كخطوط نقل الأنابيب التي يعد سطح الأرض فيها أفقياً من ضمن حدود عرض المشروع ومتعادلاً جانبياً بالنسبة للخط المركزي ، أما الأرض التي تكون متسعة نسبياً على جانبي الخط المركزي فإنها تتطلب معلومات إضافية نحصل عليها من عمل المقاطع العرضية التي تؤخذ عادة بصورة عمودية على الخط المركزي للمشروع وبأطوال مناسبة تزيد قليلا عن حدود العمل المطلوب من كلا جانبيه الأيسر والأيمن.

أما بالنسبة لطريقة تدوين المعلومات وحساب مناسيبها فهي لا تختلف عن جدول التسوية الذي سُبق شرحه ، والفرق الوحيد في صيغة جدول المقطع الطولي هو بإضافة عمود واحد للجدول تسجل فيه المحطات (المسافات) بين النقاط بالمتر . والجدول في المثال (2 – 9) يوضح كيفية تسجيل مناسيب النقاط المحسوبة بطريقة ارتفاع خط النظر (HI) الموجودة على المقطع الطولي ومقدار المسافات بين النقاط المحسوبة من نقطة بداية المقطع ، **إذ يمكن رسم المقطع الطولي بالخطوات الآتية :**

1. بعد تدوين المسافات الأفقية ومناسيب النقاط التي أُجريت عملية المسح عليها على طول خط المقطع المطلوب في الجدول ، نبدأ بعملية تشكيل المقطع برسم خط أفقي مستقيم يمثل محور (X) الذي يعبر عن مجموع المسافات الأفقية بين النقاط التي أُجريت عليها عملية المسح ، ثم يُؤشر على الخط الأفقي لمواقع النقاط التي رصدت مناسيبها ، وبحسب ابعادها الأفقية وفقاً لمقياس الرسم المعتمد .
2. يُرسم خط عمودي يمثل نقاط المحور (Y) وذلك بالاعتماد على مقياس الرسم المستعمل ، بعدها نلاحظ أوطأ منسوب لخط الأرض الطبيعية وخط الإنشاء في الجدول ونختار مقدار منسوب أقل

منها ليمثل سطح المقارنة ، وبعدها تثبت نقاط الخط المركزي للمقطع الطولي للأرض الطبيعية وبحسب المسافات الأفقية لكل نقطة ومنسوبها (ارتفاعها).

3. بعد إكمال جميع نقاط مناسيب الخط المركزي للمقطع تُوصل النقاط المتجاورة بعضها ببعض بخطوط متعرجة لتشكل لنا المقطع الطولي الطبيعي للأرض ويسمى (Ground Line) .
4. ينبغي اختيار مقياسي رسم مستقلين ، احداهما للمسافات الأفقية والآخر للمسافات العمودية (المناسيب)، وذلك لإظهار طبوغرافية الأرض بشكل واضح كون المسافات الأفقية في الغالب أكبر بكثير من المسافات العمودية (المناسيب) .
5. تُرسم المسافات الأفقية بمقياس رسم صغير 1/500 أو 1/1000 أما مقياس الرسم الذي نستعمله لقياس المناسيب يكون أكبر من ذلك (مقياس رسم كبير) مثل 1/50 أو 1/100 ، ولا تعد هذه المقاييس ثابتة دائما وكذلك الفرق بينهما ، ومن الضروري تثبيت أرقام مقاييس الرسم المستعملة على رسم المقطع وأي معلومة ضرورية أخرى . **ويعتمد اختيار مقياس الرسم للمسافات الأفقية ومقياس الرسم للمناسيب على العوامل الآتية :**

1- طبيعة الأرض : إذ يزداد الفرق في الأرض المستوية عن الأراض ذات التضاريس المختلفة.
2- مقياس الرسم الأفقي : كلما كان الفرق بين المسافات والمناسيب كبيراً كلما صغر مقياس الرسم .
3- الغاية من رسم المقطع : إذ يزداد الفرق كلما زادت الدقة المطلوبة على أن لا تتعدى الدقة المستعملة في تسجيل قراءات المناسيب.

6. وبعدها يُحدد موقع خط التصميم (خط الانشاء) الذي نحتاجه في عملية التنفيذ وذلك بتثبيت نقاط المناسيب الجديدة للخط التصميمي (Grade Line) وبحسب كل نقطة ومنسوبها الجديد ، وبعدها يُوصل بين نقاط المناسيب الجديدة بخطوط مستقيمة أفقية أو ذات انحدار منتظم .

وبعد الانتهاء من رسم المقطع الطولي للمشروع (Profile) الذي يتضمن خط المعالم الطبيعية الأصلية لسطح الأرض ، إضافة إلى خط مناسيب العمل الجديد (خط الإنشاء التصميمي للمشروع) سنتمكن من استنتاج العلاقة الكمية بين الواقع والمطلوب للمشروع . وسيتم توضيح ذلك بالمثال الآتي :

مثال (2 – 9) : أُجريت عملية تسوية لمقطع طولي لإنشاء طريق ذي ميل منتظم في أحد المشاريع ، فكانت القياسات كما موضحة في الجدول التالي ، جد مناسيب نقاط خط الإنشاء التصميمي (Grade Line) للمشروع إذا كان المنسوب لخط الإنشاء في نقطة البداية (A) ونقطة النهاية (H) مساويا لمنسوب الأرض الطبيعية ، وارسم المقطع الطولي للطريق المقترح إذا علمت أن مقياس الرسم الأفقي (1/1000) ومقياس الرسم العمودي (1/100) .

Points النقاط	Distances المسافات الأفقية (m)	Ground Elevation مناسيب الأرض الطبيعية (m)
A	0	12
B	20	11
C	40	11.5
D	60	14
E	80	17
F	100	19
G	120	18.5
H	140	19

الحل : يتم إيجاد مناسيب نقاط خط الإنشاء التصميمي (Grade Line) بتطبيق القانون الآتي :

(طول المسافة الأفقية × الميل) ± المنسوب المعلوم للنقطة الأولى = منسوب النقطة المجهول

Grade Elev. point = Grade Elev. First point ± (S × D) (17 –2)

(+) خط الإنشاء ذو الميل التصاعدي (للأعلى) .

(–) خط الإنشاء ذو الميل التنازلي (للأسفل) .

الميل لخط الإنشاء (Slope) = $\frac{\text{فرق المنسوب بين نقطة البداية والنهاية}}{\text{فرق المسافة بين نقطة البداية والنهاية}}$

$$S = \frac{\Delta \text{ grade}}{\Delta \text{ Distance}} \qquad (18 – 2)$$

1. نجد الميل : $S = \frac{19-12}{140-0} = \frac{7}{140} = 0.05$ تصاعدي

2. نجد مناسيب النقاط المجهولة لخط الإنشاء بتطبيق القانون (2– 17) كما يأتي :

بما أن منسوب الأرض الطبيعية لنقطة البداية (A) ونقطة النهاية (H) = منسوب خط الانشاء لهما

أي إن : 12 m = Grade Elev. A = Ground Elev. A

19 m = Grade Elev. H = Ground Elev. H

Grade Elev. B = Grade Elev. A + S × (D A ⟶ B)

= 12 + 0.05 × 20 = 12 + 1 = 13 m

Grade Elev. C = Grade Elev. A + S × (D A ⟶ C)

= 12 + 0.05 × 40 = 12 + 2 = 14 m

Grade Elev. D = Grade Elev. A + S × (D A ⟶ D)

= 12 + 0.05 × 60 = 12 + 3 = 15 m

Grade Elev. E = Grade Elev. A + S × (D A ⟶ E)

= 12 + 0.05 × 80 = 12 + 4 = 16 m

Grade Elev. F = Grade Elev. A + S × (D A ⟶ F)

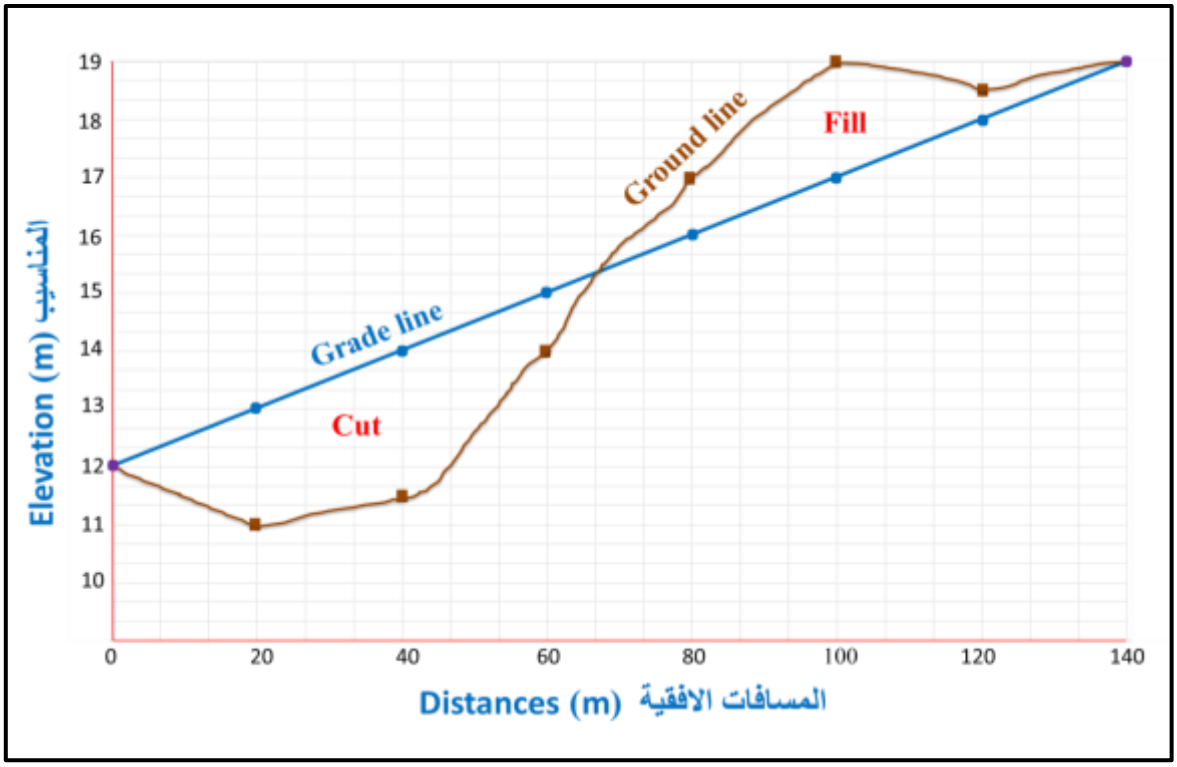
= 12 + 0.05 × 100 = 12 + 5 = 17 m

Grade Elev. G = Grade Elev. A + S × (D A ⟶ G)

= 12 + 0.05 × 120 = 12 + 6 = 18 m

Points النقاط	Distances (m) المسافات الأفقية	Ground Elevation (m) مناسيب الأرض الطبيعية	Grade Elevation (m) مناسيب خط الإنشاء
A	0	12	12
B	20	11	13
C	40	11.5	14
D	60	14	15
E	80	17	16
F	100	19	17
G	120	18.5	18
H	140	19	19

3. نرسم المقطع الطولي للطريق المقترح بالاعتماد على القياسات في الجدول السابق ونلاحظ أوطأ منسوب في الجدول وهو 11 m فنختار منسوباً أوطأ منه ليمثل سطح المقارنة وليكن 10 m وكالآتي :



وعن طريق المقطع الطولي للأرض وخط الإنشاء المقترح للطريق وبمقارنة المناسيب للأرض الطبيعية مع المناسيب التصميمية نتوصل إلى أعماق الحفر (Cut) والردم (Fill) عند تنفيذ المشروع ، فعندما يكون المنسوب التصميمي أوطأ من الطبيعي فهذا يدل على أن العملية تكون حفراً وبالعكس يكون ردماً ، وإذا كانت أعماق الحفر والردم متوازنة فهذا يعني أن المقطع جيد أما إذا كان خلاف ذلك فيجب تغيير الخط التصميمي إما برفعه أو خفضه إلى أن يتم الحصول على حالة من التوازن بين الحفر والردم ، وأن عملية إنتاج المقاطع يكون الآن بالطرق الرقمية باستعمال البرامج التخصصية كبرنامج (Civil 3D) بدلا من استعمال الطرائق الترسيمية التقليدية وذلك لتقليل مقدار الخطأ بالإضافة إلى اختصار الكلفة والجهد.

2- 9 مصادر الأخطاء في عمليات التسوية Errors Sources in Leveling

جميع القياسات التي تجري في عملية التسوية تخضع لثلاث مصادر رئيسة للأخطاء هي :

أ- الأخطاء الآلية Instrumental Errors :

وهذه الأخطاء تشمل الجهاز والمسطرة المستعملة ومنها :

1. الخطأ الذي يقع نتيجة لعدم اكتمال تعديل الجهاز : ويتخلص من هكذا نوع من الأخطاء بوضع الجهاز في منتصف المسافة بين المقدمة (F.S) والمؤخرة (B.S) . ويجب ربط الجهاز بالركيزة بصورة جيدة لمنع حركته واهتزازه ، ويجب أن تكون فقاعة الجهاز في المنتصف دائما.
2. الخطأ الذي ينتج عن المسطرة المستعملة في القياسات : يجب أن نتجنب الأخطاء عن طريق التأكد من تدرج المسطرة وطولها قبل استعمالها ، ويجب أن نحافظ عليها من التآكل وإزالة ما يعلق بها من الأتربة.

ب- الاخطاء البشرية (Personal Errors) ويشمل :

1. عدم ضبط فقاعة التسوية في المركز .
2. عدم وضوح الصورة والشعيرات التي تستعمل في القياس .
3. نصب الجهاز على أرض رخوة مما يؤدي إلى جعل الركيزة تغوص في الأرض .
4. اصطدام الراصد بالجهاز وهذا قد يؤثر في تنصيب الجهاز .
5. قد تكون المسطرة المستعملة مثبتة على النقطة المراد قياسها بصورة غير شاقولية .
6. أخذ القراءات على المسطرة بصورة غير صحيحة .
7. عدم تسجيل القراءات الحقيقية وتسجيلها بأرقام أخرى بديلة .
8. أخطاء في الحسابات .

ج- الأخطاء الطبيعية (Natural Errors) وتشمل ما يأتي :

1. تأثير كروية الأرض .
2. تأثير الانكسار الضوئي .
3. التغيرات التي تحدث نتيجة تغير درجات الحرارة .
4. الرياح قد تؤثر في ثبوت الجهاز والمسطرة .

أسئلة الفصل الثاني

س 1 / عرف ما يأتي :

1 ـ القراءة الخلفية (B.S) 2 ـ القراءة الأمامية (F.S) 3 ـ راقم التسوية

4 ـ التسوية 5 ـ الفقاعة الدائرية 6 ـ المقطع الطولي

س 2 / ما هي أنواع الأجهزة المساحية المستعملة في أعمال التسوية ؟ عددها مع الشرح المختصر .

س 3 / كيف يتم (ضبط) موازنة جهاز التسوية قبل استعماله في الأعمال الحقلية ؟

س 4 / ناقش تأثير تكور الأرض وانكسار خط النظر في أعمال التسوية لمسافات طويلة جداً .

س 5 / ما هي فوائد عمل المقاطع الطولية ؟

س 6 / ما هي التسوية المتبادلة ؟ ومتى تستعمل ؟ وما هي طريقة عملها ؟

س 7 / ما هي طرائق التسوية ؟ عددها فقط .

س 8 / املأ الفراغات التالية بما يناسبها :

1. الشعيرات المتقاطعة في جهاز التسوية تحتوي على شعيرتين أفقيتين إضافيتين تسمى .....
2. يعتمد مقياس الرسم المستعمل لرسم المقطع الطولي على عدة عوامل منها ..... و ..... و .....
3. خطأ الإقفال يساوي الفرق بين المنسوب ..... والمنسوب ..... لراقم التسوية في عمليه التسوية .
4. إن التسوية التفاضلية تُنجز بطريقة ..... التي يستعمل فيها ..... و .....
5. ينبغي تثبيت الركيزة بارتفاع يتناسب مع ..... و ..... بشكل أفقي تقريبا .
6. يُعد جهاز التسوية الأوتوماتيكي من الأجهزة .....

الفصل الثالث

الاتجاهات والزوايا

Directions and Angles

الأهـداف :

سيتعرف الطالب في نهاية الفصل على :

1. مفهوم الاتجاهات والزوايا في الأعمال المساحية .
2. طرائق تحديد اتجاه الشمال وأنواعه.
3. التعرف إلى مفهوم أرباع الدائرة .
4. كيفية تحويل الاتجاهات .
5. كيفية جمع الزوايا.

3 – 1 الاتجاهات Directions

يُعد قياس الاتجاهات والزوايا بين النقاط على سطح الأرض من العمليات المساحية المهمة التي يعتمد عليها المساح في أي عمل من أعمال المساحة الموقعية. إذ يعتمد المساح على أخذ القياسات المطلوبة لتحديد مواقع النقاط على سطح الأرض وتحويلها إلى خرائط ترسيمية أو معلومات رقمية. كما و يمكن الحصول على اتجاهات الخطوط التي تربط بين هذه النقاط بطرائق مختلفة . تكون جميع القياسات المستحصلة مقاسة نسبة إلى خط المرجع (Reference Line) الذي يُعين مسبقا عبر القيام بما يعرف بـ(المضلع) أو (Traverse) أو شبكة التضليع الذي هو عبارة عن مضلع من القياسات المساحية الطولية والزاوية التي تشتمل على عدد غير ثابت من الخطوط المستقيمة أو الأضلاع المتصلة من أطرافها وتحصر بينها زوايا.

تعتمد جميع أنواع المضلعات على قياس أطوال الأضلاع ، وقياس انحرافات الأضلاع ، وقياس الزوايا بين هذه الأضلاع إذ تقاس بالطرائق التقليدية كأشرطة القياس وغيرها من الأجهزة الحديثة كجهاز المحطة المتكاملة (Total Station). ولأهمية أخذ القياسات الدقيقة في أثناء القيام بأعمال المسح الموقعي ، تقاس انحرافات الأضلاع عن اتجاه معين يسمى (الشمال المغناطيسي) بواسطة جهاز البوصلة، أو قياس الزوايا بين الأضلاع بواسطة جهاز الثيودولايت الذي سيشرح شرحاً مفصلاً في الفصل الرابع .

تقسم الاتجاهات بصورة عامة على :

1- الاتجاه (الانحراف) الدائري Azimuth.
2- الاتجاه (الانحراف) الربع دائري Bearing.
3- الاتجاه (الانحراف) القطري .

تُقاس الاتجاهات في المشاريع واطئة الدقة باستعمال البوصلة التي تقرأ الزوايا لغاية (1) درجة ، إذ تُعد البوصلة من الأجهزة المساحية البسيطة والتي تستعمل أساساً في تحديد اتجاه الشمال المغناطيسي ، وقياس اتجاهات و الخطوط انحرافاتها بالنسبة لهذا الاتجاه.

لقد اتفق المتخصصون في مجال المساحة منذ مئات السنين على اعتبار اتجاه الشمال هو الاتجاه المرجعي عند قياس الاتجاهات في الطبيعة وأيضا على الخريطة . ويعرف **الاتجاه** بأنه الزاوية التي تقاس باتجاه عقرب الساعة نسبة إلى خط مرجع ثابت يسمى الشمال (Meridian) إلى نقطة أخرى، ويمكن تصنيف الاتجاه نسبة إلى نوع المرجع الذي يقاس منه الاتجاه إلى :

3-1- 1 الشمال المفترض Assumed Meridian

هو الاتجاه الذي يُحسب نسبة إلى خط (اتجاه) مرجع افتراضي تستند إليه كافة الاتجاهات للأضلاع الأخرى في عملية المسح ولذلك فإن المواقع في هذه الحالة تكون أيضاً افتراضية ، إذ يُعتمد عليه في حال عدم معرفة اتجاه الشمال المغناطيسي أو الجغرافي وذلك بافتراض أن اتجاه الشمال يبدأ منه ليكون اتجاهاً مرجعياً مفروضاً في موقع العمل .

ويمكن لاحقاً بعد أن يتمكن الراصد من معرفة العلاقة بين هذا الشمال الاختياري (المفترض) والشمال الحقيقي أن يُصحح قياساته لينسبها إلى اتجاه الشمال الحقيقي ويستعمل في أعمال المسح البسيطة والمناطق الصغيرة .

3-1-2 الشمال المغناطيسي Magnetic Meridian

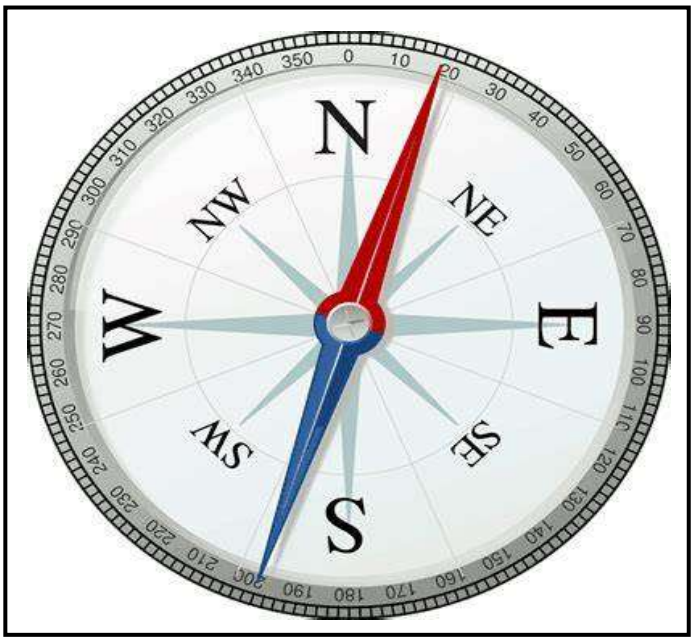
هو الاتجاه الذي يمكن تحديده بواسطة إبرة مغناطيسية حرة ومتزنة في الحركة أي ليست تحت تأثير أي مجال مغناطيسي آخر إذ تشير إلى هذا الشمال دائماً ، فإذا تركت هذه الإبرة فإنها تتجه بزاوية باتجاه عقرب الساعة نسبة إلى خط المرجع الذي يطلق عليه الاتجاه المغناطيسي ، أي هو الشمال الذي ينحرف عن الشمال الحقيقي بزاوية تسمى (زاوية الانحراف المغناطيسي) ، إذ إن الشمال المغناطيسي لا ينطبق على الشمال الحقيقي الجغرافي . وهو يمثل الشمال الذي تشير إليه الإبرة المغناطيسية في البوصلة (Compass) ، كما في الشكل (3-1).

تُعد البوصلة من الأجهزة المساحية البسيطة التركيب والتي تستعمل في تحديد اتجاه الشمال المغناطيسي، وقياس اتجاهات أو انحرافات الخطوط بالنسبة لهذا الاتجاه. وتستعمل في مجالات حياتنا اليومية بشكل كبير ، إذ توجد كجزء صغير في العديد من الأجهزة المعقدة.

تتركب البوصلة من علبة مستديرة من النحاس ولها غطاء محكم يمنع دخول الاتربة والأوساخ التي تؤثر في دقة القراءة ، وتستعمل فيها إبرة مغناطيسية يرتكز ثقلها على سن مدبب من المعدن ، وتحتوي البوصلة على قرص دائري مصنوع من الألمنيوم ، ومقسم على درجات وأنصاف الدرجات. ويبدأ هذا التدريج على العلامة (صفر) درجة والدالة على الجنوب ، أما القيمة (180) درجة أمام العلامة الدالة على الشمال المغناطيسي ، ويبدأ هذا التدريج بالازدياد في اتجاه عقرب الساعة .

وتقسم تدريجات البوصلة على القراءات الرئيسة المتمثلة بالشمال والجنوب والشرق والغرب ، وتستعمل البوصلة عن طريق الحمل باليد أو تثبيتها على حامل ثلاثي الأرجل يتدلى منه خيط الشاقول لضمان استقامة جهاز البوصلة واتزانه .

تعتمد دقة قياس الاتجاه على دقة البوصلة ومواد صنعها بالإضافة إلى تأثرها في بعض الأحيان بالعوامل الجوية التي قد تؤثر سلباً في دقة قياس الاتجاه. كما وتُعد أداة رخيصة ومتينة ولا تحتاج إلى طاقة كهربائية للعمل ، إلا إنها كأي جهاز آخر لاتكاد تخلو من عيوب في القياس مثل الانحرافات المقاسة تكون تقريبية وتأثرها بالجاذبية الأرضية يؤثر سلباً في دقة القياسات .



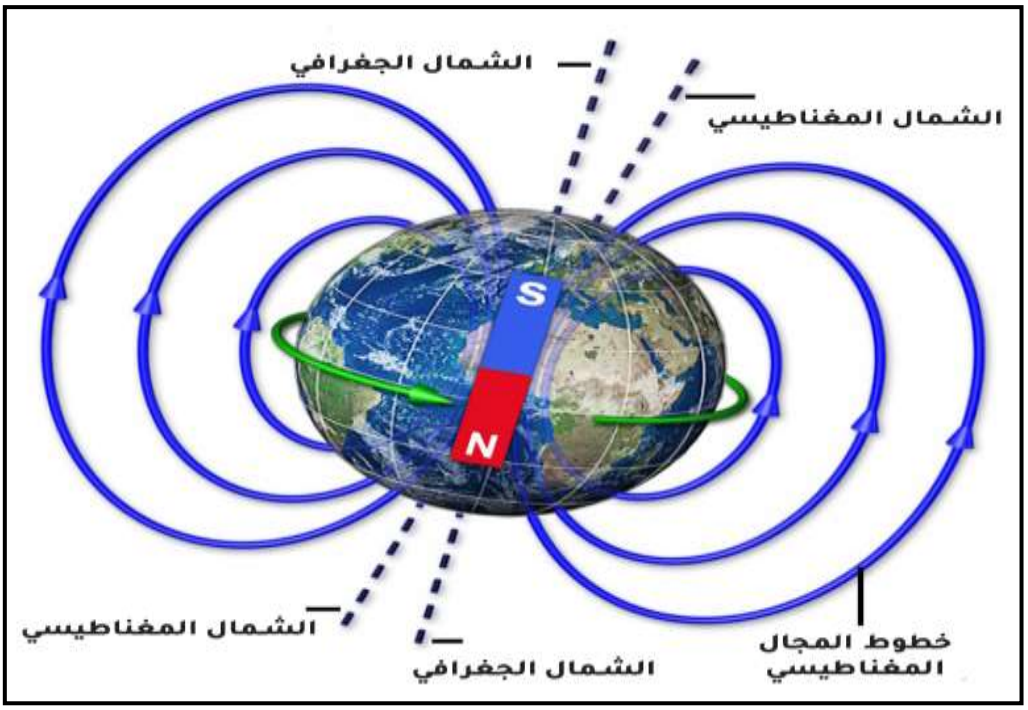
الشكل (3-1) جهاز البوصلة

3-1-2-1 الميل المغناطيسي Magnetic Declination

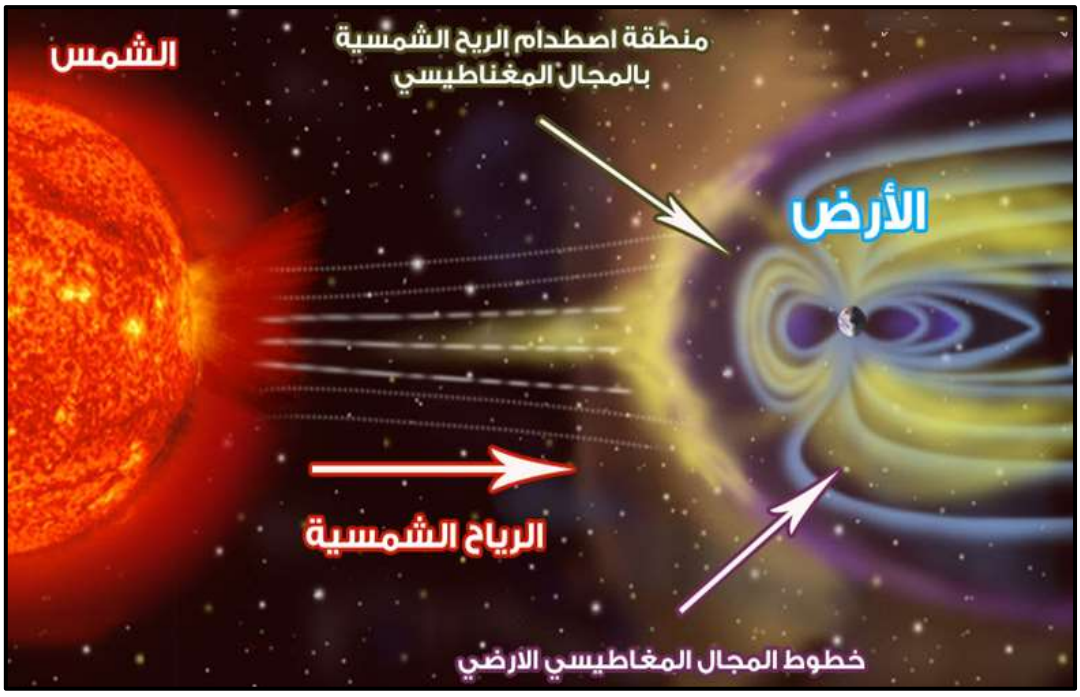
يعرف الميل المغناطيسي بأنه زاوية الانحراف المحصورة بين اتجاهي الشمال المغناطيسي والجغرافي (الحقيقي) (بمعنى أنه يمثل زاوية الانحراف التي تصنعها الإبرة المغناطيسية للبوصلة بين سطح الأرض والشمال المغناطيسي) عند نقطة معينة في زمن معين. وبما أن الشمال الحقيقي يمثل محور دوران الأرض حول نفسها ، فإن الميل المغناطيسي يمثل الزاوية بين الشمال الحقيقي والشمال المغناطيسي .

فإذا كان الشمال المغناطيسي (شرق) الشمال الحقيقي فتكون إشارة زاوية الانحراف موجبة (+) ، إما إذا كان الشمال المغناطيسي (غرب) الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الانحراف سالبة (−) .

إن سبب الميل المغناطيسي هو وجود المجال المغناطيسي الذي يلف الكرة الأرضية كاملة والناتج عن دوران المواد المكونة للكرة الأرضية مثل المعادن كالحديد والنيكل وغيرها ، بالإضافة إلى تأثير الشمس والأجرام السماوية ، ويكون هذا الدوران بصورة متغيرة دائما تبعاً لحركة لب الأرض وتأثره بالعوامل الخارجية وهو ما يفسر تغيير الميل المغناطيسي بصورة دائمة ، لاحظ الشكل (3-2) والشكل (3-3).



الشكل (3-2) المجال المغناطيسي للكرة الأرضية



الشكل (3-3) دوران الكرة الأرضية وخطوط المجال المغناطيسي

3-1-2-2 التصحيحات Corrections

إن إبرة البوصلة تتعرض باستمرار لتأثير المجال المغناطيسي للكرة الأرضية ، ولذلك يمكن القول إنها تغوص في قراءاتها باتجاه الأرض ولا تعطي أحيانا قراءة دقيقة للشمال المغناطيسي.

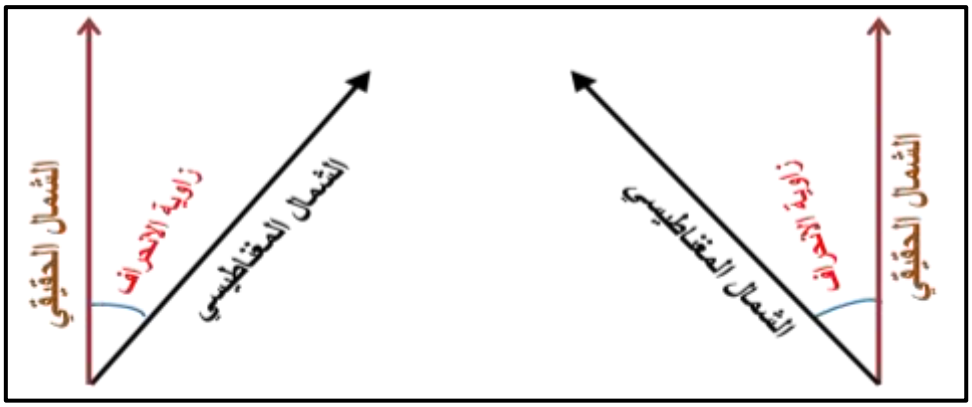
وتسمى هذه الظاهرة بالغوص المغناطيسي وهو تعبير مساحي وظاهرة تتأثر بها البوصلة تبعاً للموقع الجغرافي لموقع البوصلة وتبعاً لموقعها من خط الاستواء، وتعني أن المرجع في القراءة يزحف أو يغوص عن المرجع الحقيقي بمقدار ثابت يتغير بتغير موقع القراءة وخطوط العرض ، إذ تتغير بناءً عليه قراءة البوصلة وإشارتها إلى الشمال المغناطيسي تبعا لموقعها على الكرة الأرضية وتأثير الجاذبية الأرضية فيها.

وعليه يمكن تقسيم التغيرات التي تطرأ على المجال المغناطيسي والتي تؤثر بشكل مباشر على اتجاه المؤشر (الإبرة) في البوصلة على ما يأتي :

1- الدورة المنتظمة : وهي التي يتأرجح فيها القطب المغناطيسي شرقاً وغرباً ، مثل حركة البندول إذ تزداد في فترات زمنية في منتصف فترة الاهتزاز ، وتؤخذ عادة معدل سرعة الحركة لإجراء التصحيحات اللازمة للاتجاهات المرصودة.
2- الدورة السنوية : يتغير فيها تأثير القطب المغناطيسي سنوياً بمعدل درجة واحدة.
3- الدورة اليومية : ويتأثر فيها الاتجاه المغناطيسي يومياً صباحاً ومساءً ، ويبلغ معدل التغيير في الاتجاه خلال الدورة اليومية الواحدة ثمان دقائق ، وهذا التغيير قليل جدا لايمكن للبوصلة حسابه، لذلك يهمل في أعمال المساحة .
4- التغير غير المنتظم : سبب هذا التغير حركة الأرض بين النجوم والمجرات ، وأيضا مقداره قليل جدا فيهمل في أعمال المساحة .
5- الانحراف الموقعي : وسببه وجود معادن في باطن الأرض بالقرب من البوصلة في أثناء العمل في الموقع ، إذ تنجذب الإبرة المغناطيسية باتجاه تلك المعادن فتعطي اتجاهاً مغلوطاً وغير صحيح.

بناءً على ما تقدم ذكره فإن الميل المغناطيسي يكون معروفاً دائماً ، فيكون من السهولة تحويل (الشمال المغناطيسي إلى (الشمال الحقيقي) عن طريق إضافة مقدار الميل مع الأخذ بنظر الاعتبار الإشارة الجبرية للميل شرقاً أو غرباً ، أي إن الشمال المغناطيسي يُصحح تبعاً لاتجاه الشمال الحقيقي وذلك بإضافة أو طرح قيمة الميل المغناطيسي منه (زاوية الانحراف المغناطيسي).

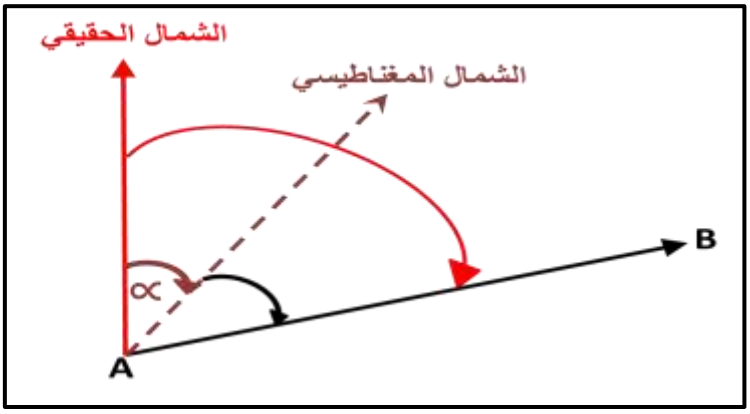
يمكن تعريف زاوية الانحراف المغناطيسي (Declination angle) : زاوية ذات قيمة صغيرة جداً تمثل الانحراف بين الشمال المغناطيسي والشمال الحقيقي (الجغرافي) ، وتكون متغيرة نظراً لتغير اتجاه الشمال المغناطيسي على مدار العام الكامل ، وكما موضح في الشكل (3-4) .



الشكل (3-4) اتجاه زوايا الانحراف

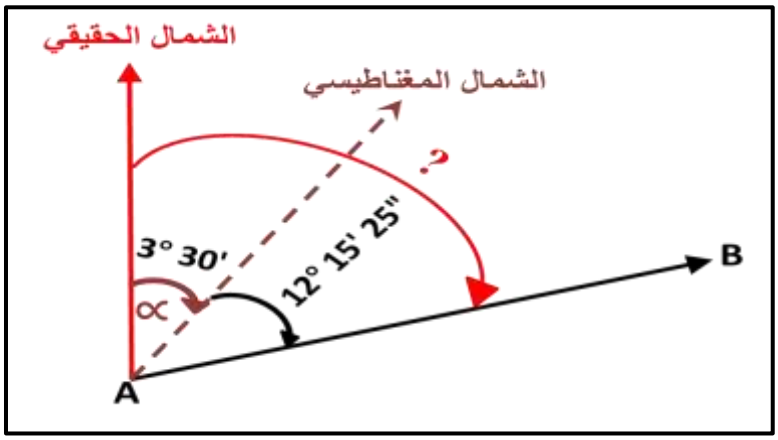
1- إذا كان الميل المغناطيسي (زاوية الانحراف المغناطيسي ∝) لاتجاه الخط AB (شرق) الشمال الحقيقي ، كما في الشكل (3-5) فإن الشمال (الاتجاه) الحقيقي :

الشمال (الاتجاه) الحقيقي للخط (AB) = الشمال المغناطيسي + الميل المغناطيسي (∝)



الشكل (3- 5) الشمال (الاتجاه) الحقيقي

مثال (3-1) : إذا كان الاتجاه المغناطيسي للخط (AB) كما في الشكل الآتي (12° 15' 25") وكان الميل المغناطيسي يساوي (3° 30') إلى (الشرق) ، جد الاتجاه الحقيقي للخط (AB) ؟



الحل : الشمال (الاتجاه) الحقيقي للخط (AB) = الشمال المغناطيسي + الميل المغناطيسي (∝)

True AZ (AB) = mg . (AB) + ∝

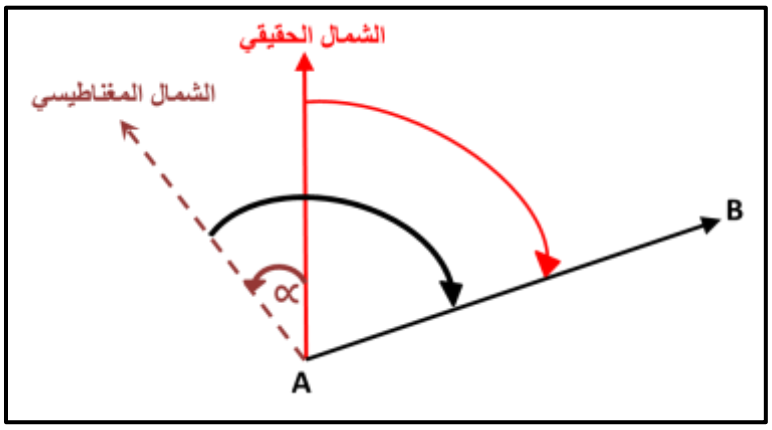
True AZ (AB) = 12° 15' 25" + 3° 30′

True AZ (AB) = 15° 45′ 25"

وهي تمثل الزاوية المقاسة من الشمال الحقيقي من نقطة (A) إلى النقطة (B) باتجاه عقرب الساعة.

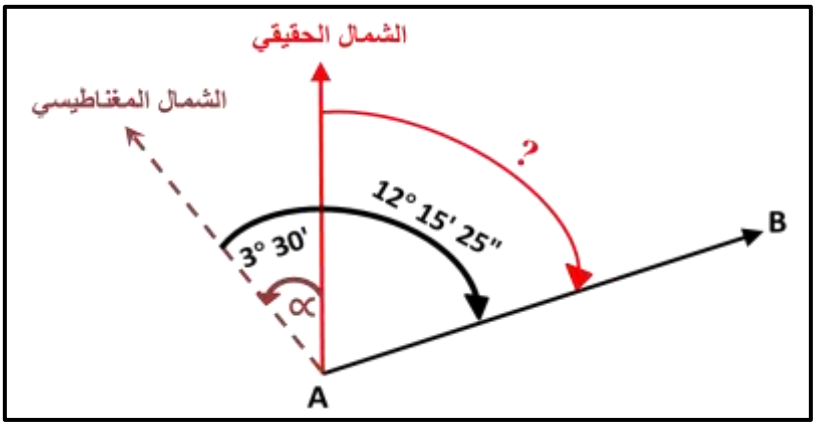
2- إذا كان الميل المغناطيسي (زاوية الانحراف المغناطيسي ∝) لاتجاه الخط AB (غرب) الشمال الحقيقي ، كما في الشكل (3-6) فإن الشمال (الاتجاه) الحقيقي :

الشمال (الاتجاه) الحقيقي للخط (AB) = الشمال المغناطيسي – الميل المغناطيسي (∝)



الشكل (3-6) الشمال (الاتجاه) الحقيقي

مثال (3-2) : إذا كان الاتجاه المغناطيسي للخط (AB) كما في الشكل الآتي (12° 15' 25") وكان الميل المغناطيسي يساوي (3° 30') إلى (الغرب) ، جد الاتجاه الحقيقي للخط (AB) ؟



الحل : الشمال (الاتجاه) الحقيقي للخط (AB) = الشمال المغناطيسي – الميل المغناطيسي (∝)

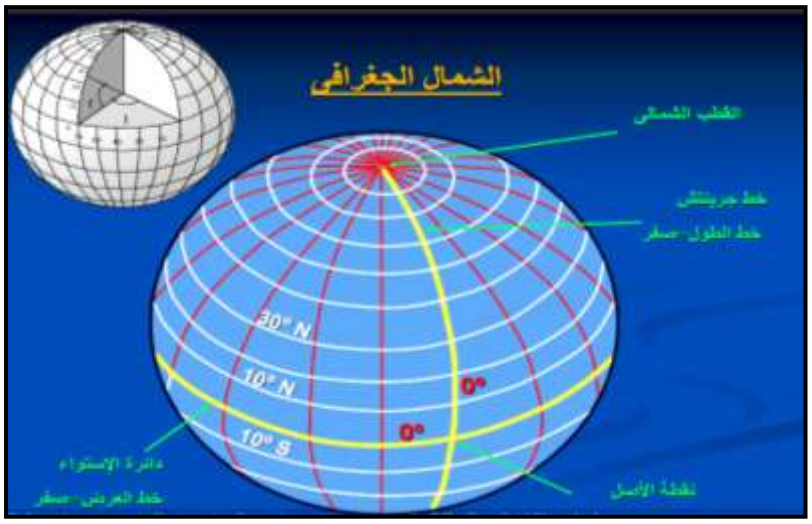
True AZ . (AB) – ∝

True AZ . (AB) = 12° 15' 25" – 3° 30' = 8° 45′ 25″

ومن التصحيحات المهمة التي تؤثر في دقة النتائج إن أهملت هي الجذب الموقعي Local Attraction والذي يحدث بسبب وجود المعادن الأرضية بالقرب من إبرة البوصلة المغناطيسية والتي تؤدي إلى انحرافها عن الاتجاه الصحيح. ويمكن تعيين الجذب الموقعي عن طريق دراسة الإرصاد الحقلية ودراسة الاتجاه الأمامي والخلفي لكل خط من الخطوط ، فإن تساوى الاتجاهان لخط واحد فإن هذه النقطة خالية من الجذب الموقعي والعكس صحيح لأن اختلاف الاتجاه الأمامي والخلفي يدل على وجود تأثير الجذب الموقعي .

3-1-3 الشمال الحقيقي Truth Meridian

هو الاتجاه أو الخط الواصل بين أي نقطة وكلا القطبين الشمالي و الجنوبي للأرض ، أي هو نقطة التقاء خطوط الطول التي تُعين على الكرة الأرضية ويسمى أيضا (الشمال الجغرافي) ، ويشار إلى أن اتجاه الشمال المغناطيسي لاينطبق على اتجاه الشمال الحقيقي ، وتكون بينهما زاوية تسمى زاوية الانحراف المغناطيسي (أو الميل المغناطيسي الذي تم شرحه سابقاً) إذ تنسب في تعيينها لاتجاه الشمال المغناطيسي فقد تكون في شرقه أو غربه. وتجدر الإشارة إلى أن زاوية الاختلاف المغناطيسي غير ثابتة فهي متغيرة يومياً وسنوياً تبعاً لتغير موقع نقطة القطب المغناطيسي نتيجة لدوران الأرض حول نفسها وحول الشمس وكما موضح في الشكل (3-7).



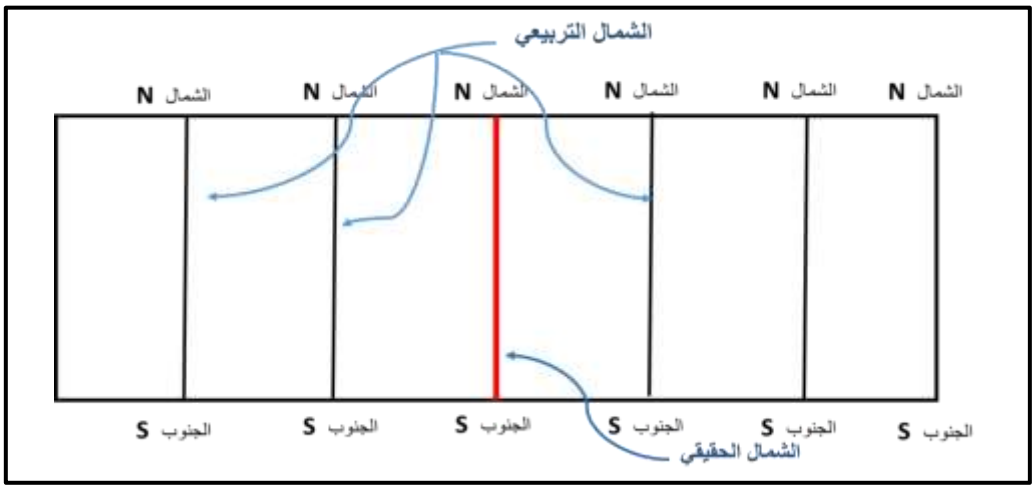
الشكل (3-7) الشمال الجغرافي

وبما أن الشمال الحقيقي ثابت غير (متغير) ويُحدد عن طريق الإرصاد و القياسات الفلكية عن طريق تحديد النجم القطبي أو الشمس أو الأقمار الصناعية ، يُعد هو المرجع المستعمل في إنشاء الخرائط والمسوحات الدولية ومسح المدن والأعمال المساحية الكبيرة .

3-1- 4 الشمال التربيعي Grid Meridian

هو الاتجاه الذي يُحدد في أثناء عملية المسح الموقعي لمنطقة معينة ، ويمكن تمثيله بمجموعة من الخطوط المستقيمة الموازية لاتجاه الشمال الحقيقي (الجغرافي) ، ويُعد الأساس في حساب إحداثيات الموقع الأصلي للنقاط (X ، Y) ورسم الخرائط التفصيلية لتلك المنطقة المراد مسحها ، لذلك يجب تعيين الشمال في وسط المنطقة ويكون شمالاً حقيقياً ثم ترسم خطوط أخرى موازية لهذا الخط بصورة حسابية أو وهمية ، وهذه الخطوط تمثل وتشير إلى الشمال التربيعي ، وكما موضح في الشكل (3-8) .

الغرض من الشمال التربيعي هو حساب إحداثيات النقاط الواقعة على الخط او بين الخطوط ، كما يستفاد منه عند تصحيح اتجاه خط معين نسبةً إلى الشمال الحقيقي (الجغرافي).



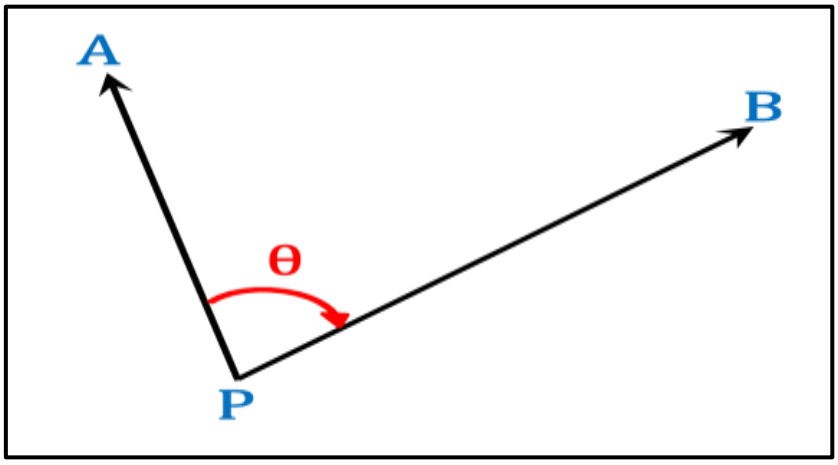
الشكل (3-8) الشمال التربيعي

3-2 الزوايا والاتجاهات Angles and Direction

إن لقياس الزوايا في الأعمال المساحية أهمية كبيرة في تعيين مواقع النقاط الأفقية والعمودية ، وتختلف الاساليب والأجهزة المستعملة في القياس نظراً للتطور الحاصل في صناعة تلك الأجهزة والدقة المطلوبة. فالاتجاه هو الزاوية المقاسة باتجاه عقرب الساعة من ضلع معين إلى ضلع آخر أو نقطة معينة إلى نقطة أخرى ، ويمكن تعريف الزاوية بأنها الفرق بين اتجاهين لخطين متقاطعين ، وقد يكون هذان الاتجاهان تم قياسهما على دائرة أفقية بجهاز ثيودولايت أو بواسطة البوصلة المغناطيسية أو مقاسين بالنسبة لاتجاه الشمال الحقيقي ، وتكون الزاوية إما زاوية أفقية أو زاوية عمودية وكالاتي :

أولاً / الزاوية الأفقية :

هي الزاوية التي تتشكل من تقاطع او التقاء خطين متقاطعين في مستوى أفقي واحد ، ويمثل نقطة الرصد رأس الزاوية إذ أن الزاوية الأفقية هي الفرق بين اتجاهين تم قياسهما بواسطة جهاز الثيودولايت أو البوصلة المغناطيسية أو بالنسبة لاتجاه الشمال ، كما في الشكل (3-9).

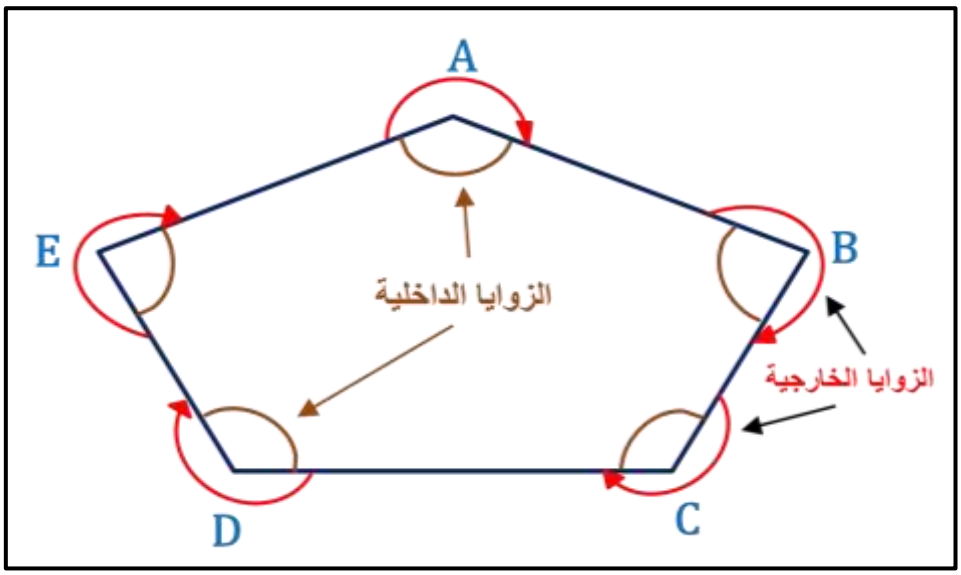


الشكل (3-9) الزاوية الأفقية

هناك عدة أنواع من الزوايا الأفقية تبعاً لطريقة القياس وهي :

1- **الزوايا الداخلية :** هي الزوايا التي تُقاس داخل شكل (مضلع) مغلق أو مفتوح ، وتكون باتجاه عقرب الساعة ، كما في الشكل (3-10).

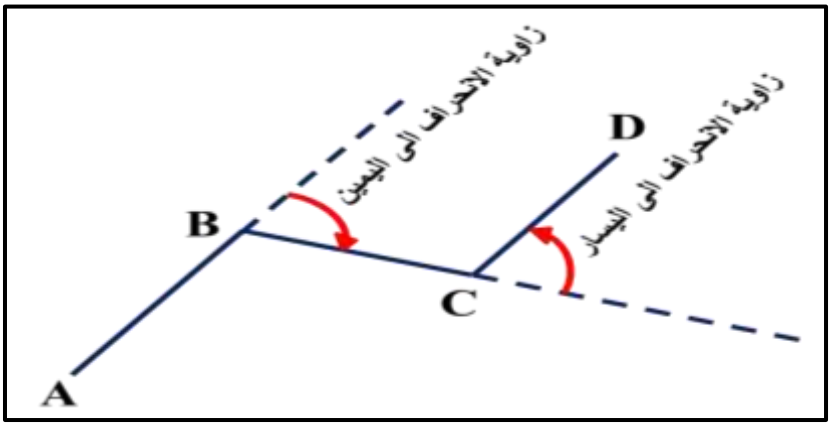
2- **الزوايا الخارجية :** هي الزوايا التي تُقاس خارج شكل (مضلع) مغلق أو مفتوح ، وتكون باتجاه عقرب الساعة دائماً أو إلى اليمين ، كما في الشكل (3-10).



الشكل (3-10) الزوايا الداخلية والخارجية في المضلع

3- **زوايا الانحراف :** هي الزوايا التي تُقاس بين امتداد ضلع سابق والضلع الذي يليه (في المضلع المفتوح أو المغلق)، وتكون الزوايا التي اتجاه قياسها مع اتجاه عقرب الساعة زوايا موجبة (+) أو إلى اليمين ، أما الزوايا التي يكون اتجاه قياسها عكس عقرب الساعة زوايا سالبة (–) أو إلى اليسار ، كما في الشكل (3-11) .

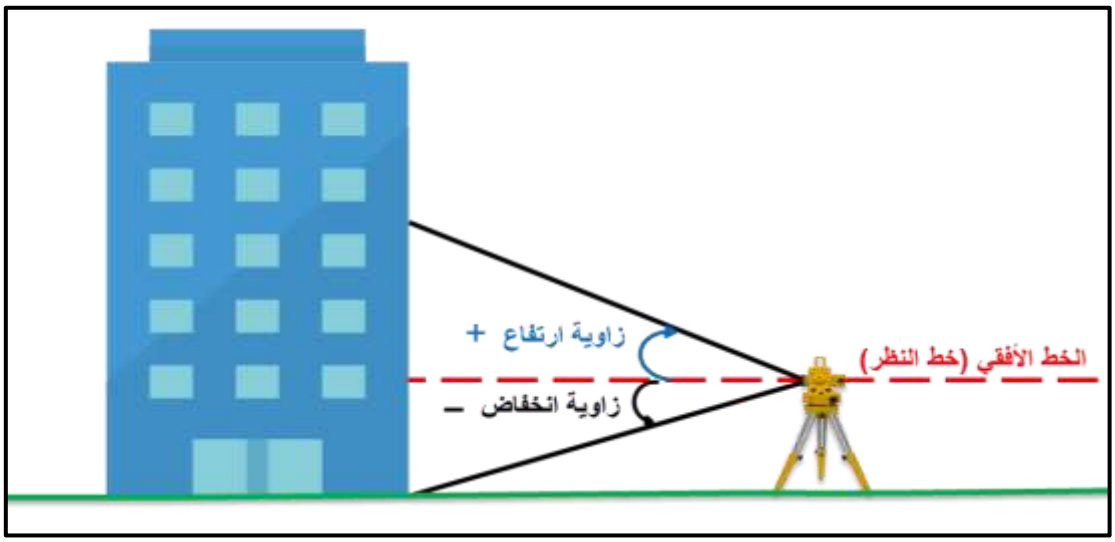
ويكون المجموع النظري لزوايا الانحراف للشكل المغلق = 360° .



الشكل (3-11) زوايا الانحراف

ثانياً / الزاوية العمودية (الرأسية) :

يمكن تعريف الزاوية العمودية (الرأسية) بأنها الزاوية في المستوى الشاقولي التي تكون محصورة بين خطين متقاطعين ، وأحد هذين الخطين هو الخط الأفقي إلى النقطة المراد قياس الزاوية بينهما ، لذلك يمكن وصفها بنقطة واحدة عكس الزاوية الأفقية التي توصف بنقطتين مرصودتين ، والزاوية العمودية تكون إما زاوية ارتفاع (+) عندما تكون النقطة المرصودة فوق الخط الأفقي أو تكون زاوية انخفاض (–) عندما تكون النقطة المرصودة تحت الخط الأفقي ، وكما مبين في الشكل (3-12).

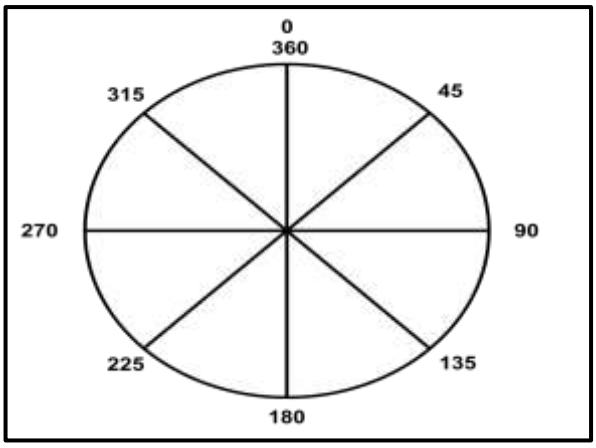


الشكل (3-12) الزاوية العمودية (الرأسية)

هنالك ثلاثة أنظمة مستعملة لقياس الزوايا والاتجاهات في المساحة وهي النظام الستيني والنظام المئوي والنظام الدائري وكما يأتي :

1- النظام الستيني :

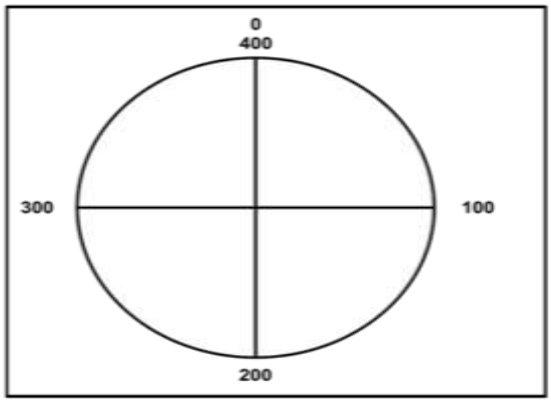
هو أحد الأنظمة المستعملة لقياس الزوايا ، إذ تُقسم الدائرة على 360 جزءاً ، يسمى كل جزء منها بالدرجة الستينية ويرمز لها بالرمز (°)، ثم تقسم الدرجة الستينية الواحدة على 60 جزءاً يسمى بالدقيقة الستينية ويرمز لها بالرمز (') ، وتقسم الدقيقة الستينية على 60 جزءاً يسمى بالثانية الستينية ويرمز له بالرمز (") ، وكما موضح في الشكل (3-13) .



الشكل (3-13) النظام الستيني

2- النظام المئوي :

في هذا النظام يقسم محيط الدائرة على 400 قسم يسمى كراد (Grid) ويرمز له (^{g}) وكل (Grid) يقسم إلى 100 قسم يسمى سنتي كراد ويرمز له (^{c}) وكل سنتي كراد يقسم على 100 سنتي سنتي كراد ويرمز له (^{cc}) ويسمى أيضاً بنظام (الكراد) ، كما موضح في الشكل (3-14).



الشكل (3-14) النظام المئوي

3- النظام النصف قطري :

هو النظام الذي تساوي فيه الدائرة 2π ، حيث π هي النسبة الثابتة التي تساوي النسبة بين محيط الدائرة وقطرها ، وتساوي الزاوية القائمة في هذا النظام $\pi / 2$ درجة دائرية. ويقاس بوحدات الراديان ويرمز له بالرمز (^{r}) ، لاحظ العلاقة بين الأنظمة الثلاثة في جدول (3-1).

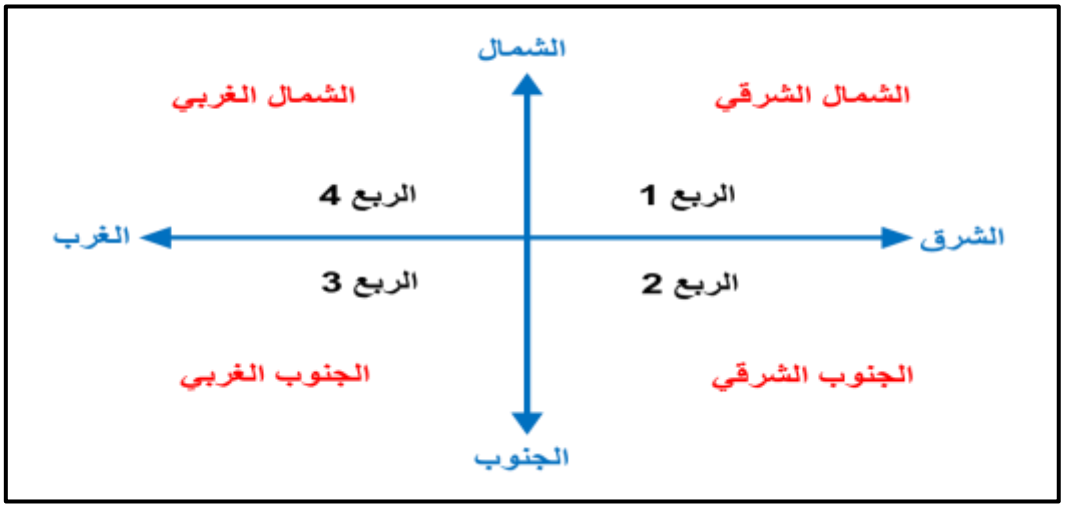
الجدول (3-1) أنظمة الزوايا

	درجة ستينية	درجة مئوية	درجة دائرية
الدائرة	360	400	2π
نصف الدائرة	180	200	π
الزاوية القائمة	90	100	$\pi/2$
ربع الدائرة	45	50	$\pi/4$

1-2-3 أرباع الدائرة Circle Quarters

كما نعلم إن الغاية الرئيسة من حساب الاتجاه لأي خط هو تحديد الربع الذي يقع فيه ذلك الخط ، ومن ثم تحديد قيمة النسبة المثلثية وإشارتها لغرض إجراء الحسابات اللازمة.

إذ أن أساس قياس الزاوية هي الدائرة وتمثل الزاوية الكاملة وتساوي (360) درجة ، فالقيم الحسابية لجميع الزوايا تكون بين (0 درجة و90 درجة) مع الأخذ بنظر الاعتبار النسب المثلثية للزوايا التي تزيد عن (90) درجة . ولتبسيط ذلك تم تقسيم الأفق على أربعة أرباع ، وكل ربع يساوي (90) درجة ، كما في الشكل (3-15).



الشكل (3-15) أرباع الدائرة

إن الربع الأول ينحصر بين اتجاه الشمال والشرق وقياس الزاوية فيه يكون بين (0 و 90) درجة ، أما الربع الثاني فيكون بين الجنوب و الشرق وتكون الزاوية محصورة بين (90 و 180) درجة ، أما الربع الثالث فيكون بين الجنوب والغرب ويكون قياس الزاوية المحصورة بين (180 و 270) درجة ، بينما الربع الرابع يكون بين الشمال والغرب ويكون قياس الزاوية المحصورة بين (270 و 360) درجة.

مع الأخذ بنظر الاعتبار أن القياس يبدأ من الشمال ويتجه مع عقرب الساعة ، إذ يُعد هذا الاتجاه مرجعاً أساسياً للقياس ، فالربع الاول في هذه الحالة يكون مساوياً إلى الربع الثالث وبنفس الوقت فان الربع الثاني يكون مساوياً إلى الربع الرابع.

وقد ذكرنا تعريف الانحراف سابقاً بأنه الزاوية المحصورة بين الاتجاه الشمالي وخط النظر للراصد (المساح) في أثناء أخذ القياسات في الموقع ، وأن أنظمة تعيين الاتجاهات (اتجاه الخطوط) تكون على نوعين وهي :

1- الاتجاه الربع دائري Bearing :

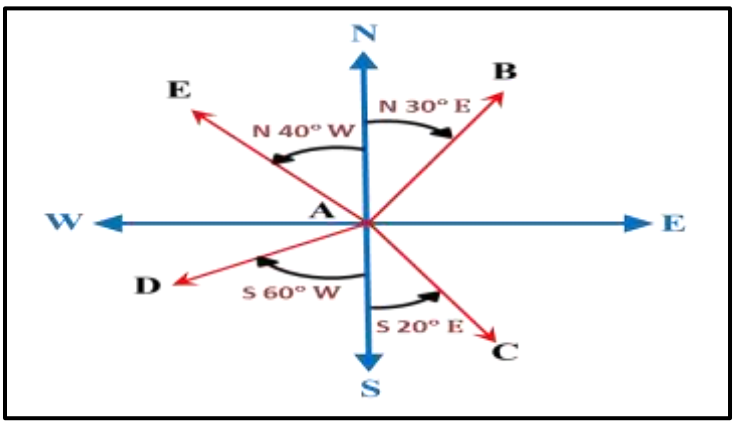
هو عبارة عن الزاوية الأفقية المقاسة من الشمال (N) أو الجنوب (S) إلى الخط المطلوب للزاوية (أحد أضلاع الزاوية) إلى الشرق أو الغرب باتجاه عقرب الساعة و عكس عقرب الساعة ، ولا تقاس من الشرق (E) او الغرب (W) ، لذلك تتراوح قيمة الزاوية بين (0° - 90°) مع مراعاة استعمال حرفين من الاتجاهات مع قيمة الزاوية لتحديد الربع الذي يقع فيه الضلع ، كما في الشكل (3-16).

التسمية لأي اتجاه :

حرف الاتجاه للضلع الثاني ⟵ قيمة الزاوية المطلوبة ⟵ حرف الاتجاه للضلع الأول للزاوية

اتجاه الشمال (north) ويرمز له (**N**) ، اتجاه الجنوب (south) ويرمز له (**S**)

اتجاه الشرق (east) ويرمز له (**E**) ، اتجاه الغرب (west) ويرمز له (**w**)



الشكل (3-16) الاتجاه الربع دائري

Brg. of AB = N 30° E

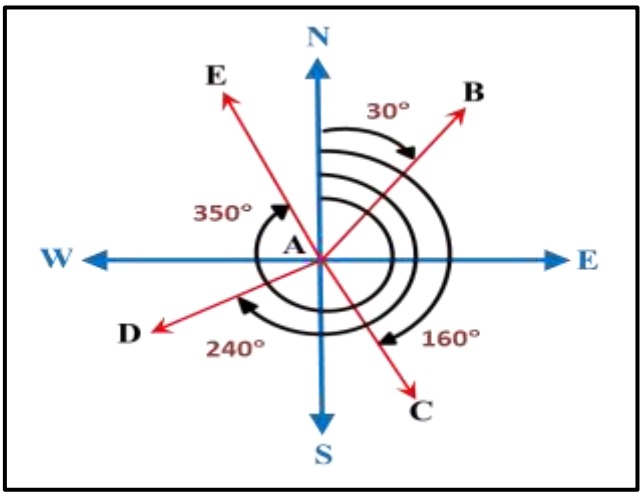
Brg. of AC = S 20° E

Brg. of AD = S 60° W

Brg. of AE = N 40° W

2- الاتجاه الدائري Azimuth :

هو عبارة عن الزاوية الأفقية المقاسة باتجاه عقارب الساعة من الشمال دائماً إلى الخط المطلوب للزاوية المراد قياسها (أحد أضلاع الزاوية) ، لذلك فان قيمة الزاوية تتراوح بين (0° – 360°) ، كما في الشكل (3-17). ومن الأفضل استعمال الاتجاه الدائري في كافة الحسابات إذ تؤخذ قيمة الزاوية بغض النظر عن الإشارة ، وتكون موجبة دائماً.



الشكل (3-17) الاتجاه الدائري

AZ. of AB = Brg. of AB = 30°

AZ. of AC = 180 – Brg. of AC = 160°

AZ. of AD = 180 + Brg. of AD = 240°

AZ. of AE = 360 – Brg. of AE = 350°

لذلك من الأفضل استعمال الاتجاه الدائري في جميع الحسابات لأنها لاتحتاج إلى إضافة الإشارة لها ، كما أن اتجاه قياس الزاوية مع عقرب الساعة وبذلك تكون إشارته موجبة دائماً ، على العكس من الاتجاه الربع دائري إذ يجب الأخذ بنظر الاعتبار الإشارة الموجبة للربعين الأول والثالث والإشارة السالبة للربعين الثاني والرابع .

2-2-3 تحويل الاتجاهات Directions Conversion

مَر بنا سابقاً أن نظام الاتجاه الدائري (Azimuth) يُعد النظام العام والمعتمد لتسهيل القياسات الحقلية كافة. ويمكن أن يحول الاتجاه الربع دائري (Bearing) إلى الاتجاه الدائري أو بالعكس ، إذ إن عملية التحويل تعتمد بصورة كلية على موقع الخط بالنسبة لأرباع الدائرة .

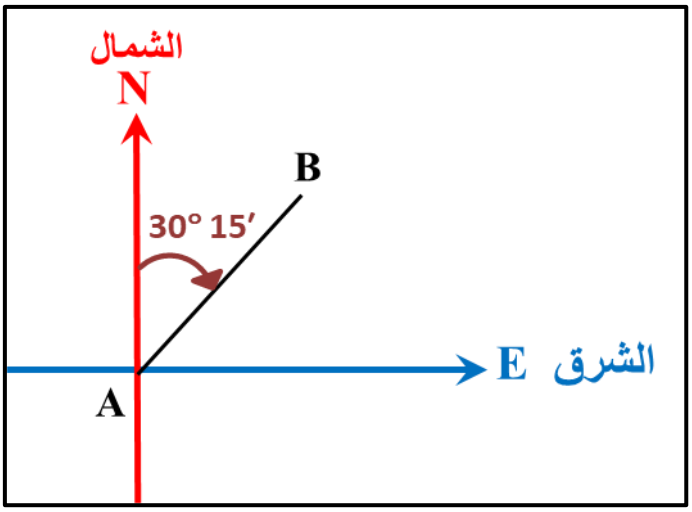
إذ يمكن إجراء كافة التحويلات اللازمة ، كما في الجدول (3 -2) الآتي :

الجدول (3-2) طريقة تحويل الاتجاهات بين الاتجاه الدائري والربع دائري

الربع الدائري	تحويل الاتجاه الدائري Azimuth إلى الربع دائري Bearing
الربع الاول (الشمال الشرقي)	Azimuth = Bearing
الربع الثاني (الجنوب الشرقي)	Azimuth = 180^{o} – Bearing
الربع الثالث (الجنوب الغربي)	Azimuth = 180^{o} + Bearing
الربع الرابع (الشمال الغربي)	Azimuth = 360^{o} – Bearing

الربع الأول :

مثال (3-3) : إذا كان الاتجاه الربع دائري Bearing للخط AB = 30° 15′ الذي يقع في الربع الشمال الشرقي ، جد قيمة الاتجاه الدائري Azimuth ؟

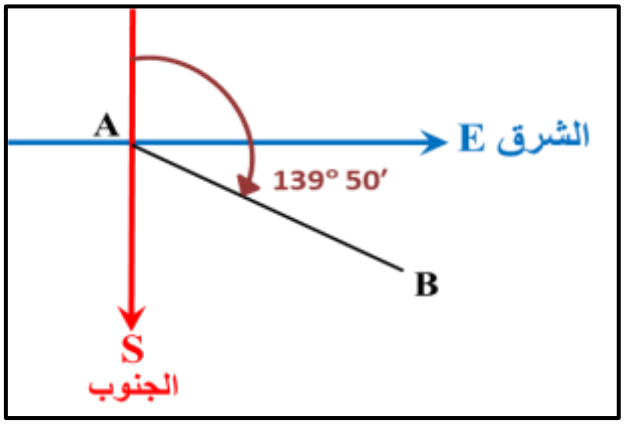


بما أن الزاوية في الربع الأول (الشمال الشرقي) فان :

Bearing = Azimuth = 30° 15′

الربع الثاني :

مثال (3-4) : اذا كان الاتجاه الربع دائري Bearing للخط AB = 40° 10′ ، يقع في الربع الجنوب الشرقي ، جد قيمة الاتجاه الدائري Azimuth ؟



بما أن الزاوية في الربع الثاني فإن :

الاتجاه الدائري Azimuth = 180° – الاتجاه الربع دائري Bearing

AZ .(AB) = 180° – Bearing

AZ . (AB) = 180° – 40° 10′

AZ . (AB) = 139° 50′

الربع الثالث :

مثال (3 -5) : إذا كان الاتجاه الربع دائري Bearing للخط AB = 25° 35′ ، يقع في الربع الجنوب الغربي ، جد قيمة الاتجاه الدائري Azimuth ؟

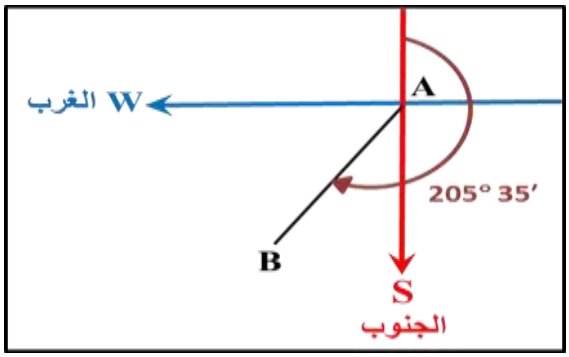
الحل : بما أن الزاوية في الربع الثالث فإن :

الاتجاه الدائري Azimuth = 180° + الاتجاه الربع دائري Bearing

AZ . (AB) = 180° + Bearing

AZ . (AB) = 180° + 25° 35′

= 205° 35′



الربع الرابع :

مثال (3-6) : إذا كان الاتجاه الربع دائري Bearing للخط AB = 15° 20′ ، يقع في الربع الشمال الغربي ، جد قيمة الاتجاه الدائري Azimuth ؟

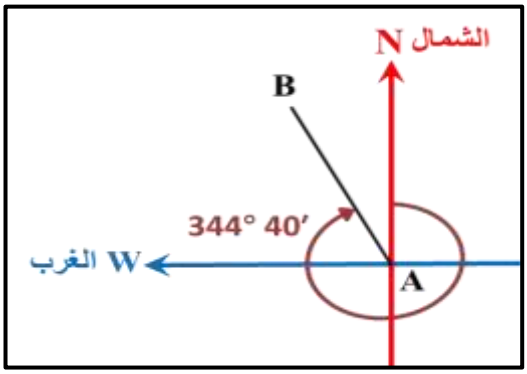
الحل : بما أن الزاوية تقع في الربع الرابع فإن :

لاتجاه الدائري Azimuth = 360° – الاتجاه الربع دائري Bearing

AZ .(AB) = 360° — Bearing

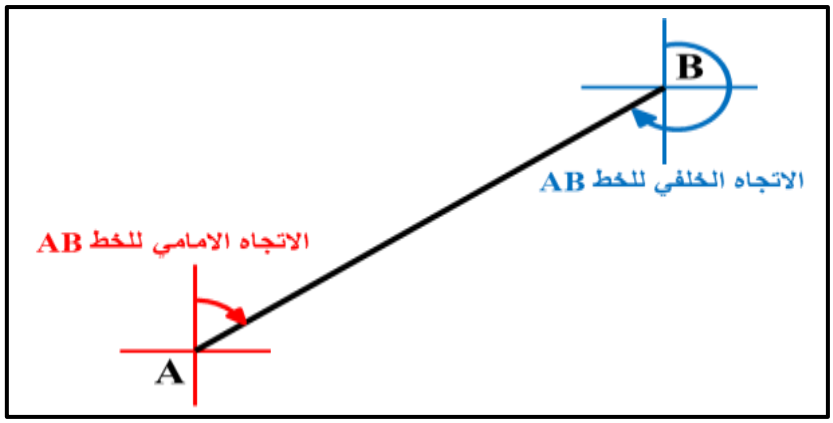
AZ . (AB) = 360°— 15° 20′

AZ . (AB) = 344° 40′



3-3 الاتجاه الخلفي Backward Direction

يتكون أي خط من نقطة بداية ونهاية ولذلك فإن له انحرافين أمامي وخلفي ، الأنحراف الأمامي وهو الأنحراف المقاس عند بداية الخط ، والأنحراف الخلفي وهو الأنحراف المقاس عند نهاية الخط ، كما في الشكل (3-18) الآتي :



الشكل (3-18) الاتجاه الخلفي

إن الاتجاه الدائري الخلفي يساوي الاتجاه الدائري الأمامي مضافاً أو مطروحاً منه 180° ، إذ يضاف مقدار 180° إلى الاتجاه الدائري الأمامي عندما يكون في الربعين الأول والثاني ، بينما يطرح مقدار 180° من الاتجاه الدائري الأمامي عندما يكون في الربعين الثالث والرابع ، وبمعنى آخر إذا كان الانحراف الأمامي أصغر من 180° تضاف له 180° والعكس صحيح وكما يأتي :

الربع الأول والثالث :

مثال (3- 7) : إذا كان الاتجاه الأمامي للخط AB في الربع الأول = 30° جد الاتجاه الخلفي ؟

الحل : الاتجاه الخلفي .Back AZ = الاتجاه الأمامي Forward ± 180°

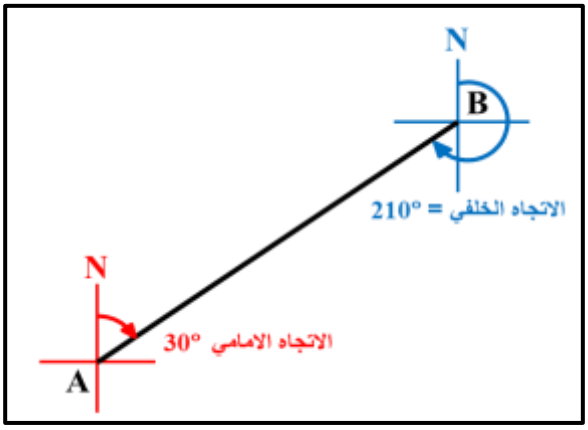
بما أن .AZ للخط AB = 30° (الربع الاول)

لذا فإن الاتجاه الخلفي .Back AZ = الاتجاه الأمامي Forward + 180°

Back AZ.(AB)=Forward (AB) + 180°

Back AZ.(AB)= 30° + 180°

Back AZ.(AB) =210°



الربع الثاني والرابع :

مثال (3-8) : إذا كان الاتجاه الأمامي Forward للخط DC في الربع الرابع = 320° ، جد الاتجاه الخلفي .Back AZ ؟

الحل : الاتجاه الخلفي .Back DC = الاتجاه الأمامي Forward − 180°

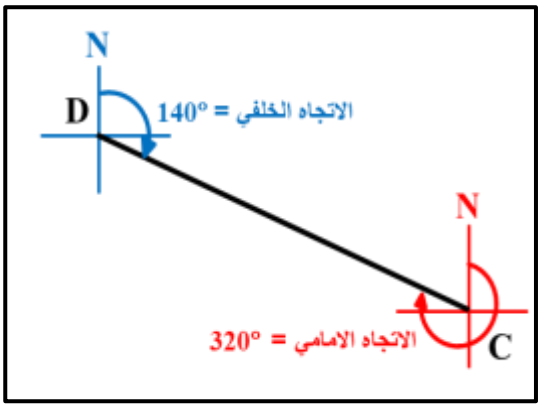
بما أن .AZ للخط DC = 320° (الربع الرابع)

لذا فإن الاتجاه الخلفي .Back AZ = الاتجاه الامامي Forward − 180°

Back AZ.(DC)=Forward (DC)-180°

Back AZ.(DC)=320° − 180°

Back AZ(DC) = 140°



3- 4 جمع الزوايا Angles Addition

يقصد **بجمع الزوايا** العمليات الحسابية التي تجري على الزوايا مثل جمع زاويتين مع بعضهما ، أو طرح زاويتين من بعضهما ، أو إضافة او طرح 180° زاوية معينة وغيرها من العمليات الحسابية التي تتعلق بالزوايا والاتجاهات من ضمن المضلع الهندسي (شبكة التضليع Travers).

مثال (3-9) : جد ناتج ما يأتي :

$$\begin{array}{lll} 84^\circ & 70' & \\ 85^\circ & 10' & 50'' \\ 40^\circ & 15' & 25'' \\ \hline \mathbf{44^\circ} & \mathbf{55'} & \mathbf{25''} \end{array} \quad -$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{1^\circ = 60'} \\ \mathbf{60' + 10' = 70'} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{lll} & 14' & 85'' \\ 30^\circ & 15' & 25'' \\ 28^\circ & 07' & 40'' \\ \hline \mathbf{02^\circ} & \mathbf{07'} & \mathbf{45''} \end{array} \quad -$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{1' = 60''} \\ \mathbf{60'' + 25'' = 85''} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{lll} 39^\circ & 15' & 12'' \\ & & + \\ 16^\circ & 36' & 23'' \\ \hline \mathbf{55^\circ} & \mathbf{51'} & \mathbf{35''} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} & (1') & \\ 40^\circ & 35' & 45'' \\ & & + \\ 18^\circ & 10' & 25'' \\ \hline \mathbf{58^\circ} & \mathbf{46'} & \mathbf{10''} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{1' = 60''} \\ \mathbf{45'' + 25'' = 70''} \\ \mathbf{70'' = 1' + 10''} \end{array} \right.$$

أسئلة الفصل الثالث

س1/ عرف ما يأتي :

1- زاوية الانحراف المغناطيسي 2- الاتجاه 3- الميل المغناطيسي

4 ـ الشمال المغناطيسي 5- الشمال التربيعي 6- الانحراف الخلفي

س2 / عدد التغيرات التي تطرأ على المجال المغناطيسي والتي تؤثر على اتجاه المؤشر في البوصلة ؟

س3 / املأ الفراغات الآتية :

1- تُعد ———— من الأجهزة المساحية البسيطة التي تستعمل في تحديد اتجاه الشمال المغناطيسي .
2- إذا كان الشمال المغناطيسي شرق الشمال الجغرافي فتكون إشارة زاوية الانحراف ———— .
3- يسمى الشمال الحقيقي بـ ———— .
4- تكون أنواع الزوايا الأفقية اما ———— ، ———— أو ————.
5- يكون المجموع النظري لزوايا الانحراف للشكل المغلق يساوي ———— .
6- توصف الزاوية ———— بنقطة واحدة ، بينما توصف الزاوية ———— بنقطتين مرصودتين .

س4 / علل ما يأتي :

1- وجود الجذب الموقعي .
2- سبب الميل المغناطيسي.
3- تغير زاوية الاختلاف المغناطيسي يومياً وسنوياً .
4- يستعمل الشمال الحقيقي في إنشاء الخرائط .
5- استعمال الاتجاه الدائري في جميع الحسابات.

س5 / ما الفرق بين الاتجاه الربع دائري Bearing ، والاتجاه الدائري Azimuth ؟

الفصل الرابع

قياس الزوايا باستعمال الأجهزة المساحية

Angles Measurements by Surveying Instruments

الأهـداف :

سيتعرف الطالب في نـهاية الفصل على :

1. جهاز الثيودولايت وأنواعه وأجزائه ومحاوره .
2. يتعرف على ورنية الجهاز ومبدأ التقليب .
3. يتمكن من ضبط جهاز الثيودولايت قبل الاستعمال .
4. يتعلم كيفية قياس الزوايا الأفقية والرأسية وطرائق رصدها .
5. يتعرف على الاختلاف المركزي لجهاز الثيودولايت ومصادر الأخطاء في القياسات .

4 – 1 قياس الزوايا Angles Measurements

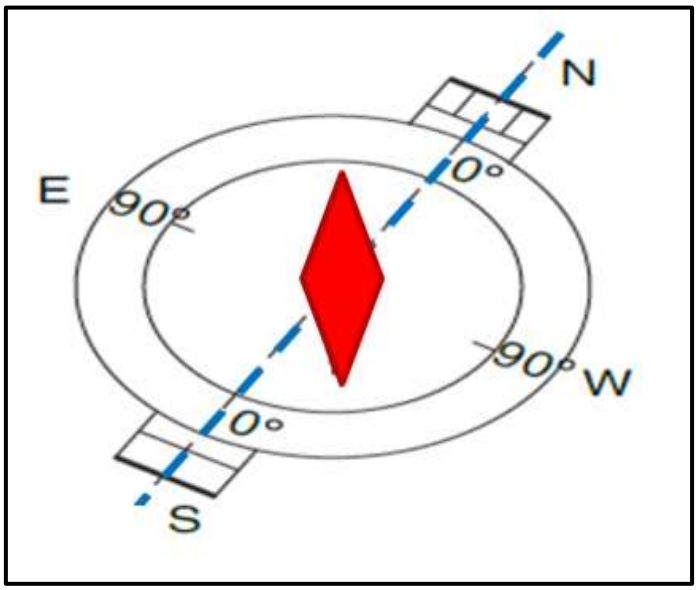
يعد قياس الزوايا من أهم أعمال المساحة في إيجاد مواقع النقاط الأفقية والعمودية وتحديدها ، أي بمعنى مواقع النقاط بالقرب أو على سطح الأرض. وتختلف الطرق والأجهزة والأدوات المستعملة في قياس الزوايا تبعا للدقة المطلوبة في ذلك العمل المساحي ، ومنها البوصلة (Compass) التي هي عبارة عن أداة محمولة باليد مصنوعة من الألمنيوم أو النحاس تحتوي على دائرة متدرجة مغطاة بالزجاج وفيها إبرة مغناطيسية تشير إلى الشمال المغناطيسي ، وتستعمل في أعمال مختلفة منها قياس الانحرافات المغناطيسية ، وتحديد الاتجاه المغناطيسي ، وإيجاد الزاوية الأفقية التي تتطلب دقة قليلة ولا يمكن بواسطتها إيجاد الزوايا العمودية ، لاحظ الشكل (4 - 1) .

الشكل (4 – 1) أنواعاً مختلفة من البوصلة

من أنواع البوصلة النوع المسمى ببوصلة المساح وهي الأكثر استعمالاً في الأعمال المساحية واطئة الدقة وتتكون من :

أ- **الدائرة المتدرجة :** وهي الدائرة المتصلة بالصندوق وتدور مع خط النظر (الرؤية) وتكون التدرجات الرئيسة فيها (0 درجة) عند الشمال والجنوب (S & N) و (90 درجة) عند الشرق والغرب (W & E) ، ويمكن تبديل الموقعين الحقيقيين للحرفين (W & E) من أجل قراءة الاتجاه في الربع المناسب كما في الشكل (4 - 2) ، وإذا كان اتجاه الخط في الربع الأول يقاس من الشمال إلى الشرق وتتم عملية القراءة . وتكون التدريجات مثبتة على الدائرة وتُقرأ الدائرة المتدرجة مباشرة .

ب- نظام القراءة : تؤخذ القراءات مباشرة من خلال النظر من شق صغير موجود في الجزء العلوي من الصندوق الزجاجي للبوصلة ، ولا يمكن النظر والقراءة في وقت وأحد لهذا يفضل تثبيت البوصلة على حامل ثلاثي القوائم (الركيزة) .

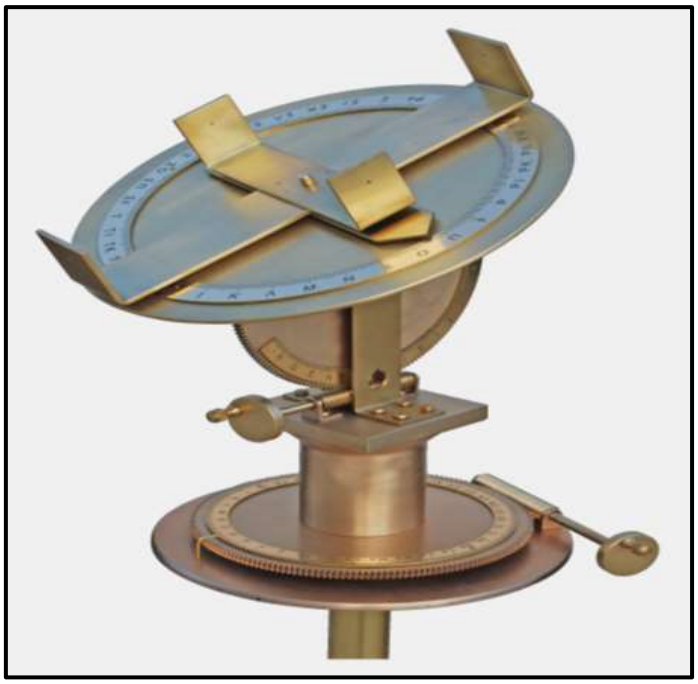


الشكل (4 - 2) التدريجات الرئيسة (0º) و (90°) مع الاتجاهات في البوصلة

ونظرا للتطور التكنولوجي الحاصل في صناعة هذه الأجهزة والآلات ابتكرت أجهزة عديدة أكثر دقة من البوصلة لقياس الزوايا كجهاز الثيودولايت (Theodolite) الذي استعمل بشكل كبير في أعمال المسح الأفقي والعمودي التي تتطلب دقة عالية في قياس الزوايا الأفقية والعمودية .

4 – 2 الثيودولايت Theodolite

هو الجهاز الأكثر دقة والمصمم لقياس الزوايا الأفقية والعمودية ، إذ يستعمل في العمليات المساحية كافة التي تحتاج إلى دقة كبيرة في الإرصاد ، وهو أداة معروفة منذ زمن بعيد ، وأول من اخترعها العالم توماس دوج (Thomas Dug) عام 1571 م ، وهي عبارة عن دائرة أفقية مقسمة ومدرجة على (360 درجة ، والدرجة الوأحد مقسمة على 60 دقيقة ، والدقيقة الوأحدة مقسمة على 60 ثانية) وتعود هذه الطريقة إلى البابليين القدماء سنة 5000 قبل الميلاد ، حيث كان جهاز قياس الزوايا حينها على هيئة منقلة في مركزها يتحرك الجزء العلوي للجهاز حركة دائرية وهو يشبه في فكرته التصميمية جهاز الثيودولايت ، لاحظ الشكل (4 – 3) .



الشكل (4 – 3) الدائرة الأفقية وتقسيماتها في جهاز الثيودولايت القديم

وبعدها ابتكر عالم الرياضيات الإنكليزي ليونارد ديجز (Leonard Digges) جهاز الثيودولايت ذو المنظار (التلسكوب) في القرن السادس عشر الميلادي لاحظ الشكل (4 – 4) ، ولا يزال أول جهازين استعملا موجودين في متحف العلوم بلندن وفي الجمعية الملكية .

الشكل (4 – 4) جهاز الثيودولايت قديما

وبعدها تطورت أجهزة الثيودولايت وتنوعت ، ومن هذه الأنواع :

1. الثيودولايت ذو الورنية .
2. الثيودولايت ذو الميكرومتر ومن أنواعه (أحادي القراءة ومزدوج القراءة) .

ونظرا للتطور التكنولوجي السريع في السنوات الأخيرة ، ولأن جهاز الثيودولايت جهاز عالمي أجريت عليه إضافات لجعل القياسات المختلفة ممكنة بغض النظر عن قياس الزوايا الرأسية والأفقية وجعله أكثر تنوعاً في الاستعمال للكثير من العمليات المساحية ، ومن هذه الأنواع :

1- الثيودولايت البصري (غير الرقمي) .
2- الثيودولايت الألكتروني (الرقمي) ومن أنواعه :
   أ- الثيودولايت الفني قليل الدقة .
   ب- الثيودولايت متوسط الدقة .
   ج- الثيودولات عالي الدقة .
3 ـ الثيودولايت الليزري .
4 ـ الجايرو ثيودولايت (Gyro – Theodolite) : المستعمل للقياسات تحت سطح الأرض مثل (المناجم والأنفاق) ، لاحظ الشكل (4 – 5) .

الشكل (4 – 5) جهاز الجايرو ثيودولايت

نادرا ما تستعمل أجهزة الثيودولايت غير الرقمية في الوقت الحاضر ، ويفضل استعمال الأجهزة الرقمية لأنها تحتوي على شاشة للقراءة الألكترونية تستعمل لعرض الزوايا الأفقية والعمودية ، ولأن القراءات الرقمية تحل محل الدوائر التقليدية المتدرجة فتعطي قراءات أكثر دقة .

ويتميز جهاز الثيودولات الرقمي بخفة الوزن وبساطة التصميم ، ويحدد حجم الجهاز عن طريق قطر الدائرة الأفقية المتدرجة ، ويختلف قطرها من (8 إلى 25) سم .

وفي الوقت الحاضر قل استعمال جهاز الثيودولايت في الأعمال المساحية ، إذ طور من قبل المختصين في مجال المساحة للحصول على جهاز وأحد فيه جميع الأعمال المساحية من قياس للزوايا والمسافات في آن وأحد مع إضافة كافة العمليات الحسابية عن طريق برمجيات مدمجة في ذاكرة الجهاز وهو جهاز المحطة الشاملة (Total Station) وهو الأكثر شيوعاً واستعمالاً في وقتنا الحالي.

وأجهزة الثيودولايت تختلف في أنظمة القياس فمنها تقرأ بالنظام الستيني (نظام الدرجات) ومنها بالنظام المئوي (كراد) ، وتختلف هذه الأجهزة حسب الدقة إذ تصل الدقة في بعض أنواعه إلى (1″) ثانية وطريقة القراءة ودقة التقسيمات على الدائرتين الأفقية والعمودية والاستعمال .

بعض التطبيقات على استعمال جهاز الثيودولايت :

يستعمل جهاز الثيودولايت في قياس الزوايا الأفقية والرأسية في العديد من التطبيقات ومنها :

1. الرفع والتسقيط المساحي للمنشآت .
2. قياس وتوقيع الزوايا وقياس زوايا المضلعات بأنواعها المختلفة الداخلية والخارجية .
3. إيجاد طول خط تعترض قياسه العقبات .
4. أعمال التثليث .
5. إيجاد ارتفاع هدف لا يمكن الوصول إليه .
6. الارصادات الفلكية .
7. رفع و تسقيط المنحنيات الخاصة بالطرق ... وغيرها .
8. تحديد الطرق وسكك الحديد وشبكات الصرف الصحي وقنوات الري .
9. أعمال الجيوديسيا .
10. تثبيت المنشآت الهندسية وأعمال البناء وأعمال التخطيط والتوجيه الدقيق .

هنالك شروط يجب اتخاذها عند الرصد بجهاز الثيودولايت من قبل المساح (الراصد) عند أخذ القياسات ليكون عمله المساحي دقيقاً ولتجنب بعض الأخطاء الآلية ومن هذه الشروط :

1- قياس الزوايا في الوضعين المتيامن والمتياسر ، وأخذ المعدل للنتيجتين .
2- تكرار الرصد لأخذ القياسات حسب الدقة المطلوبة .
3- تؤخذ الراصدات إلى اليمين واليسار وذلك لتلافي خطأ القياس نتيجة أخطاء في الجهاز أو عدم توازن الركيزة .

أن الوجه الأيمن (Face Right) ، والوجه الأيسر (Face Left) هما المصطلحان المستعملان في الثيودولايت البصري ، بينما يُستعمل مصطلحا الوضع المباشر والوضع العكسي في الثيودولايت الرقمي.

4 – 2 – 1 أجزاء الثيودولايت Theodolite Parts

يتكون جهاز الثيودولايت الرقمي من عدة أجزاء ومنها ، (لاحظ الشكل (4 - 6)):

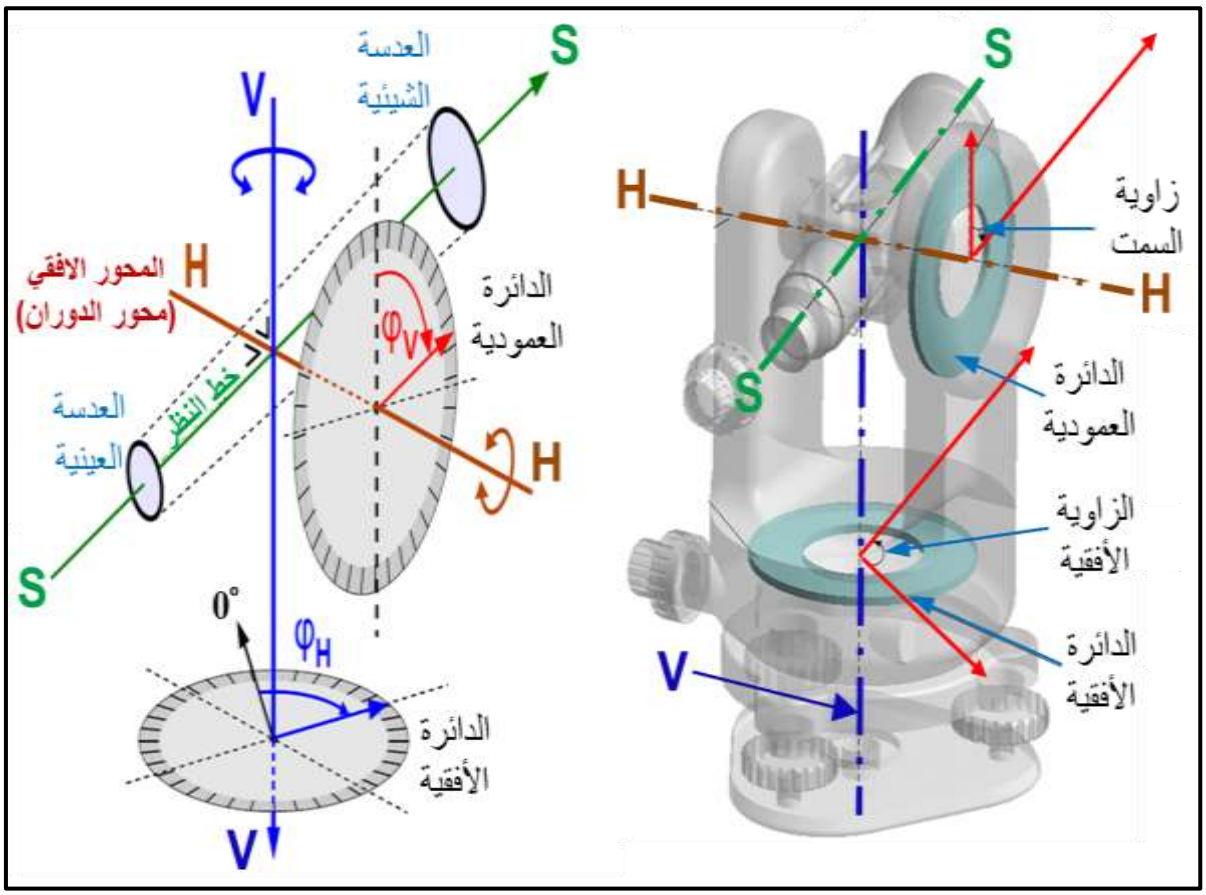
1 ـ مقبض لحمل الجهاز
2 ـ الدائرة العمودية
3 ـ (المنظار) التلسكوب
4 ـ الفقاعة الأنبوبية
5 ـ شاشة العرض
6 ـ منظار التوجيه السريع
7- مستوى ارتفاع الجهاز
8 ـ بطارية الجهاز
9 ـ لولب الحركة الأفقية البطيئة
10- منظار التسامت
11 ـ الفقاعة الدائرية
12- لوالب التسوية الثلاثة
13- مفاتيح التشغيل
14- الدائرة الأفقية
15- القاعدة
16- الركيزة

الشكل (4 - 6) أجزاء جهاز الثيودولايت الرقمي

4 – 2 – 2 محاور الثيودولايت : Theodolite Axes

لجهاز الثيودولايت عدة محاور هي : (لاحظ الشكل (4 - 7))

1. المحور الرأسي (V – V) : هو المحور الذي يدوّر حوله الجهاز ويمر بمركز الدائرة الأفقية ويكون بامتداد خط الشاقول المثبت في الجهاز .
2. المحور الأفقي (H – H) : هو المحور الذي يدوّر حوله التلسكوب والدائرة الرأسية في المستوى الرأسي ويمر بمركز الدائرة الرأسية .
3. خط النظر أو خط الموازاة (S – S) : هو الخط الوهمي الذي يمر عبر مركز الشعيرات المتقاطعة (الأفقية والعمودية) والمركز البصري لعدسات التلسكوب والهدف المرصود .
4. محور ميزان التسوية أو خط الفقاعة : هو الخط المستقيم الموازي للمحور الأفقي ، ويكون هذا المحور أفقيا عندما تكون الفقاعة الأنبوبية في المنتصف .
5. محور التلسكوب : هو الخط الذي يربط المركز البصري للعدستين العينية والشيئية ، ويجب أن يكون مطابقاً لخط النظر .



الشكل (4 - 7) محاور جهاز الثيودولايت

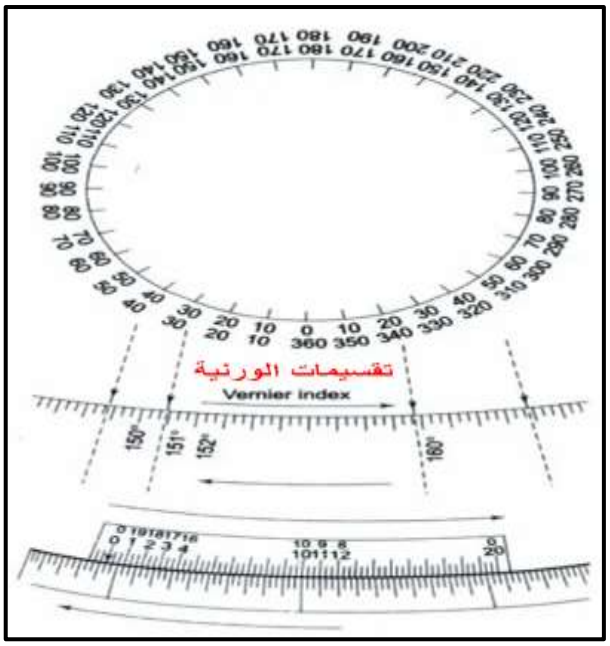
4 – 2 – 3 الورنية : Vernier

هي عبارة عن منقلة معدنية أو زجاجية متدرجة بتدريجات مساعدة (مقياس ثانوي) تُوضع إلى جانب المقياس الرئيسي للدائرة الأفقية والرأسية لجهاز الثيودولايت لغرض تحديد أجزاء وحدات التدرج الصغيرة بدقة ، وتستعمل مع أجهزة الثيودولايت ذات الدقة المتوسطة أو المنخفضة وأيضا مع أجهزة قياس الزوايا البسيطة .

إن جهاز الثيودولايت ذو الورنية (Theodolite Vernier) يحتوي على اثنين من الورنيات موضوعة على الجانبين المتقابلين في الجزء العلوي (أي يتم وضعهما بفارق 180°) وتقرأ أحدى الورنيتين إذا كانت للعمل العادي ، بينما للأعمال الدقيقة تقرأ كلتا الورنيتين ويؤخذ معدل القراءتين ، وتقلل هذه الطريقة من الخطأ الناتج عن الانحراف والعيوب في التقسيمات الفرعية الموجودة في المقياس الدائري والتقسيمات الصغيرة (الثانوية) الموجودة في الورنية .

مقياس الورنية (Vernier Scale) :

يكون المقياس الرئيسي متدرجاً (من 0 درجة إلى 360 درجة) بالدرجات والدقائق وكل جزء من الدرجة يقسم على ثلاثة أجزاء متساوية ، والحد الأدنى للقراءة التي يمكن قراءتها من المقياس الرئيسي هي 20′ وهي تمثل أقصى دقة للقياسات التي يمكن أن يعطيها الجهاز ، علما أن هذه الدقة تختلف بحسب نوع الجهاز وإصداره .أما مقياس الورنية فيكون متدرجاً بالدقائق والثواني ، وتقسم كل دقيقة على ثلاثة أجزاء متساوية وتكون أقل قراءة يمكن قراءتها من مقياس الورنية هي 20″ ، كما في الشكل (4 - 8) .



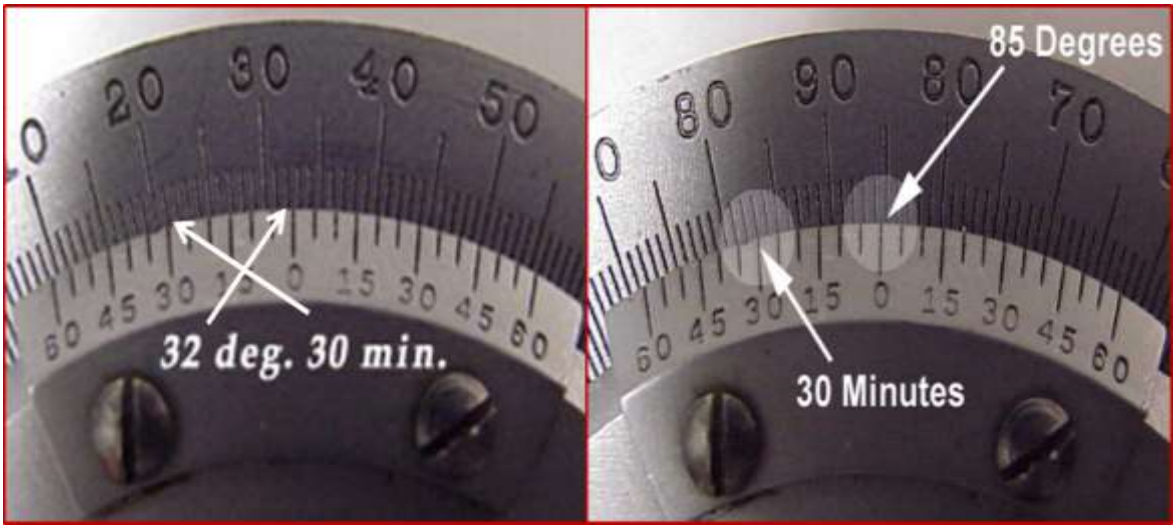
الشكل (4 - 8) تدريجات المقياس الرئيسي وتدريجات مقياس الورنية في جهاز الثيودولايت

يستعمل المقياس لقراءة الدائرة الأفقية والرأسية وتحديد دقة مقياس الورنية وذلك بقسمة أصغر جزء في المقياس الرئيسي على عدد أجزاء مقياس الورنية ، فإذا كانت الدائرة مقسمة على (n) جزء ويمثل 20 دقيقة ومقياس الورنية نفسه مقسم على 60 جزء فإن دقة الجهاز = $60 \times (\frac{20}{60}) = 20''$.

ولقراءة الزوايا تحدد قيمة قراءة المقياس الرئيسي بالدرجات والدقائق حتى آخر تقسيم للمقياس وإضافة قراءة مقياس الورنية ويكون ذلك بقراءة المقياس عن طريق تحديد خط الورنية الذي يتطابق (امتداد الخط) مع خط المقياس الرئيسي ثم يضرب عدد خطوط الورنية في أقل قيمة من الورنية للحصول على القراءة النهائية المتكونة من (الدرجات والدقائق والثواني) ، كما في الشكل (4 - 9) .

مثال (4 – 1) : إذا كانت قراءة المقياس الرئيسي $40'$ $150°$ و قراءة مقياس الورنية $40''$ $1'$ في جهاز الثيودولايت ، جد قيمة القراءة النهائية للزاوية .

الحل : $150° 40' + 1' 40'' = 150° 41' 40''$



الشكل (4 - 9) بعض القراءات لمقياس الورنية في جهاز الثيودولايت

4 – 3 ضبط الثيودولايت Setting Theodolite

يعد ضبط (تعديل) الأجهزة المساحية من الأمور المهمة والضرورية في المسوحات الحقلية فقبل الاستعمال والعمل بجهاز الثيودولايت يجب ضبط (تعديل) الجهاز من قبل الراصد (المساح) الذي يجب أن يكون ذا قدرة وكفاءة عالية بهدف حصر الأخطاء ولجعل جهاز الثيودولايت جاهز للعمل لكي لاتحدث أخطاء في أثناء العمل ، وأخذ القياسات به تؤدي إلى نتائج (قياسات) خاطئة .

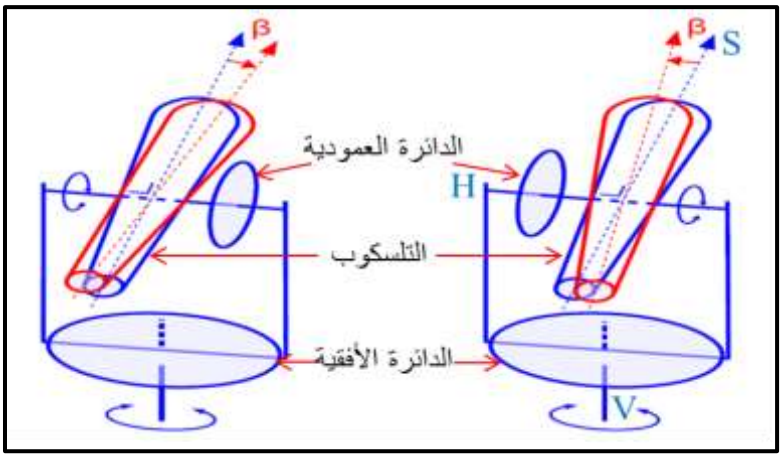
الأخطاء الناتجة عن استعمال الجهاز غير المعدل هي كما يأتي :

1- خطأ المحور الرأسي : المحور ليس عمودياً ، إما من ضبط التسامت (التمركز) غير الكامل أو تسوية (موازنة) الجهاز غير الأفقية .
2- خطأ المحور الأفقي : المحور الأفقي غير متعامد على المحور الرأسي ويسمى في هذه الحالة (بميل المحور الأفقي) .
3- خطأ خط الموازاة (خط النظر) : خط الموازاة غير متعامد مع المحور الأفقي .
4- خطأ محور ميزان التسوية الطولي : عدم تمركز الفقاعة الأنبوبية في منتصفها .
5- خطأ حامل الشعيرات المتقاطعة (الأفقية والعمودية) : عدم مرور محور خط النظر أو التلسكوب بمركز حامل الشعيرات المتقاطعة أو عدم تطابقهما مع المحور الرأسي والأفقي .

ومن أجل التعديل (الضبط) الصحيح والدقيق للجهاز والتخلص من هذه الأخطاء التي تكون بسبب سوء وكثرة استعمال الجهاز يجب إجراء تعديل عالي الجودة للجهاز وإجراء الفحوصات والتعديلات المنتظمة والدائمة والتي تعرف (بالضبط الدائم) والتأكد من المواضع الصحيحة للمحاور ، فيتم اجراء التعديلات الدائمة للجهاز من وقت لآخر عن طريق الشروط الآتية :

1. يجب أن يكون المحور الرأسي عموديا بشكل تام : وذلك عن طريق ضبط تسامت (تمركز) الجهاز على النقطة الأرضية بشكل تام ، وموازنة الجهاز بتمركز الفقاعة (الدائرية والأنبوبية) في المنتصف .
2. يجب أن يكون المحور الأفقي عمودي على المحور الرأسي : ويتم ذلك بضبط التسامت للجهاز والتسوية الأفقية (موازنة الفقاعتان) .
3. يجب ان يكون محور خط النظر أو الموازاة عمودياً على المحورين الأفقي والرأسي : وذلك عن طريق قياس الزاوية مرة بالوضع المتيامن ومرة أخرى بالوضع المتياسر فإذا كان الفرق 180 درجة بين الوضعين المتيامن والمتياسر دل ذلك على تعامد خط النظر على المحور الأفقي ، أما إذا كان الفرق لا يساوي 180 درجة دل ذلك على عدم التعامد ، لاحظ الشكل (4 – 10) .

إذ نلاحظ من الشكل أن خط النظر (باللون الأحمر) ليس متعامدا بشكل تام مع المحور الأفقي فيكّون زاوية صغيرة مقدارها (β) فتؤخذ القراءة (لزاوية ما) بالوضع المتيامن ، وبعدها يقلب التلسكوب بمقدار 180 درجة حول المحور الأفقي ثم يدوّر الجهاز بمقدار 180 درجة حول محوره الرأسي ، فيصبح الجهاز بالوضع المتياسر وتؤخذ القراءة للزاوية وبأخذ معدل القراءتين يتم التخلص من خطأ الموازاة .



الشكل (4 - 10) محور خط النظر غير متعامد على المحور الأفقي في جهاز الثيودولايت

4. يجب أن تكون المحاور الثلاثة (الرأسية والأفقية وخط النظر) متعامدة بشكل تم مع بعضها : وذلك عن طريق ضبط أفقية الجهاز (التسوية الأفقية) وتسامت (تمركز) الجهاز .
5. يجب أن يكون محور ميزان التسوية (محور الفقاعة الأنبوبية) عمودياً على المحور الرأسي : وذلك بضبط عمودية المحور الرأسي بشكل تم وضبط تمركز الفقاعة الأنبوبية في المنتصف .
6. ضبط تقاطع الشعيرات (العمودية والأفقية) في حامل الشعيرات بشكل متعامد مع بعضهما : وذلك عن طريق التأكد من أن الشعيرتين تمران بالمحور البصري للمنظار .

ويجب فحص الحالة الخارجية للجهاز والأدوات الملحقة به قبل هذه التعديلات والتحقق من موقع الدوائر الأفقية والرأسية للجهاز ومن عدسات المنظار ، ولكن في حالة لم يتحقق أحد أو بعض الشروط الواردة لتعديل الجهاز يُرسل الجهاز إلى الشركة أو المختبر لمعايرته بصورة مختبرية وميكانيكية دقيقة .

4 – 4 نصب الثيودولايت : Theodolite Setup

عند استعمال جهاز الثيودولايت لأي عمل مساحي فمن الضروري تنفيذ بعض العمليات بالتسلسل في كل نقطة رصد (محطة) وقبل الرصد (أخذ القياسات) من قبل المساح (الراصد) وذلك لجعل الجهاز مُعداً للاستعمال وأخذ القياسات بصورة دقيقة ، فتدعى مجموعة هذه العمليات التي يلزم إجراؤها على الجهاز بالتعديل المؤقت (الضبط المؤقت) ويكون هذا التعديل مقترناً بكل نقطة مساحية (Surveying Point) في موقع العمل لرصد وقياس الزوايا والاتجاهات .

وتكون عملية نصب الجهاز من ثلاث مراحل وهي :

1. ضبط التسامت (Centering) : هو ضبط (التمركز) للجهاز على النقطة الأرضية المساحية .
2. ضبط الأفقية (Leveling) : وتمثل الموازنة (التسوية) الأفقية للجهاز .
3. التطبيق (Focusing) : وتعني (إزالة الزوغان (Parallax) والتسديد نحو الهدف) .

ويتم اجراء (عمل) الخطوة الأولى والثانية بالتبادل والتكرار عدة مرات ، أي ينفذان معا بنفس الوقت لحين الوصول إلى الموازنة الصحيحة للجهاز ، وبعدها تجرى المرحلة الثالثة لضمان ضبط تعامد المحاور الأفقية والعمودية مع بعضها البعض .

فعند نصب (تثبيت) الجهاز يكون بوضع مائل ، ومحاور الجهاز تكون غير متعامدة بعضها على بعض ، وتكون الفقاعتان (الدائرية والأنبوبية) غير متمركزتين في المنتصف ، وفي هذه الحالة يجب ضبط (موازنة) جهاز الثيودولايت عن طريق ضبط التسامت (التمركز) للجهاز على النقطة الأرضية لجعل المحور العمودي عموديا تماما على مركز النقطة المساحية ، ومن ثم ضبط الفقاعة الدائرية والأنبوبية لموازنة الجهاز بشكل أفقي تماما ، لتكون محاور الجهاز متعامدة بعضها على بعض .

نقطة التسامت الأرضية : وهي نقطة التمركز الموجودة على الأرض التي ينصب ويضبط جهاز الثيودولايت فوقها تماما ، وهي تمثل أساساً للقياسات المطلوب إيجاد قيمتها في موقع العمل ، وتكون على شكل علامة على الأرض أو يوضع وتد وعليه علامة تمثلها .

عملية التسامت (التمركز) : وهي عملية ضبط المحور العمودي لجهاز الثيودولايت على نقطة التسامت الأرضية . ويكون ذلك بملاحظة (مشاهدة) النقطة الأرضية من خلال عدسة موصولة بموشور أسفل الجهاز كما في الشكل (4 - 11) ، مع الاستعانة بقوائم الركيزة الثلاثة ، ويجب أن يكون تمركز الجهاز بحدود أقل من 2 ملم على النقطة الأرضية لتجنب حدوث أخطاء كبيرة وغير مقبولة في القياسات .

الشكل (4 - 11) عملية ضبط التسامت من خلال منظار التسامت

توجد عدة أدوات ملحقة مع جهاز الثيودولايت تستعمل لضبط التسامت وبحسب نوع الجهاز ودقة العمل وخبرة المساح (الراصد) وهي كالآتي :

1. الشاقول المرفق بالجهاز (Plumb bob) : وهو (عبارة عن خيط وفي نهايته ثقل حديدي على شكل مخروط) يعلق في أسفل مركز الركيزة بواسطة مشبك خاص به ، ويمكن ضبط التسامت عن طريقه بحدود 2 ملم .
2. شاخص التسامت (Centering rod) : وهو عبارة عن شاخص خاص (عمود مصنوع من المعدن) يعلق في مركز قاعدة الركيزة ويحتوي في جزئه العلوي على فقاعة دائرية تستعمل لضبط شاقوليته ، ويضبط التسامت بحدود 1 ملم .
3. منظار التسامت (optical plummet) : وهو عبارة عن شاقول بصري موجود في الجهاز على شكل منظار، وفيه عدسات ويوجد في قاعدة الجهاز ، ويضبط التسامت عن طريقه بحدود 0.5 ملم .
4. منظار ليزري : عبارة عن شاقول ليزري موجود في أجهزة الثيودولايت الحديثة بشكل منظار وفيه أشعة ليزرية تسلط على نقطة التسامت ليتمركز الجهاز عليها ، ويضبط التسامت به بحدود أقل دقة.

4 – 4 – 1 ضبط التسامت (التمركز) لجهاز الثيودولايت :

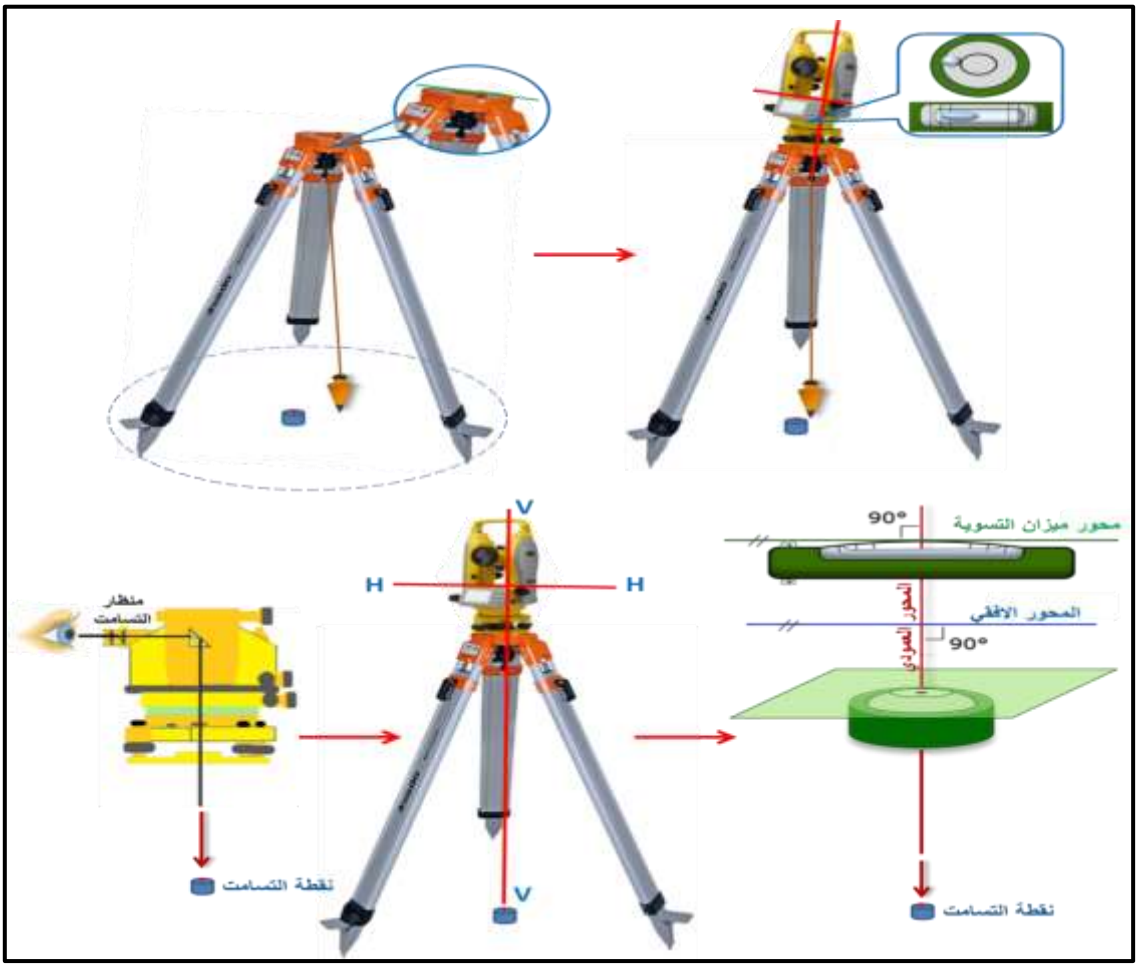
Adjusting Centering of Theodolite

يضبط التمركز لجهاز الثيودولايت فوق النقطة الأرضية (نقطة الرصد) في موقع العمل بنصب جهاز الثيودولايت عليها وإجراء الخطوات الآتية ، (لاحظ الشكل (4 - 12)):

1. تثبيت الحامل الثلاثي القوائم (الركيزة) للجهاز فوق نقطة التسامت (علامة التسامت) وتعليق الشاقول أو شاخص التسامت أسفل الركيزة بالمشبك الخاص به .
2. فتح أرجل الركيزة بشكل مناسب بحيث تكّون الأرجل فيما بينها مثلثاً متساوي الاضلاع وتكون بارتفاع مناسب مع طول المساح (الراصد) أي أن يكون الجهاز مع مستوى عين الراصد (ينظر الراصد من خلال التلسكوب بسهولة) .
3. تحريك أرجل الركيزة بشكل قطري فوق نقطة التسامت (تقديرها بالعين) ، وبعدها تغرس أرجل الركيزة في الأرض لتثبيتها على أن يكون رأس الركيزة بشكل أفقي .
4. استخراج الجهاز من الحقيبة الخاصة به مع مسكه بعناية بكلتا اليدين ووضعه على الحامل ثلاثي القوائم (الركيزة) وتثبيت الجهاز جيدا فوق الركيزة عن طريق لولب خاص لربطهما ويجب الانتباه والحذر عند ربط الجهاز بالركيزة ، ثم وضع الشاقول أو الشاخص المعلق بقاعدة الجهاز فوق مركز نقطة التسامت (تسامت الجهاز بشكل تقريبي) .

5. ينظر من منظار التسامت فإذا كان مركز تقاطع شعيرات المنظار ينطبق مع مركز نقطة التسامت كان الجهاز متمركزا معها ، وإذا كان هنالك فرق بينهما فيفتح اللولب الخاص بربط الجهاز بالركيزة ويحرك فقط الجهاز قليلا فوق الركيزة وينظر بالمنظار إلى أن ينطبق مركز تقاطع شعيرات المنظار بمركز نقطة التسامت ويعاد شد لولب ربط الجهاز بالركيزة جيدا .
6. تضبط موازنة الجهاز (التسوية الأفقية) ، ستشرح بالتفصيل بفقرات لاحقة من هذا الفصل .
7. ينظر من منظار التسامت مرة أخرى للتأكد من بقاء مركز شعيرات منظار التسامت منطبق مع مركز نقطة التسامت المنصوب فوقها الجهاز .
8. تعاد خطوات (التسامت والتسوية الأفقية) للجهاز خطوة رقم (5 و 6) عدة مرات وبالتبادل إلى أن نتأكد من ان التسامت والتسوية الأفقية للجهاز قد تحققتا تماما .

وتعد قدرة وخبرة الراصد على تمركز الجهاز (تسامته) بسرعة ودقة فوق نقطة التسامت أمراً ضرورياً عند العمل مع نقاط مساحية (محطات) كثيرة في موقع العمل وذلك لسهولة العمل ودقته واختصار الوقت ومن ثم تقليل الكلفة لإنجاز العمل المساحي .



الشكل (4 - 12) خطوات تمركز (تسامت) جهاز الثيودولايت وضبطه

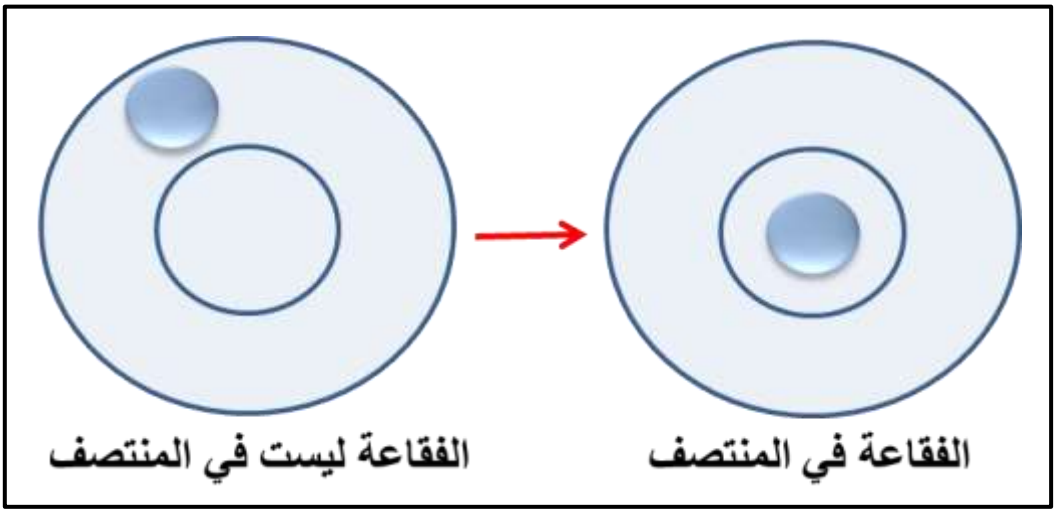
4 – 4 – 2 ضبط الفقاعة الدائرية Circular Bubble Correction

الفقاعة الدائرية : هي عبارة عن وعاء زجاجي (دائري) الشكل مصنوع بدقة فيه سائل يحتوي على فقاعة هوائية ، وتوجد الفقاعة في قاعدة الجهاز (الترايبرخ) (Tribrach) وتستعمل لموازنة الجهاز أفقيا بصورة تقريبية لاحظ الشكل (4 - 13) .

الشكل (4 - 13) الفقاعة الدائرية في قاعدة جهاز الثيودولايت

إن محور الدائرة الأفقية يكون بمستوى أفقي تماما ومتعامد مع محور الدائرة الرأسية للجهاز عند موازنة الجهاز بصورة صحيحة وذلك عن طريق ضبط الفقاعة في المنتصف ، وتكون الموازنة (التسوية الأفقية التقريبية) للجهاز بضبط الفقاعة الدائرية وذلك عن طريق :

(تحريك أرجل الركيزة وذلك برفعها للأعلى أو خفضها للأسفل أي بتغيير طول أرجل الركيزة حيث تكون الفقاعة ليست في المنتصف وبالاستمرار برفع أو خفض الأرجل تصبح الفقاعة في المنتصف وذلك من خلال مشاهدتها بالعين) ، كما في الشكل (4 - 14) .



الشكل (4 - 14) مخطط لكيفية تمركز الفقاعة الدائرية في المنتصف

4 – 4 – 3 ضبط الفقاعة الأنبوبية : Tubular Bubble Correction

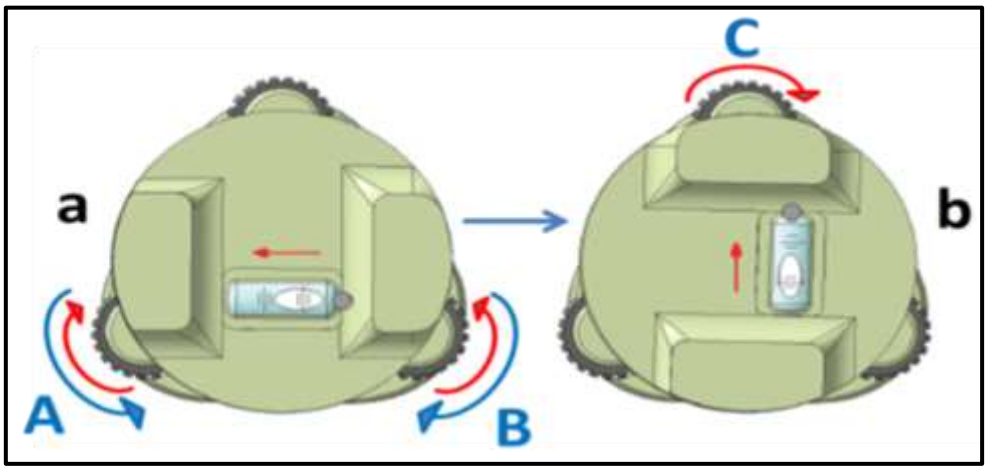
الفقاعة الأنبوبية : هي انبوب زجاجي (اسطواني) الشكل طوله يتراوح ما بين (50 - 125) ملم والسطح العلوي للأنبوب فيه تقسيم متناظر بالنسبة إلى مركز الأنبوب وتقع في الجزء العلوي لجهاز الثيودولايت، لاحظ الشكل (4 - 15) ، وعندما تكون الفقاعة في المنتصف فإن المحور المار خلالها يكون أفقيا إذ يتم موازنة (تسوية) الجهاز بواسطتها بصورة دقيقة.

الشكل (4 - 15) الفقاعة الأنبوبية

ويعد ضبط أفقية (موازنة) جهاز الثيودولايت أمراً ضرورياً لجعل المحور الرأسي عمودياً بشكل تام وهو ضبط مؤقت في كل موقع جديد للجهاز وينتهي الضبط عند رفع الجهاز من موقعه. ويكون ذلك بعد تمركز جهاز الثيودولايت فوق النقطة الأرضية (نقطة التسامت) وتسويته بشكل تقريبي ثم يُوازن (التسوية الأفقية) بصورة دقيقة بتمركز الفقاعة الأنبوبية عن طريق الخطوات الآتية :

1. وضع الاتجاه الطولي للفقاعة بشكل موازي للخط الواصل بين أي لولبين مثلا (A & B) من لوالب التسوية الثلاث ، ويتم تدويرهما معا للداخل أو للخارج باستعمال الإبهام وإصبع آخر لكل يد (بتقارب أو تباعد الإبهامين عن بعضهما) وسوف تتحرك الفقاعة باتجاه الإبهام الأيسر ، كما في الشكل (a ، 4 - 16) .
2. تدوير الجزء العلوي للجهاز 90° باتجاه اللولب الثالث (C) ، وبعدها تدوير اللولب للخارج أو للداخل إلى أن تصبح الفقاعة في المنتصف (مركز الأنبوب) ، كما في الشكل (b ، 4 - 16) .
3. تدوير الجزء العلوي للجهاز 90° مرة أخرى ، وتكرار الخطوة رقم (1) و (2) والتأكد من بقاء الفقاعة في المنتصف .

4. تدوير الجهاز 180° مع ملاحظة الفقاعة ، إذ يجب أن تبقى في منتصف الأنبوب ، وبعدها تدوير الجهاز بأي اتجاه على أن تبقى الفقاعة في المنتصف فيكون الجهاز موزوناً أفقياً (التسوية الأفقية بصورة دقيقة) ، وفي حالة عدم بقاء الفقاعة في المنتصف تُعاد جميع الخطوات من (1 – 4) .
5. إذا أُعيدت الخطوات السابقة عدة مرات ولم يضبط إبقاء الفقاعة في المنتصف ، فيتطلب ذلك معايرة الجهاز .



الشكل (4 - 16) a ـ تدوير اللولبين معا للداخل او للخارج ، b ـ تدوير اللولب الثالث

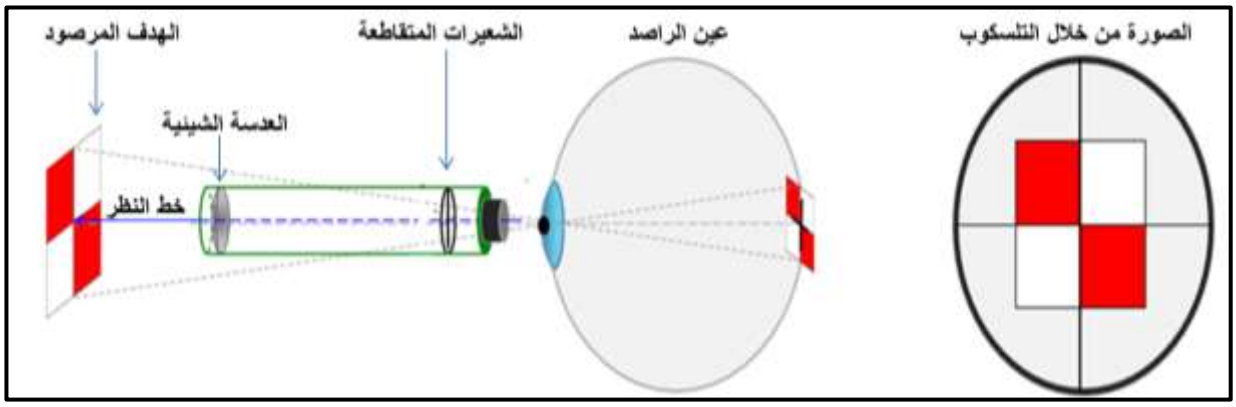
أن عملية الضبط المؤقت للجهاز تكون في كل مرة ينقل فيها الجهاز إلى موقع نقطة جديدة فيكون جهاز الثيودولايت جاهزاً للرصد وأخذ القياسات ، ويجب على الراصد (المساح) التدرب على إنجاز عملية تسامت الجهاز (تمركزه) وضبط أفقيته (ضبط الفقاعة الدائرية والأنبوبية) بصور' صحيحة وبالسرعة الممكنة والدقة العالية وذلك لإتقانها واختصار الوقت لإنجاز العمل المساحي ، وأيضا الانتباه إلى أي خلل او عطل في أثناء عملية موازنة الجهاز.

4 – 4 – 4 تعديل الازاحة العدسية paralla Error

الإزاحة العدسية أو (الزوغان) وهو تحريك عين الراصد يمينا أو يساراً عند النظر بالتلسكوب لرصد النقاط (الأهداف) بجهاز الثيودولايت بحركة ظاهرية للشعيرات المتقاطعة على الهدف وتدعى أيضاً خطأ البراليكس (parallax) .

يجب إزالة الزوغان من جهاز الثيودولايت قبل رصد النقاط للتخلص من الأخطاء التي قد تنتج بسبب الزوغان والحصول على الدقة والوضوح في رؤية النقاط ، وبالتالي دقة القراءات (القياسات) ، وتعتمد على تركيز وسلامة عين الراصد وتوضيح الشعيرات المتقاطعة والهدف المرصود ، إذ يتخلص من

الزوغان (خطأ البراليكس) بتوضيح الشعيرات المتقاطعة والهدف بنفس الوقت عدة مرات حتى تتحرك خطوط الشعيرات والهدف معا كصورة وأحدة واضحة الرؤية عند تحريك عين الراصد من جهة إلى أخرى إذ يرى الراصد الصورتين في وقت وأحد وهما الشعيرات المتقاطعة والهدف المرصود ، أي قد يكون الهدف على بعد عدة أمتار ، بينما تكون الشعيرات المتقاطعة على بعد بضع سنتمترات أمام عين الراصد فيؤدي التركيز على الأشياء البعيدة إلى جعل الأشياء القريبة أكثر ضبابية والعكس صحيح ، ومع ذلك يجب أن تركز عين الراصد على الصورتين لتبدوان كصورة وأحدة ، كما في الشكل (4-17).



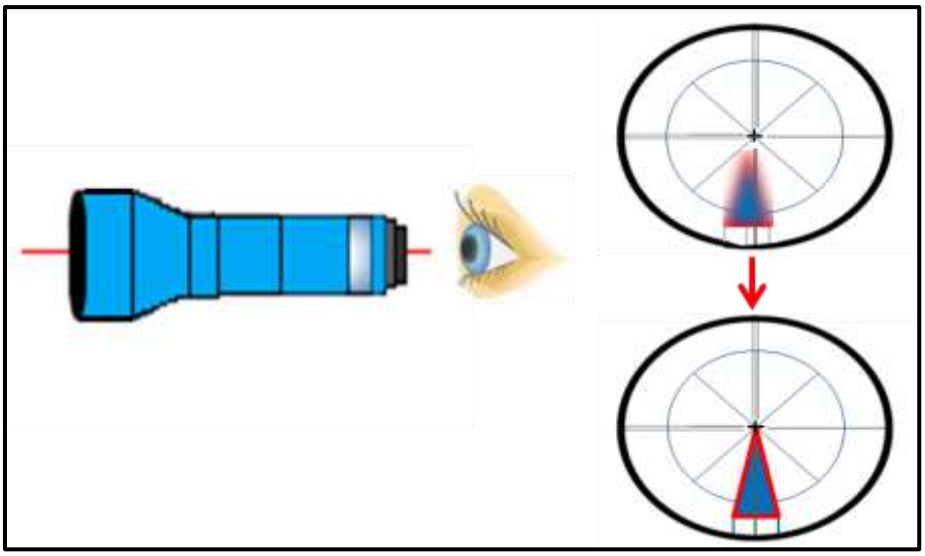
الشكل (4 - 17) كيفية الرصد وجعل الشعيرات والهدف كصورة وأحدة

ويجب التخلص من اختلاف المنظر (الزوغان) باتباع الخطوات الآتية :

1. تدوير لولب توضيح الرؤية لحين خروج كافة العوارض عن الرؤية .
2. تدوير لولب الشعيرات المتقاطعة حتى توضح الشعيرات بشكل دقيق ويكون ذلك عن طريق (توجيه المنظار (التلسكوب) إلى السماء أو إلى أي سطح متجانس الإضاءة مثلا ورقة بيضاء لتكون خطوط الشعيرات (الأفقية والعمودية) واضحة لعين الراصد ، كما في الشكل (4 - 18) .

الشكل (4 - 18) توجيه التلسكوب نحو السماء وتوضيح الشعيرات

3. تدوير لولب توضيح الرؤية مرة ثانية لحين توضيح العوارض مع النظر بخط مستقيم عبر المنظار بحيث تبدو خطوط الشعيرات المتقاطعة والهدف (العوارض) كصورة وأحدة وواضحة تماما ، وتسمى عملية التخلص من الزوغان (خطأ البراليكس) بعملية التطابق (Focusing) ، كما في الشكل (4 - 19) .



الشكل (4 - 19) طريقة التخلص من الزوغان (خطأ البراليكس)

الشعيرات المتقاطعة (Cross hairs) : وهي عبارة عن حلقة نحاسية تحتوي على قرص زجاجي عليه خطوط رفيعة محفورة بشكل (أفقي وعمودي) متعامدة على بعضها البعض بشكل تام مكونة الشعيرات المتقاطعة ، ويثبت حامل الشعيرات في التلسكوب بعد العدسة العينية حيث يتم وضعها في موضعها الصحيح عن طريق تدوير أربعة مسامير ويمكن تحريكها للأعلى أو للأسفل أو جانبا عند الحاجة وقد تكون الشعيرات المتقاطعة مصنوعة من سلك بلاتيني ناعم في بعض الأجهزة القديمة .

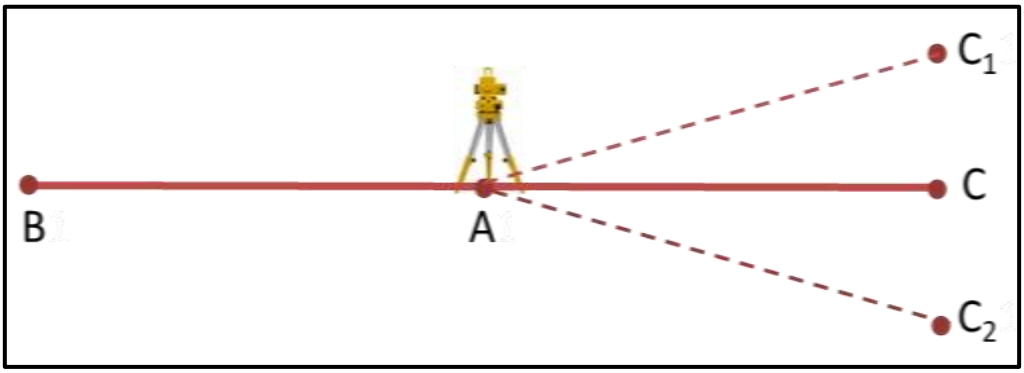
4 – 4 – 5 تعديل التسديد Crosshair Correction

التسديد هي عملية توجيه خط النظر (خط التسديد) الوهمي من خلال التلسكوب الذي يمر بمركز تقاطع الشعيرات (الأفقية والعمودية) ومركز العدسات نحو النقطة المرصودة ، و يجب ان يتم تعديل هذا الخط بحيث يكون عموديا على المحور الأفقي لجهاز الثيودولايت قبل رصد الاتجاهات والزوايا .

ان طريقة فحص خط التسديد عموديا على المحور الأفقي للجهاز يكون بأجراء الخطوات الاتية :

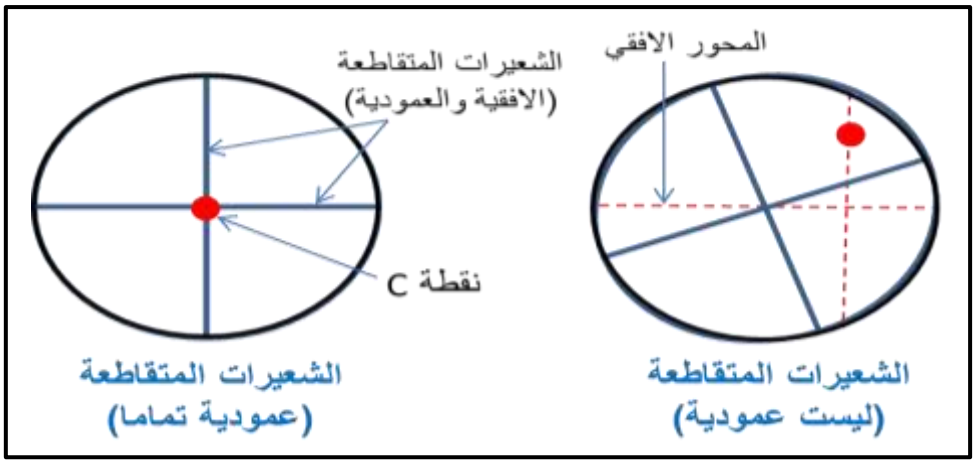
1. تثبيت جهاز الثيودولايت على نقطة ولتكن (A) ثم يضبط تمركزه عليها ، مع ضبط الأفقية للجهاز .
2. توجيه (تسديد) الجهاز نحو النقطة (B) ، وبعدها يقلب التلسكوب 180 درجة حول المحور الأفقي وتوضع النقطة (C) في الأرض .

3. تدوير الجهاز (التلسكوب) 180 درجة حول المحور العمودي ، ثم يسدد خط النظر نحو النقطة (B) مرة أخرى .
4. يقلب التلسكوب 180 درجة مرة أخرى لفحص موقع النقطة (C1) فإذا وقع التسديد عليها كان التسديد معدلاً ، أما إذا وقع التسديد على نقطة أخرى مثلا (C2) فالتسديد يحتاج إلى تعديل ، لاحظ الشكل (4 - 20) .



الشكل (4 - 20) فحص خط التسديد

يكون إجراء التعديل عن طريق قياس المسافة بين (C_1) و (C_2) وتحريك الشعيرة العمودية الموجودة في حامل الشعيرات بواسطة براغي التصحيح ربع المسافة بين (C_1) و (C_2) عن طريق تقليل الشد على البراغي العمودية ، وتدوير أحد البراغي الأفقية الواقع على اليمين مع عقارب الساعة لسحب حامل الشعيرات إلى جهة اليمين أو تدوير البرغي الأفقي الموجود إلى اليسار مع عقرب الساعة لسحب حامل الشعيرات إلى جهة اليسار ، لاحظ الشكل (4 -21) .



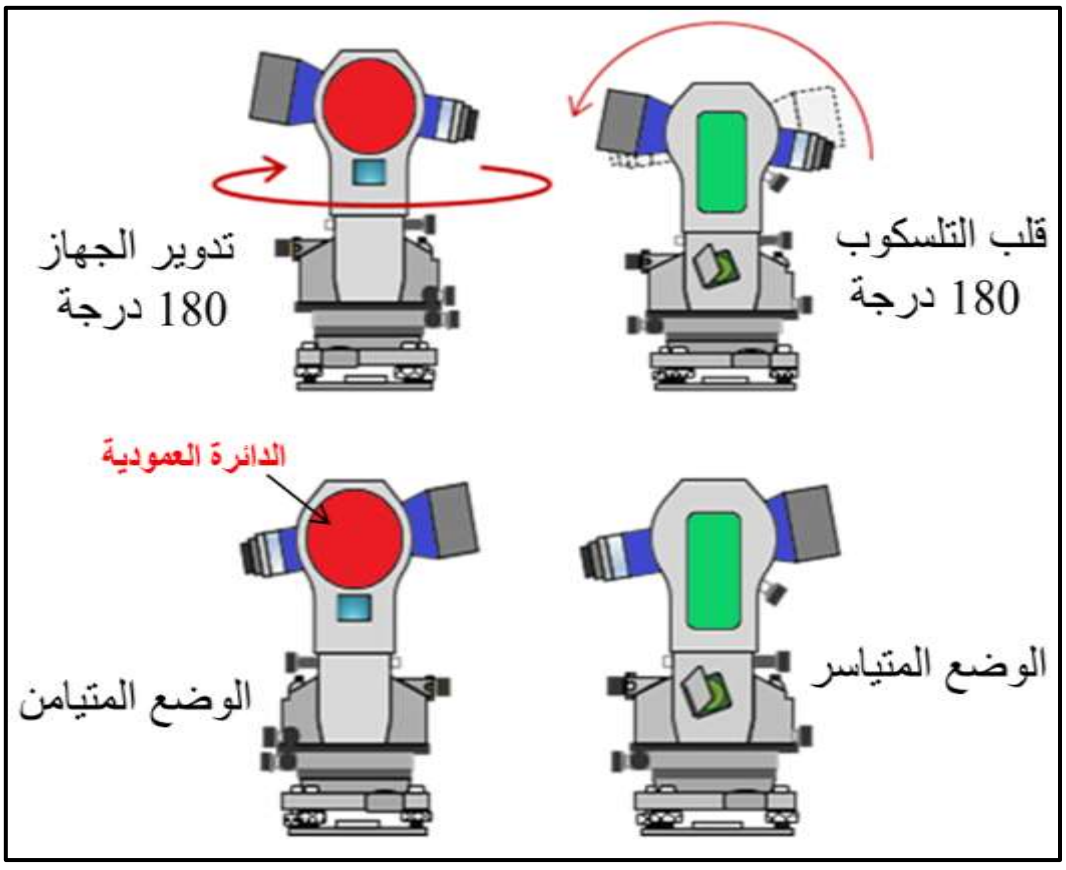
الشكل (4 - 21) تعديل الشعيرات الأفقية والعمودية

يلاحظ أن الاستقامة الصحيحة للخط AB هي AC أي أن النقطة (C) والتي تمثل امتداد المسافة AB تقع في منتصف المسافة C_1 C_2 (اي ان مركز تقاطع الشعيرات يقع بالضبط على مركز النقطة C) .

4 – 5 مبدأ التقليب Principle of Flipping

وهو المبدأ الذي يعتمد على حركتي التلسكوب والجهاز معا ، إذ تُقاس الزوايا في وضعين مختلفين وذلك بتدوير التلسكوب حول المحور الرأسي 180 درجة وقلبه حول المحور الأفقي 180 درجة أيضاً ، ويستعمل عند رصد (قياس) الزوايا الأفقية والرأسية بجهاز الثيودولايت.

بناءً على ما تقدم نلاحظ استعمال وضعين لرصد الزوايا في الجهاز هما : الوضع الأول للجهاز : ويكون بجعل الدائرة العمودية في الجهة اليسرى من المنظار (التلسكوب) أي أن الجهاز في وضع متياسر وهي الحالة الطبيعية لوضع الجهاز (Normal Position) ويكون (التلسكوب في وضع مباشر) . أما الوضع الثاني للجهاز : فيكون بجعل الدائرة العمودية في الجهة اليمنى من المنظار أي أن الجهاز في وضع متيامن وهي الحالة المعكوسة للجهاز (Reversed Position) ، وترصد الزوايا بهذه الطريقة على وفق هذا المبدأ وذلك للحصول على الدقة في قراءة الزوايا والتخلص أو التقليل من الأخطاء الآلية الموجودة في الجهاز ، لاحظ الشكل (4 - 22) .



الشكل (4 - 22) مبدأ التقليب في جهاز الثيودولايت

إن الفرق في قياس الزاوية بين الوضعين (المتياسر والمتيامن) هو 180° ، وفي حالة كانت القياسات دقيقة وخالية من الأخطاء فإن : (4 – 1)

$$FL - FR = \pm 180^{o}$$

وبأخذ معدل القراءتين بالوضعين المتياسر والمتيامن يكون هو مقدار الزاوية ، ولتحقيق ذلك نأخذ معدل الدقائق والثواني للقراءتين . يعد مبدأ التقليب هو مبدأ يصحح نفسه ويكشف مقدار الخطأ المستحصل في القياس عن طريق قراءة الزاوية بعدة اتجاهات لضمان الدقة المطلوبة في العمل .

ومن المصطلحات المستعملة في مبدأ التقليب ما يأتي :

1. الوجه الأيمن ((Face Right) : ويستعمل عندما تكون الدائرة العمودية للجهاز على يمين الراصد أي (على يمين المنظار) ويدعى بالوضع المتيامن .
2. الوجه الأيسر (Face Left) : ويستعمل عندما تكون الدائرة العمودية للجهاز على يسار الراصد أي (على يسار المنظار) ويدعى بالوضع المتياسر .
3. دوران التلسكوب (Swinging The Telescope) : وهو دوران التلسكوب حول محوره العمودي لغرض توجيه التلسكوب في اتجاهات مختلفة ويسمى تأرجح التلسكوب ، فالتأرجح الأيمن هو دوران التلسكوب باتجاه عقارب الساعة بينما التأرجح الأيسر هو دوران التلسكوب عكس اتجاه عقارب الساعة .
4. التلسكوب الطبيعي (Normal Telescope) : وهو التلسكوب المباشر عندما تكون الدائرة العمودية للجهاز على يسار الراصد .
5. التلسكوب المقلوب (Inverted Telescope) : هو عملية تدوير التلسكوب حول المحور الأفقي 180 درجة ، إذ يرصد التلسكوب في الاتجاه المعاكس بعد قلبه وتدعى أيضا بالانعكاس ، وتكون الدائرة العمودية على يمين الراصد .
6. تغيير الوجه (Changing Face) : هي عملية التغيير من الوجه الأيسر إلى الوجه الأيمن للتلسكوب والعكس كذلك ، أو هي عملية إحضار الدائرة العمودية لجهاز الثيودولايت إلى يسار الراصد إذا كانت في الأصل إلى اليمين والعكس صحيح .

4 – 5 – 1 كيفية تطبيق مبدأ التقليب باستعمال جهاز الثيودولايت لرصد (قياس) الزوايا :

يمكن تطبيق مبدأ التقليب في قياس الزوايا بجهاز الثيودولايت عن طريق توقيع المحور الطولي لطريق ما لأحد المشاريع الهندسية ، على سبيل المثال ما يلي ، لاحظ الشكل (4 - 23) :

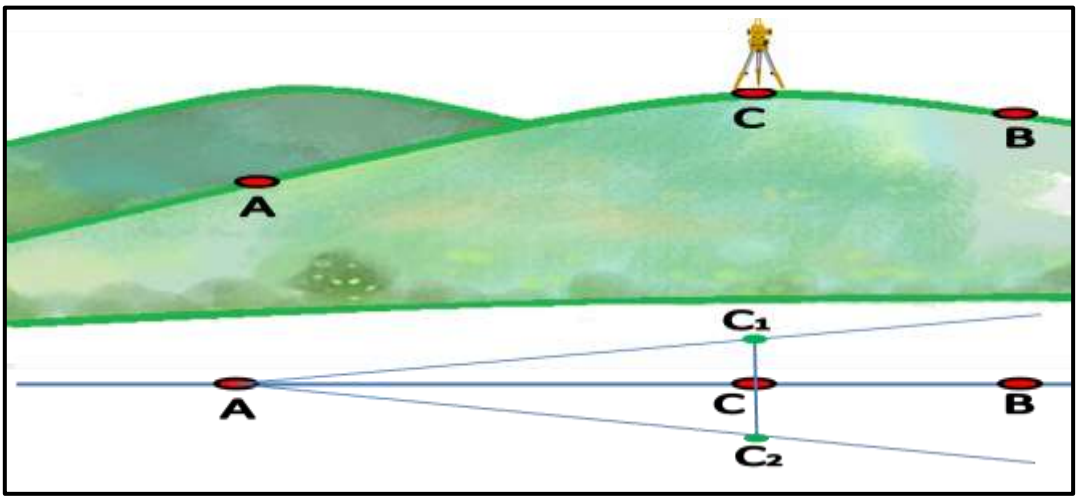
إذا كانت نهاية خط المحور لا يمكن رؤيتها من بدايتها ، ولكن توجد نقطة في منتصف الطريق مثل (C) يمكن رؤيتها من نقطة البداية (A) ونقطة النهاية (B) فتكون الخطوات كالآتي :

1- اختيار نقطة (C_1) على استقامة خط المحور AB بالنظر .

2- تثبيت الجهاز (تسامته) فوق النقطة (C_1) وموازنته أفقيا ونرصد منها بالجهاز نقطة البداية (A) بالوضع المتياسر .

3- يقلب تلسكوب (منظار) الجهاز 180 درجة ، أي يكون الجهاز (بالوضع المتيامن) فإذا رصدنا نقط النهاية (B) كانت نقطة (C_1) صحيحة وإلا نكرر المحأولة باختيار نقطة رصد أخرى تكون قريبة ولتكن (C_2) ويدوّر الجهاز مع اتجاه عقرب الساعة 180 درجة ، ونرصد نقطة (A) ثم يقلب المنظار لرصد نقطة (B) حتى نصل إلى المحأولة الصحيحة فتكون نقطة (C) صحيحة وتمثل منتصف محور طريق المشروع (AB) .

4- اختيار نقاط رصد أخرى بين المسافة (A و C) والمسافة (C و B) وتوقيع هذه النقاط بدقة لتمثل خط المحور إذ يستعمل الوضعان المتياسر والمتيامن لرصد النقطة (A) والنقطة (B) ، ولا يكتفى للرصد بوضع وأحد للجهاز لتلافي خطأ المحاور بجهاز الثيودولايت .



الشكل (4 - 23) خط المحور الطولي للطريق ومخطط الرصد

مثال (4 – 2) : رُصد اتجاه طريق AB من موقع نقطة A باستعمال جهاز الثيودولايت ، فكانت القراءة بالوضع المتياسر FL = 12º 30′ 12″ ، ورصد أيضاً بالوضع المتيامن من نفس الموقع A فكانت القراءة FR = 192º 34′ 10″ ، جد مقدار القراءة للاتجاه ؟

الحل : 1 ـ نطبق المعادلة (4 – 1) :

$$FL - FR = \pm 180^{o}$$

$$12^{\circ} - 192^{\circ} = -180^{o}$$

2 ـ بما أن الفرق بين الوضعين 180º نأخذ معدل الدقائق والثواني :

$$Average = (30' 12'' + 34' 10'') \div 2$$

$$A = 32' 11''$$

3 ـ إذن سيكون مقدار القراءة للاتجاه AB :

$$AB = 12^{o} 32' 11''$$

4 – 6 الثيودولايت التكراري Repeating Theodolite

هو أحد أنواع أجهزة الثيودولايت البصري (Optical reading theodolites) يستعمل لقياس الزوايا بشكل مُتكرر ، ويحتوي على قرصين خارجي وداخلي وكل قرص يحتوي على لولب لقفله ولولب يحركه حركة بطيئة ، أي يحتوي على محورين رأسيين ولولبين (مفتاحين) للحركة الأفقية وهما لولب الحركة العليا (upper - motion screw) ولولب الحركة السفلى (lower - motion screw) ، ويسمى في بعض الأحيان بجهاز الثيودولايت ذي المركزين (Double Center Theodolite) لوجود (محور رأسي مزدوج) فيه واثنين من الورنيات إذ تقرأ لـ(20 ، 30 ، 60) ثانية .

سميت أجهزة الثيودولايت التكراري بهذا الاسم لأنها مصممة لتكرار قياس الزوايا الأفقية عدة مرات أي لها القدرة على تكرار قياس الزاوية الأفقية بأي عدد من المرات وإضافتها مباشرة لدائرة الجهاز والاحتفاظ بالقيمة التراكمية لقراءة الدائرة الأفقية والحصول على دقة في النتائج أعلى من دقة الجهاز ، لاحظ الشكل (4 - 24) .

إن بعض أجهزة الثيودولايت التكراري تحتوي على قرص لتدوير الدائرة الأفقية ، إذ يتم تصفير الدائرة الأفقية في هذه الأجهزة بتدويرها وجعل صفر الدائرة منطبقاً تماماً على المؤشر ، وتؤخذ بعدها قياسات الزاوية الأفقية .

الشكل (4 - 24) جهاز الثيودولايت التكراري

إن دقة هذا النوع من الأجهزة تكون واطئة إذا ما قُورنت بأجهزة أخرى ، مثل أجهزة ثيودولايت الاتجاه لكن بالإمكان زيادة دقتها في قراءة الزوايا الأفقية عن طريق قياس الزوايا عدة مرات ، فمثلا لو كان الجهاز المستعمل في أي عمل مساحي بدقة مقدارها (1′) دقيقة ، فهذا يعني أن الزاوية المقاسة به تكون أقرب إلى (1′) دقيقة ، فإذا قيست زاوية أفقية مقدارها مثلا (35° 15′ 10″) فإنها تقرأ (35° 15′ 00″) لكن إذا تكرر قياس الزاوية (6) مرات فتجمع (10″) ثواني وتصبح (60″) ويمكن قراءة هذا المقدار في هذا الجهاز ، إذ تجمع الزوايا المقاسة المتراكمة المكررة ، ويقسم الناتج على (6) أي أخذ المعدل للزوايا المقاسة والحصول على مقدار الزاوية بدقة عالية .

ويجب أن تؤخذ قراءات قياس الزاوية (الرصدات) بجهاز الثيودولايت بحسب مبدأ التقليب أي [تقرأ الزاوية ثلاث مرات منها بطريقة الوضع المتياسر (التلسكوب مباشر) ، وثلاث مرات بطريقة الوضع المتيامن (التلسكوب بوضع مقلوب)] وذلك لاختزال الأخطاء الآلية وتوزيعها على القراءات المتكررة .

إن طريقة التكرار لقياس الزوايا تساعد على التخلص من الأخطاء الآتية :

1- الأخطاء التي يسببها الانحراف اللامركزي لمراكز المحورين والورنية عن طريق قراءة كل من الورنيات وأخذ المعدل للزوايا .
2- أخطاء التدرج عن طريق القراءة من أجزاء مختلفة من الدائرة الأفقية .
3- الضبط غير الكامل لخط الموازاة والمحور الأفقي بواسطة قراءة الزوايا بالوضع المتياسر والوضع المتيامن .
4- تعويض أخطاء القراءة والأخطاء الأخرى وذلك عن طريق العدد الكبير من القراءات المتكررة .
5- الكشف عن الأخطاء والأغلاط عن طريق مقارنة قيم القراءات الفردية والقراءات المتعددة .

ومع ذلك لا يمكن تعويض الأخطاء الناتجة عن التسامت والتسوية الأفقية ، ويجب أن تعالج عن طريق الضبط الصحيح والدقيق قبل الرصد ، وإن زيادة عمليات التكرار تتسبب في زيادة تآكل براغي الضبط .

وعند قياس الزاوية الأفقية بالجهاز التكراري تُقاس عدة مرات مما يسمح للورنية بالبقاء ثابتة في نهاية كل قياس بدلاً من إعادته إلى صفر درجة في كل مرة عند الرصد من النقطة السابقة .

وتقارن قراءة الزاوية الأولى التي تمثل مقدار الزاوية التقريبي مع القراءة السادسة المتراكمة المكررة للزاوية لغرض التأكد من عدم وجود أخطاء في القراءة بسبب تكرار القياسات والخلط بين حركات اللوالب (العليا والسفلى) وذلك بضرب القراءة الأولى للزاوية في (6) والناتج يكون تقريبا نفس مقدار الزاوية المتراكمة المكررة .

4 – 7 ثيودولايت الاتجاه Directionel Theodolites

هو جهاز يقيس اتجاهات الزوايا الأفقية ويحتوي على قرص وأحد داخلي ويقفل مع الدائرة الأفقية بلولب ويحرك حركة بطيئة بلولب خاص ، ويحتوي كذلك على محور رأسي وأحد ولولب وأحد للحركة الأفقية وهي حركة عليا فقط (upper - motion screw) وليس لها حركة سفلى لأن الدائرة الأفقية تكون مثبتة بالجزء السفلي من الجهاز ، ويكون تدويرها بالنسبة للجزء العلوي بواسطة هذا اللولب الذي يتحكم في الدوران حول المحور الرأسي .

يستعمل هذا الجهاز في الأعمال التي تحتاج إلى دقة كأعمال التثليث وحاليا البديل نقاط الضبط الأرضي المستحصلة من (GNSS) ويستعمل أيضاً عندما يكون عدد الزوايا عند نقطة الرصد كثيرة ، وهو أحد أنواع أجهزة الثيودولايت البصري وأكثر إتقانا وأسرع من أجهزة ثيودولايت التكراري ، ومن أنواعه جهاز Wild T2 ، وجهاز Wild T3 ، وجهاز Kern DKM2 ، لاحظ الشكل (4 - 25) .

الشكل (4 - 25) أنواع أجهزة ثيودولايت الاتجاه

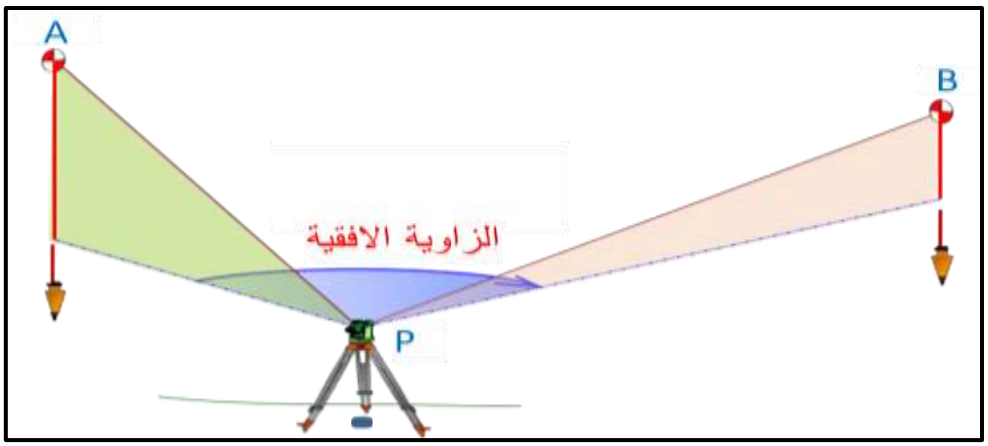
إذن هو جهاز يقرأ الاتجاهات بدلاً من الزوايا ، إذ تُقاس الاتجاهات بتثبيت قراءة صفر درجة للدائرة الأفقية وبعدها يوجه التلسكوب وتؤخذ قراءة الاتجاه ، وعند تغيير اتجاه التلسكوب تتغير قراءة الدائرة الأفقية مع تغير الاتجاه ، إذ يستعمل الميكروميتر البصري لقراءة الأجزاء الكسرية في الدائرة الأفقية المتدرجة .

أن استعمال هذه الطريقة لقياس الزاوية الأفقية مفضلة عند وجود عدة زوايا ، فتُقاس جميع الاتجاهات على التوالي ، وتسجل قراءات الاتجاهات من النقاط المرصودة وتحدد قيمة الزاوية الأفقية التي هي عبارة عن الفرق بين اتجاهين من قراءتين متتاليتين ، إذ تُطرح قيمة قراءة الاتجاه الأول من قيمة قراءة

الاتجاه الثاني . ولا يمكن الاحتفاظ بقيمة تراكمية لقراءة الدائرة الأفقية لأنه في حالة وجود خطأ في إحدى قيم الزوايا سيؤثر على قيم الزوايا الأخرى التالية لها وبذلك تتراكم ويكون تصحيحها بطرائق حسابية معينة .

4 – 8 قياس الزاوية الأفقية Horizontal Angle Measurement

يستعمل جهاز الثيودولايت في كثير من الأعمال المساحية ومنها قياس **الزوايا الأفقية** وهي عبارة عن خطين باتجاهين مختلفين يلتقيان بنقطة تمثل رأس الزاوية ، إذ تؤخذ بواسطة الجهاز قراءة الاتجاه لخط ما ، وليس قياس الزاوية في موقع العمل ، وبعدها تجرى حسابات معينة لاستخراج قيم الزوايا المطلوبة، لاحظ الشكل (4 - 26) ، ففي الأجهزة القديمة (الأجهزة البصرية) يوجد لولب خاص لتثبيت الدائرة الأفقية وضبطها عند القراءة (صفر درجة) وتظهر القراءة من خلال عدسة القراءة وفيها تدريجات بالدرجات والورنية بالدقائق والثواني ، بينما في الأجهزة الحديثة (الجهاز الرقمي) فيوجد فيها زر يسمى زر الصفر (0 Set) إذ تكون قراءة الدائرة الأفقية تساوي (صفر درجة) وتظهر القراءة على الشاشة الألكترونية وهي أكثر دقة وأقل عرضة للأخطاء ، لاحظ الشكل (4 - 27) ، وتكون الدائرة الأفقية مقسمة على (360°) وتعرف بـ (الزاوية الكاملة) .



الشكل (4 - 26) الزاوية الأفقية

الشكل (4 - 27) قراءة الزاوية الأفقية والرأسية في شاشة جهاز الثيودولايت

وتختلف طرائق قياس الزاوية الأفقية بحسب دقة الرصد والغرض من قياسها وأنواع الأجهزة المستعملة في القياس والإمكانيات المتاحة الأخرى .

وعلى الراصد قبل إجراء عملية رصد الزوايا ملاحظة نوع ومواصفات الجهاز المستعمل في عملية الرصد وأقل قراءة يمكن قياسها والدقة المطلوبة في عملية المسح التي يجب ان تحدد قبل العمل المساحي وتحديد عدد النقاط التي يحتاج المساح إلى قياسها في موقع العمل والتأكد من وضع علامات واضحة على مواقعها من اجل رصدها بدقة .

ويجب قياس الزاوية الأفقية من خط مرجعي ، ووضع الجهاز عند نقطة تقاطع الخطوط للحصول على دقة كبيرة في قراءة الزوايا ، كما وتُقاس من وضعين للجهاز (المتياسر والمتيامن) .

هنالك عدة طرائق لرصد الزوايا الأفقية وهي :

أ- طريقة الرصد المنفردة .

ب- طريقة التكرار .

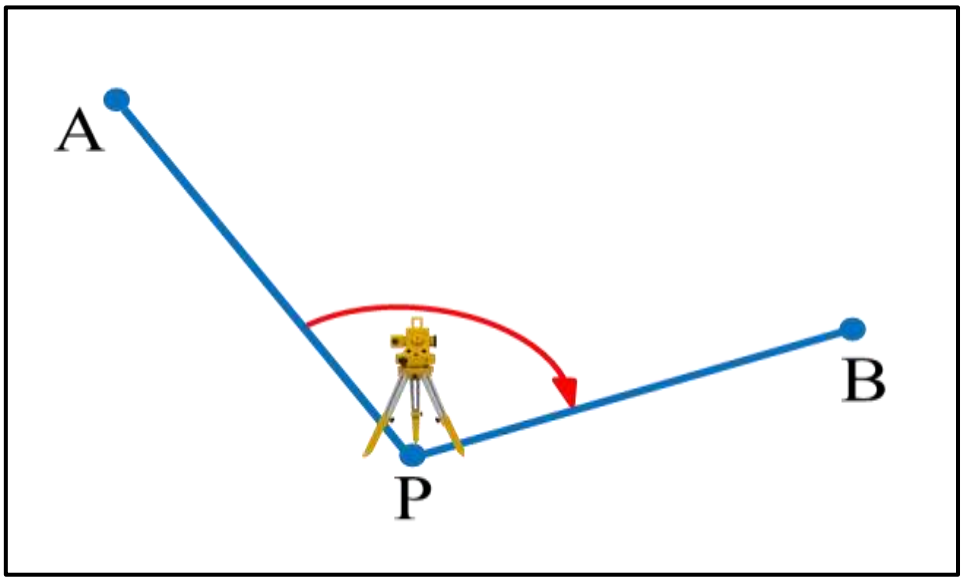
ج- طريقة الاتجاه .

أ ـ طريقة الرصد المنفردة :

وهي أدق وأسهل طرائق قياس الزوايا الأفقية ، وتعتمد على قياس كل زاوية بشكل منفصل عن طريق قياس الزاوية بالوضعين (المتياسر والمتيامن) ولكنها تحتاج إلى وقت طويل في عمليات الرصد .
ولقياس الزاوية الأفقية بهذه الطريقة نتبع الخطوات التالية ، (لاحظ الشكل (4 - 28)) :

1. يثبت الجهاز بالوضع المتياسر فوق النقطة (P) ويضبط تسامت الجهاز وأفقيته ليكون جاهزاً للقياس .
2. يفتح لولب قفل الحركة ويوجه التلسكوب مبدئيا إلى النقطة (A) حتى تظهر في مجال الرؤية وبعدها يقفل لولب الحركة السريعة .
3. يوجه المنظار بدقة نحو النقطة (A) عن طريق لولب الحركة البطيئة ، وتجرى عملية التطبيق (توضيح الهدف والشعيرات وتطابقهما) .
4. يضغط زر تصفير الدائرة الأفقية إذ يكون (صفر الدائرة الأفقية متطابق مع صفر الورنية) لتظهر القراءة في شاشة الجهاز ($0^o\ 00'\ 00''$) .
5. تدوير المنظار باتجاه عقارب الساعة إلى النقطة (B) حتى تظهر في مجال الرؤية ويقفل اللولب وباستعمال لولب الحركة البطيئة نوجه المنظار لتكون النقطة (B) متطابقة مع مركز تقاطع الشعيرات ، ويقرأ مقدار الزاوية بين النقطتين من شاشة الجهاز .

6. تدوير الجهاز 180º حول محوره الرأسي وتدوير المنظار 180° ليكون الجهاز بالوضع المتيامن ، ويوجه المنظار مرة أخرى نحو النقطة (A) وتكون قراءة الدائرة الأفقية 180° ثم يوجه المنظار نحو النقطة (B) وتقرأ قيمة الزاوية من شاشة الجهاز .
7. يكون الفرق بين القراءتين بالوضعين (المتياسر والمتيامن) هو 180 درجة وإن أخذ القراءات بهذا الوضع هو للتقليل من تأثير أخطاء القراءة والتوجيه .
8. تحسب القيمة النهائية للزاوية الأفقية بأخذ معدل القراءتين للحصول على الدقة في القياس.
9. يمكن التوجيه نحو النقطة الأولى نقطة (A) باستعمال بدايات قراءات (سيتات) مختلفة من الدائرة الأفقية مثل (30º او 60° أو 90º) لزيادة الدقة في القياس وتلافي الأخطاء وعدم تساوي اقسام الدائرة الأفقية .
10. في حالة وجود أكثر من هدف تُحسب الزاوية بين كل هدفين مستقلين باستعمال الخطوات السابقة .



الشكل (4 - 28) قياس الزاوية المنفردة

مثال (4 - 3) : رصدت زاوية أفقية APB بطريقة الرصد المنفرد ، وكانت القراءات بالوضع المتياسر والوضع المتيامن المبينة في الجدول في أدناه ، جد معدل قياس الزاوية الأفقية النهائي ؟

Angle	Face	Read
APB	FL	34 ° 30′ 40″
	FR	214° 32′ 44″

الحل :

$$FR = 214°\ 32'\ 44'' - 180° = 34°\ 32'\ 44''$$

$$\text{Average} = \frac{FL + FR}{2} \qquad (2-4)$$

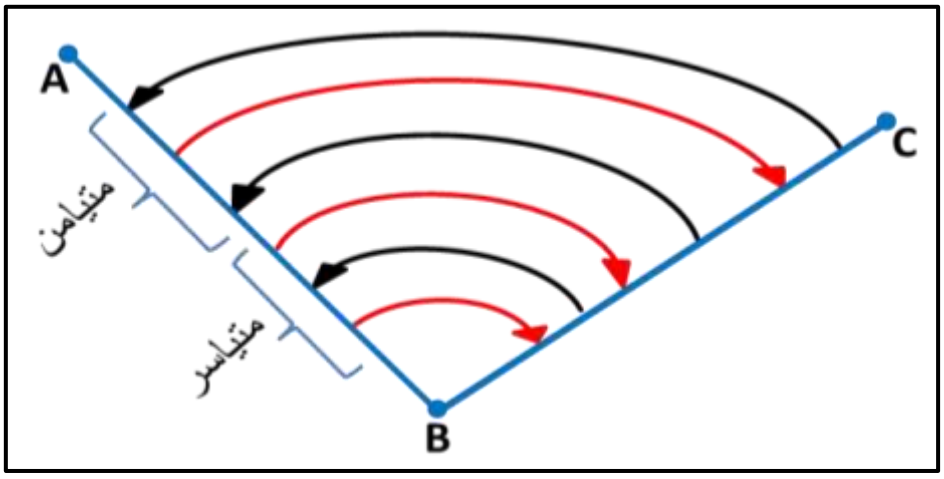
$$\text{Average} = \frac{34°\ 30'\ 40'' + 34°\ 32'\ 44''}{2}$$

$$APB = 34°\ 31'\ 42''$$

ب ـ طريقة التكرار :

تستعمل هذه الطريقة في العمليات المساحية التي تحتاج إلى دقة عالية بالقياسات ، حيث تُقاس الزاوية الأفقية نفسها عدة مرات عن طريق إبقاء الدائرة الأفقية ثابتة في كل مرة في نهاية كل قياس للزاوية بدلا من اعادة ضبطها عند الصفر درجة عند أخذ القراءة للنقطة السابقة ، وهكذا تضاف قراءة الزاوية ميكانيكيا عدة مرات بحسب عدد التكرار في القياس .

ويكون قياس الزاوية بهذه الطريقة بنفس خطوات قياس الزاوية المنفردة لكن مكررة عدة مرات وبشكل تراكمي للقراءات ، أي عدم تصفير الدائرة الأفقية في نهاية كل قياس للزاوية ، والقراءة النهائية للزاوية الأفقية تكون بقسمة القراءة النهائية للزاوية المتراكمة على عدد التكرارات ، وتكون قيمتها مقاربة لقيمة قراءة الزاوية في المرة الأولى ، لاحظ الشكل (4 - 29) .



الشكل (4 - 29) قياس الزاوية الأفقية بطريقة التكرار

ويفضل قراءة الزاوية (ثلاث مرات) بالوضع المتياسر و (ثلاث مرات) بالوضع المتيامن ، إذ تكون القراءة النهائية بأخذ معدل القراءات النهائية المتراكمة وكالآتي :

$$\text{معدل قياس الزاوية بالوضع المتياسر} = \frac{\text{القراءة النهائية المتراكمة بالوضع المتياسر}}{3} \qquad (3-4)$$

$$\text{معدل قياس الزاوية بالوضع المتيامن} = 180° - \frac{\text{القراءة النهائية المتراكمة بالوضع المتيامن}}{3} \qquad (4-4)$$

$$\text{معدل قياس الزاوية الأفقية النهائي} = \frac{\text{معدل قياس الزاوية بالوضع المتياسر} + \text{معدل قياس الزاوية بالوضع المتيامن}}{2} \qquad (5-4)$$

يعتمد عدد التكرارات لقياس الزاوية الأفقية على الدقة المطلوبة لكل عمل مساحي فبالنسبة إلى التثليث من الدرجة الأولى يكون (16) مرة من التكرارات بينما التثليث من الدرجة الثانية يحتاج إلى (4) مرات تكرار والتثليث من الدرجة الثالثة (مرتين) وتكون للأعمال الحقلية العادية مرة وأحدة .

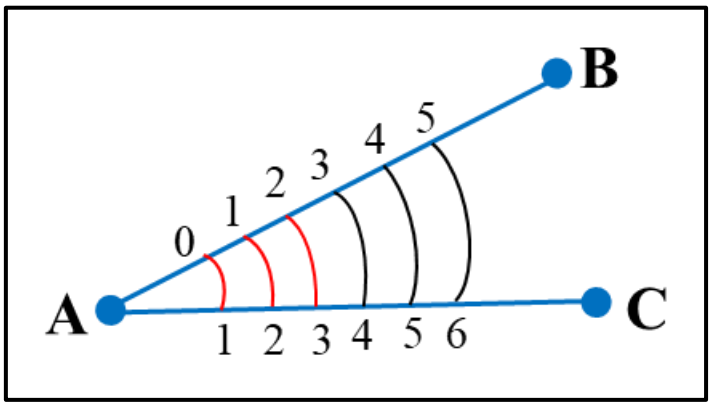
بهذه الطريقة يمكن تقليل عدم الدقة في تقسيم الدوائر الأفقية وعدم دقة الراصد في التوجيه ، ولكن من عيوبها لا يمكن اكتشاف خطأ التسامت .

مثال (4 - 4) : رصدت زاوية أفقية BAC بطريقة التكرار (6) مرات باستعمال جهاز الثيودولايت في أحد المشاريع ، وكانت القراءات بالوضعين المتياسر والمتيامن مبينة بالجدول في أدناه ، جد مقدار الزاوية الأفقية النهائي ؟

الحل : 1- نجد معدل قياس الزاوية بالوضعين المتياسر والمتيامين حسب المعادلتين (4 – 3) و (4 – 4).

2- نجد معدل قياس الزاوية الأفقية النهائي بتطبيق المعادلة (4 – 5) :

$$\text{قياس الزاوية الأفقية النهائي} = \frac{40°\ 00'\ 16" + 40°\ 00'\ 18"}{2} = 40°\ 00'\ 17"$$



Station	to	N. of rep.	F.L ° ′ ″	F.R ° ′ ″
A	B	0	00 00 00	180 00 12
	C	1	40 00 18	220 00 24
	C	2	80 00 36	260 00 36
	C	3	120 00 54	300 00 48
	المعدل = (Mean)		40 00 18	40 00 16

ج ـ طريقة الاتجاه :

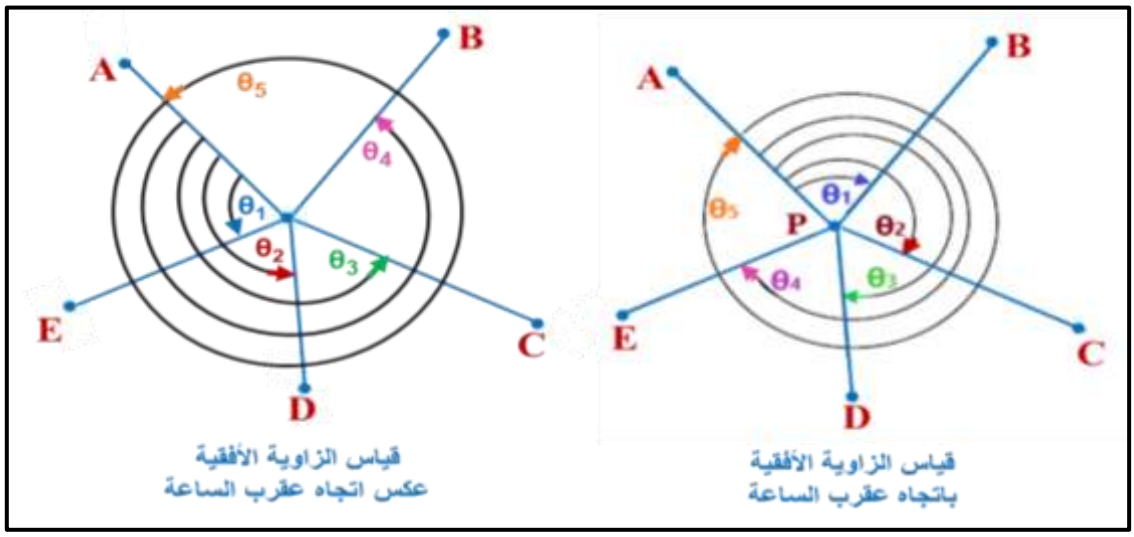
هي قياس اتجاهات عدة زوايا متتالية من محطة وأحدة (نقطة مساحية وأحدة) ، أي قياس الزوايا على التوالي وإغلاق الأفق في نهاية القياس بالرجوع لنقطة البداية ولغاية 360 درجة ، وعندما يكون مقدار الخطأ قليلاً يوزع بالتساوي بين الزوايا المتعددة ، أما إذا كان مقدار الخطأ كبيراً فيجب إعادة القياسات . ويفضل استعمال هذه الطريقة إذا كانت عدد الزوايا المرصودة كثيرة من نفس النقطة (المحطة) وتُعد هي الأكثر استعمالاً وشيوعا من باقي الطرائق .

وهذه الطريقة أسرع من طريقة التكرار عمليا وحسابيا ولكنها أقل دقة لأن أي خطأ في قراءة إحدى الزوايا يؤثر في قراءة الزاوية التالية لها ، وتكون طريقة قياسها كالآتي :

1. أن يكون قياس الاتجاهات (مع عقرب الساعة أو عكس عقرب الساعة) هو الاتجاه الأساسي للرصد .
2. رصد الزوايا بنفس طريقة رصد الزاوية المنفردة لكن يكون الرصد متتاليا للزوايا .
3. ترصد الزاوية الأولى منفردة ثم ترصد الزاوية الثانية ، التي يكون مجموعها (الزاوية الأولى والثانية) ثم ترصد الزاوية الثالثة وهي مجموع (الزوايا الثلاث) وهكذا حتى نصل إلى اخر اتجاه والرجوع إلى (نقطة البداية) ويكون الرصد باتجاه عقرب الساعة ، اي تقرأ الزوايا بشكل مستمر حيث يتم تصفير الجهاز باتجاه نقطة (A) ثم ترصد نقطة (B) ويقرأ مقدار الدائرة الأفقية وليكن (θ_1) ثم ترصد النقطة (C) ويقرأ مقدار الدائرة الأفقية وهي عبارة عن ($\theta_2 + \theta_1$) ، وهكذا مع باقي الزوايا .

4. إعادة الخطوات السابقة بقياس الزوايا بعكس اتجاه عقرب الساعة ، لاحظ الشكل (4 - 30) .
5. القراءة النهائية للزاوية تكون بطرح كل زاوية من الزوايا السابقة لها ، فمثلا لإيجاد زاوية (θ_2) يتم طرح (θ_1) من القراءة ($\theta_2 + \theta_1$) وكذلك لبقية قيم الزوايا .

$$\theta_2 = (\theta_1 + \theta_2) - \theta_1 \qquad (6 - 4)$$



الشكل (4 - 30) طريقة قياس زاوية أفقية بطريقة الاتجاه

مثال (4 - 5) : رُصدت زاوية أفقية في موقع العمل بطريقة الاتجاه مع عقرب الساعة ، وكانت القراءات ($\theta_1 = 50° 20' 10''$) و ($\theta_1 + \theta_2 = 120° 30' 15''$) ، جد مقدار الزاوية (θ_2) ؟

الحل :

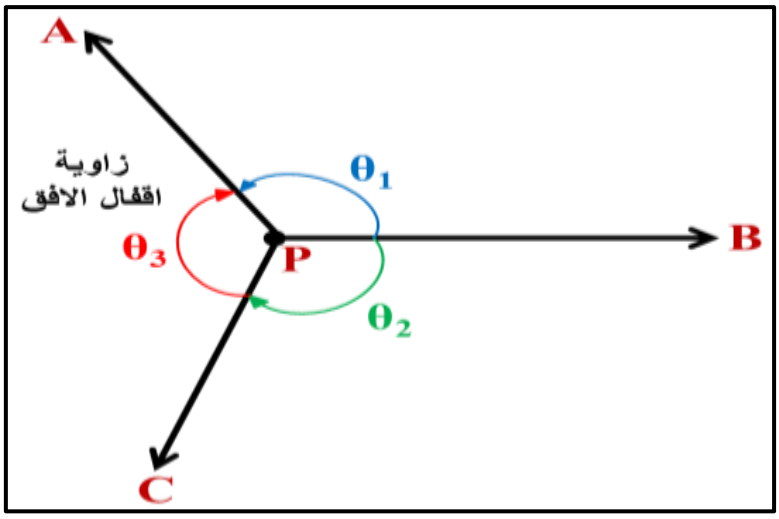
$$\theta_2 = (\theta_1 + \theta_2) - \theta_1$$

$$\theta_2 = 120° 30' 15'' - 50° 20' 10''$$

$$\theta_2 = 70° 10' 5''$$

4 – 9 إقفال الأفق Horizon Closure

هي عملية قياس الجزء المتبقي من الزوايا حول نقطة مساحية وأحدة لغرض تدقيق القياسات ، فعندما يكون المطلوب قياس زاوية وأحدة او أكثر في نقطة مساحية وأحدة ينبغي قياس الزاوية المتبقية وذلك لتشخيص الأخطاء عند جمع تلك الزوايا ومقارنتها بمجموع قياس الزوايا في الأفق (زاوية الدائرة الكاملة = 360°) فمثلا عند قياس الزاويتين (θ_1 و θ_2) لاحظ الشكل (4 - 31) ، يجب قياس الزاوية θ_3 وهي زاوية إقفال الأفق حيث إن ($\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = 360°$) ، ويكون مجموع الزوايا المقاسة في الأفق هو :



الشكل (4 - 31) طريقة إقفال الأفق

$$\sum \theta = 360^{o} \pm E \qquad (7-4)$$

$$E = C \times \sqrt{n} \qquad (8-4)$$

حيث ان :

E = مجموع الأخطاء المسموح بها في القياسات ويجب أن يكون الخطأ من ضمن الحدود المسموح بها ، أما إذا كان أكبر من الخطأ المسموح به فتعاد القياسات مرة أخرى .

C = ثابت يحدد من قبل المساح بحسب نوع الجهاز المستعمل والدقة المطلوبة للعمل المساحي.

n = عدد الزوايا المقاسة.

مثال (4 - 6) : ما الخطأ المسموح في جهاز الثيودولايت التكراري ، إذا كان مجموع الزوايا في الأفق في في الشكل (3 – 31) = 360º و C = (± 30″) ، إذا علمت أن $\sqrt{3} = 1.732$ ؟

الحل :

$$\sum \theta = 360^{o} \pm E$$

$$E = C \times \sqrt{n}$$

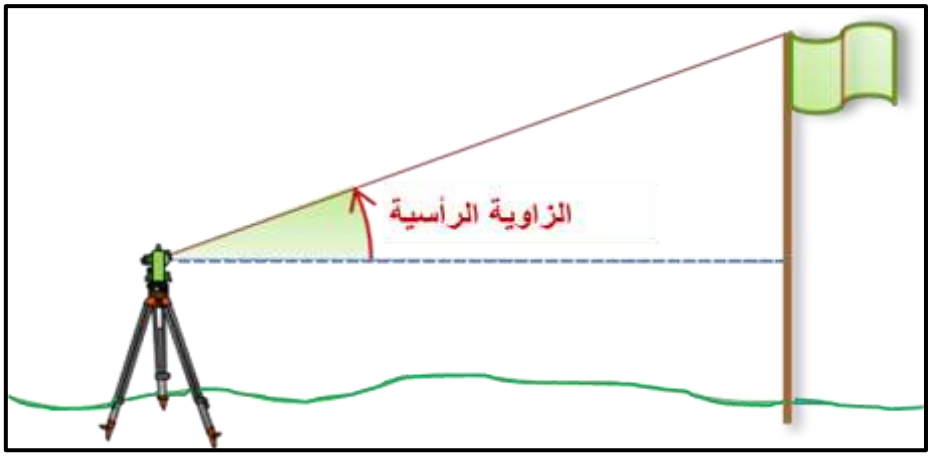
$$\sum \theta = 360^{o} \pm (30 \times \sqrt{3})$$

$$\sum \theta = 360^{o} \pm (30 \times 1.732)$$

$$\sum \theta = 360^{o} \pm 52''$$

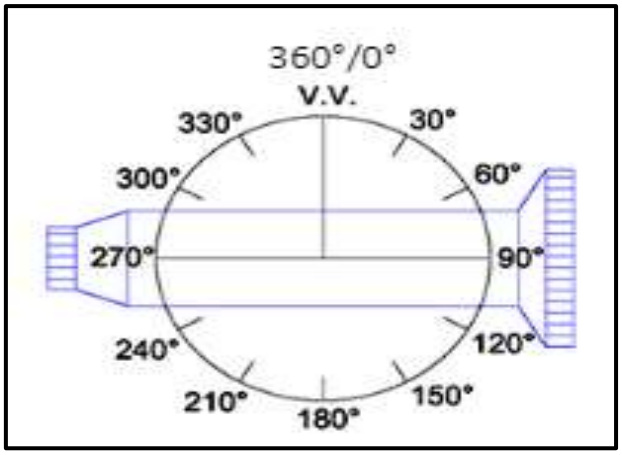
4 – 10 الزاوية الرأسية Vertical Angle Measurement

وهي الزاوية المتكونة بين خط النظر (خط الرؤية) المائل وخط الأفق (Horizon) وقد تكون زاوية ارتفاع موجبة عندما تكون أعلى من خط الأفق او زاوية انخفاض سالبة عندما تكون أسفل خط الأفق حسب النقطة المرصودة ، وترصد الزوايا الرأسية باستعمال جهاز الثيودولايت ، ويظهر مقدار قراءتها على شاشة الجهاز ، وتحدد الزاوية الرأسية بنقطة وأحدة وليس بنقطتين كما في الزاوية الأفقية ، لاحظ الشكل (4 - 32) ، وإن أقصى زاوية رأسية يمكن قراءتها عمليا باستعمال تلسكوب الثيودولايت هي (68) درجة تقريباً .



الشكل (4 - 32) رصد الزاوية الرأسية باستعمال جهاز الثيودولايت

إن تقسيم الدائرة الرأسية في (الثيودولايت القديم) تكون القراءة فيه (صفر درجة) أو (180 درجة) ، وفي (الثيودولايت الحديث) يبدأ تدريج الدائرة الرأسية بالقراءة (صفر درجة) عندما يكون المنظار متجها نحو الأعلى ، وعندما يكون المنظار أفقيا تماما تكون القراءة (90º) إذا كان الجهاز بالوضع المتياسر و (270º) إذا كان الجهاز بالوضع المتيامن ، لاحظ الشكل (4 - 33) .

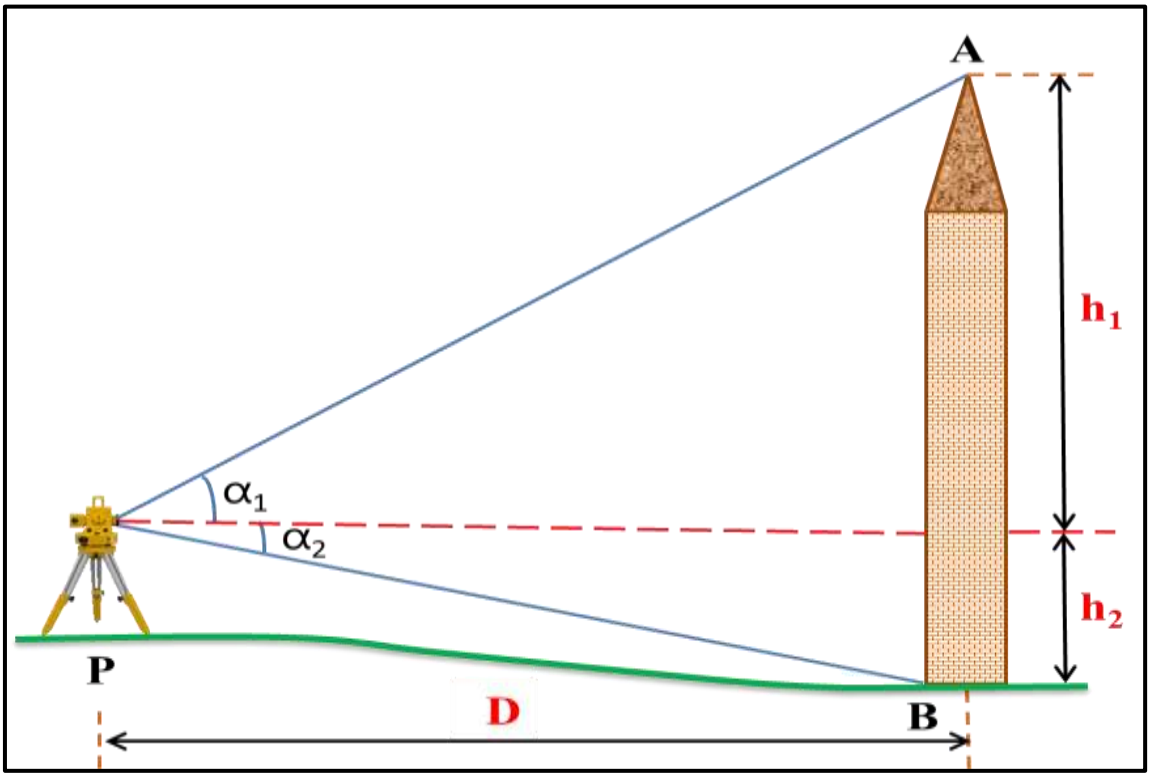


الشكل (4 - 33) تقسيم الدائرة الرأسية في جهاز الثيودولايت

يمكن قياس الزاوية الرأسية في جهاز الثيودولايت عن طريق اتباع الخطوات الآتية :

1. يثبت الجهاز على النقطة (P) ويُضبط تسامت الجهاز وأفقيته ، ويكون الجهاز بوضع متياسر وتسجيل ارتفاع الجهاز عند الرصد وذلك لتأثر الزاوية الرأسية بتغير ارتفاع الجهاز .
2. قفل لولب تثبيت الدائرة الرأسية وتوجيه تلسكوب (التوجيه المبدئي) نحو النقطة (B) ثم التوجيه النهائي باستعمال لولب الحركة العمودية البطيئة ، وإجراء عملية التطبيق (وضوح النقطة والشعيرات وانطباقهما) .
3. تسجيل قراءة الدائرة الرأسية من الوضع المتياسر للجهاز .
4. يتم تغيير وضع الجهاز من المتياسر إلى المتيامن وتُكرر الخطوة (2 و 3) وتُسجل قراءة الزاوية الرأسية بالوضع المتيامن .
5. تحسب الزاوية الرأسية من معدل القراءتين بالوضعين (المتياسر والمتيامن) .

مثال (4 - 7) : رصدت زاوية رأسية لقمة برج (زاوية ارتفاع) وكانت ($\alpha_1 = 30° 42'$) ولأسفل البرج زاوية انخفاض وكانت ($\alpha_2 = 2° 30'$) باستعمال جهاز الثيودولايت الذي يبعد عن البرج مسافة 200 m ، جد الارتفاع الكلي للبرج (H) إذا علمت أن ($\tan 30° 42' = 0.593$) و ($\tan 2° 30' = 0.043$) ، كما موضح بالشكل في أدناه ؟



الحل:

$$\tan \alpha = \frac{h}{D} \qquad (9 - 4)$$

$$h_1 = D \times \tan \alpha_1 \qquad (10 - 4)$$

$$h_1 = 200 \times \tan\ 30° 42' = 118.75 \text{ m}$$

$$h_2 = D \times \tan \alpha_2$$

$$h_2 = 200 \times \tan\ 2° 30' = 8.732 \text{ m}$$

$$H = h_1 + h_2 \qquad (11 - 4)$$

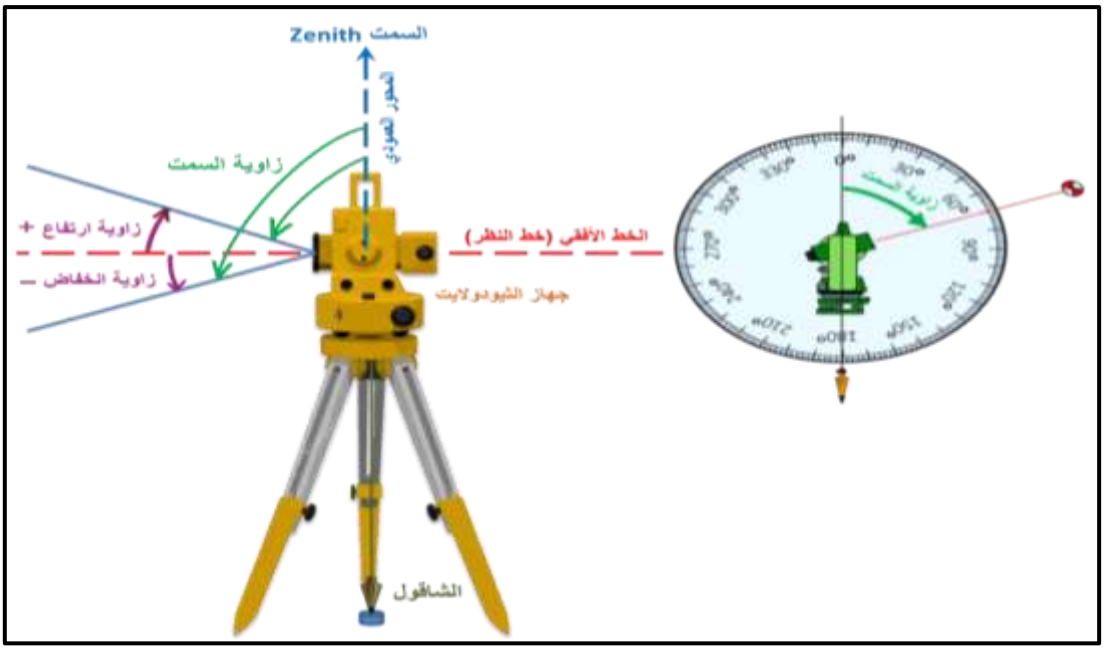
$$H = 118.75 + 8.732 = 127.482 \text{ m}$$

هنالك تصنيف اخر لأنواع الثيودولايت تبعا للبنية التصميمية للجهاز حيث يوجد نوعان من هذه الأجهزة هما :

أ- ثيودولايت السمت (Zenith Theodolite) .

ب- ثيودولايت نادر (Nadir Theodolite) .

أ- ثيودولايت السمت : في هذا النوع من الأجهزة يكون (0) درجة الدائرة العمودية (الرأسية) في الأعلى ولمعرفة الجهاز من هذا النوع يُوجه المنظار إلى الأعلى وهو بوضع متياسر ونلاحظ قراءة الدائرة العمودية فإذا كانت القراءة أقل من (90º) فإنه من النوع السمتي أو يوجه المنظار إلى الأعلى وهو بوضع متيامن ونلاحظ قراءة الدائرة العمودية فتكون أكبر من (270º) ، لاحظ الشكل (4 - 34) .



الشكل (4 - 34) زاوية السمت والزاوية العمودية و تقسيمات زاوية السمت

الوضع المتياسر ⟵ الزاوية الرأسية = 90º – قراءة الدائرة الرأسية

الوضع المتيامن ⟵ الزاوية الرأسية = قراءة الدائرة الرأسية – 270º

[+ ارتفاع
– انخفاض]

1. عندما يكون الجهاز بالوضع المتياسر فان قياس الزاوية الرأسية هو :

$$V_L = 90^o - \theta_l \qquad (12 - 4)$$

حيث ان :

V_L = الزاوية الرأسية بالوضع المتياسر

θ_l = قراءة الدائرة الرأسية بالوضع المتياسر.

مثال (4 - 8) : أُجريت عملية رصد لزاوية رأسية وكان مقدار قراءة الدائرة الرأسية بالوضع المتياسر في جهاز الثيودولايت هو (85° 12′ 34″) ، فما مقدار الزاوية الرأسية ؟

الحل :

$$V_L = 90^o - \theta_l$$

$$V_L = 90^o - {}^o85\ 12'\ 34''$$

$$V_L = +\ 4^o\ 47'\ 26''$$

الإشارة موجبة وهذا يدل على ان الزاوية فوق الخط الأفقي (زاوية ارتفاع)

2. عندما يكون الجهاز بالوضع المتيامن فإن قياس الزاوية الرأسية هو :

$$V_R = \theta_r - 270^o \qquad (13 - 4)$$

حيث ان :

V_R = الزاوية الرأسية بالوضع المتيامن

θ_r = قراءة الدائرة الرأسية بالوضع المتيامن

مثال (4 - 9) : رُصدت زاوية رأسية فكانت قراءة الدائرة الرأسية بالوضع المتيامن (″274º 47′ 40) ، فما مقدار الزاوية الرأسية ؟

الحل :

$$V_R = \theta_r - 270^o$$

$$V_R = 274^o\ 47'\ 40'' - 270^o$$

$$V_R = \ 4^o\ 47'\ 40''$$

إذا كانت قيمتا الزاوية الرأسية في الرصد بالوضع (المتياسر والمتيامن) متقاربتين ، فيؤخذ معدل القراءتين لهما و إذا كان بينهما فرق كبير يعاد القياس .

معدل الزاوية الرأسية

$$V = \frac{VL + VR}{2}$$

$$V = \frac{4° 47' 26" + (4° 47' 40")}{2} = 4° 47' 33"$$

ب ـ ثيودولايت نادر : في هذا النوع من الأجهزة يكون (صفر درجة) الدائرة العمودية (الرأسية) في الأسفل ، ولمعرفة الجهاز من هذا النوع يوجه المنظار نحو الأعلى وهو في وضع متياسر ، ونلاحظ قراءة الدائرة العمودية فإذا كانت أكبر من 90º فإنه من النوع النظيري ، أو يوجه المنظار نحو الأعلى وهو في وضع متيامن ونلاحظ قراءة الدائرة العمودية فستكون أقل من 270º .

الوضع المتياسر ⟵ الزاوية الرأسية = 90º – قراءة الدائرة الرأسية

الوضع المتيامن ⟵ الزاوية الرأسية = 270º – قراءة الدائرة الرأسية

} + ارتفاع

} – انخفاض

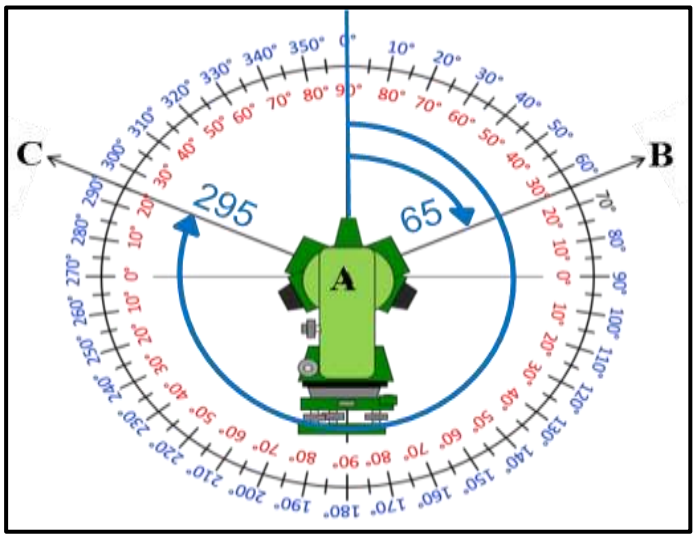
1. عندما يكون الجهاز بالوضع المتياسر (14 - 4)

$$V_L = \theta_l - 90°$$

2. عندما يكون الجهاز بالوضع المتيامن (15 - 4)

$$V_R = 270° - \theta_r$$

زاوية السمت (Zenith angle) : وهي الزاوية المرصودة من أعلى سمت الراصد إلى الهدف المرصود أي (الخط العمودي إلى خط النظر الأفقي نحو الهدف) وتنحصر قيمتها بين (0° و 180°) ، لاحظ الشكل (4 - 35) .



الشكل (4 - 35) زاويتي السمت 65º و 295º

ويكون مقدار زاوية السمت كما يأتي :

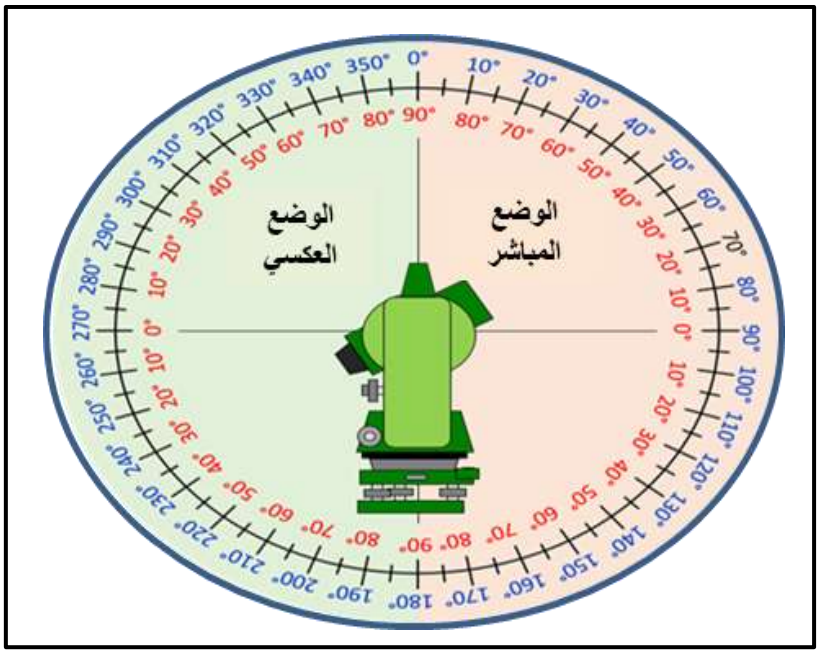
1. إذا كان التوجيه نحو الهدف أعلى من الخط الأفقي فإن :

زاوية السمت = 90° – زاوية الارتفاع (16 - 4)

2. إذا كان التوجيه تحت الخط الأفقي فإن :

زاوية السمت = زاوية الانخفاض + 90° (17 - 4)

وللتحويل من الزاوية الرأسية إلى زاوية السمت يتطلب معرفة في أي جزء من دائرة السمت تقع الزاوية هل هي في الجزء (0° ، 90° ، 180°) وهو الوضع المباشر للجهاز ، أم في الجزء (0° ، 180° ، 270°) من الدائرة وهو الوضع العكسي للجهاز ، لاحظ الشكل (4 - 36) .



الشكل (4 - 36) الوضعين المباشر والعكسي لدائرة السمت

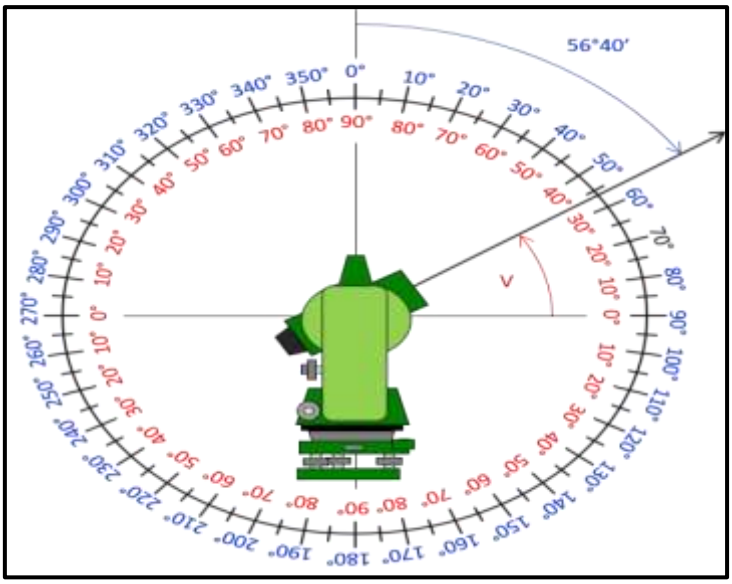
وهذه أمثلة توضح العلاقة بين الزاوية الرأسية وزاوية السمت وكما يأتي :

مثال (4 - 10) : حول زاوية السمت التي مقدارها (+ 56° 40′) إلى زاوية رأسية مع رسم مخطط لهما .

الحل :

V = 90° – 56° 40′

V = + 33° 20′



مخطط زاوية السمت (+ 56° 40′) والزاوية الرأسية (+ 33° 20′)

مثال (4 - 11) : ما هي زاوية السمت للزاوية الرأسية التي مقدارها (− 36° 10′) مع رسم مخطط لهما ؟

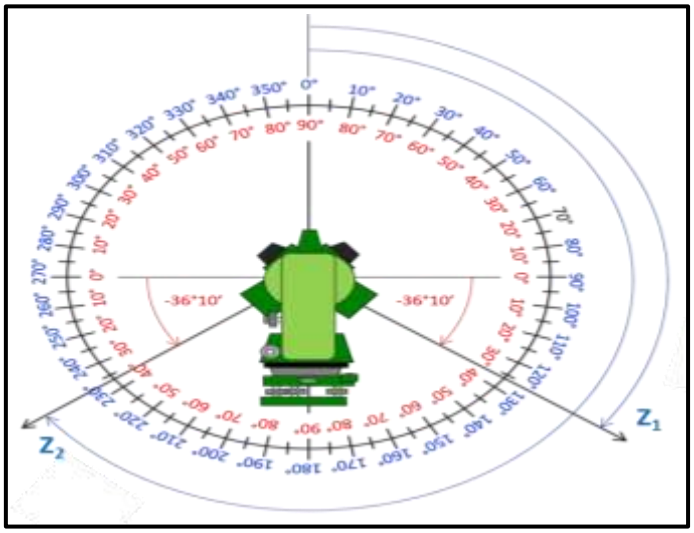
الحل : هناك زاويتان رأسيتان (وأحدة على كل جانب من دائرة السمت) :

$$Z_1 = 90° - (- 36° \ 10′)$$

$$Z_1 = 126° \ 10′$$

$$Z_2 = 270° + (- \ 36° \ 10′)$$

$$Z_2 = 233° \ 50′$$

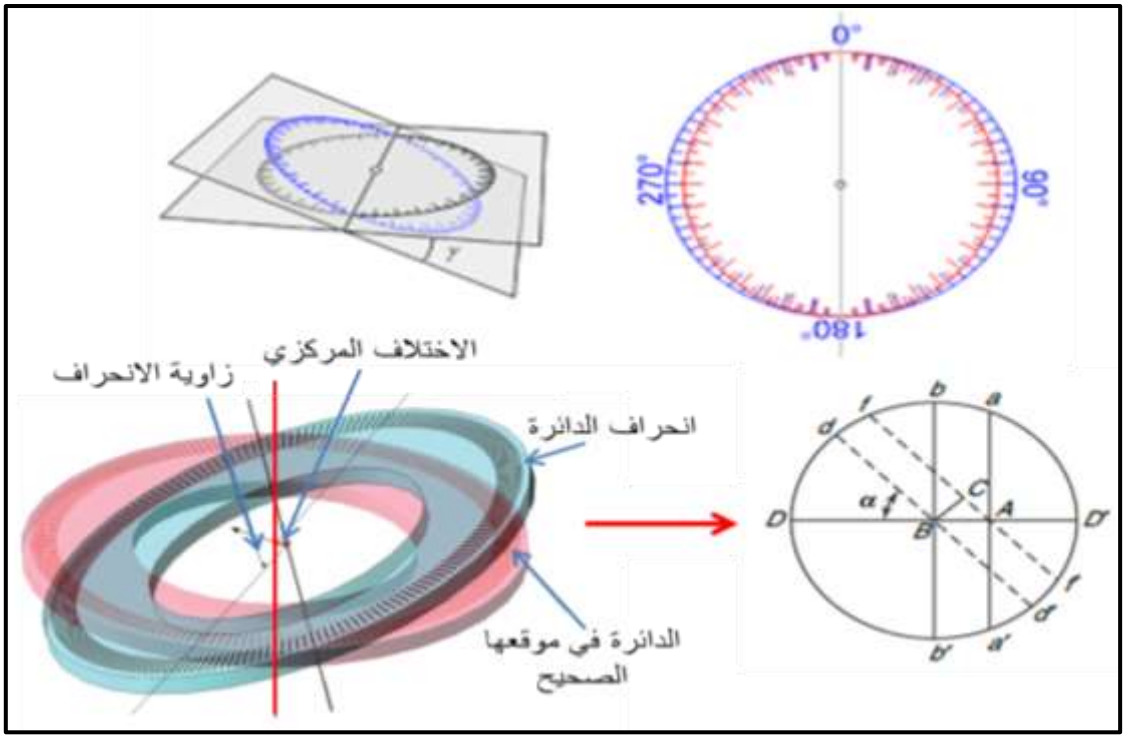


مخطط الزاوية العمودية (− 36° 10′) وزاويتا السمت

4 – 11 الاختلاف المركزي Eccentricity

هو عدم دوران الدائرة الأفقية والمحور الرأسي لجهاز الثيودولايت معا مركزيا بسبب وجود اختلاف بين مركز الدائرة الأفقية ومركز الجهاز وهذا الاختلاف يحدث في احيان نادرة ، ويسمى أيضا انحراف (إمالة) الدائرة الأفقية التي تؤدي إلى انحراف المحاور الداخلية والخارجية للجهاز عن مواضعها الصحيحة وهي أحد الاسباب الرئيسة لأخطاء القياس في جهاز الثيودولايت ، كما في الشكل (4 - 37) ، ويؤثر الوضع الخاطئ للدوائر في عدم دقة نظام القياس الزاوي ، حيث يكون هنالك خطأ صغير في قراءة الدائرة الأفقية وباستعمال مبدأ التقليب ورصد القراءات للزوايا بالوضعين (المتيامن والمتياسر) وأخذ المعدل لهما يتم التخلص من هذا الخطأ ، وهذا يدل على أن مبدأ التقليب يصحح قراءة الإرصادات من أخطاء الاختلاف المركزي .

ومن المعروف أن جهاز الثيودولايت الحديث (الرقمي) الذي تنتجه الشركات المصنعة تكون الدوائر مثبتة فيه بشكل صحيح ، والدائرة الأفقية محمية بشكل جيد ولها محاور قوية ، لكن في حالة تعرض الدائرة العمودية لصدمة قوية قد يتغير موضعها والتلسكوب أيضا حساس لهذه التأثيرات ، ففي حال سقوط الجهاز أو تعرضه لصدمات قوية في أي وقت يجب ان يُختبر الانحراف في الدوائر (الاختلاف المركزي) لها ، ويكون ذلك في المختبر باستعمال عمليات تعيير الجهاز مع إجراء بعض الحسابات الخاصة .



الشكل (4 - 37) الاختلاف المركزي في جهاز الثيودولايت

4 – 12 مصادر الأخطاء في قياسات الثيودولايت

Sources of Errors in Theodolite Measurements

تتعدد الأخطاء التي قد تحدث عند استعمال جهاز الثيودولايت باختلاف مصادرها ومنها ما يأتي :

أ- الأخطاء الآلية :

1. الضبط غير الكامل لجهاز الثيودولايت (عدم ضبط التسامت والأفقية) .
2. عدم انطباق مركز الدائرة الأفقية مع محور دوران الجهاز (انحراف المحاور الداخلية والخارجية) الاختلاف المركزي للدائرة .
3. خطأ الانزلاق أو الزحف لركيزة الجهاز (عدم استقرار الجهاز) .
4. عدم تعامد المحاور الرئيسة الثلاث للجهاز (الأفقية والعمودية وخط النظر) مع بعضها.
5. عدم تساوي تدريجات الدائرة الأفقية والعمودية .

ب- الأخطاء الشخصية : وترجع إلى قدرة الراصد (المساح) وخبرته :

1. عدم الدقة في التسامت أو الأفقية (التعديل المؤقت للجهاز) .
2. خطأ في أعداد وقراءة الورنية .
3. عدم إزالة الزوغان (خطأ في عملية التطبيق) والذي ينتج عنه التسديد الخاطئ .
4. استعمال العمل الميداني العشوائي ، وعدم دقة القياس (الرصد) .
5. خطأ تثبيت الزوايا في سجل القراءات .

ج- **الأخطاء الطبيعية :**

1. درجات الحرارة العالية التي تؤدي إلى تمدد أجزاء معينة مثل (الدوائر) في الجهاز .
2. بسبب شدة الرياح .
3. اختلاف في درجات انكسار الضوء .

أسئلة الفصل الرابع

س 1 / عرف ما يأتي :

1. جهاز الثيودولايت
2. الزوغان
3. عملية التسامت
4. الفقاعة الأنبوبية
5. الشعيرات المتقاطعة
6. مبدأ التقليب
7. البوصلة
8. الوجه الأيسر

س 2 / يستعمل جهاز الثيودولايت في العديد من التطبيقات ، عددها ؟

س 3 / كيف تُقاس الزاوية الأفقية بطريقة الرصد المنفرد ؟

س 4 / علل ما يأتي :

1. حدوث الاختلاف المركزي في جهاز الثيودولايت ؟
2. رصد الزاوية الأفقية بطريقة الاتجاه أسرع من طريقة التكرار علمياً وحسابياً ولكنها أقل دقة ؟
3. يجب تخلص الراصد من الزوغان قبل رصد النقاط ؟
4. عند رصد الزوايا بالوضعين (المتياسر والمتيامن) يُؤخذ المعدل للقراءات ؟

س 5 / حول زاوية السمت (200º 30′ 00″) إلى زاوية رأسية ، مع رسم مخطط لهما ؟

س 6 / حول الزاوية الرأسية (+ 60º 40′ 00″) إلى زاوية السمت ، مع رسم مخطط لهما ؟

س 7 / جد معدل قياس الزاوية الأفقية AOB إذا كانت القراءة بالوضع المتياسر (50º 20′ 16″) والقراءة بالوضع المتيامن (230° 20′ 12″) ؟

س 8 / جد معدل قياس الزاوية الأفقية المرصودة بطريقة التكرار إذا كانت القراءات كما بالجدول أدناه :

الجواب : (20º 10′)

Angle	N. of Rep.	Reads
ABC	1	20° 10′
	2	40° 25′
	3	60° 33′
	4	80° 42′
	5	100° 50′
	6	120° 60′

الفصل الخامس

المضلعات

Traversing

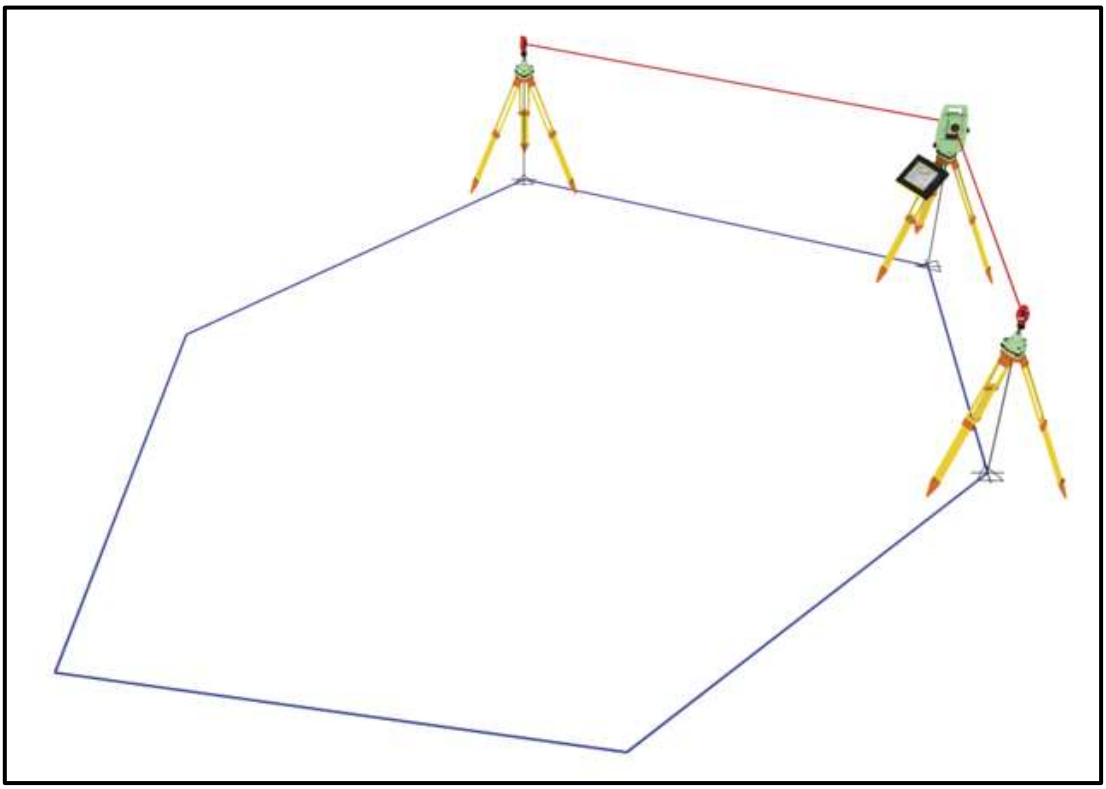
الاهـداف:

سيتعرف الطالب في نـهاية الفصل على ما يلي:

1. أنواع المضلعات .
2. تصحيح الزوايا في المضلعات .
3. حساب الاتجاهات في المضلعات .
4. تصحيح الأطوال في المضلعات .
5. كيفية حساب الإحداثيات .
6. تصحيح الأطوال والاتجاهات في المضلعات .

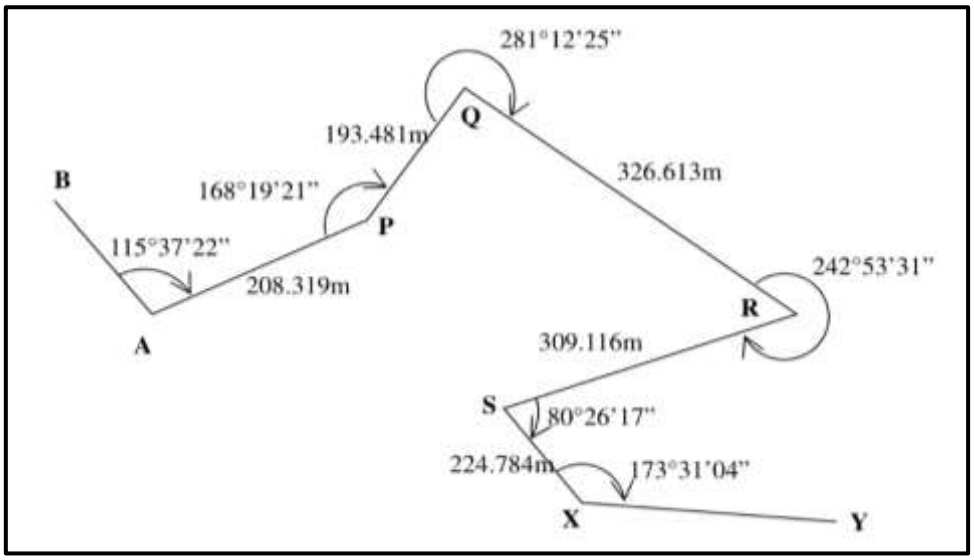
1-5 المضلعات Traversing

تضم أعمال المساحة العديد من العمليات الحقلية والمكتبية والتي تهدف إلى تكوين الهيكل الأساسي للمنطقة المراد مسحها والتي يقام عليها المشروع الهندسي لاحقا. تقع هذه العمليات المساحية من ضمن مجموعة من الشبكات المساحية الهندسية والتي تشتمل على قياس الزوايا والاتجاهات والمسافات لغرض حساب إحداثيات الهيكل العام للمشروع وتكون هذه الشبكات على أنواع متعددة ومنها شبكات التثليث triangulation وشبكات التسوية leveling بالإضافة إلى شبكات التضليع أو المضلعات Traversing وهي محور حديثنا هنا. ولذا يمكن تعريف **المضلعات** على إنها شبكات المساحة الخاصة بقياس الزوايا والمسافات بين مجموعة من النقاط المعلومة الإحداثيات (نقاط السيطرة الأفقية والرأسية) والمجهولة الإحداثيات والمراد حساب إحداثياتها أو تصحيحها عن طريق شبكات التضليع. حيث يهدف العمل في إنشاء هذه الشبكات إلى حساب إحداثيات النقاط المجهولة على الأرض وتوسيع شبكة الضبط الأرضي لتشمل كل مساحة الأرض الأفقية للمشروع ، لاحظ الشكل (1-5). تستعمل عادة الأجهزة المساحية التقليدية كالثيودولايت Theodolite في حساب الزوايا بينما يستعمل شريط القياس في حساب المسافات في المضلعات، أو يستعمل حديثا جهاز المحطة المتكاملة Total Station لحساب الزوايا والمسافات معاً وأداء نفس الغرض.



الشكل (1-5) شبكة تضليع Traverse

يتكون المضلع traverse من مجموعة من الخطوط المرتبطة ببعضها بنقاط محددة تمثل محطات المضلع Traverse Stations ، إذ تُقاس أضلاع المضلع عبر قياس المسافات والزوايا الأفقية Horizontal angles بين محطات المضلع المتجاورة ، لاحظ الشكل (2-5).



الشكل (2-5) شبكة تضليع Traverse يظهر فيها قياس المسافات والزوايا الأفقية بين محطات المضلع

يُعد العمل الحقلي في شبكات التضليع هو الجزء الأهم في العمل المساحي ، الذي يشتمل على قياس الزوايا والأطوال بين النقاط التي تم استطلاعها قبل بدأ العمل والتي تكون مثبتة بعلامات واضحة على الأرض ومرتبطة مع بعضها لتشكل أركان شبكة المسح. من الأمور المهمة في شبكات التضليع هو أن تكون الشبكة مقفلة أي بمعنى إنه يبدأ العمل بنقطة معلومة الموقع وينتهي بنقطة معلومة ، كأن نبدأ بنقطة ونقفل الشبكة على نفس النقطة ، أو نبدأ بنقطة معلومة ونقفل الشبكة بنقطة معلومة اخرى. ويُعد الغرض الأساسي من عملية الإقفال هو اكتشاف الأخطاء في قياسات الزوايا والمسافات المقاسة في الشبكة ومعالجتها مكتبيا فيما بعد على وفق علاقات هندسية خاصة. وتكون عملية القياس إذا ما كان المضلع مقفلا كالآتي :

1. تُقاس المسافات بين محطات المضلع مرتين على الأقل ويؤخذ المعدل كقيمة معتمدة.
2. تُقاس الزوايا الداخلية والخارجية للمضلع، ويقفل الأفق للتأكد من دقة القياسات وحساب الأخطاء .
3. يتحسب مجموع الزوايا الداخلية لشبكة التضليع $\sum \emptyset$ ويحسب مقدار خطأ الإقفال E ، الذي يمثل الفائض في قياس الزوايا الداخلية للمضلع عن قيمة ثابتة تحدد بقانون وكالآتي :

$$\sum \emptyset = (N - 2) \times 180 \mp E \ldots\ldots\ldots (1-5)$$

إذ إن :

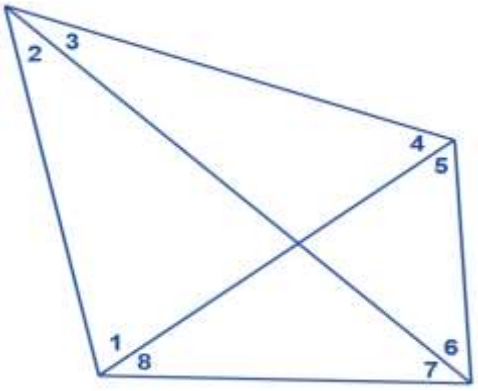
N : تمثل عدد أضلاع شبكة التضليع.

E : يمثل خطأ الإقفال (أي الخطأ المحسوب في قياسات الزوايا الداخلية لشبكة التضليع).

يُعد الهدف الأساسي من أعمال شبكات التضليع هو تكوين نقاط مترابطة من شبكات السيطرة الأفقية Horizontal control networks بنظام إحداثيات محلي أو عالمي موحد ، ويمكن الاستفادة منها في الكثير من التطبيقات الهندسية ومنها:

1. **المسح الطوبوغرافي Topographic Surveying :** تستعمل المضلعات في تثبيت مواقع الظواهر الطبيعية والاصطناعية على الأرض بحساب المواقع الأفقية لها بنظام إحداثيات موحد وإنتاج الخراط الطوبوغرافية منها.
2. **المسح الكادسترائي Cadastral Surveying :** تستعمل شبكات التضليع في تثبيت حدود الملكيات والدور السكنية والاراضي الزراعية في دور الطابو والافراز وحل نزاعات الملكية وحساب المساحات للوحدات السكنية والزراعية بدقة عالية.
3. **مسح الطرق Road and transportation Surveying :** تستعمل شبكات التضليع في وضع المخططات الأساسية لمسار الطريق والمحرمات والخدمات الخاصة به سواء أكانت طرق سريعة أو عامة أو داخلية بالإضافة إلى مسارات الأنفاق والسكك الحديدية وغيرها.
4. **المسح الانشائي Structural Surveying :** تستعمل شبكات التضليع لهذا النوع من المسح في أعمال المباني والمنشآت الضخمة كالجسور والمجمعات السكنية في تثبيت الهيكل العام للمشروع وحساب الكميات الترابية بالإضافة إلى الحسابات اللازمة لعمليات التسقيط .

مثال (5 – 1): احسب مقدار خطأ الإقفال في زوايا شبكة التضليع المرفقة في أدناه ؟



الزاوية	قيمتها
1	84° 07′ 59″
2	40° 10′ 36″
3	16° 11′ 20″
4	39° 29′ 53″
5	75° 03′ 02″
6	49° 15′ 28″
7	30° 05′ 21″
8	25° 36′ 25″

الحل: يمكن حساب خطأ الإقفال في قياسات زوايا المضلع عن طريق :

أولاً : حساب مجموع الزوايا الداخلية فيه عن طريق عملية الجمع وكما يأتي :

84° 07′ 59″

40° 10′ 36″

16° 11′ 20″

39° 29′ 53″

75° 03′ 02″

49° 15′ 28″

30° 05′ 21″

25° 36′ 25″

——————— +

358° 116′ 244″

إذ بعد أن يتم القيام بجمع الدرجات والدقائق والثواني لجميع الزوايا في الشبكة ، سنحصل على المجموع الكلي للزوايا الداخلية ، وكما موضح سابقا . ولكن لكون الدرجة تتكون من 60′ والدقيقة من 60″ عندها يجب تقريب الدقائق إلى درجات واضافتها للدرجات الاصلية عن طريق عملية الطرح وكالآتي :

116′

60′

———————— –

56′

هذا يعني أن في 116′ هناك درجة واحدة = 60′ والمتبقي هو 56′ ، لذا ستضاف هذه الدرجة إلى مجموع الدرجات الاصلي لتصبح 359° وتصبح الدقائق المتبقية هي 56′ .

بنفس الطريقة يتم تحويل الثواني إلى دقائق وتضاف للدقائق المحسوبة في الخطوة السابقة عن طريق عملية الطرح وكما يأتي :

244″

4 × 60″ = 240″

———————— –

04″

حيث نلاحظ أن 244″ تحتوي على 4′ والتي تمثل بمجموعها 240″ بالإضافة إلى4″ فائضة. لذا تضاف الـ 4′ إلى الدقائق المحسوبة ويترك المتبقي من الثواني ليصبح مجموع الزوايا الداخلية لزوايا المضلع هو:

359° 60′ 04″

وبما أن الـ 60′ هي تساوي 1° عندها ستكون مجموع الزوايا الداخلية للمضلع هي :

360° 00′ 04″

ولحساب خطأ الإقفال يمكن تطبيق القانون الآتي :

$$\sum \emptyset = (N - 2) \times 180 \pm E$$

$$360° 00′ 04″ = (4 - 2) \times 180 \pm E$$

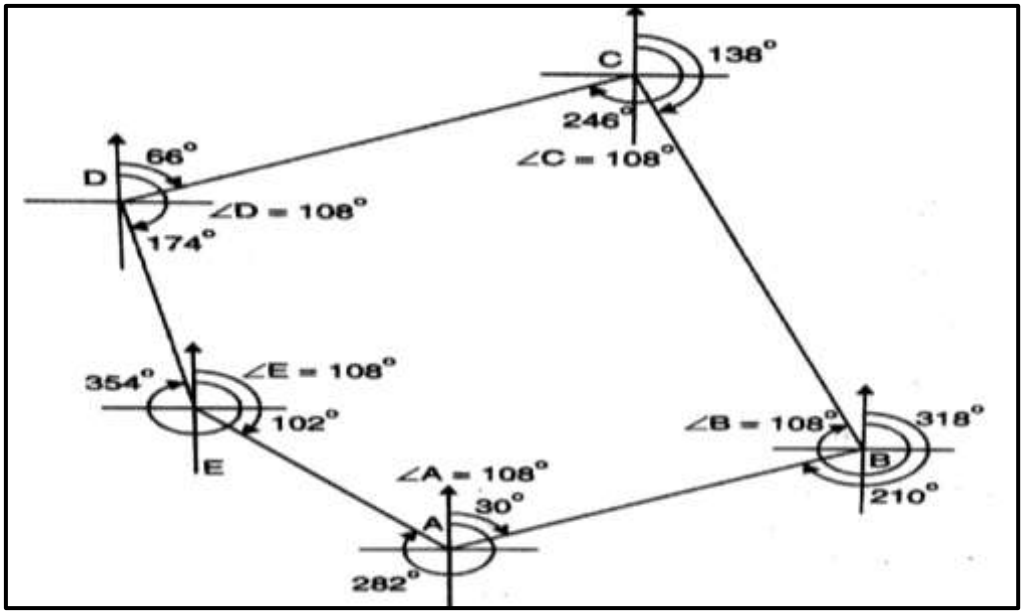
$$360° 00′ 04″ = 360° \pm E$$

وبما أن مجموع الزوايا الداخلية لأي شكل رباعي (ذي اربعة أضلاع) يجب أن يكون مساوياً لـ 360° فعليه سيكون الفائض عن هذه القيمة هو خطأ ناتج عن قياسات الزوايا ومن ثم فإن خطأ الإقفال E للمضلع سيكون مساوياً إلى 04″ فقط .

2-5 أنواع المضلعات Traverse Types

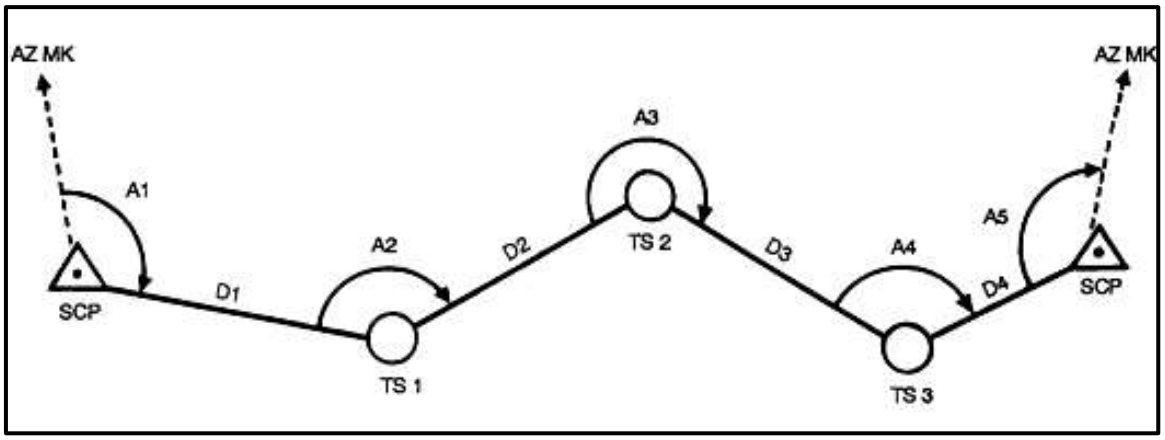
نظراً لأهمية المضلعات في أعمال المساحة فهي تستعمل بشكل واسع وكبير في الكثير من التطبيقات الهندسية ولذلك لابد من التعرف على أنواع هذه المضلعات ومميزاتها. تقسم المضلعات أو شبكات التضليع في أعمال المساحة إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي :

1. المضلع المغلق Closed Traverse : وهو المضلع الذي يبدأ بنفس النقطة وينتهي بها ، بمعنى أنه يكون مضلعاً مغلقاً هندسيا يخضع للعلاقات الرياضية الخاصة بالأشكال الهندسية المنتظمة ، ويمكن بسهولة حساب خطأ الإقفال الذي يمثل الخطأ في قياس المسافات والزوايا ، وكما وضحنا في الفقرة السابقة ، لاحظ الشكل (3-5).



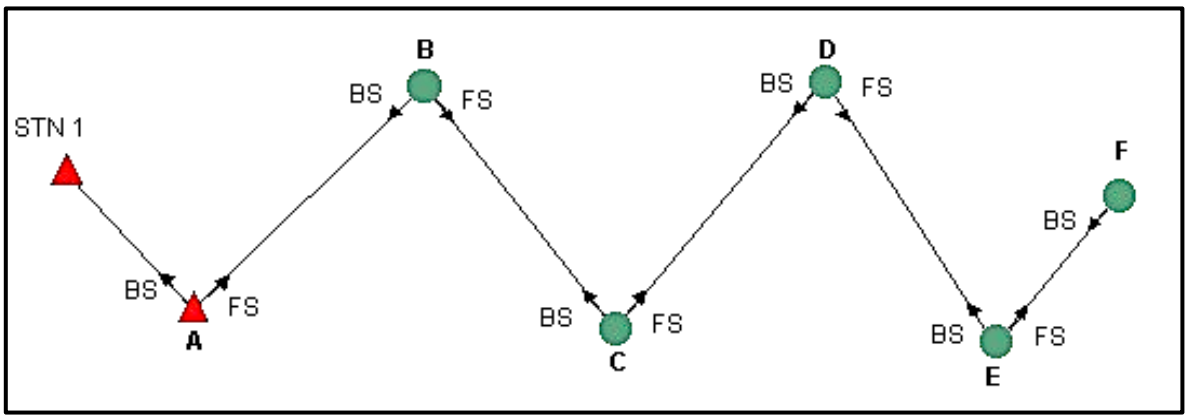
الشكل (3-5) المضلع المغلق Closed Traverse

2. المضلع الرابط أو الموصول Link Traverse : وهو مضلع مفتوح ولكنه يبدأ بنقطة معلومة وينتهي بنقطة معلومة أخرى تختلف عن نقطة البداية. وفي هذا النوع من المضلعات يمكن أيضا حساب الأخطاء في قياس الزوايا والمسافات عبر حساب الفروقات بين إحداثيات نقطة البداية ونقطة النهاية لكونهما نقطتي ضبط أرضي معلومتي الإحداثيات ، لاحظ الشكل (4-5).



الشكل (5-4) المضلع الرابط أاو الموصول Link Traverse

3. المضلع المفتوح Open or Free Traverse : وهو النوع الثالث من أنواع المضلعات الذي يُعد أقلها رصانة ودقة لكونه لا يشترط أن ينتهي بنقطة معلومة، ولذا يصعب تصحيح القياسات بين محطاته ، لاحظ الشكل (5-5).



الشكل (5-5) المضلع المفتوح Open or Free Traverse

بناءً على الأنواع سابقة الذكر يُعد المضلع المغلق هو أكثر أنواع المضلعات انتشارا واستعمالا في أعمال المساحة وذلك لأنه يوفر حسابات دقيقة يمكن عن طريقها تصحيح القياسات الزاوية والطولية من ضمن الشبكة عبر حساب أخطاء الإقفال فيها ومعالجتها (إما بتوزيع الأخطاء احصائيا أو رفض القياسات) ومن ثم الحصول على إحداثيات نقاط أفقية دقيقة ومصححة وإنتاج خرائط أكثر دقة وموثوقية في المشاريع الهندسية عالية الدقة. أما النوع الثاني من أنواع المضلعات والمسمى بالمضلع الموصول فيُعد أقل اعتمادا من النوع الأول ولكنه ينتج إحداثيات موثوقة أيضا يمكن استعماله في مشاريع الطرق والري والكهرباء وغيرها. أما فيما يتعلق بالنوع الثالث من أنواع المضلعات فتعد المضلعات المفتوحة هي أقل أنواع المضلعات استعمالاً في الأعمال المساحية وهي غير مرغوبة لعدم موثوقية بياناتها وعدم القدرة على تصحيح قياساتها نسبة إلى المعايير الهندسية الثابتة. واستنادا لهذه الحقائق سيتم التركيز على

النوع الأول من أنواع المضلعات في تصحيح القياسات الزاوية والطولية في شبكات التضليع وإنتاج بيانات وإحداثيات مصححة للأعمال الهندسية الدقيقة والمعتمدة ، وكما سيرد في المواضيع اللاحقة.

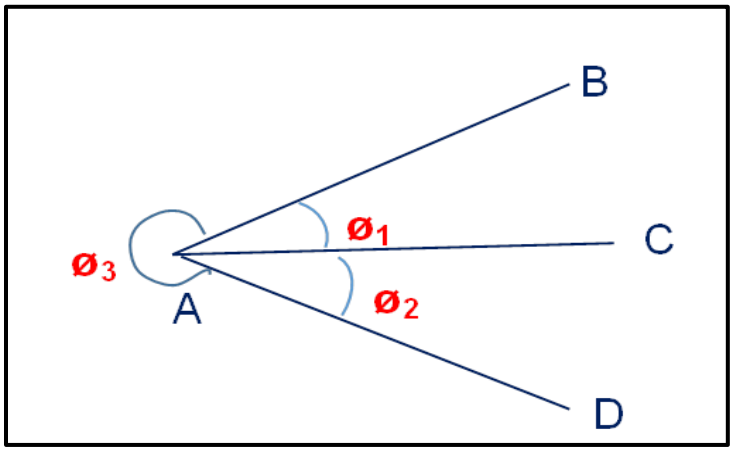
3-5 تصحيح الزوايا وحساب الاتجاهات

Angle Corrections and Direction Calculations

تتعرض الزوايا المقاسة في المضلعات المغلقة إلى أخطاء من مصادر مختلفة ولذلك لابُد من تصحيح هذه الأخطاء ومعالجتها لغرض الحصول على إحداثيات دقيقة لمحطات شبكة التضليع. هناك نوعان من التصحيحات التي تحتاجها القياسات الزاوية في شبكات التضليع وهي:

1. تصحيح المحطات Station Adjustment في شبكة التضليع: تتمثل هذه التصحيحات بالإضافات الجبرية اللازمة لجعل القياسات الزاوية تخضع لعلاقات هندسية ثابتة. هذا يعني أن هذه التصحيحات تمثل التصحيحات اللازمة لجعل مجموع الزوايا في افق كل محطة من محطات الشبكة مساوياً لـ 360° وأي فرق في مجموع الزوايا الأفقية لكل محطة عن الـ 360° يجب ان يوزع على الزوايا المقاسة في تلك المحطة.

فلو تطلب الأمر وضمن شبكة تضليع معينة قياس الزاويتين $Ø_1$ و $Ø_2$ ست مرات لكل منهما على سبيل المثال كما في الشكل (5-6) ، فعليه ولغرض اجراء التصحيح للمحطة A يجب أيضا قياس الزاوية $Ø_3$ وقفل الأفق بهذا القياس حتى تجمع الزوايا الثلاث في أفق محطة A ومقارنتها بالعلاقة الهندسية التي تنص على ضرورة أن يكون مجموع الزوايا في الأفق يساوي 360° تماما ، وأي انحراف عن هذه القيمة يسمى بخطأ الإقفال ، وكما ذكرنا سابقا ، ويجب تصحيح الأخطاء الناتجة في قياسات كل محطة بناءً على هذه القاعدة لضمان تصحيح جميع المحطات ضمن شبكة التضليع الواحدة.



الشكل (5-6) تصحيح محطات شبكات التضليع عبر إقفال الأفق

وعليه يمكن أن يكون مقدار الخطأ من ضمن الحدود المقبولة والذي تحدده معايير مختلفة ، أهمها دقة الجهاز المستعمل أو عندما يكون الخطأ خارج هذه الحدود ، فعندها يتم رفض القياسات ويعاد قياسها مرة أخرى.

فمثلا لو تم قياس الزوايا في الشكل (5-6) باستعمال جهاز الثيودولايت التكراري ، وكانت دقة الجهاز هي $\pm 30''$ فعليه سيكون خطأ الإقفال للأفق في المحطة A هو $52''$ وكما يأتي :

$$ø_1 + ø_2 + ø_3 = 360° \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2\text{-}5)$$

$$\sum ø = 360° \pm 30''\sqrt{3} = 360° \pm 30'' \times 1.73 = 360° \pm 52''$$

أما إذا استعمل ثيودولايت الاتجاه في قياس زوايا محطة التضليع A بدلا من الثيودولايت التكراري فعندها لا توجد حاجة لإقفال الأفق لغرض الحصول على قياسات دقيقة ، لأن طبيعة عمل قياس الاتجاه تحتاج لأخذ طاقمين للقياس أو أكثر لغرض المحافظة على الدقة. أما إذا كان العمل يتطلب التحقق من دقة القياسات بإقفال الأفق فينبغي عندها التمييز بين المحطات عبر إعطاءها اوزاناً مختلفة في الحساب. فقياس الزاويتين $ø_1$ و $ø_2$ في الشكل (5-6) جاء عن طريق تسديد الجهاز نحو كل من المحطات B, C & D مرتين بوجهين مختلفين (راجع الفصل الرابع). فعند إقفال الأفق وقياس الزاوية $ø_3$ تطلب التسديد بالجهاز مرتين إضافيتين على كل من المحطتين B & D وعليه يجب إعطاء وزناً أكبر لكل من المحطتين B & D مقارنة بالمحطة C الذي يجب ان يُؤخذ بالحسبان عند التصحيح وتوزيع خطأ الإقفال.

2. تصحيح الشكل Figure Adjustment في شبكة التضليع : تشمل هذه التصحيحات توزيع الفروقات الناتجة من جمع الزوايا الداخلية للمضلع ، التي تخضع للقانون الآتي :

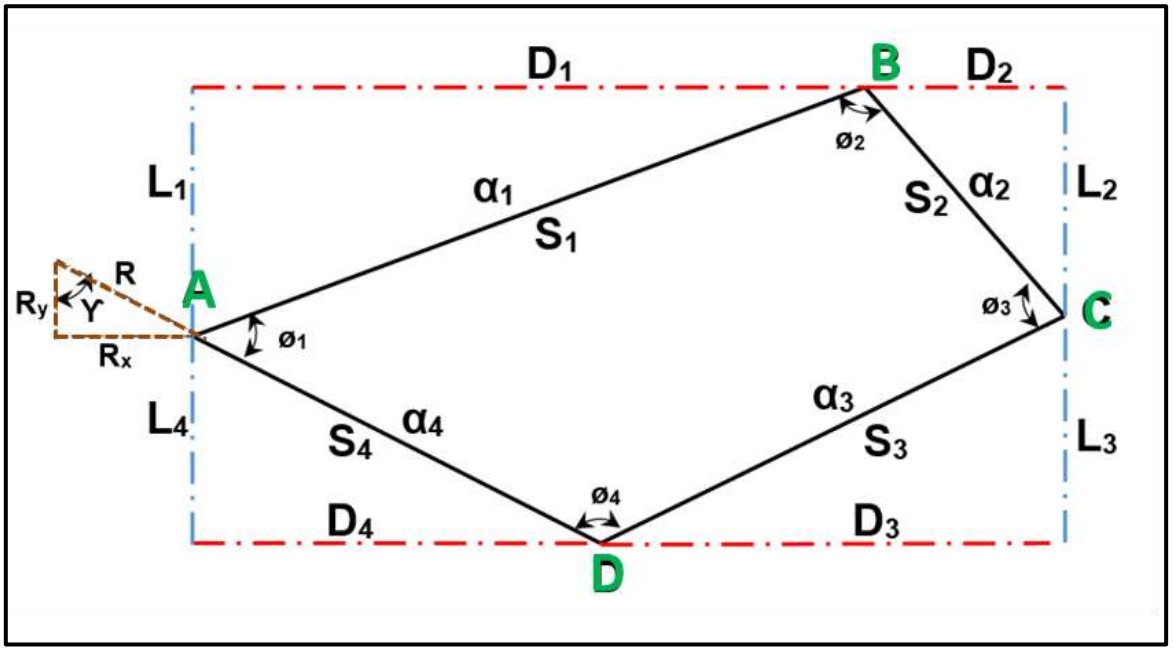
$$(N - 2) \times 180° \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}5)$$

والذي تم ذكره سابقا عند حساب الزوايا الداخلية حيث N تمثل عدد الأضلاع في المضلع. حيث يجب أن يكون توزيع التصحيحات بالتساوي بين جميع الزوايا (هناك طرائق أخرى أكثر دقة ولكنها أكثر تعقيداً وليست مدار حديثنا هنا).

وبعد إجراء التصحيحات من النوعين في اعلاه من ضمن شبكة التضليع ، يصار إلى حساب اتجاه محدد لأحد الأضلاع ثم تحسب بقية الاتجاهات لجميع الأضلاع الأخرى تباعا وستصبح الشبكة مصححة هندسيا بناءً على تصحيح الزوايا وحساب الاتجاهات الجديدة فيها.

5 - 4 تصحيح الأطوال Length Corrections

بما أن الزوايا في شبكات التضليع تتعرض للأخطاء في القياسات وكما ذكرنا سابقا ، فعليه ستكون الأطوال عرضة لهذه الأخطاء أيضا لكونها تعتمد عليها. وعليه ستعتمد الأطوال المصححة في شبكات التضليع على الزوايا المصححة فيها وعلى مقدار الخطأ المتراكم عند إقفال الشبكة، والذي اسميناه خطأ الإقفال Error of Closure . يمكن قياس خطأ الإقفال من خلال تحليل الأضلاع إلى مركباتها الأفقية Departures والرأسية Latitudes وذلك عن طريق ضرب الضلع رياضيا بجيب الاتجاه لحساب المركبة الأفقية وضربه بجيب تمام الاتجاه لحساب المركبة الرأسية. إذ أن المجموع الجبري للمركبات الأفقية يمثل المركبة الأفقية لخطأ الإقفال ، بينما يمثل المجموع الجبري للمركبات الرأسية، المركبة الرأسية لخطأ الإقفال، لاحظ الشكل (5-7). ملاحظة : الطريقة المذكورة في أدناه للاطلاع لصعوبة تطبيقها من قبل الطالب لعدم توفر الحاسبة الإلكترونية .



الشكل (5-7) المركبات الأفقية والرأسية في شبكات التضليع

حيث ان:

$S_1 , S_2 , \dots S_n$ تمثل المسافات المقاسة بين المحطات في شبكة التضليع .

$\alpha_1 , \alpha_2 , \dots \alpha_n$ تمثل الاتجاهات المقاسة بين المحطات في شبكة التضليع .

$D_1 , D_2 , \dots D_n$ تمثل المركبات الأفقية للأضلاع في شبكة التضليع .

$L_1 , L_2 , \dots L_n$ تمثل المركبات الرأسية للأضلاع في شبكة التضليع .

R : يمثل مقدار خطأ الإقفال .

R_x : يمثل المركبة الأفقية لخطأ الإقفال .

R_y : يمثل المركبة الرأسية لخطأ الإقفال .

ويمكن حساب هذه المركبات رياضيا كالآتي :

$$D_i = S_i \times \sin \alpha_i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4\text{-}5)$$

$$L_i = S_i \times \cos \alpha_i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5\text{-}5)$$

$$R_x = \sum D_i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}5)$$

$$R_y = \sum L_i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7\text{-}5)$$

وعندها يمكن حساب محصلة خطأ الإقفال كالآتي :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \frac{R_x}{\cos \gamma} = \frac{R_y}{\cos \gamma} \ldots\ldots \quad (8\text{-}5)$$

إذ تمثل γ اتجاه خطأ الإقفال ويمكن حسابها كالآتي :

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{R_x}{R_y}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9\text{-}5)$$

يُحسب الخطأ النسبي في الأطوال في شبكة التضليع عن طريق قيمة خطأ الإقفال وكالآتي :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{(\sum S)/R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10\text{-}5)$$

إذ ان الخطأ النسبي يمثل الدقة المستحصلة في قياسات الأطوال في شبكة التضليع ويتم من خلاله تقييم العمل. فإذا ما كان خارج حدود الدقة المطلوبة يتم رفض القياسات ويعاد العمل الحقلي من جديد. أما إذا كانت الدقة مقبولة فيوزع خطأ الإقفال على جميع الأطوال المقاسة كل بحسب طوله ، بحيث يكون المجموع الجبري للمركبات الأفقية والرأسية يساوي صفراً .

يمكن تصحيح الأضلاع بعدة طرائق نذكر منها هنا ما يسمى بقاعدة الـ Compass والتي يمكن تطبيقها على جميع الأضلاع على أن تخضع للقاعدة الآتية :

نسبة التصحيح المعطاة لكل مركبة ضلع من الأضلاع إلى طول ذلك الضلع تساوي النسبة بين مركبة خطأ الإقفال إلى مجموع أضلاع شبكة التضليع وكالآتي :

1. المركبات الأفقية :

$$\frac{C_{D_i}}{S_i} = \frac{R_x}{\sum S}$$

$$\rightarrow C_{D_i} = \frac{R_x}{\sum S} \times S_i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11\text{-}5)$$

2. المركبات الرأسية :

$$\frac{C_{L_i}}{S_i} = \frac{R_y}{\sum S}$$

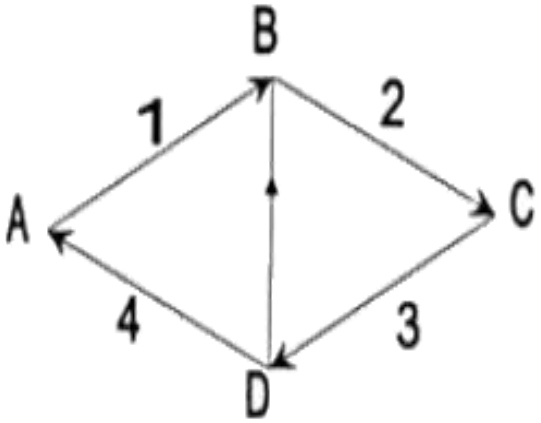
$$\rightarrow C_{L_i} = \frac{R_y}{\sum S} \times S_i \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12\text{-}5)$$

حيث:

C_{D_i} : يمثل مقدار التصحيح الذي يعطى للمركبة الأفقية لكل ضلع من أضلاع الشبكة .

C_{L_i} : يمثل مقدار التصحيح الذي يعطى للمركبة الرأسية لكل ضلع من أضلاع الشبكة .

مثال (5 - 2) : صحح شبكة التضليع المغلقة في أدناه بطريقة تصحيح الأضلاع (للاطلاع).



الضلع	الاتجاه	الطول بالمتر
AB	39° 22′ 56″	1742.125
BC	135° 01′ 34″	1364.697
CD	225° 19′ 24″	1255.138
DA	293° 03′ 55″	1275.636

الحل:

يمكن حساب التصحيح لكل ضلع من أضلاع الشبكة عن طريق اتباع الخطوات الآتية :

1. حساب المركبات الأفقية والرأسية لكل ضلع من الأضلاع وكما يأتي :

$$D_i = S_i \times \sin \alpha_i$$

$$L_i = S_i \times \cos \alpha_i$$

عندها ستكون قيم المركبات كما يأتي :

الضلع	المركبة الأفقية D	المركبة الرأسية L
AB	1105.362	1346.542
BC	964.547	− 965.426
CD	− 892.511	− 882.494
DA	− 1177.341	501.335

2. نحسب خطأ الإقفال واتجاهه عن طريق جمع المركبات الأفقية والرأسية وحساب مركبات خطأ الإقفال وكما يأتي :

$$R_x = \sum D_i = 0.057$$

$$R_y = \sum L_i = - 0.043$$

ثم نحسب خطأ الإقفال كالآتي :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 0.071$$

واتجاهه كالآتي :

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{R_x}{R_y}\right) = 52.97°$$

3. حساب التصحيح للمركبات الأفقية والرأسية وكما يأتي :

$$C_{D_i} = \frac{R_x}{\sum S} \times S_i$$

$$C_{L_i} = \frac{R_y}{\sum S} \times S_i$$

لتصبح التصحيحات كما هو مدرج في الجدول في أدناه :

الضلع	تصحيح المركبة الأفقية C_D	تصحيح المركبة الرأسية C_L
AB	0.013	− 0.009
BC	0.010	− 0.008
CD	0.009	− 0.007
DA	0.009	− 0.007

علما أن جميع القياسات هي بوحدات المتر تبعا لوحدات القياس في المثال المعطى.

5-5 حساب الإحداثيات Coordinates Calculations

بعد ان يتم حساب خطأ الإقفال وتُصحح مركبات الأضلاع في شبكة التضليع كما ذكرنا سابقا، سيحدث تغييراً في مواقع محطات الشبكة المرصودة بعد هذا التصحيح لذلك يصار إلى حساب مواقع جديدة لهذه المحطات عبر حساب إحداثياتها، والتي تمثل مواقع النقاط على الأرض بنظام إحداثي حقيقي أو مفترض. ويكون ذلك عن طريق الجمع الجبري للمركبات المصححة ، فتحسب مواقع النقاط الجديدة الواردة في الشكل (5-7) كالآتي :

$$X_B = X_A + D_1 \quad \text{..... (13-5)} \qquad ، \qquad Y_B = Y_A + L_1 \quad \text{..... (14-5)}$$

وهكذا ستكون حسابات بقية الإحداثيات لمحطات الشبكة المصححة والواردة في الشكل (5-7) كالآتي :

$$X_C = X_B + D_2 \qquad Y_C = Y_B + L_2$$

$$X_D = X_C + D_3 \qquad Y_D = Y_C + L_3$$

$$X_A = X_D + D_4 \qquad Y_A = Y_D + L_4$$

حيث:

XA , YA تمثل موقع النقطة الأولى في شبكة التضليع .

$D_1 , D_2 , \dots D_n$ تمثل المركبات الأفقية المصححة للأضلاع في شبكة التضليع .

$L_1 , L_2 , \dots L_n$ تمثل المركبات الرأسية المصححة للأضلاع في شبكة التضليع .

من الملاحظات المهمة التي يجب مراعاتها جيدا عند حساب الإحداثيات بعد عملية التصحيح هي اخذ الإشارة الجبرية بنظر الاعتبار، لأن الحسابات تعتمد على قياسات الاتجاهات والتي من الممكن أن تكون في أي اتجاه من الاتجاهات الأربعة، وتتغير بتغير موقع المحطة نسبة إلى المحطة التي تسبقها. علما أن الطريقة المذكورة للاطلاع لصعوبة تطبيقها من قبل الطالب في حال عدم توفر الحاسبة الإلكترونية.

مثال (5 – 3) : احسب إحداثيات نقطة T عن طريق حساب المركبة الأفقية والرأسية وانطلاقا من نقطة الضبط الأرضي K علما أن الاتجاه والمسافة المقاسة من K إلىT هو كما موضح في الجدول أدناه ، وإذا علمت أن : $\sin(59°\ 14'\ 57'') = 0.4268$ و $\cos(59°\ 14'\ 57'') = 0.9042$

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه
	X	Y		
K	100.00	100.00	500.45	N 59° 14′ 57″ E
T	?	?		

الحل: اولاً : تُحسب المركبات الأفقية والرأسية وكما يأتي :

$$D_i = S_i \times \sin \alpha_i$$

$$= 500.45 \times \sin(59° 14' 57'')$$

$$= 213.59$$

$$L_i = S_i \times \cos \alpha_i$$

$$= 500.45 \times \cos(59° 14' 57'')$$

$$= 452.50 \text{ m}$$

وعليه ستكون إحداثيات نقطة T هي:

$$X_T = X_K + D$$

$$= 100.00 + 213.59 \longrightarrow X_T = 313.59$$

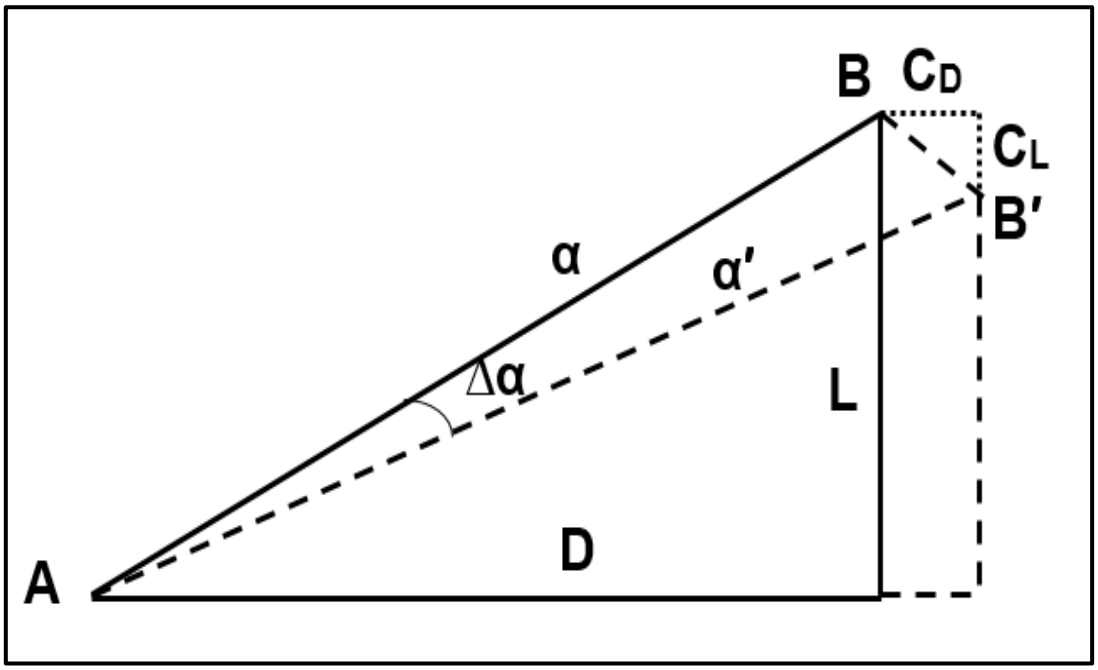
$$Y_T = Y_K + L$$

$$= 100.00 + 452.50 \longrightarrow Y_T = 552.50 \text{ m}$$

5 – 6 تصحيح الأطوال والاتجاهات Directions & Lengths Corrections

أن عملية تصحيح الأطوال والاتجاهات ينتج عنها تغييراً في مواقع النقاط والتي تمثل الإحداثيات المصححة المحسوبة لمحطات شبكة التضليع بعد إجراء التصحيح. فمثلا بالإشارة إلى الشكل (5-8) نلاحظ إن موقع النقطة B يصبح بعد التصحيح B′ وذلك نتيجة إضافة قيمة C_D إلى المركبة الأفقية وطرح قيمة C_L من المركبة الرأسية بعد إجراء عملية التصحيح.

وبناءً على هذه التصحيحات ستتغير مواقع محطات الشبكة حسابيا بعد إجراء التصحيح وتوزيع خطأ الإقفال للتعويض عن الأخطاء المستحصلة في قياس الاتجاهات والأطوال في الشبكة، ولكن تبقى هذه التصحيحات مقبولة إن كانت بقيم صغيرة وخطأ نسبي مقبول بحيث لا تؤثر في مواقع النقاط حقليا والتي تبقى ثابتة. أما إذا كانت الأخطاء خارج إطار الدقة المسموحة فيتم رفض القياسات ويعاد العمل الحقلي لشبكة التضليع من جديد.



الشكل (5-8) تغير مواقع محطات شبكة التضليع بعد عملية التصحيح

عن طريق الشكل (5-8) نلاحظ أن التصحيح في موقع النقطة يتبعه تصحيح في اتجاه الأضلاع التي تربط بين المحطات إذ تغير الاتجاه α ليصبح α′ بعد إجراء عملية التصحيح ليصبح الضلع بين المحطتين A وB مساويا لـ AB′ بعد أن كان AB بعد تدوير الضلع بمقدار Δα.

وبناءً عليه تجرى التصحيحات الحسابية على جميع محطات الشبكة ليتم اغلاق الشكل ويصبح مقفل حسابيا بعد تصحيح جميع الاتجاهات والأضلاع وحساب الإحداثيات الجديدة لجميع محطات الشبكة.

أسئلة الفصل الخامس

س1 / عرف ما يأتي :

1- المضلعات 2 ـ نقاط السيطرة الأفقية 3 ـ الإحداثيات

4 ـ محطات التضليع 5 ـ المركبة الأفقية 6 ـ المركبة الرأسية

7 ـ خطأ الإقفال

س2 / عدد أنواع المضلعات واذكر الفروقات بينها.

س3 / كيف يتم حساب خطأ الإقفال في المضلعات المغلقة ؟

س4 / عدد اهم التطبيقات الهندسية للمضلعات.

س5 / ما هو أكثر أنواع المضلعات استعمالاً ؟ ولماذا ؟

س6 / كيف يتم تصحيح الزوايا في المضلعات ؟

س7 / كيف يتم تصحيح الأطوال في المضلعات بطريقة الـ Compass ؟

س8 / احسب المركبات الأفقية والرأسية للضلع التالي في شبكة التضليع ؟

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه
	X	Y		
A	500.00	500.00	113	N 90°
B				

الجواب : $L = 0$ ، $D = 113$

س9 / احسب إحداثيات نقطة B في السؤال السابق رقم (8).

الجواب : $Y_B = 500$ ، $X_B = 613$

الفصل السادس

الحسابات الأمامية والمعكوسة

Forward and Inverse Calculations

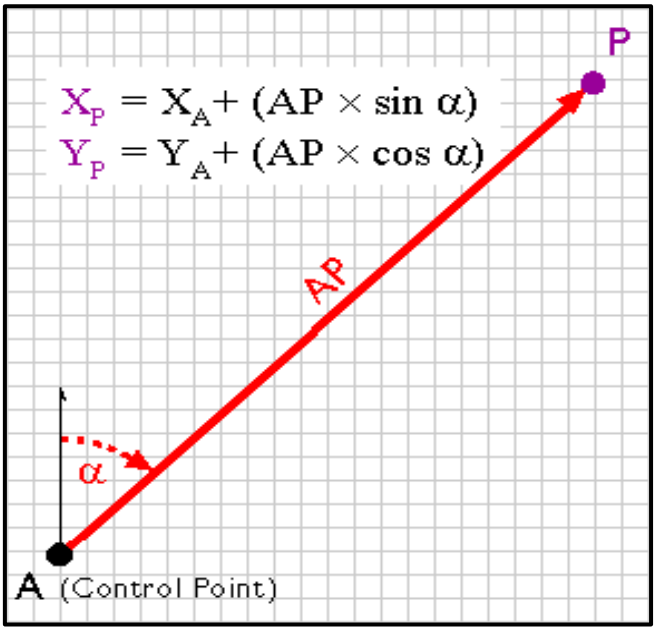
الأهــداف:

سيتعرف الطالب في نهاية الفصل على ما يلي:

1. الحسابات الأمامية في شبكات التضليع .
2. الحسابات المعكوسة في شبكات التضليع .
3. فحص المضلع حسابيا .
4. التصحيح بموازنة الأطوال .

1-6 الحسابات الأمامية Forward Computations

تمثل الحسابات الأمامية العمليات الحسابية التي يتم إجراءها لحساب موقع نقطة مجهولة انطلاقا من نقطة معلومة في حال قياس المسافة والاتجاه بين النقطتين ، كما في الشكل (6-1) .



الشكل (6-1) الحسابات الأمامية

ففي الشكل أعلاه لو كانت النقطة A تمثل نقطة ضبط أرضي وتمتلك الإحداثيات التربيعية (X_A , Y_A) واريد حساب موقع النقطة P وحساب إحداثياتها (X_P, Y_P) وذلك عبر قياس المسافة AP والاتجاه α بين النقطتين فعندئذ يمكن إجراء ذلك حسابيا من خلال تطبيق الحسابات الأمامية Forward Computations كالاتي :

$$X_P = X_A + AP \times \sin \alpha$$

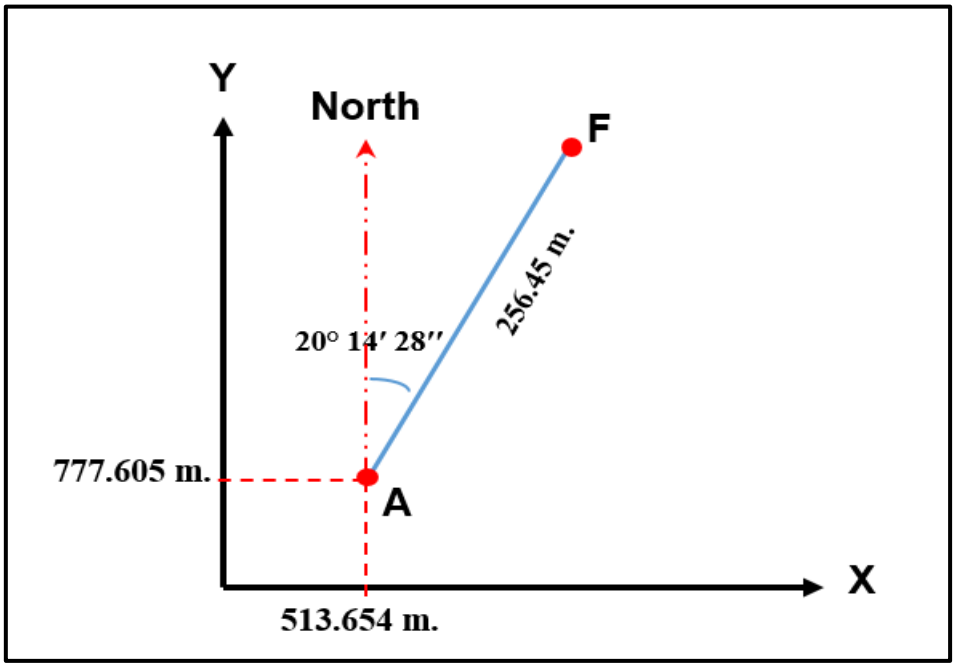
$$Y_P = Y_A + AP \times \cos \alpha$$

ويمكن تطبيق ذلك على جميع محطات شبكة التضليع لحساب إحداثياتها بعد حساب المسافات والاتجاهات بين المحطات المختلفة. علما أنه يجب الالتزام بالإشارة الجبرية سواء أكانت موجبة أو سالبة عند حساب الإحداثيات ، إذ إن ذلك يعتمد على موقع المحطة نسبة إلى الأرباع الأربعة للاتجاه المرصود.

مثال (6 – 1) : احسب إحداثيات نقطة F في الرسم المرفق من عن طريق إجراء الحسابات الأمامية من نقطة A وبحسب القياسات المثبتة في الجدول ؟ إذا علمت ما يأتي :

Sin (20° 14′ 28″) = 0.34559

Cos (20° 14′ 28″) = 0. 9382



المحطة	الإحداثيات (متر)		الطول (متر)	الاتجاه
	X	Y		
A	513.654	777.605	256.45	20° 14′ 28″
F	?	?		

الحل: يمكن إجراء الحل عن طريق تطبيق المعادلات الآتية :

$$X_F = X_A + AF \times \sin\alpha$$

$$= 513.654 + 256.45 \times \sin(20° 14′ 28″)$$

$$= 602.2644$$

$$Y_F = Y_A + AF \times \cos\alpha$$

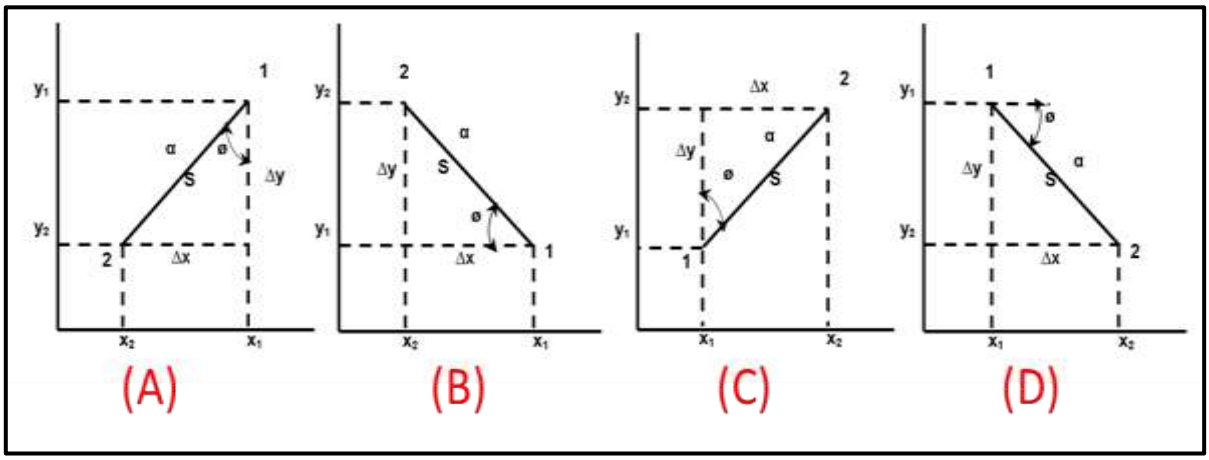
$$= 777.605 + 256.45 \times \cos(20° 14′ 28″)$$

$$= 1018.217$$

2-6 الحسابات المعكوسة Inverse Calculations

تُعد هذه الحسابات هي معكوس الحسابات الأمامية التي تم مناقشتها سابقا ، فهي تختلف عنها في كونها تتمثل بحساب المسافة والاتجاه بين نقطتين معلومتي الإحداثيات التربيعية لهما. فعند حساب إحداثيات المحطات في شبكة التضليع المقاسة حقليا عن طريق الجمع الجبري للمركبات المصححة عندها تتوفر لدينا المواقع الحسابية لهذه المحطات ولكن الأبعاد والاتجاهات بين هذه المحطات ستكون حاوية على الأخطاء وتحتاج إلى تصحيح حسابي آخر لكي تنسجم مع المواقع المصححة حسابيا ، ولذلك ستكون الحسابات المعكوسة هي الحل الأمثل لتصحيح مواقع المحطات وإقفال الشكل حسابياً .

من الناحية الجبرية توجد اربع حالات للحسابات المعكوسة وذلك تبعا لاتجاه الضلع وموقعه من الأرباع الأربعة (وهي طريقة حسابية ستوضح خطواتها التطبيقية بالأرقام فقط لاطلاع الطالب عليها)، لاحظ الشكل (2-6) وكالآتي :



الشكل (2-6) حالات الحسابات المعكوسة

1. الضلع الذي يكون اتجاهه في الربع الجنوبي الغربي من أرباع دائرة الاتجاهات والمتمثل بالحالة A في الشكل (2-6) ، وفيه تكون الحسابات المعكوسة لغرض حساب المسافة بين النقطتين 1 & 2 المعلومتي الإحداثيات والاتجاه من نقطة 2 إلى نقطة 1 كالآتي :

$$X_2 - X_1 = -\Delta X$$

$$Y_2 - Y_1 = -\Delta Y$$

$$\emptyset = \tan^{-1} \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

$$\alpha = \emptyset$$

$$S = \frac{\Delta X}{\sin \alpha} = \frac{\Delta Y}{\cos \alpha} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

2. الضلع الذي يكون اتجاهه في الربع الشمالي الغربي من أرباع دائرة الاتجاهات ، والمتمثل بالحالة B في الشكل (2-6) وفيه تكون الحسابات المعكوسة لحساب المسافة بين النقطتين 1 & 2 المعلومتي الإحداثيات والاتجاه من نقطة 2 إلى نقطة 1 كالآتي :

$$X_2 - X_1 = -\Delta X$$

$$Y_2 - Y_1 = +\Delta Y$$

$$\emptyset = \tan^{-1} \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

$$\alpha = \emptyset + 90$$

$$S = \frac{\Delta X}{\sin \alpha} = \frac{\Delta Y}{\cos \alpha} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

3. الضلع الذي يكون اتجاهه في الربع الشمالي الشرقي من أرباع دائرة الاتجاهات والمتمثل بالحالة C في الشكل (2-6) وفيه تكون الحسابات المعكوسة لحساب المسافة بين النقطتين 1 & 2 المعلومتي الإحداثيات والاتجاه من نقطة 2 إلى نقطة 1 كالآتي :

$$X_2 - X_1 = +\Delta X$$

$$Y_2 - Y_1 = +\Delta Y$$

$$\emptyset = \tan^{-1} \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

$$\alpha = \emptyset + 180$$

$$S = \frac{\Delta X}{\sin \alpha} = \frac{\Delta Y}{\cos \alpha} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

4. الضلع الذي يكون اتجاهه في الربع الجنوبي الشرقي من أرباع دائرة الاتجاهات والمتمثل بالحالة D في الشكل (2-6) ، وفيه تكون الحسابات المعكوسة لحساب المسافة بين النقطتين 1&2 المعلومتي الإحداثيات والاتجاه من نقطة 2 إلى نقطة 1 كالآتي :

$$X_2 - X_1 = +\Delta X$$

$$Y_2 - Y_1 = -\Delta Y$$

$$\emptyset = \tan^{-1} \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

$$\alpha = \emptyset + 270$$

$$S = \frac{\Delta X}{\sin \alpha} = \frac{\Delta Y}{\cos \alpha} = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2}$$

تُجمع الحسابات المعكوسة في شبكات التضليع بجداول خاصة تنظم لهذا الغرض وتسمى بجداول حساب الإحداثيات Traverse Computation Sheets، لاحظ الجدول (6-1).

يمكن استعمال هذه الجداول في الحسابات الأمامية والحسابات المعكوسة وأيضاً التقاطعات بأنواعها (كما سيرد ذكرها لاحقا في الفصل السابع من هذا الكتاب).

الجدول (6-1) يوضح جداول حساب الإحداثيات في شبكات التضليع

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه	الجيب	الجيب تمام
	X	Y				
1	X_1	Y_1	S	α	± Sin α	± Cos α
2	X_2	Y_2	$\frac{\Delta x}{\Delta y}$	ø	± Δx	± Δy

يجب أن يلاحظ الطالب ان α في الحسابات المعكوسة تمثل الاتجاه من النقطة 2 إلى النقطة 1 وليس العكس أي من نقطة 1 إلى 2. لذا يجب الاستعانة بالرسم دائما لتجنب الوقوع في الخطأ في حساب الاتجاه.

مثال (6 – 2): احسب المسافة والاتجاه لنفس النقطتين في المثال 1 عن طريق تطبيق الحسابات المعكوسة ، وبالاستعانة بجداول حساب الإحداثيات (سيكون الحل بمثابة تدقيق لحسابات الطالب والنتائج المعطاة في المثال (6 – 1)) **(للاطلاع)** .

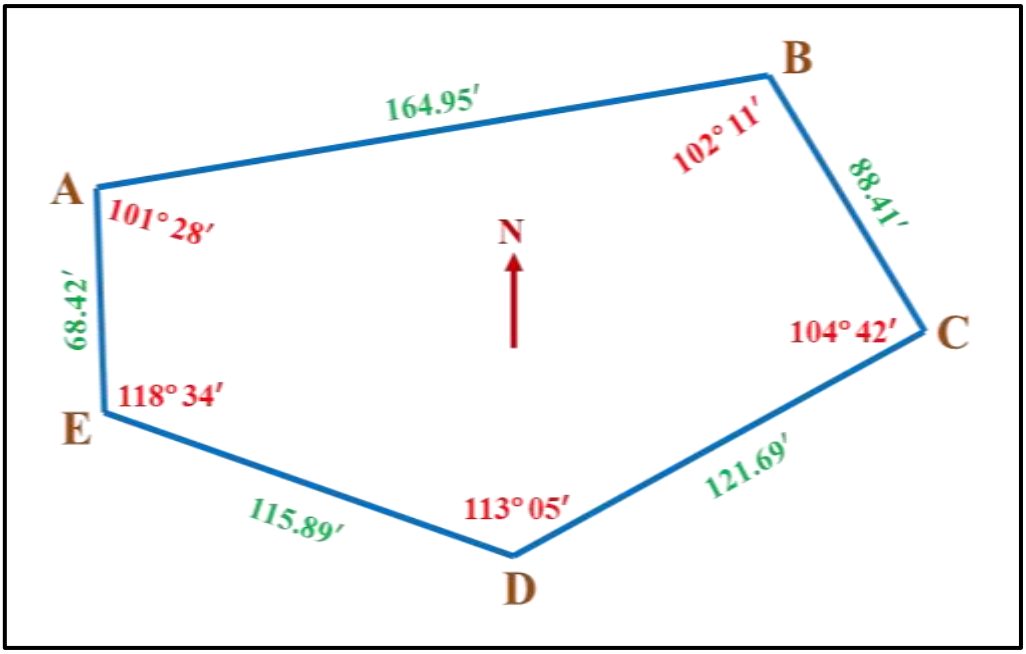
الحل: سيكون الحل باتباع الخطوات السابقة حيث يمثل الحالة رقم 3 عندما يكون الخط في الربع الشمالي الشرقي ، والحسابات ستكون كالتالي عبر تطبيق القيم في جدول حساب الإحداثيات :

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه	الجيب	الجيب تمام
	X	Y				
1	513.654	777.605	256.45	20° 14′ 28″	− 0.345	− 0.938
2	602.2644	1018.217	0.368	N 20° 14′ 28″ E	+ 88.610	+ 240.612

حيث نلاحظ تطابق النتائج مع مثال (6 – 1) .

3-6 فحص المضلع حسابيا Arithmetic Traverse Checking

لو افترضنا أن لدينا شبكة التضليع الموضحة في الشكل (3-6) والتي اعتمدت في حساباتها على الحسابات المعكوسة لحساب الإحداثيات التربيعية لمحطاتها، عندها يجب إجراء الفحص الحسابي للشبكة للتأكد من أن الشكل مقفل حسابيا. يمكن القيام بذلك عبر إجراء الحسابات الأمامية ابتداءً من النقطة الأولى وانتهاءً بها للتأكد من صحة الشكل هندسيا. فمثلا في الشكل (3-6) لو ابتدأت الحسابات من النقطة A مرورا بالنقاط B, C, D & E ثم انتهاءً بالنقطة A مرة أخرى عندها سنتأكد ما إذا كانت الحسابات المعكوسة صحيحة أم لا عن طريق معرفة إحداثيات النقطة A عند إقفال الشكل، وما هو الفرق في إحداثياتها عند البداية لنتأكد أن موقع النقطة A وكذلك مواقع بقية المحطات صحيحة ودقيقة. يمكن ان تتم هذه الحسابات من خلال استعمال جداول حساب الإحداثيات Traverse Computation Sheets المذكورة انفا وبالنسبة للشكل (3-6) ستكون الحسابات كما في الجدول (6 – 2) وكالآتي :



الشكل (6-3) شبكة تضليع مفحوصة حسابيا

الجدول (6-2) يوضح جدول حساب الإحداثيات في شبكة التضليع في الشكل (6-3).

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه	الجيب	الجيب تمام
	X	Y				
A	X_A	Y_A	S_1	α_1	+ Sin α_1	+ Cos α_1
B	X_B	Y_B	S_2	α_2	+ Sin α_2	− Cos α_2
C	X_C	Y_C	S_3	α_3	− Sin α_3	− Cos α_3
D	X_D	Y_D	S_4	α_4	− Sin α_4	+ Cos α_4
E	X_E	Y_E	S_5	α_5	− Sin α_5	+ Cos α_5
A	X_A	Y_A				

إذ يمكن إجراء هذه الحسابات يدويا ، أو باستعمال الحاسبة اليدوية وملء المعلومات في الجدول للتأكد من صحة إقفال الشكل هندسيا عبر حساب إحداثيات محطات الشبكة بواسطة تطبيق الحسابات الأمامية (عدا ذلك تعد الحسابات المذكورة هي للاطلاع فقط).

4-6 التصحيح بموازنة الأطوال Correction by Length Levelling

بالإضافة إلى طرائق تصحيح شبكات التضليع المذكورة في الفصل السابق ، توجد هناك طريقة ترسيمية لتصحيح المضلع ولكن نحتاج فيها إلى إجراء الحسابات المعكوسة لحساب الاتجاهات والمسافات وكذلك إلى الحسابات الأمامية للتدقيق، ولهذا تم تأجيل شرحها ليتم ذكرها في هذا الفصل لأهميتها (علما أن الحسابات المذكورة هي لاطلاع الطالب في حال عدم توفر الحاسبة اليدوية) . تعد هذه الطريقة طريقة ترسيمية وحسابية في آن واحد لتصحيح شبكات التضليع والتي تغير فيها الأطوال فقط بين المحطات من دون المساس بقيم الاتجاهات. لقد جاءت هذه الفرضية على أساس أن الزوايا إذا ما تم قياسها بالثيودولايت ستكون عرضة للأخطاء بدرجة واطئة جدا مقارنة بالأطوال إذا ما تم قياسها باستعمال شريط القياس علما أن هذه الفرضية قد لا تكون صالحة بشكل تام في حالة استعمال جهاز المحطة المتكاملة لقياس الاتجاهات والمسافات حديثا.

تتلخص طريقة تصحيح شبكات التضليع بموازنة الأطوال بالخطوات التالية، لاحظ الشكل (6-4):

1. بعد تصحيح كل من المحطة والشكل في الشبكة ، وكما ورد ذكرهما في الفصل السابق (الفقرة 5-3) يتم فرض اتجاه لأحد الأضلاع وليكن AB ثم تُحسب الاتجاهات لجميع الأضلاع الأخرى في الشبكة اعتمادا على الضلع المفترض.
2. يتم فرض إحداثيات أول نقطة في الشبكة (أو أي نقطة في محطة أخرى) ولتكن A وبناءً عليها تحسب إحداثيات النقاط الأخرى بالاعتماد على الحسابات الأمامية، لاحظ الجدول (6-3).
3. يحتسب مقدار خطأ الإقفال R والخطأ النسبي 1/R ليتم التأكد ما إذا كانت الأخطاء مقبولة ليتم اعتماد التصحيح، أو إذا كانت خارج حدود الدقة المطلوبة يصار إلى رفض القياسات وإعادة الرصد من جديد.
4. ترسم الشبكة بمقياس صغير وليكن 1:2000، ويرسم مثلث الإقفال أسفله بمقياس أكبر ، مثلا 1:2 وكما موضح في الشكل (6-4).
5. يرسم المحور ZZ موازيا إلى R في وسط الشبكة ليتم تسقيط أضلاع الشبكة على هذا المحور الجديد حيث يكون A′B′ مسقطا للضلع AB بينما يكون B′C′ مسقطا للضلع BC والضلع C′D′ هو مسقط للضلع CD وأيضا D′A′ مسقط للضلع DA ، وعند جمع هذه المساقط مع بعضها سنحصل على قيمة مساوية لضعف طول C′D′ أي 2C′D′ . وبما أن مقدار الخطأ الكلي R يمثل محصلة الأخطاء في أطوال أضلاع الشبكة لذلك فإن الهدف من نقل هذا الاتجاه

لمنتصف الشبكة هو لمعرفة أكثر الأضلاع التي تزود المحصلة بالأخطاء ، إذ إن الأضلاع الموازية لـ ZZ هي أكثر الأضلاع التي تزود المحصلة بالأخطاء ، بينما الأضلاع العمودية لا تزود المحصلة بالأخطاء. وبهذه الطريقة نستطيع أن نقرر مقدار التصحيحات التي تحتاجها الأضلاع كل بحسب مسقطه لتقليل خطأ الإقفال.

6. يتم تقسيم المحصلة R على مناطق تصحيح تتناسب طرديا مع طول مساقط الأضلاع . فكلما زاد طول المسقط زادت قيمة التصحيح التي سيحصل عليها بحيث يكون :

$$\frac{R}{ZZ} = \frac{Z_i}{P_i}$$

حيث أن :

R: هو الخطأ الكلي أو محصلة الأخطاء في الشبكة.

ZZ: هو مجموع أطوال مساقط الأضلاع.

Z_i: هو طول التصحيح لأحد الأضلاع.

P_i: هو طول أحد المساقط.

وعليه يمكن حساب طول تصحيح أي ضلع من الأضلاع كالآتي :

$$Z_i = \frac{R}{ZZ} \times P_i = K \times P_i$$

إذ K هي كمية ثابتة تساوي R / ZZ . وعليه سيكون مقدار التصحيح لأضلاع الشبكة كما يأتي :

$$Z(AB) = K \times (A'B')$$

$$Z(BC) = K \times (B'C')$$

$$Z(CD) = K \times (C'D')$$

$$Z(DA) = K \times (D'A')$$

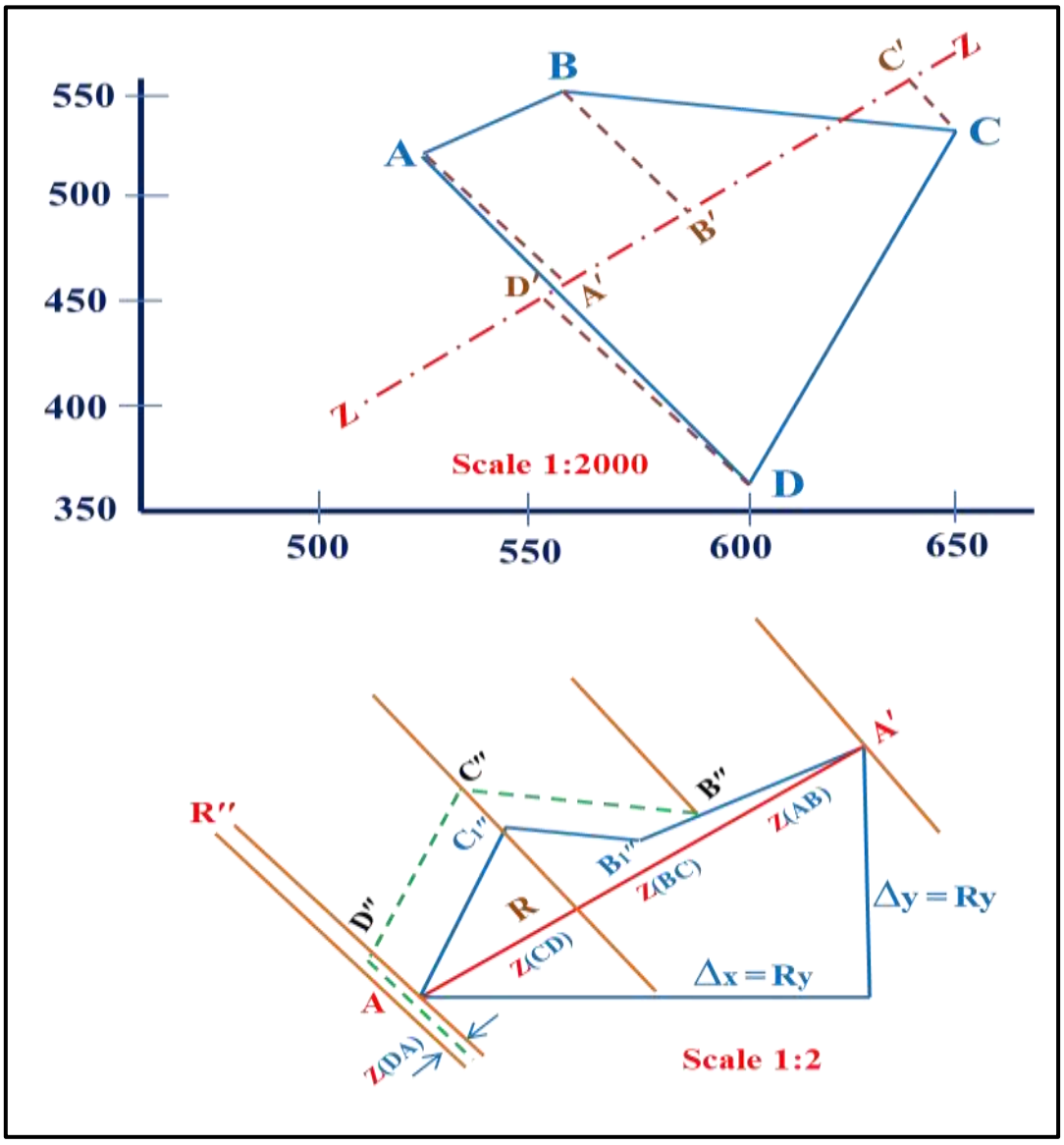
$$\sum Z = R$$

يتم عزل مناطق التصحيح بعضها عن بعض عن طريق إقامة أعمدة على الضلع R .

7. تُرسم خطوط موازية لجميع أضلاع الشبكة تمثل مناطق التصحيح لكل ضلع من الأضلاع ابتداءً من النقطة A′ باتجاه النقطة A في محاولة لسحب النقطة A′ وإطباقها على النقطة A حتى تصبح قيمة R بعد التصحيح مساوية للصفر.

8. أخيرا تُقاس اطوال التصحيحات وتحول إلى المقياس الصحيح وتضاف جبريا إلى أطوال الأضلاع المقاسة حقليا. تجدر الإشارة إلى ضرورة الانتباه إلى الإشارة الجبرية للتصحيحات ، فقد تكون موجبة عند بعض الأضلاع وسالبة في أضلاع أخرى ، إذ أن الغرض النهائي هو إقفال الشكل بأن تكون نقطة البداية ونقطة النهاية واحدة.

9. بعد حساب الأطوال المصححة تحسب الإحداثيات الجديدة عن طريق إجراء الحسابات الأمامية لتصبح الإحداثيات ، كما موضح في الجدول (6-4).



الشكل (6-4) تصحيح شبكة تضليع بطريقة موازنة الأطوال (للاطلاع)

الجدول (6-3) (للاطلاع) يوضح جدول حساب الإحداثيات في شبكة التضليع في الشكل (6-4) قبل عملية التصحيح .

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه	الجيب	الجيب تمام
	X	Y				
A	500.00	500.00	78.82	N 50 49 57 E	+ 0.7753029	+ 0.315896
B	561.11	549.78	101.66	S 78 24 30 E	+ 0.9796045	− 0.2009354
C	660.70	529.35	152.02	S 16 58 22 W	− 0.2919173	− 0.954436
D	616.32	383.96	164.31	N 45 00 39 W	− 0.7072405	+ 0.7069731
A′	500.11	500.12				

الجدول (6-4) (للاطلاع) يوضح جدول حساب الإحداثيات في شبكة التضليع في الشكل (6-4) بعد عملية التصحيح.

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه	الجيب	الجيب تمام
	X	Y				
A	500.00	500.00	78.76	N 50 49 57 E	+ 0.7753029	+ 0.315896
B	561.06	549.74	101.62	S 78 24 30 E	+ 0.9796045	− 0.2009354
C	660.61	529.32	152.11	S 16 58 22 W	−0.2919173	− 0.954436
D	616.21	383.84	164.31	N 45 00 39 W	- 0.7072405	+ 0.7069731
A′	500.00	500.00				

أسئلة الفصل السادس

س1 / ما المقصود بالحسابات الأمامية ؟

س2 / ما المقصود بالحسابات العكسية ؟

س3 / ما هو الفرق بين الحسابات الأمامية والحسابات العكسية ؟

س4 / كيف يتم فحص المضلع حسابيا ؟ اشرح ذلك.

س5 / احسب إحداثيات النقطة B وبحسب المعطيات في أدناه إذا علمت أن:

Sin (50° 49′ 57″) = 0.7753

Cos (50° 49′ 57″) = 0.6316

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه	الجيب	الجيب تمام
	X	Y				
A	500.00	500.00	87.82	N 50 49 57 E		
B						

الجواب : 549.78 ، 561.11

س6 / احسب إحداثيات النقطة E وبحسب المعطيات في أدناه إذا علمت أن:

Sin (45° 00′ 39″) = 0.7072

Cos (45° 00′ 39″) = 0.7070

المحطة	الإحداثيات		الطول	الاتجاه	الجيب	الجيب تمام
	X	Y				
D	616.32	383.96	164.31	N 45 00 39 E		
E						

الجواب : 500.12 ; 500.11

الفصل السابع

التقاطعات

Intersection

الأهداف :

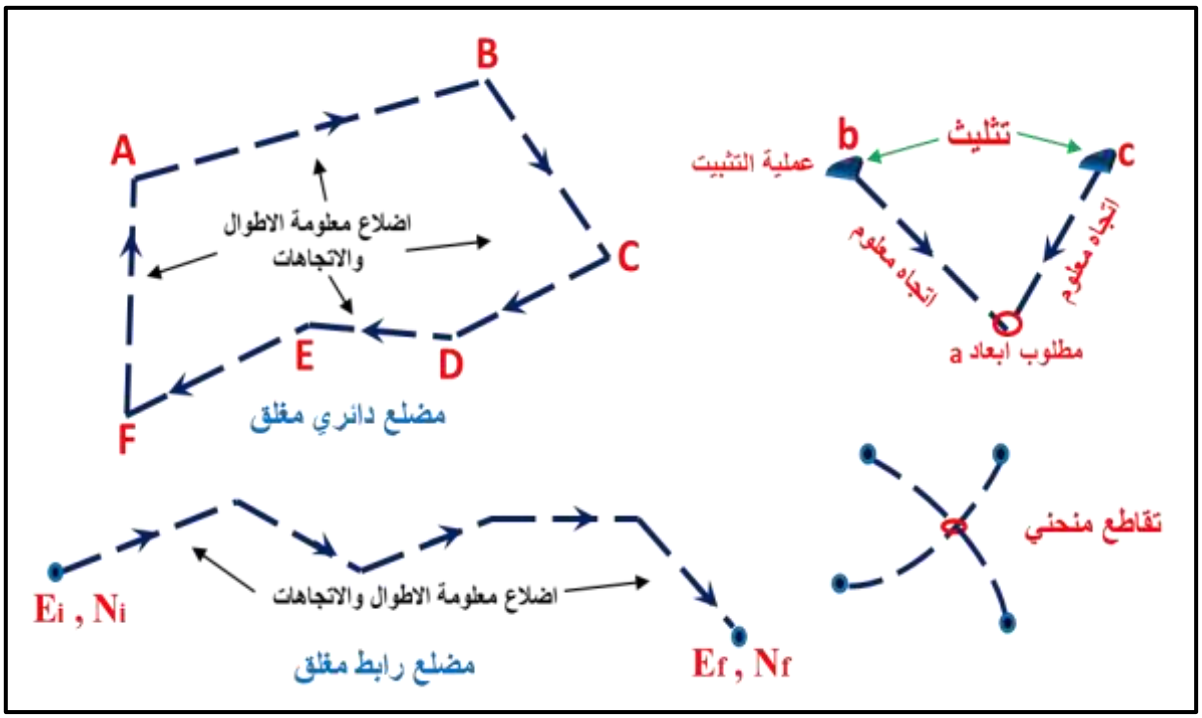
سيتعرف الطالب في نهاية الفصل على:

1. مفهوم التقاطعات وأنواعها .
2. طرائق حل التقاطع الأول I .
3. طرائق حل التقاطع الثاني II .
4. طرائق حل التقاطع الثالث III .

1-7 التقاطعات Intersections

تواجه المساح عند القيام بأعمال التضليع أو التثليث أو تقسيم الاراضي مشكلة بقاء بعض الأطوال والاتجاهات أو الزوايا أو إحداثيات بعض نقاط التقاطع مجهولة ، وتسمى في هذه الحالة بالتقاطعات. فالتقاطعات تعني أن بعض الأطوال أو الاتجاهات أو الزوايا و إحداثيات بعض نقاط التقاطع مجهولة وغير معلومة او محذوفة لوجود العوارض التي تمنع الرؤية أو القياس أو بسبب عدم التمكن أو صعوبة الوصول والحساب لبعض النقاط المراد تعيين مواقعها الأفقية أو لأسباب أخرى فتسمى هذه القياسات أو طرق قياسها وحسابها بالتقاطعات.

بالإمكان إيجاد قياس هذه الأطوال أو الاتجاهات أو مواقع تسمى "نقاط التقاطع" باتباع طرق حساب المثلثات، أو الهندسية، أو اعتمادا على الشروط الهندسية كعملية التضليع أو طرق أخرى. وقد سميت بالتقاطعات ومجازا بالتقاطع الأول والثاني و الثالث ، وبالإمكان إيجاد هذه الأطوال و الاتجاهات و مواقع نقاط التقاطع ترسيميا ، و كذلك في بعض عمليات المسح الأولية كأعمال لوحة المسح أو المسح بالبوصلة أو المسح بالشريط ، إلا أن المتبع هو الطرائق الحسابية البحتة للحصول على هذه القياسات ، أو المواقع ، وكما في الشكل (7-1).



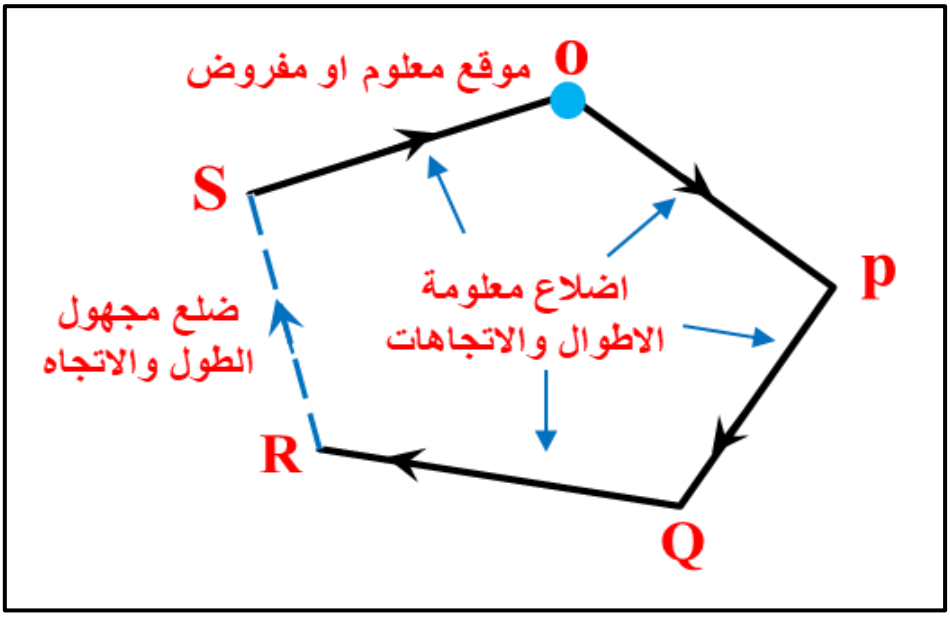
شكل (7- 1) الطرق الحسابية لحل التقاطعات

أن القوانين المستعملة للحل سواء أكانت مثلثية أو هندسية أو قوانين تضليع تتكون من حل معادلتين فقط آنياً ، و لذلك لا يمكن إيجاد أكثر من قياسين مجهولين لأي مضلع ، أو عملية تثليث أو حالة تقاطع في تقسيم الاراضي.

ولغرض حل التقاطعات ينبغي أن تكون القياسات المأخوذة صحيحة سواء أكانت للأطوال أو كانت للاتجاهات أو للزوايا و تستعمل في المعادلات كما هي ، وبالتالي فإن الأطوال أو الاتجاهات أو المواقع المحسوبة بطريقة التقاطعات هي أقل دقة من تلك المقاسة بصورة مباشرة أو المحسوبة في أشكال التضليع أو التثليث الاعتيادية ، حيث يمكن تصحيح الأخطاء المحتملة في القياسات مباشرة.

و قبل الدخول في شرح التقاطعات الثلاثة ينبغي أن نتناول شرح حالتين مهمتين (1 و 2) والتي قد تواجه عمل المساح في حل التقاطعات للمواقع المجهولة وغير المعلومة وكما يأتي:

1. إذا كانت القياسات المجهولة ، وكما في الشكل (7- 2) هما الطول و الاتجاه لضلع واحد من أضلاع المضلع فيمكن حسابهما بواسطة طريقتين أ ، ب وكما يأتي :



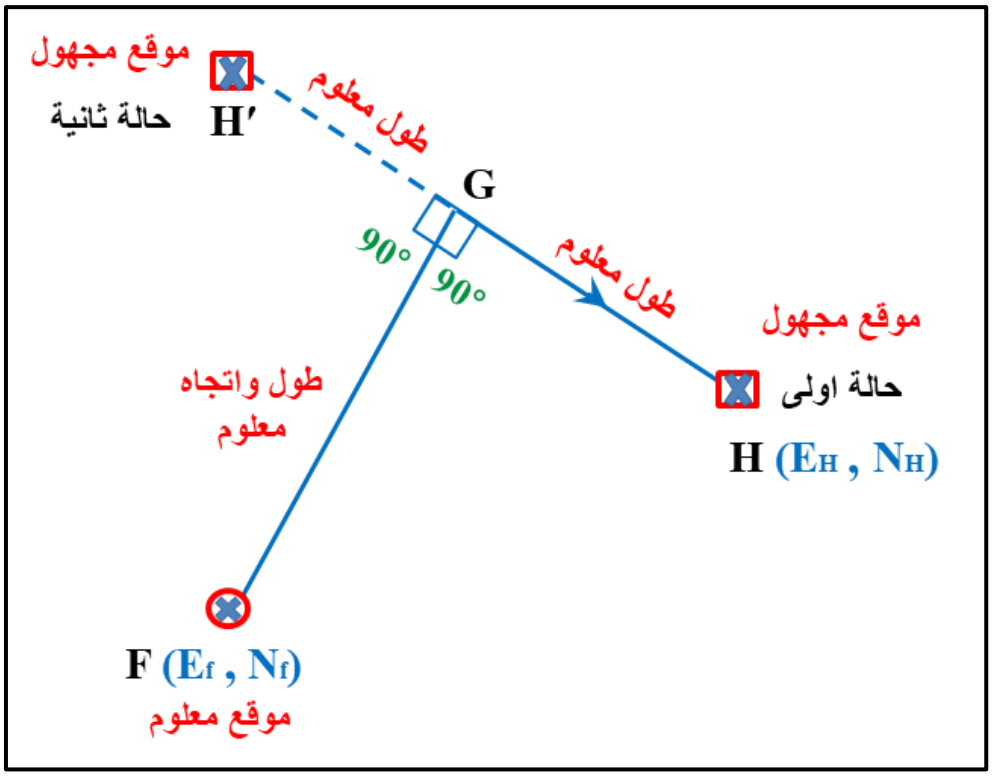
شكل (7- 2) حل القياسات المجهولة للطول و الاتجاه لضلع واحد

أ- استعمال قانوني التضليع إذا علمت جميع المركبات الأفقية والرأسية للأضلاع عدا الضلع غير المعلوم.

ب- إذا علمت إحداثيات نقاط المضلع أو حسبت من موقع مفروض ومعلوم لنقطة البداية ، فيمكن حساب طول و اتجاه الضلع المطلوب عن طريق استعمال الحسابات المعكوسة للنسب المثلثية.

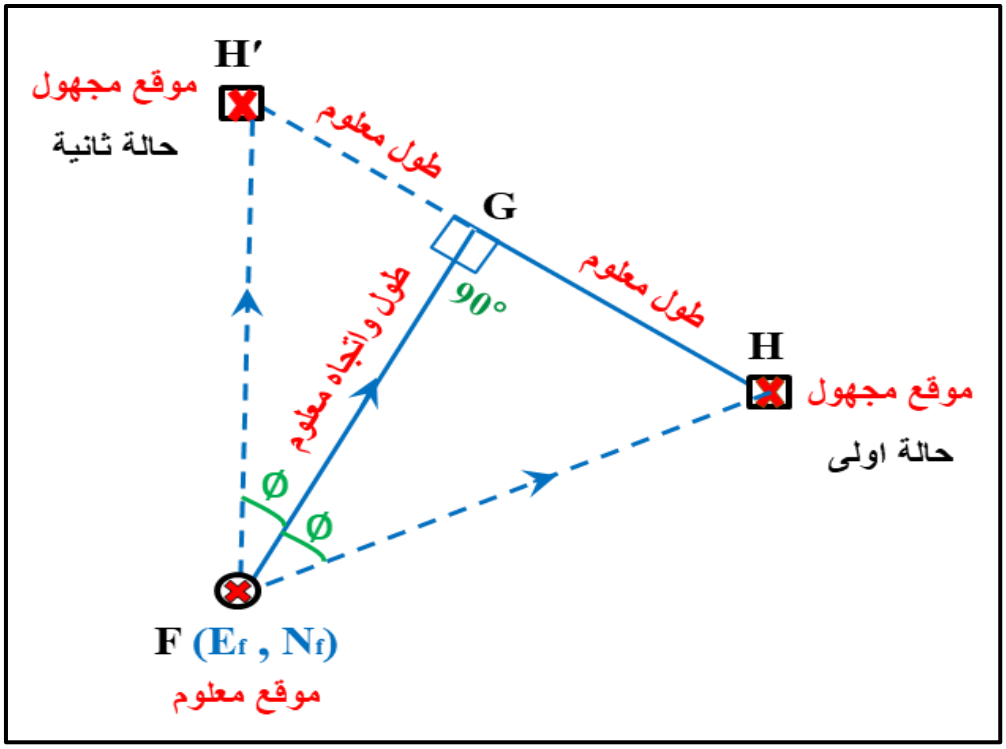
2. إذا كان المطلوب إيجاد موقع مجهول لنقطة H يراد حسابه من إحداثيات معلومة لنقطة F ومسافتين معلومتين متعامدتين و باتجاه معلوم (FG) و (H H′) فبالإمكان إيجاد حساب الموقع المجهول أو إحداثي النقطة و بطريقتين ، وكما موضح في أدناه :

أ- يحسب موقع G بالحسابات الأمامية يليها حساب موقع H او (H′) بالحسابات الأمامية أيضاً بعد حساب اتجاه GH أو (GH′) ، وكما في الشكل (7- 3) .



شكل (7- 3) حساب الموقع المجهول G و H بالحسابات الأمامية

ب ـ يحسب طول و اتجاه FH من الطولين المعلومين والاتجاه المعلوم ، و بعد حساب الزاوية Ø بعدها يتم حساب موقع H او H′ بالحسابات الأمامية ، وكما في الشكل (7- 4) .

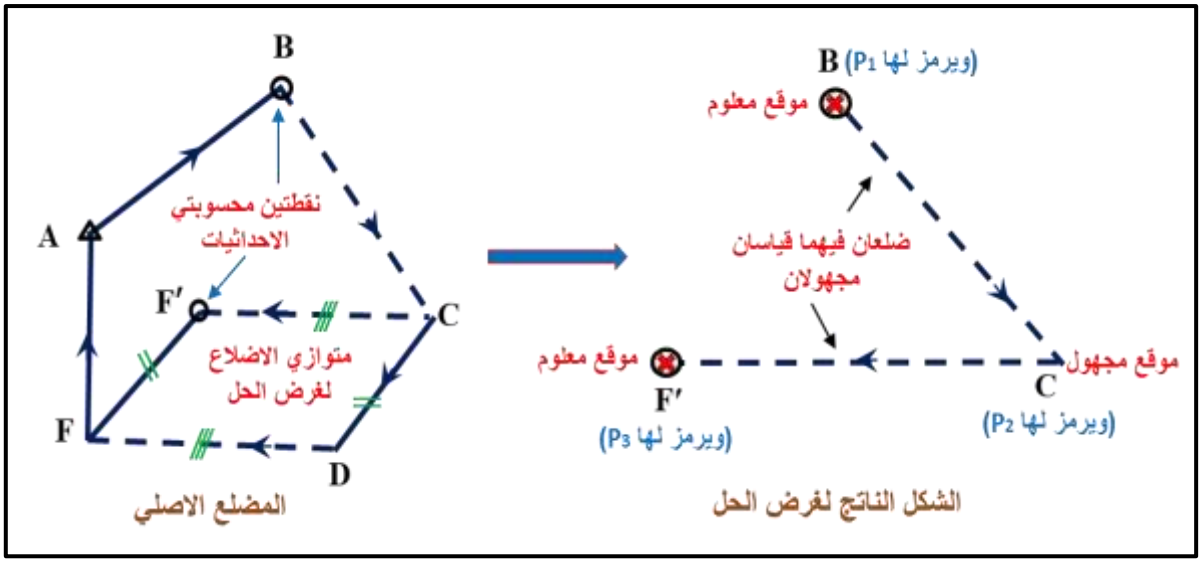


شكل (7-4) إيجاد الزاوية Ø والموقع المجهول H

1-1-7 التقاطع I Intersection I

وهو التقاطع الذي يكون طول الضلعين إلى النقطة المراد حساب إحداثياتها مجهولين و يمثل هذا التقاطع هندسيا بتقاطع خطين مستقيمين و ذلك لأن الضلعين معلوما الاتجاهين و بذلك يكون ميلاهما ثابتين وهما مستقيمان متقاطعان في نقطة تقاطعهما.

ولغرض تبسيط حل هذا التقاطع وكذلك التقاطع الثاني و التقاطع الثالث أيضاً عند عدم تجاوز أو تقاطع الضلعين المجهولين في مضلع ما، يرسم متوازي أضلاع أو متوازيات لبعض الأضلاع وبحسب الحالة الموجودة (CDFF′) لارتباط الأضلاع مع بعضها بحيث تجعل الضلعين المجهولين متجاورين و يشكلان مثلثا (P_3 P_2 P_1) يمكن حله بإحدى الطرائق التي ستذكر في حل التقاطعات الأولى و الثانية والثالثة ، و بذلك يتكون شكل معلوم فيه إحداثيات نقطتي النهاية و يرمز لهما P_3 , P_1 وضلعان مجهولان متقاطعان في نقطة P_2 وكما موضحة في الشكل (7- 5)، وعادة يدعى الخط P_2 P_1 بخط القاعدة في أغلب الأحيان .



شكل (7- 5) تبسيط حل التقاطع الأول والثاني والثالث

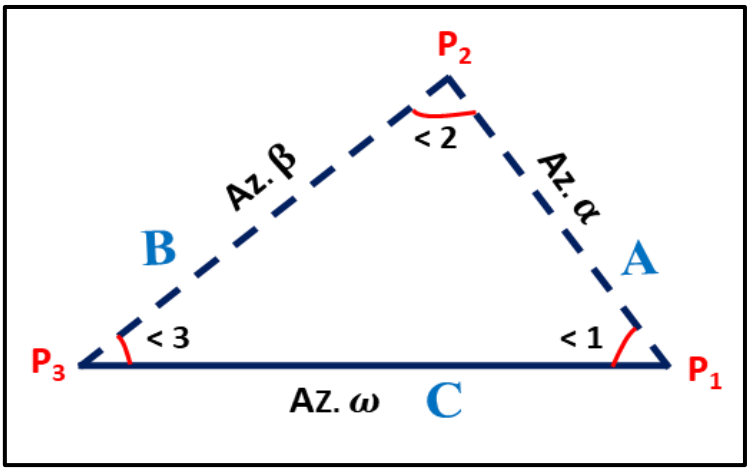
هنالك أربعة طرائق تستعمل لحل التقاطع الأول وكالاتي :

1. طريقة المثلثات Trigonometric وفيها يستعمل قانون الجيوب (Law of science).
2. طريقة التضليع أو الطرائق الميكانيكية (Traverse Method or Mechanical Method) عن طريق استخراج أطوال الضلعين (A , B) .
3. طريقة الهندسة التحليلية (Analytic Geometry Method) إذ يمكن الحصول مباشرة على موقع النقطة (P_2) .
4. طريقة دوران الإحداثيات (Rotation of Coordinates Method).

وفيما يلي توضيح للطرائق :

أولا / طريقة المثلثات :

ولإيجاد طول ضلعين مجهولين Two length are un known ، وكما في الشكل (7- 6) نعمل الخطوات الآتية :



شكل (7-6) طرق لحل التقاطع الأول

1. تحديد ورسم و تعريف البيانات المعطاة ، و كذلك تحديد البيانات المطلوب إيجادها وحلها.
2. القيام بتقاطع الخطوط غير المعروفة أو المجهولة القياس ، و تكوين مثلث يسمى بمثلث الحل حيث تسمية رؤوس المثلث (P_1, P_2, P_3).
3. تكون النقطة (P_1, P_2) معلومة الإحداثيات.
4. استخراج قيم طول الضلع ($P_3 \longrightarrow P_1$) والذي يسمى (C) و اتجاهه ($AZ.\omega$) بتطبيق الحسابات المعكوسة ومن ثم إيجاد طول الضلع عن طريق القانون الآتي:

$$\text{Length C} = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} \qquad (1\text{-}7)$$

و بنفس الخطوات نتابع الحل و نطبقها على جميع التقاطعات الأخرى.

يتم ترقيم الزوايا الداخلية لمثلث الحل بحسب موقع النقطة وكما يأتي :

$$(P_1 \longrightarrow < 1)\ ,\ (P_2 \longrightarrow < 2)\ ,\ (P_3 \longrightarrow < 3)$$

و باستعمال قانون الجيوب (2-7) يمكن إيجاد الطول المجهول.

$$\frac{C}{\sin <2} = \frac{A}{\text{Sin} <3} = \frac{B}{\text{Sin} <1} \qquad (2\text{-}7)$$

وبالاستفادة من حقيقة مجموع الزوايا الداخلية للمثلث تساوي 180° هنالك عدة خطوات أخرى لغرض التحقيق وصحة الحل :

$$\sum \text{angles}\ \Delta = 180°\ 00' \qquad (3\text{-}7)$$

ثانيا / طريقة التضليع أو الطرائق الميكانيكية (Traverse Method or Mechanical Method): وكما في الشكل (7 -7) وباتباع الخطوات الآتية:

أ- يحسب فرقا التشريق (ΔE) و التشميل (ΔN) وكالآتي :

$$\Delta E = E_3 - E_1 \quad , \quad \Delta N = N_3 - N_1$$

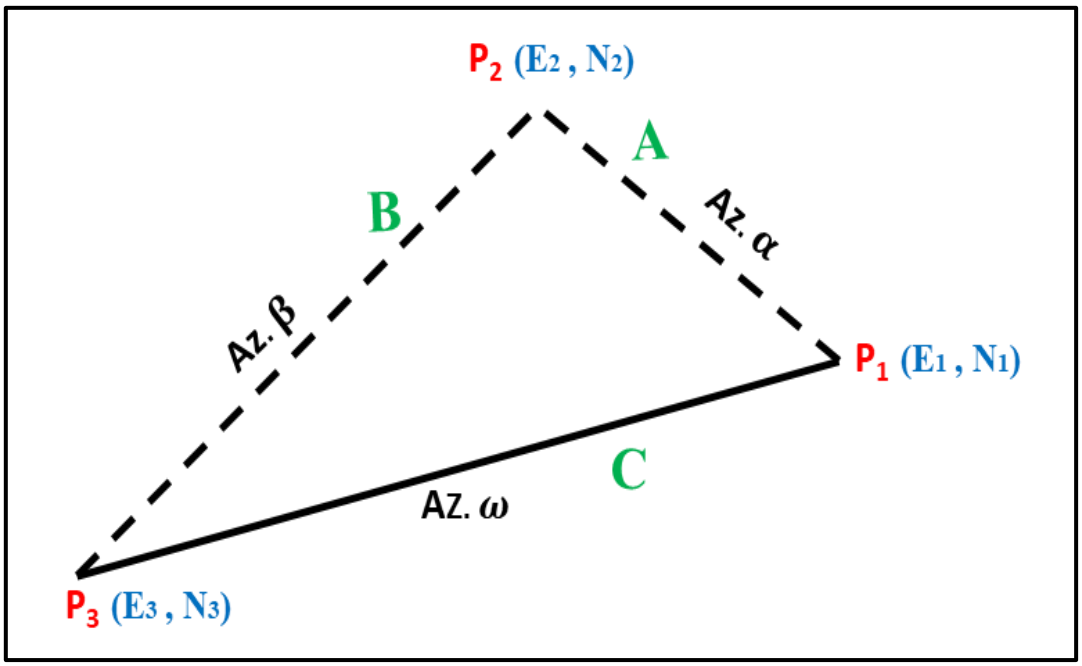
ب- يحسب طولا الضلعين (A , B).

ج- يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار إشارة (ΔE) موجبة (+) أو سالبة (−)، وكذلك إشارة (ΔN) والنسب المثلثية أيضا عند حل السؤال.

د- يحسب موقع (E_2, N_2) (P_2) بالحسابات الأمامية من الموقع (E_1, N_1) (P_1).

ه- تحقق على الموقع (p_3) المعلومة الإحداثيات من الموقع لنقطة (p_2) .

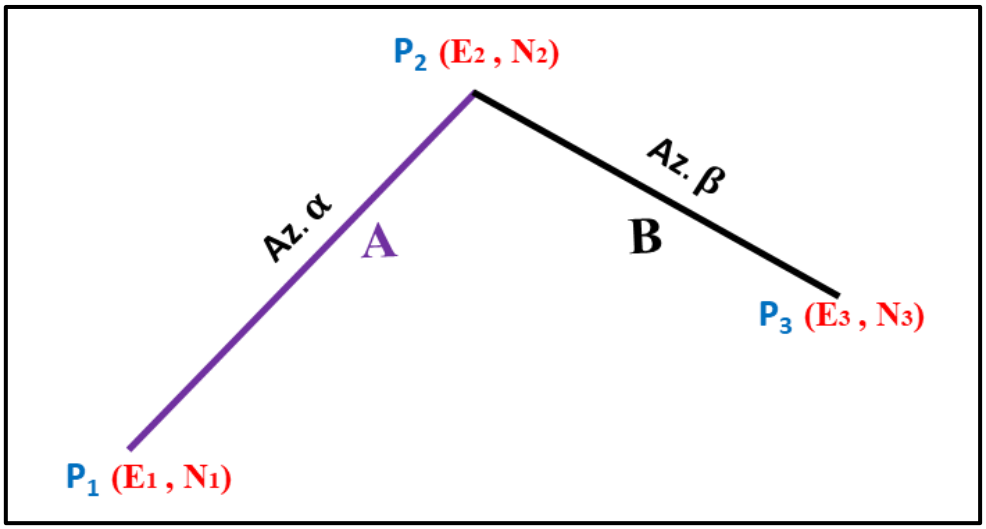
و- يجب أن تكون نتائج الإحداثيات مساوية لإحداثيات الموقع لنقطة (P_3) .



شكل (7 -7) طريقة التضليع او الطرائق الميكانيكية .

ثالثا / طريقة الهندسة التحليلية (Analytic Geometry Method) :

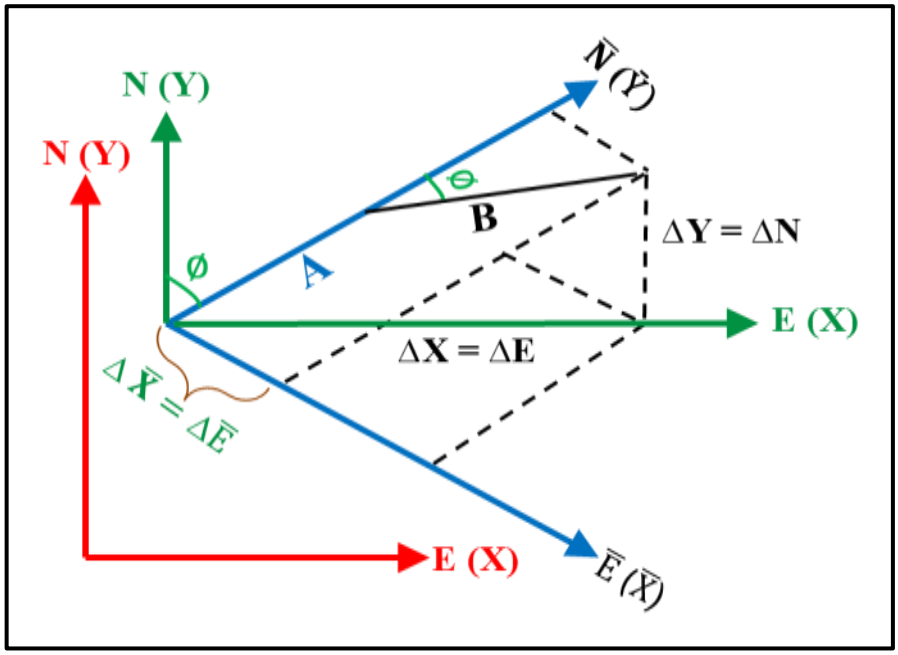
يمكن الحصول مباشرة على موقع النقطة (P_2) بواسطة الضلعين المعلومين (A , B) فهما يمثلان خطين مستقيمين بميل معلوم لكل منهما ويتقاطعان في النقطة P_2 (E_2,N_2) وعن طريق حل المعادلتين لهما آنيا ، سنحصل على إحداثيات نقطة تقاطعهما ، وكما موضح في الشكل (7- 8).



شكل (7- 8) طريقة الهندسة التحليلية

رابعا / طريقة دوران الإحداثيات Rotation of Coordinates :

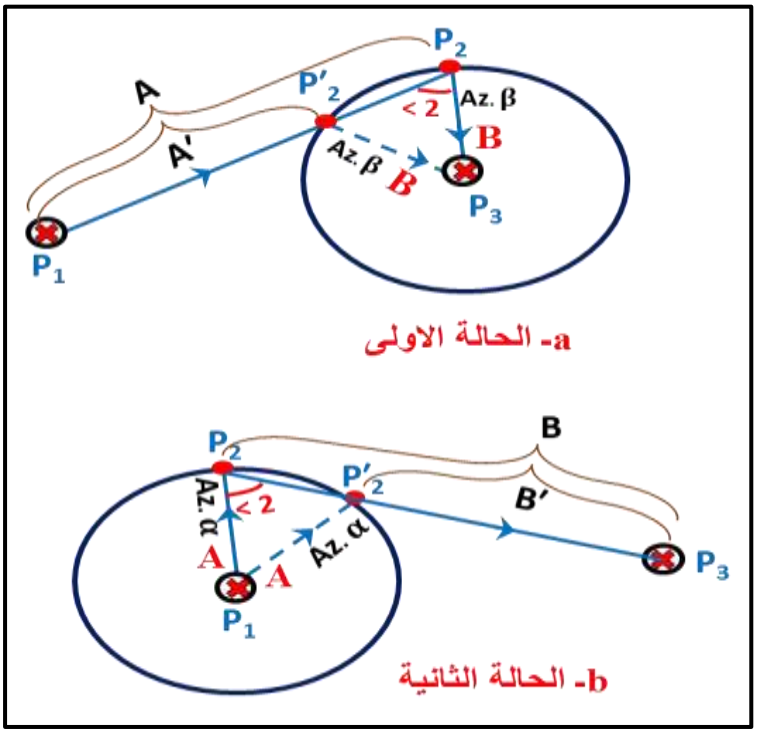
يكون الحل بواسطة تطبيق أسلوب تدوير محور خط الشمال نحو اليمين ، حتى ينطبق على الاتجاه الأول وذلك لحذف أحد المجهولين ، ومن ثم حساب طول الضلع الثاني (B) ، وكما في الشكل (7-9) :



شكل (7 - 9) طريقة دوران الإحداثيات (للاطلاع)

2-1-7 التقاطع II Intersection II

التقاطع الثاني يكون فيه طول ضلع مجهول و اتجاه طول ضلع آخر مجهول إلى النقطة المراد حساب إحداثياتها، ويمكن تمثيل هذا التقاطع هندسيا وكما في الشكل (7- 10) بتقاطع خط مستقيم مع دائرة حيث يتقاطع ضلع معلوم الاتجاه $Az.\alpha$ أي أن ميله قيمة ثابتة فهو خط مستقيم وضلع آخر معلوم الطول ويمثل نصف قطر دائرة وتقاطع ذلك الخط في نقطتين إحداهما هي النقطة التي تنطبق مع الواقع الحقلي أو الضلع المرسوم ، و الأخرى هي احتمال آخر يستعمل فقط لغرض الحل الرياضي ، ويحذف بعد اختيار النقطة الأولى واعتمادها ، وتوجد حالتان تواجهان المساح عند حل هذا التقاطع وكالآتي :



شكل (7- 10) التمثيل الهندسي للتقاطع الثاني

1- إذا كان اتجاه الضلع الأول ($P_1\ P_2$) معلوماً و طول الضلع الثاني ($P_2\ P_3$) معلوماً ، وكما في الشكل (7-10 , a) .

2- إذا كان طول الضلع الأول ($P_2\ P_3$) معلوماً واتجاه الضلع الثاني ($P_1\ P_2$) معلوماً أيضاً ، وكما في الشكل (7-10 , b).

يتم حساب احدى الزوايا في مثلث الحل عن طريق إيجاد فرق الاتجاهين المعلومين ، وكما في الشكل (7-11) ، وأما إيجاد قيمة الزاوية (2 <) فيكون عن طريق استعمال قانون الجيب:

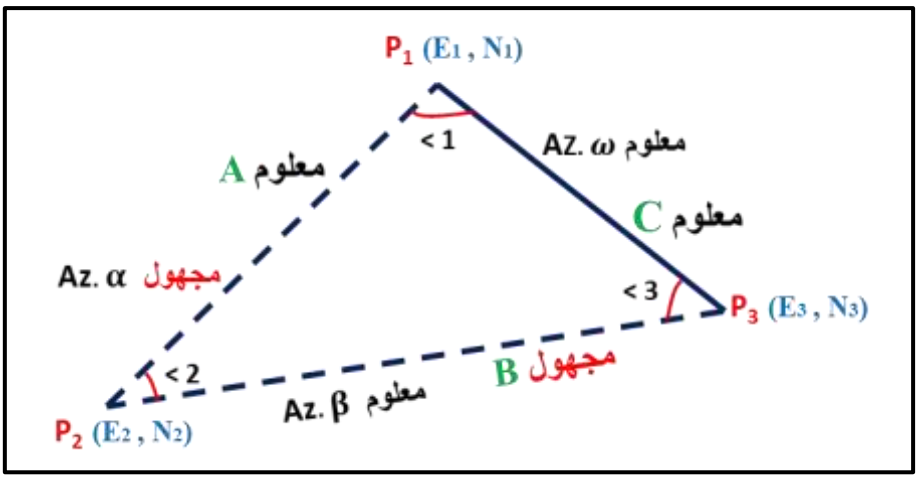
$$\frac{C}{\text{Sin} <2} = \frac{B}{\text{Sin} <1}$$

وباستعمال قاعدة ضرب الطرفين × الوسطين يتم إيجاد:

$$\text{Sin} < 2 = \frac{\text{C Sin} < 1}{\text{B}}$$

أن مجموع زوايا المثلث الداخلية = 180° يمكن إيجاد قيمة (3 <) وكالآتي :

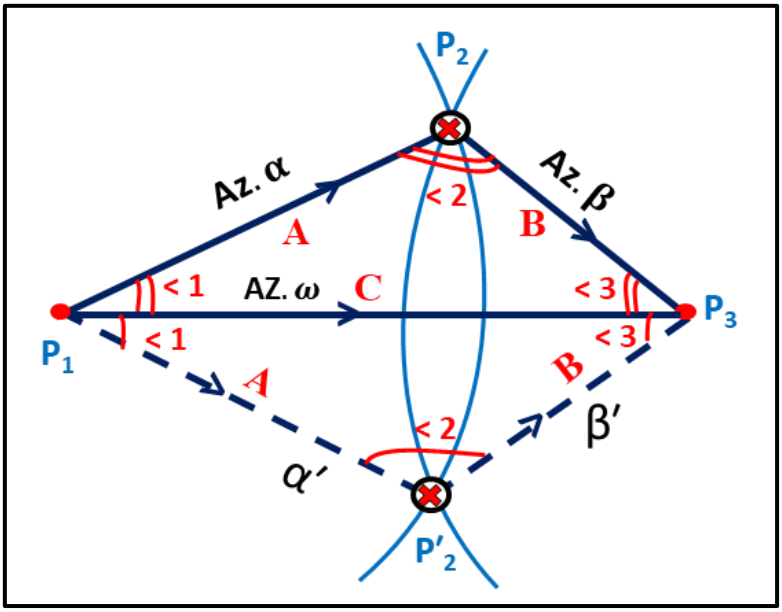
$$< 3 = 180 - (< 1 + < 2)$$



شكل (7-11) حساب إحدى الزوايا في مثلث الحل من فرق الاتجاهين المعلومين

3-1-7 التقاطع الثالث III Intersection III

يمثل التقاطع الثالث هندسيا عبر تمثيل تقاطع محيطي دائرتين فيهما الطولان المعلومان يمثلان نصفي قطرين لدائرتين ($P_3\ P_2$) و ($P_1\ P_2$) واللذان يتقاطعان في نقطة (P_2) ، إحداهما هي النقطة المطلوبة التي تنطبق مع الرسم للمضلع P_2 أو الواقع الحقلي ، و الأخرى P_2، وهي احتمال آخر ناتج من الحل الرياضي و تهمل عادة بعد اختيار النقطة المطلوبة وكما موضح في الشكل (7- 12) .



شكل (7- 12) التمثيل الهندسي للتقاطع III

إذ المعلوم هو موقع النقطة $P_1\,(E_1,N_1)$ وموقع النقطة $P_3\,(E_3,N_3)$ وطول الضلع P_1P_2 الذي يرمز له A وطول الضلع $P_2\,P_3$ والذي يرمز له B .

و المطلوب حسابه موقع النقطة $P_2\,(E_2,N_2)$ والموقع المحتمل P_2، واتجاه الضلع P_1P_2 الذي يرمز له $Az.\alpha$ والاتجاه المحتمل $Az.\alpha$` واتجاه الضلع $p_2\,p_3$ الذي يرمز $Az.\beta$ والاتجاه المحتمل $Az.\beta$`.

إن أفضل وأبسط طريقة للحل تكون عن طريق استعمال أحد قوانين حل المثلث ذي الأضلاع الثلاثة معلومة الأطوال ، أما استعمال طرائق التضليع ففيها تعقيد كثير ، بسبب وجود قيمتي الجيب و الجيب تمام المجهولتين لكل ضلع من الضلعين في القوانين المستعملة في تلك الطرائق.

وسوف تذكر طريقة مثلثية واحدة لغرض حل هذا التقاطع وهي من ابسط الطرائق المستعملة وتشمل طرائق الحل الآتية :

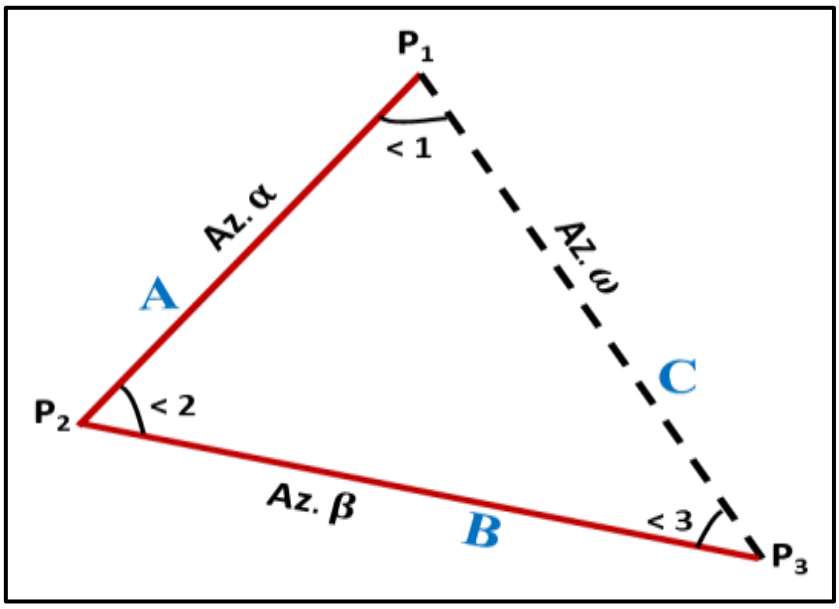
1- طريقة المثلثات :

تستعمل هذه الطريقة قانون الجيب تمام لغرض حساب قيم الزوايا الداخلية للمثلث المطلوب حله ، وكما في الشكل (7-13)، وبعد ذلك يتم حساب الاتجاهان المحتملان ونقطة تقاطعهما ، ولكل احتمال من الاحتمالين الواردين لحل هذا التقاطع نتبع خطوات الحل الآتية :

أ- يحسب طول و اتجاه الضلع $P_1\,P_3$ وهما الطول C والاتجاه $AZ.\omega$ عن طريق استعمال الحسابات المعكوسة.

ب- تحسب الزوايا الداخلية للمثلث $P_1\,P_2\,P_3$ والتي يرمز لها $<1\,,\,<2\,,\,<3$ عن طريق استعمال قانون الجيب تمام و أطوال أضلاع المثلث المعلوم وهي A , B , C.

$$B^2 = A^2 + C^2 - 2\,A\,C\,Cos\,<1 \qquad (4\text{-}7)$$



شكل (7- 13) مجهولية اتجاه ضلعين

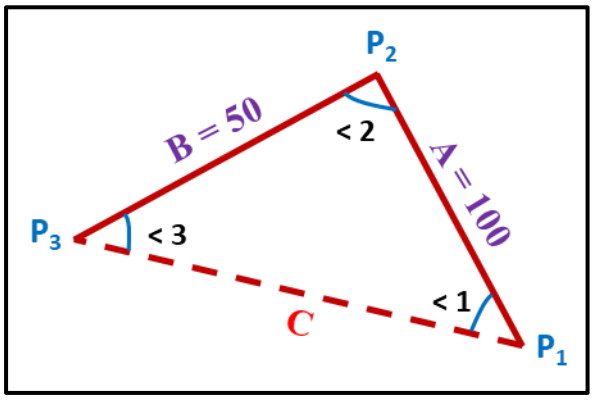
وعن طريق استعمال قانون الجيب تمام تُعرف الزاوية هل هي زاوية حادة أم منفرجة حيث يكون الجيب تمام موجباً إذن الزاوية حادة وتكون منفرجة إذن جيب تمامها سالب وبذلك يُحدد الاحتمال المطلوب. وللتحقيق يتم حساب مجموع الزوايا الثلاث ليكون مجموعها 180° .

2- طريقة الهندسة التحليلية :

في هذه الطريقة تستعمل معادلتا الدائرتين نصف أقطارهما B , A لغرض حساب الموقعين المحتملين لنقطتي تقاطع الدائرتين.

مثال (7- 1): مثلث الحل (P_1 P_2 P_3) في احد التقاطعات ، جد طول الضلع (C) وكما في الشكل أدناه ؟ حيث تم إيجاد فرق قيم التشريق والتشميل للنقطتين P_1 , P_3 وكالآتي :

$$\Delta N = -4\ m \quad ، \quad \Delta E = -3\ m$$



الحل: عن طريق تطبيق المعادلة (7-1) :

$$C = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} = \sqrt{(-3)^2 + (-4)^2}$$

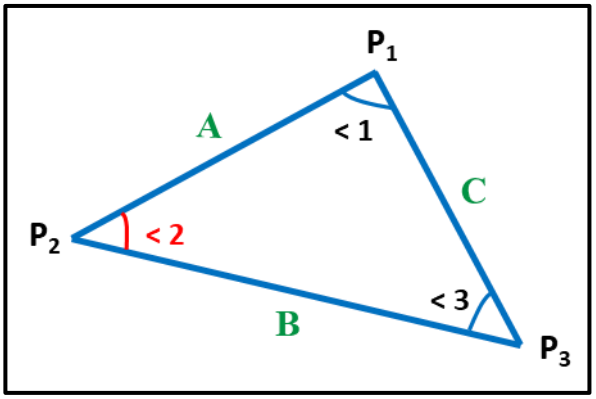
$$C = \sqrt{9 + 16} = 5\ m$$

أي أن طول الضلع C = 5 m

مثال (7-2): احسب قيمة الزاوية (< 2) باستعمال قانون الجيب تمام في أحد التقاطع الثالث ، وكما في الشكل الآتي ، إذا علمت : $C = 110\ m$, $B = 50\ m$, $A = 100\ m$

وإذا علمت أن مقدار الجيب تمام زاوية 87.7° :

$$Cos < 87.7 = 0.04$$



الحل : باستعمال قانون الجيب تمام (7-4) :

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2\,A\,B\,\text{Cos} < 2$$

$$(110)^2 = (50)^2 + (100)^2 - 2\,(50)\,(100)\,(\text{Cos} < 2)$$

$$\text{Cos} < 2 = \frac{2500+10000-12100}{10000}$$

$$\text{Cos} < 2 = \frac{400}{10000}$$

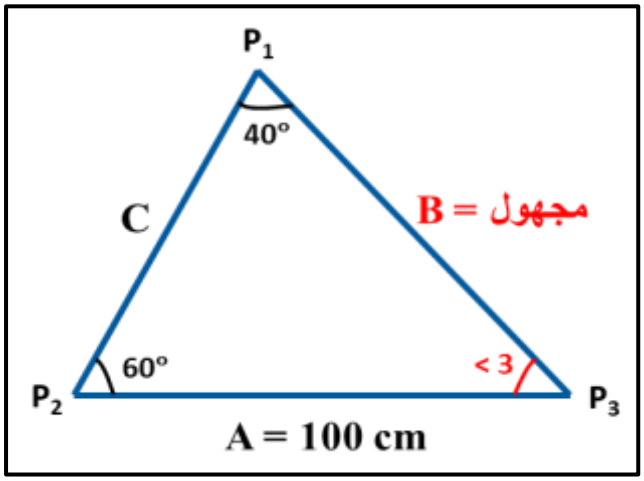
$$\text{Cos} < 2 = 0.04$$

وبما أن : $\text{Cos} < 87.7 = 0.04$

إذن : $< 2 = 87.7°$

مثال (7-3): تم إيجاد البيانات المثبتة في مثلث الحل في الشكل أدناه للتقاطع الثاني ، المطلوب إيجاد طول الضلع B ومقدار الزاوية (< 3) إذا علمت أن : $< 2 = 60°$, $< 1 = 40°$

$\text{Sin } 40° = 0.64$, $\text{Sin } 60° = 0.87$



الحل: لإيجاد طول الضلع B : تستعمل معادلة الجيب (7-2) :

$$\frac{A}{\text{Sin} < 3} = \frac{B}{\text{Sin} < 1}$$

$$\frac{100}{\text{Sin } 40} = \frac{B}{\text{Sin } 60}$$

$$\frac{100}{0.64} = \frac{B}{0.87}$$

$$0.64\ B\ =\ 87$$

$$B = \frac{87}{0.64}$$

$$B = 135.94\ cm$$

و لإيجاد مقدار الزاوية (3 <) تستعمل معادلة (7- 6) ومن حقيقة مجموع زوايا المثلث الداخلية = 180° يمكن إيجاد قيمة (3 <) وكالآتي :

$$< 3 = 180 - (< 1 + < 2\ )$$

$$< 3 = 180 - (40 + 60\ )$$

$$< 3 = 180 - (100) = 80°$$

أسئلة الفصل السابع

س 1 / عدد الطرائق الأربعة المستعملة في حل التقاطع الأول.

س 2 / اشرح تمثيل أدناه هندسيا:

أ- التقاطع I

ب- التقاطع II

ج- التقاطع III

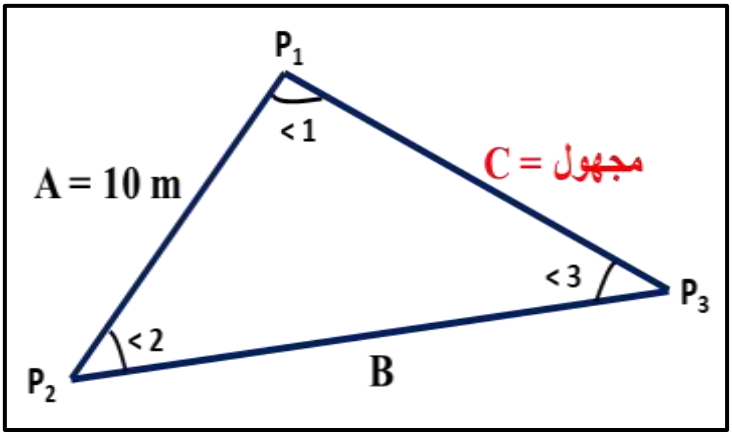
س 3 / ماهي أبسط وأسهل طريقة لحل التقاطع III ؟

س 4 / لماذا لا يمكن إيجاد أكثر من قياسين مجهولين لأي حالة تقاطع ؟

س 5 / اذكر مع الرسم طريقتي حساب وإيجاد طول و اتجاه ضلع من أضلاع مضلع.

س 6 / عن طريق مثلث الحل في أحد التقاطع الثاني تم إيجاد البيانات المثبتة في الشكل أدناه ، المطلوب إيجاد طول الضلع C ، إذا علمت ان : $A = 10\ m$, $< 2 = 45°$, $< 3 = 30°$

الجواب: (14.14 m)



س 7 / احسب قيمة الزاوية (< 3) باستعمال قانون الجيب تمام في احد التقاطع الثالث وكما في المثال (2-7) ، إذا علمت : $A = 100\ m$, $B = 50\ m$, $C = 110\ m$

وأن مقدار الجيب تمام زاوية $65.29°$: ($Cos < 65.29 = 0.418$)

الجواب : (65.29°)

المصادر

المصادر العربية :

1. د. ابراهيم محاميد ، "دليل المسح" ، جامعة حائل ، المملكة العربية السعودية ، كلية الهندسة ، قسم الهندسة المدنية ، 2014 .
2. بشار سليم عباس (2010) ، تصحيح القياسات في المساحة بين النظرية والتطبيق، كلية الهندسة، جامعة بغداد.
3. د. جمعة محمد داود ، "اجهزة الهندسة المساحية" ، مصر ، القاهرة , الطبعة الاولى ، 2016.
4. داود، جمعة محمد (2015) ، أساسيات علوم المساحة والجيوماتكس ، شرم الشيخ، مصر.
5. زياد عبد الجبار البكر (1989) ، المسح الهندسي والكادسترائي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، معهد التكنلوجيا، بغداد.
6. م. حسين الكرباسي و د. بسام صالح ، "مبادئ في هندسة المساحة" ، الجامعة التقنية الوسطى ، معهد التكنلوجيا (بغداد) ، 1995 .
7. د. فوزي الخالصي ، "المساحة المستوية" ، جامعة بغداد ، كلية الهندسة ، الطبعة الاولى 1980.
8. د. فتحي عبد العزيز ابو راضي ، " المساحة والخرائط " ، الطبعة الاولى ، 1998 .
9. أ. م. د. عباس زيدان خلف ، "هندسة المساحة " ، الجامعة التكنولوجية ، قسم هندسة البناء الانشاءات ، الطبعة الاولى ، 2009 .
10. أ . د . سعيد المغربي ، " جهاز الثيودولايت " ، جامعة الازهر ، مصر ، القاهرة ، كلية الهندسة، القسم المدني ، 2016 .
11. فؤاد مال الله فندقلي" المساحة المستوية و الطوبوغرافية " هيئة التعليم التقني، معهد التكنولوجيا بغداد، 1985.
12. د. محمود حسني عبد الرحيم و د. محمد رشاد الدين مصطفى حسين " مبادئ المساحة المستوية والطبوغرافية " ، كلية الهندسة ، جامعة الاسكندرية ، 1998.

المصادر الاجنبية :

1. Dr. Punmia, B. C. , Dr. Jain, A. K., & Dr. Jain, A. K. , "Surveying - Vol. 1", Engineering College , Jodhpur ,Sixteenth Edition , (2016) , Bangalore : Laxmi Publications (P) Ltd .
2. A Bannister and S Raymond " Surveying" Pitman Publishing Limited, Fifth Edition, Great Britain, 1984.
3. Pro. Duggal, S. K., "Surveying - Vol. 1", Department of Civil Engineering (Fourth Edition), (2013) , Motilal Nehru National Institute of Technology.
4. A Bannister , S Raymond and R Baker , "Surveying", sixth Edition , October 1991 , Great Britain .
5. Dr. Ashok Kumar Jain and Dr. Arun Kumar Jain " Surveying , Volume 1" Laxmi Publications (P) LTD. Bangalore, Sixteenth Edition , 2005.
6. Christian Tiberius, Hans Van der Marel, Rene Reudink, and Freek van Leijen , "Surveying and Mapping" , (2021) , Delft University of Technology, The Netherlands.
7. Zdravka Šimić , "Geodezija 2" , Geodetsk Tehnička Škola , Skripta za 2.razred , Croatia , 2015 .
8. Saujany aKumar Sahu , "Theodolite Survey" , Government College of Engineering , Kalahandi .
9. Elizabeth Petrik , "Theodolite Instructions" , February 19, 2011 .
10. Leonid Nadolinets, Eugene Levin, Daulet Akhmedov, "Theodolites from : Surveying Instruments and Technology" , 12 Jun 2017.
11. Aylmer Johnson , " Plane and Geodetic " , Second Edition , 2014 .