الترافرس المقفل

CLOSED TRAVERSE

عند القيام بالأعمال المساحية الدقيقة نلجــأ إلى ترافرس التيودوليت وهو يختلف عن ترافرس البوصلة فى أرصاده حيث يستخدم التيودوليت فى قياس زوايا الترافرس مباشرة ويستخدم الشريط الصلب أو القياس الالكترونى فى تحديد أطوال أضلاعه ويقاس كل طــول فى الترافرس (المضلع) مرتين على الأقل فى اتجاهين متضادين — وسنقتصر فى هذا الباب الكلام على الترافرسات (المضلعات) المقفلة وأرصاد الترافرس المطلوبة دائما هى :

١ — قياس زوايا الترافرس .   ٢ — قياس أطوال الأضلاع .

والمطلوب دائما تحديد الأحداثيات الصحيحة لنقط الترافرس .

المضلع المقفل : (Closed Traverse)

هو ما كانت نقطة الإبتداء فيه هى نقطة الإنتهاء مثل المضلع أ ب حـ ء أ ويفضل هذا النوع فى رفع المبانى والقرى وغير ذلك من المناطق التى يمكن إحاطتها بمضلع ، وهــذا النوع يسهل تحقيقه فى الحقل وفى المكتب وتكون أضلاعه هى ا ب ، ب حـ ، حـ ء ، ء ا .

كما توجد أنواع أخرى من المضلعات أو الترافرسات وهى الترافرس الموصل والترافرس المفتوح وترافرس المشروعات وترافرس المدن وشبكات الترافرسات وسوف نتناولها تباعا فى هذا المؤلف .

حسابات انحراف الاضلاع

تحسب انحرافات الأضلاع بمعلومية إنحراف ضلع (سواء أكان معلوم قبل ذلك أو نفرضه) والزوايا بين الأضلاع .

المعلوم : الإنحراف س لضلع ا ب ، والزوايا بين خطوط المضلع وهى هـ ، و ، ء شكل (٣٣) . والمطلوب : إنحرافات ب حـ ، حـ ى ، ى ط .

∴ إنحراف ب حـ = س + $\hat{١}$ = س + هـ − ١٨٠°

إنحراف حـ ى = ب حـ − $\hat{٢}$ = ب حـ − (١٨٠° − و)

= ب حـ + و − ١٨٠°

وكذلك انحراف ى ط = انحراف حـ ى + د − ١٨٠°

وكقاعدة عامة :

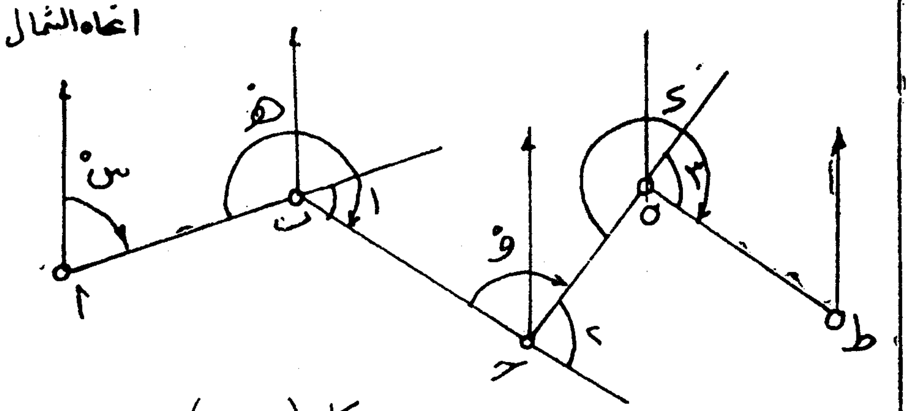
انحراف ضلع = انحراف الضلع المعلوم + الزاوية من الضلع المعلوم إلى الضلع المطلوب فى اتجاه عقرب الساعة ± ١٨٠°

.... (٤)

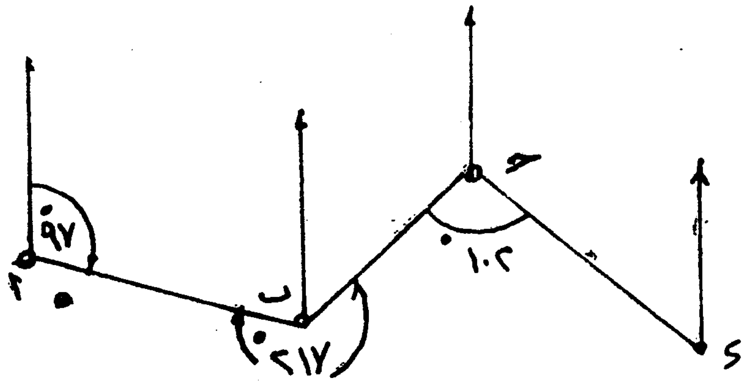
أو

إنحراف ضلع = انحراف الضلع المعلوم − الزاوية من الضلع المعلوم إلى الضلع المطلوب فى اتجاه عقرب الساعة ± ١٨٠°

.... (٥)



شكل (٣٣)



شكل (٣٤)

مثال : ما انحراف ب حـ ، حـ د في شكل (٣٤) إذا كانت :

هـ = ٢١٧° ، و = ١٠٢°

علما بأن انحراف ا ب = ٩٧°

انحراف ب حـ = ٩٧ − ٢١٧ + ١٨٠ = ٦٠°

انحراف حـ د = ٦٠ − ١٠٢ + ١٨٠ = ١٣٨°

حساب الترافرس

لشرح الترافرس المقفل وحساباته سنوضح الخطوات النظرية بمثال إبتداء من الأرصاد اللازمة له وحتى توقيعه على اللوحة .

الكروكى :

من المتبع دائماً قبل رصد زوايا المضلعات وقياس أطوال أضلاعها ، أن نرسم كروكى عام للمضلع بمقياس رسم مناسب فى دفتر الغيط ، ونحدد على الكروكى القيمة المتوسطة للزوايا والأطوال المراد قياسها .

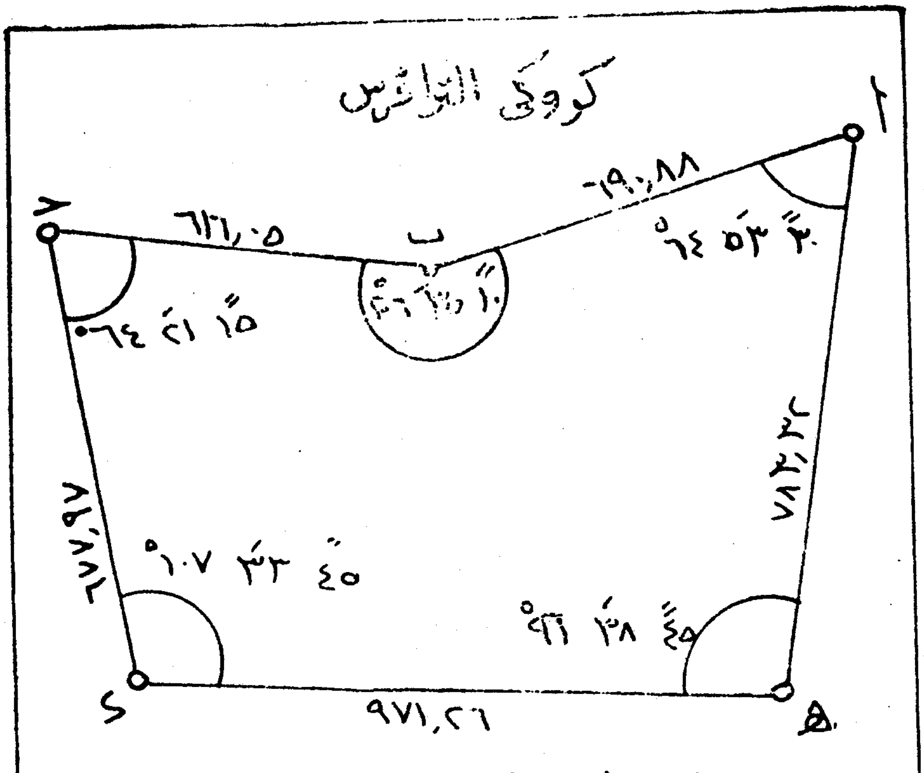
وهذا الكروكى يكون بمثابة مرجع لعمل الغيط وتحقيقه ويكفى فى الترافرسات العادية بقياس الزوايا على قوس واحد فقط متيامن ومتياسر والزوايا المرصودة أما أن تكون الزوايا الداخلية كما فى شكل (٣٥) فى الترافرس ا ب حـ ء هـ ا أو الزوايا الخارجية كما فى شكل (٣٦) فى الترافرس ا ب حـ ء هـ ا وذلك حسب تسمية الترافرس .

تصحيح خطأ القفل فى الزوايا

فى أى مضلع مقفل يجب أن يكون :

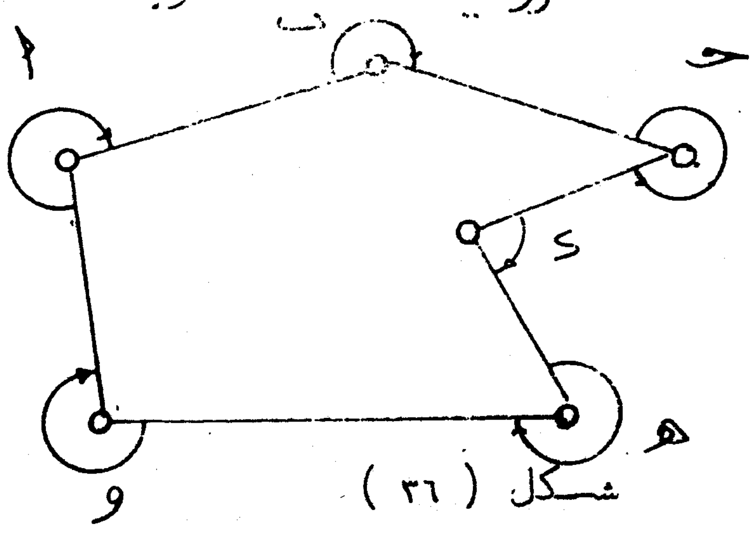
$$\boxed{\text{مجموع الزوايا الداخلية أو الخارجية} = (\,2\text{ن} \mp 4\,)\ \text{قوائم}} \qquad (\,6\,)$$

حيث ن = عدد زوايا المضلع أو عدد نقط المضلع



شكل (٣٥)

الزوايا الخارجه



شكل (٣٦)

ولدينا فى المثال شكل (٣٥) :

مجموع الزوايا الداخلية = (٢ × ٥ − ٤) × ٩٠° = ٥٤٠°

مجموع الزوايا المرصودة

أ :	٣٠ً	٥٣َ	٦٤°
ب :	١٥	٣٥	٢٠٦
د :	١٥	٢١	٦٤
ء :	٤٥	٣٣	١٠٧
هـ :	٤٥	٣٨	٩٦
	٣٠ً	٠٢َ	٥٤٠°

وعلى ذلك يكون هناك خطأ قفل زاوى = ٣٠ً ٢َ

وبعد ذلك نقوم بتصحيح الزوايا ويتم ذلك بتوزيع هـذا الخطأ على زوايا المضلع بالتساوى بشرط أن يكون مسموحا به .

والخطأ المسموح به فى أى مضلع بالثوانى هو

$$\boxed{\text{الخطأ المسموح به بالثوانى} = ٧٠'' \sqrt{ن}} \quad \cdots (٧)$$

والواقع أن الخطأ المسموح به يتراوح بين ٣٠ً $\sqrt{ن}$ ، ٧٠ً $\sqrt{ن}$ ،وفى بعض الأحوال يؤخذ تبعا للمعادلة التالية :

الخطأ المسموح به = ضعف أقل قسم على الورنية √ن̅	... (٨)

اما إذا زاد الخطأ عن المقدار المسموح به فيجب إعادة العمل كله أو رصد الزوايا المشكوك فيها .

أما تحقيق الأطـــوال فقد سبق الكلام عنه وهو قياس كل خط ذهابا وأيابا وأخذ المتوسط . وبتطبيق معادلة (٧) فى مثالنا حيث ن تســاوى ٥ فيكون المســموح به = ١٥٦ر٥″ = ٣٦ر٥″ ٢′ . وبذلك فالخطـــأ مسموح ، ويوزع على الزوايا بالتســاوى ، إلا إذا كانت الزاوية مجاورة لضلع أقل من ٣٠ مترا ، فتعطى تصحيح قدره مرة ونصف مقدار ما تأخذه الزوايا الاخرى ، وهـــذا راجع إلى احتمال وجود خطأ كبير فى الزوايا المجاورة للاضلاع القصيرة عنه فى الأضلاع الطويلة .

وفى مثالنا توزيع الخطأ ٣٠″ ٢′ على الخمس زوايا بالتســاوى فيكون تصحيح كل زاوية = — ٣٠″ ويطرح من كل زاوية ٣٠″ فتصبح الزوايا المصححة كما يلى :

ا :	٠٠″	٥٣′	٦٤°
ب :	٤٥	٣٤	٢٠٦
حـ :	٤٥	٢٠	٦٤
ء :	١٥	٣٣	١٠٧
هـ :	١٥	٣٨	٩٦
المجموع	٠٠″	٠٠′	٥٤٠°

٣ - حساب الانحرافات

وفى المثال شكل (٣٥) الخط المعلوم وانحرافه هو هـ و = ش ١٥" ٤٢' ٨١° غ

- الانحرافات

نبدىء من هذا الخط ونحسب انحرافات الأضلاع انحرافا بعد آخر حتى نرجع للخط الأول كتحقيق للعمل ، أى أن الانحراف المحسوب أخيرا يجب أن يساوى الانحراف المعلوم الذى ابتدأنا به حيث أننا صححنا زوايا المضلع .

انحراف و هـ = ٤٥" ١٧' ٩٨°

انحراف هـ ا = ٤٥" ١٧' ٩٧° + ١٨٠° + ١٥" ٣٨' ٩٦° = ٠٠ ٥٦ ١٤

انحراف ا ب = ٠٠" ٥٦' ١٤° + ١٨٠° + ٠٠" ٥٣' ٦٤° = ٠٠ ٤٩ ٢٥٩

انحراف ب حـ = ٠٠" ٤٩' ٢٥٩° - ١٨٠° + ٤٥" ٣٤' ٢٠٦° = ٤٥ ٢٣ ٢٨٦

انحراف حـ و = ٤٥" ٢٣' ٢٨٦° - ١٨٠° + ٤٥" ٢٠' ٦٤° = ٣٠ ٤٤ ١٧

انحراف و هـ = ٣٠" ٤٤' ١٧٠° + ١٨٠° + ١٥" ٣٣' ١٠٧° = ٤٥ ١٧ ٩٨

وكتحقيق حسابى فإن انحراف و هـ المحسوب هو الانحراف المعلوم .

ب — الانحرافات المختصرة

انحراف و هـ المختصر = حـ ١٥" ٤٢' ٨١° ن

» هـ ا » = ش ٠٠ ٥٦ ١٤ ن

انحراف ا ب المختصر = ح ٠٠″ ٤٩′ ٧٩° غ

« ب ح » = ش ١٥ ٣٦ ٧٣ غ

« ح ء » = ح ٣٠ ١٥ ٠٩ ن

وتدون الانحرافات الدائرية والمختصرة فى جدول الحسابات .

٤ - حسابات مركبات الأضلاع

المركبات هى مساقط الاضلاع على اتجاه الشمال وعموديا عليه .

وتحسب أطوال المركبات من المعادلات التالية :

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع . جا الانحراف المختصر
المركبة الأفقيه للضلع = طول الضلع . جا الانحراف المختصر ...(٩)

وتختلف إشارة المركبة حسب الربع الذى فيه الضلع كما سبق أن ذكرنا فى مضلع البوصلة .

٥ - خطأ القفل فى المركبات

فى المضلعات المقفلة يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية يساوى صفر ويندر أن يتحقق ذلك لإحتمال الأخطاء العرضية وبهذا فانه عند رسم المضلع يحدث خطأ قفل ولا ينطبق نقطة الإنتهاء على نقطة

الابتداء والمسافة بين النقطتين تسمى خطأ القفل .

فإذا فرض أن المجموع الجبرى للمركبات الأفقية = △ س

والمجموع الجبرى للمركبات الرأسية = △ ص

وتكون △ س ، △ ص المركبة الأفقية والرأسية لخطأ القفل على التوالى

وتكون قيمة خطأ القفل مساوية .

خطأ القفل = √ (△ س)^٢ + (△ ص)^٢ ... (١٠)

نسبة خطأ القفل = مقدار خطأ القفل / مجموع أطوال الأضلاع ... (١١)

الخطأ المسموح به فى مصلحة المساحة

أ ـ فى ترافرسات الاراضى الزراعية والارياف

تتبع المعادلة التالية المعتمدة على الخبرة والنواحى الرياضية النظرية وجدول (٨) يبين هذه العلاقة .

الخطأ المسموح به بالسنتيمتر = ٢٥ + ٠ر٠٣١ ل + ١ر١٣ √ل (١٢)

حيث ل = طول محيط الترافرس بالمتر .

جدول (٨) - (ترافرسات الاراضي الزراعية)

محيط الترافرس (بالمتر)	٢٠٠	٤٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٠٠٠	١٢٠٠
المسموح به (سنتيمتر)	٤٧	٦٠	٧١	٨٢	٩٢	١٣٨
على ألا يزيد طول محيط أي مضلع بين نقطتي المثلثات التي يربط عليهما عن ٤٠٠٠ متر						

ب - في ترافرسات المدن

الخطأ المسموح به لا يتعدى ١ : ٢٠٠٠ في الترافرسات الأساسية ويزداد مقدار الخطأ المسموح به ٥ سم بالنسبة للترافرسات الفرعية كما في جدول (٩)

جدول (٩) - ترافرسات مدن

اولا - الترافرسات الأساسية : $\frac{١}{٢٠٠٠}$ أي

المحيط بالمتر	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠	٥٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٨٠٠	٩٠٠	١٠٠٠
المسموح بالمتر	٠ر١٠	٠ر١٥	٠ر٢٠	٠ر٢٥	٠ر٣٠	٠ر٣٥	٠ر٤٠	٠ر٤٥	٠ر٥٠

ثانيا - الترافرسات الفرعية

كما في الترافرسات الأساسية + خمسة سنتيمترات

٦ - توزيع خطأ القفل فى المركبات

إذا لم يتجاوز خطأ القفل قيمته المسموح بها حسب كل حالة فيوزع الخطأ تبعا لإحدى الطرق الآتية :

اولا - طريقة بودتش (Bowditch)

فى هذه الطريقة فرض أن الأخطاء فى المقاسات الطولية تتناسب مع الجذر التربيعى لطول الخط ، والخطأ فى قياس الزوايا يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعى لطول الخط . وعلى هذه الاسس أستنتج أن تصحيح الخطأ فى مركبات كل خط على حدة يكون كما يلى :

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للخط} = \text{المركبة الأفقية للخطأ}\ (\Delta\, \text{س}) \times \frac{\text{طول الخط}}{\text{مجموع أطوال الاضلاع}}$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للخط} = \text{المركبة الرأسية للخطأ}\ (\Delta\, \text{ص}) \times \frac{\text{طول الخط}}{\text{مجموع أطوال الاضلاع}}$$

... (١٣)

وتفضل هذه الطريقة فى تصحيح مركبات أضلاع ترافرس البوصلة . إذ أن التصحيح فى هذه الحالة يغير فى الزوايا أكثر مما يغير فى الأطوال التى لا تتأثر

إلا طفيفا ، وفى البوصلة يكون إحتمال الخطأ فى قياس الزوايا (أى الإنحرافات) أكبر بكثير من إحتمال الخطأ فى قياس الاطـــوال وبالرغم من ذلك فالبعض يفضلها فى ترافرس التيودوليت .

ثانيا - طريقة الاحداثيات

تفضل فى ترافرس التيودوليت إذ أن التصحيح ينصب تقريبا على الأطوال فقط وهذا يلائم ترافرس التيودوليت حيث تقاس الزوايا بدقة أكبر كثيرا من دقة قياس الأطوال ، ولذا يجب ألا يؤثر التصحيح على الزوايا إلى بأقل قدر .

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للخط} = \frac{\text{طول المركبة الأفقية للخط}}{\text{المجموع العددى للمركبات الأفقية}} \times \text{المركبة الأفقية للخطأ}$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للخط} = \frac{\text{طول المركبة الرأسية للخط}}{\text{المجموع العددى للمركبات الرأسية}} \times \text{المركبة الرأسية للخطأ}$$

(١٤)

وفى هذه الطريقة نجد أن انحراف الضلع له تأثير كبير فى توزيع التصحيحات فمثلا لو وجد فى المضلع خط رأسى فإن هـــذا الخط لا يأخذ أى نصيب ما من المركبة الأفقية لخطأ القفل . بينما نفس هذا الخط يأخذ مقدارا متناسبا مع طوله من هذه المركبة إذا استعملنا طريقة بودتش .

وبعد إجراء التصحيح يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية يساوى صفراً .

من جدول (١١) للمثال : الخطأ فى مجموع المركبات الأفقية = + ١ر٠٢

الخطأ فى مجموع المركبات الرأسية = - ٠ر٦٥

خطأ القفل = $\sqrt{(١ر٠٢)^{٢} + (-٠ر٦٥)^{٢}}$

= ١ر٢١ متر

نسبة خطأ القفل = $\frac{١ر٢١}{٣٧٢٩} = \frac{١}{٣٠٩٠}$ (مسموح به) .

كما يمكن إتباع قواعد خطأ القفل المتبعة فى مصلحة المساحة والسابق ذكرها

٧ - احداثيات نقط المضلع

توجد إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما إتجاه شمال - جنوب ويعتبر محور الصادات ، والثانى شرق - غرب ويعتبر محور السينات ، والإشارات موجبة للشمال والشرق وسالبة للجنوب والغرب .

وإذا كان الشكل سيرسم مستقبلا غير مرتبط بمضلعات سابقة فيحسن أن نفرض نقطة الأصل إحدى نقط المضلع الواقعة إلى أقصى الجنوب الغربى حتى

جدول (١٠)

قيم التصحيحات

الخط	التصحيح فى المركبة الرأسية	التصحيح فى المركبة الأفقية
ا ب	$٦٩١ \times \frac{٠٫٦٥}{٣٧٢٩} = ٠٫١٢$	$٦٩١ \times \frac{١٫٠٢}{٣٧٢٩} = -٠٫١٩$
ب حـ	٦١٦ × « = ٠٫١١	٦١٦ × « = −٠٫١٧
حـ ء	٦٧٨ × « = ٠٫١٢	٦٧٨ × « = −٠٫١٨
ء هـ	٩٧١ × « = ٠٫١٧	٩٧١ × « = −٠٫٢٧
هـ ا	٧٨٣ × « = ٠٫١٣	٧٨٣ × « = −٠٫٢١
التصحيح بطرقة بودتش فى المثال	= ٠٫٦٥	− ١٫٠٢

يكون جميع الإحداثيات الأفقية للنقط موجبة ويمكن الاستعانة بذلك من واقع الكروكى ، وعلى العموم يمكن فرض إحداثيات أى نقطة من نقط المضلع ونحسب منها إحداثيات باقى النقط .

أما إذا كانت إحداثيات النقطة معلومة فنحسب إحداثيات النقط الأخرى على هذا الأساس حتى تكون مرتبطة بما سبق من مضلعات أو نقط ثابتة .

فى المثال : النقطة المعلومة هى ا : ٨٥١٫٠٠ سم ، ١٣٧١٫٣٦ ن

لإيجاد إحداثيات نقطة ب التالية لها نضيف مركبات الخط ا ب جبريا على إحداثيات ا جدول (١٢) . ثم نضيف مركبات ب حـ على إحداثيات ب للحصول على إحداثيات حـ ، وهكذا إلى النهاية . ويجب العودة مرة أخرى إلى (ا) كتحقيق للعمل إذ يجب أن تكون إحداثيات (ا) المعلومة هى نفسها المحسوبة

٨ — توقيع المضلع على الخريطة

يرسم المضلع بإحدى طريقتين :

اولا — طريقة الاحداثيات الكلية للنقط

توقيع النقط بمعلومية احداثياتها المحسوبية مثل أى رسم بيانى عادى كما فى
شكل (٣٧) . وفى الأعمال الدقيقة يستعمل جهاز خاص لتوقيع هذه النقط على
الخريطة ويعرف هذا الجهاز بجهاز توقيع الاحداثيات (Co-ordinatograph)
وهو يوقع النقط بدقة ٠٫٠٥ المليمتر .

ثانيا - طريقة مركبات الأضلاع

نبتدىء من أى نقطة مثل ا ، ونرسم مركبات الخط ا ب فى اتجاهـــاتها
المصححة أى الى الغرب (اليسار بالقيمة ٦٨٠٫١٩ متر والى الجنوب (أسفل)
بمقدار ١٢٢٫٠٣ متر شكل (٣٨) فنتعين ب . ثم نرسم مركبـــات ب حـ ،
وهكذا ضلعا بعد آخر حتى نصل الى نقطة ا مرة أخرى ولا يوجد خطأ قفل
لأننا سبق أن صححناه .

فوائد المركبات والإحداثيات .

١ — إمكان معرفة أبعاد الخريطة حتى يمكن وضع الخريطة فى الوضع
المناسب وذلك اذا أستعملنا طريقة الأحداثيات .

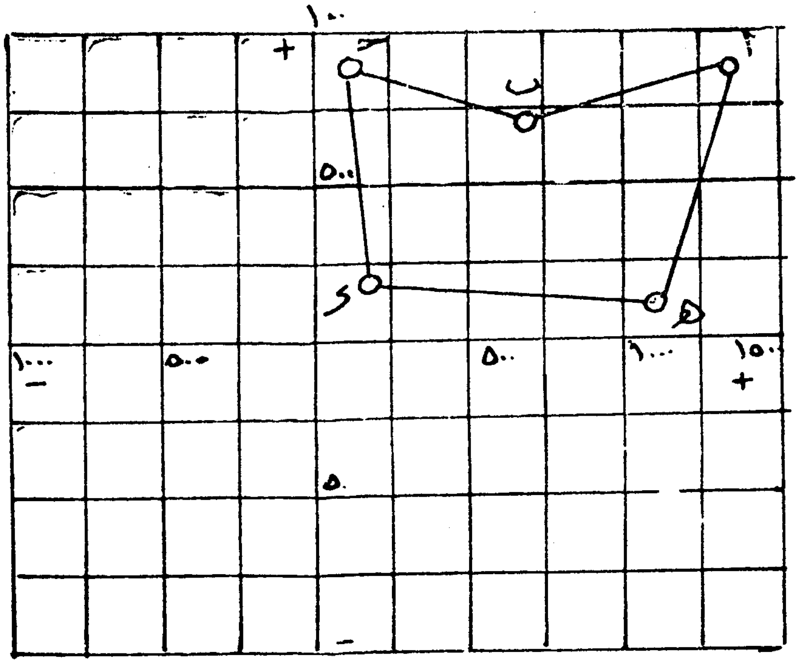
٢ — حساب مساحات المضلعات أو أجزاء منها .

٣ — الحصول على أطوال قد يصعب أو يستحيل إيجادها من الطبيعة .

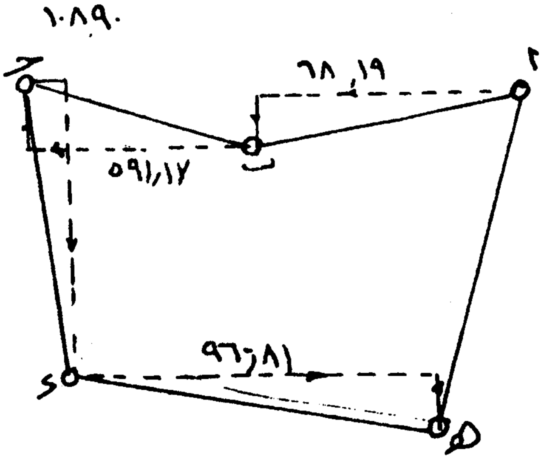
٤ — توقيع العناصر المختلفة للمشاريع فى الطبيعة بالطرق الدقيقة .

جدول رقم (١١)

الخط	الانحراف	الانحراف المختصر	الجيب	جيب التمام	الطول بالمتر	المركبة الرأسية غير المصححة	المركبة الرأسية غير للمصححة	الرأسية مصححة	مصحح[illegible] الأفقية
د هـ	٤٥″ ١٧′ ٩٨°	ح ١٥″ ١٧′ ٨١° ق	٠ر٩٨٩٥	٠ر١٤٤٤	٩٧١ر١٦	−١٤٠ر١٤	+٩٦١ر٠٨	−١٣٩ر٩٧	+٠ر٨١
هـ ا	٤٥ ٥٦ ١٤	ش ٠٠ ٥٦ ١٤ ق	٠ر٢٥٧٧	٠ر٩٦٦٥	٧٨٣ر٣٢	+٧٥٦ر٨٧	+٢٠١ر٨٦	+٧٥٧ر٠٠	+١ر٦٥
ا ب	٠٠ ٤٩ ٢٥٩	ح ٠٠ ٤٩ ٧٩ غ	٠ر٩٨٤٢	٠ر١٧٧٤	٦٩٠ر٨٨	−١٢٢ر١٥	−٦٨٠ر٠٠	−١٢٢ر٠٣	−٠ر١٩
ب ج	٠٠ ٢٣ ٢٨٦	ش ١٥ ٣٦ ٧٣ غ	٠ر٩٥٩٣	٠ر٢٨٢٢	٦٠٦ر٠٥	+١٧٣ر٩٠	−٥٩١ر٠٠	+١٧٤ر٠١	+١ر١٧
ج د	٣٠ ٤٤ ١٧٠	ح ٣٠ ١٥ ٠٩ ق	٠ر١٦١٠	٠ر٩٨٧٠	٦٧٧ر٩٧	−٦٦٩ر١٣	−١٠٩ر٠٨	−٦٦٩ر٠١	+٨ر٩٠
ع					٣٧٢٩ر٤٨	+٩٣٠ر٧٧	+١٢٧٢ر٠٢	صفر	صفر
						−٩٣١ر٤٢	−١٢٧١ر٠٠		
						−٠ر٦٥	+١ر٠٢		



الأحداثيات الكليه للنقط
شـــكل (٣٧)



مركبات الأضلاع
شـــكل (٣٨)

جدول (١٢)

حساب احداثيات نقط المضلع

	رأسى	أفقى
(ا) احداثى	٨٥٧ر٠٠	+ ١٣٧١ر٣٦
اب مركبات	- ١٢٢ر٠٣	- ٦٨٠ر١٩
(ب) احداثى	٧٣٤ر٩٧	٦٩١ر١٧
بحـ مركبات	١٧٤ر٠١	- ٥٩١ر١٧
(حـ) احداثى	٩٠٨ر٩٨	١٠٠ر٠٠
حـد مركبات	- ٦٦٩ر٠١	١٠٨ر٩٠
(د) احداثى	٢٣٩ر٩٧	٢٠٨ر٩٠
دهـ مركبات	١٣٩ر٩٧	٩٦٠ر٨١
(هـ) احداثى	١٠٠ر٠٠	١١٦٩ر٧١
هـ ا مركبات	٧٥٧ر٠٠	٢٠١ر٦٥
احداثى (ا) التحقيق	٨٥٧ر٠٠	١٣٧١ر٣٦

الأرصاد الناقصة في الترافرسات

اسس رياضية في حساب الترافرسات

سوف نتعرض لبعض الأسس الرياضية التي نحتاج اليها في التطبيق العملي للترافرسات وهي :

اولا ـ المعلوم احداثيات نقطتين : وعليه يمكن حساب كل من :

١ ـ انحراف الضلع الواصل بينهما .

٢ ـ مركبات الضلع الواصل بينهما .

٣ ـ طول الضلع الواصل بينهما .

نفرض أن (أ) ، (ب) هما النقطتان المعلوم إحداثياتهما .

$$\boxed{\text{ظا انحراف أ ب} = \frac{\text{س}_{\text{ب}} - \text{س}_{\text{أ}}}{\text{ص}_{\text{ب}} - \text{ص}_{\text{أ}}} = \frac{\text{ل جا هـ}}{\text{ل جتا هـ}}} \quad \cdots (١٥)$$

$$\boxed{\text{ل} = \sqrt{(\text{ص}_{٢} - \text{ص}_{١})^{٢} + (\text{س}_{٢} - \text{س}_{١})^{٢}}} \quad \cdots (١٦)$$

مثال : ما انحراف الخط أ ب إذا كانت إحداثيت أ، ب هي

أ : الأفقي − ١٠٠ والرأسي + ٦٢ر٦

ب:

+ ٨٧ر٤   + ٢٤ر٤

∴ ظا إنحراف اب = (٨٧ر٤ − (−١٠٠)) ÷ (٢ر٤ − ٦٢ر٦) = ١٨٧ر٤ ÷ −٢٠ر٢

= ٣٧٧٢٣ر

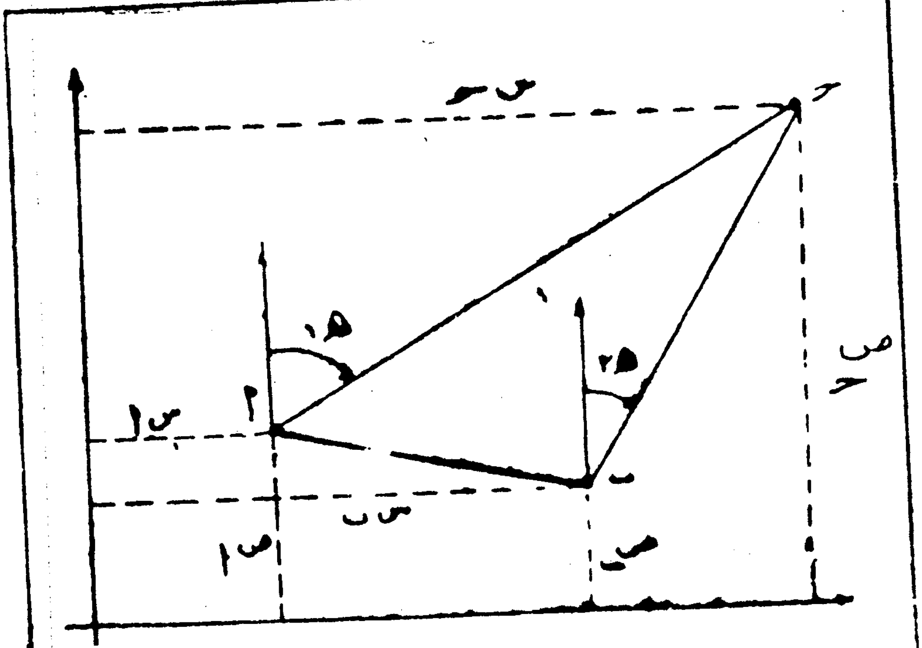
الإنحراف المختصر : ح ٥١َ ٨٣ ن° (تحدد من الأشارات)

الإنحراف : ٠٩َ ٩٦°

طول اب = √ (٨٧ر٤ + ١٠٠)² + (٤٢ر٤ ٦٢ر٦)²

= ٨٨ر٤٨٥٥ مترا

ثانيا — تعيين احداثيات نقطة(ح) مرصودة من نقطتين ا ، ب معلوم احداثيات كل منها والانحرافين منهما (هـ١ ، هـ٢) الى النقطه ح شكل (٣٩)



شكل (٣٩)

١ - احداثيات نقطة حـ هى $س_{حـ}$ ، $ص_{حـ}$

٢ — $س_{حـ}$ (محسوبة من أ)

$$= س_{أ} + (ص_{حـ} - ص_{أ}) \text{ ظا } هـ_{١}$$

$س_{حـ}$ (محسوبة من ب)

$$= س_{ب} + (ص_{حـ} - ص_{ب}) \text{ ظا } هـ_{١}$$

وبمساواة القيمتين نجد أن :

$$\boxed{ص_{حـ} = \frac{(س_{ب} - س_{أ}) + (ص_{أ} \text{ ظا } هـ_{١} \quad ص_{ب} \text{ ظا } هـ_{٢})}{\text{ظا } هـ_{١} - \text{ظا } هـ_{٢}}}$$

... (١٧)

ومنها :

$$\boxed{\begin{aligned} س_{حـ} &= س_{ب} + (ص_{حـ} - ص_{ب}) \text{ ظا } هـ_{٢} \\ &= س_{أ} + (ص_{حـ} - ص_{أ}) \text{ ظا } هـ_{١} \end{aligned}} \quad ... (١٨)$$

الارصاد الناقصة

(Omitted Measurements)

فى أى مضلع مقفل ، إذا علمت الأطوال والإنحرافات فإن هناك شرطين يجب أن يتحققا وهما :

$$ل_1 \text{ جتا } هـ_1 + ل_2 \text{ جتا } هـ_2 + ل_3 \text{ جتا } هـ_3 + \cdots = \text{مجموع المركبات الرأسية} = \text{صفر}$$

$$ل_1 \text{ جا } هـ_1 + ل_2 \text{ جا } هـ_2 + ل_3 \text{ جا } هـ_3 \cdots = \text{مجموع المركبات الأفقية} = \text{صفر}$$

... (١٩)

ومن هاتين المعادلتين يمكن تعيين أى مجهولين فيهما ، سواء أكان طول أو انحراف .

هناك أربع حالات للمجاهيل :

اولا - المجهول ضلع وانحرافه

نقابل هذه الحالة كثيرا فى الناحية العملية لإيجاد طول وإنحراف خط بين نقطتين يتعذر قياس طوله وانحرافه بالطريق المباشر، فيشكل ترافرس يبتدىء من إحدى النقطتين وينتهى عند الأخرى وتقاس الزاويا عند كل النقط ماعدا هاتين النقطتين . بذلك يمكن إيجاد انحرافات كل الخطوط ماعدا الخط الواصل بين هاتين النقطتين ثم تقاس أطوال الخطوط فالمجهول الآن طول وإنحراف الخط بين النقطتين .

مثال (١) : ا ب حـ ء مضلع قيست أطوال أضــــلاعه ا ب ، ب حـ ، حـ ء وحسبت إنحرافاتها كما فى الجدول والمطلوب حساب طول وإنحراف ء ا .

تحسب الإنحرافات المختصرة بالطريقة العادية ثم تحسب مركبات الأضلاع ونجمعها جبريا . مركبات ء ا طبقا للمعادلة (١٩) تساوى مجموع مركبات كل الأضلاع بعكس الأشارة . (جدول مثال ١)

$$\text{ظا الإنحراف المختصر ء ا} = \frac{+ \ ١٢٫٧٥}{+ \ ٣٣٫٣١} = ٠٫٣٨٢٧$$

فى الربع الاول لأن إشارة كل من س ، ص موجبة .

الأنحراف المختصر = س ٢٠° ٥٧´ ق

الإنحراف الدائرى = ٢٠° ٥٧´

$$\text{طـــول الخط} = \sqrt{(١٢٫٧٥)^{٢} + (٣٣٫٣١)^{٢}} = ٣٥٫٦٧ \text{ متر}$$

مثال (٢) : أوجد من أطوال وانحرافات الأضلاع ا ب ، ب حـ ، حـ ء ء هـ ، هـ و المعلومة ، طول وإنحراف و ا (أنظر الجدول).

$$\text{ظا الإنحراف للخط و ا} = \frac{- \ ١٨٣٫٨٠}{- \ ٢٢٦٫٤١} = ٥٫٢٢٨٦$$

الانحراف المختصر = حـ ٧٩° ١٠٫٧´ غ

الانحراف الدائرى = ٢٥٩° ١٠٫٧´

$$\text{طول و ا} = \sqrt{(١١٨٣٫٨٠)^{٢} + (٢٢٦٫٤١)^{٢}}$$

= ١٢٠٥٫٢ متر .

جدول مثال(١)

المركبة الرأسية	المركبة الأفقية	الإنحراف المختصر	الانحراف الدائرى		الطول	الخط
− ٣٩ر٨٤	+ ١٤ر٨٠	ح ٢٢ر٥َ ٢٠ْ ق	٣٧ر٥َ	١٥٩ْ	٤٢ر٥٠	ا ب
− ٢٨ر٤١	− ٢٥ر٤٦	ح ٥٢ ٤١غ	٢٥	٢٢١	٣٨ر١٥	ب حـ
+ ٣٤ر٩٤	− ١٢ر٧٥	ش ٢٥ ٣غ	٣٥	٣٥٦	٣٥ر٠٠	حـ ء
− ٣٣ر٣١	− ١٢ر٧٥	المجموع				
+ ٢٣ر٢١	+ ١٢ر٧٥	مركبات ء ا				

جدول مثال (٢)

المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	الانحراف المختصر	الطول	الخط
+ ٢٨٣ر٢٠	+ ١٢٦ر٠٩	ش ٦٦° ق	٣١٠	ا ب
+ ٤٠٥ر٢٥	− ٣٥ر٤٧	ح ٨٥ ق	٤٠٧	ب ح
+ ١٧٨ر٩٠	− ١٣٤ر٨٠	ح ٥٣ ق	٢٢٤	ح ى
+ ٢٨١ر٩٤	+ ١٠٨ر٢٢	ش ٦٩ ق	٣٠٢	ى ه
+ ٣٤ر٥١	+ ١٦٢ر٣٧	ش ١٢ ق	١٦٦	ه و
+ ١١٨٣ر٨٠	+ ٢٢٦ر٤١			
− ١١٨٣ر٨٠	− ٢٢٦ر٤١	مركبات و ا		

ثانيا ـ المجهول طول ضلع وانحراف ضلع آخر

نفرض فى المثال (١) السابق أن المجهـــول هو ا ى ، وانحراف ح ى . نرتب الجدول مع وضع المجاهيل ونجمع المركبات الأفقية و الرأسية كل على حدة فتكون معادلتان آنيتان فى المجهولين ل ، ه أنظر الجدول

الخط	الطول	الانحراف المختصر	المركبة الرأسية	المركبة الأفقية
ا ب	٤٢ر٥٠	ج ٢٢ر٥َ ٢٠° ق	— ٣٩ر٨٤	+ ١٤ر٨٠
ب ج	٢٨ر١٥	ج ٥٢ر٠ ٤١ غ	— ٢٥ر٤٦	— ٣٨ر٤١
ج د	٣٥ر٠٠	هـ	٣٥ جتا هـ	٣٥ جا هـ
د ا	ل	ش ٣١ر٦٨ ٣٧ ق	+ ٠ر٧٩٣١ ل	+ ٠ر٦٠٩٢ ل

المعادلتان : — ٦٥ر٣ + ٣٥ جتا هـ + ٠ر٧٩٣١ ل = صفر (١)

— ١٣ر٦١ + ٣٥ جا هـ + ٠ر٦٠٩٢ ل = صفر (٢)

نضع جا هـ ، جتا هـ فى طرف ونربع المعادلتين ونجمعهما فتتلاشى هـ

(٣٥ جتا هـ)^{٢} = (٦٥ر٣٠ — ٠ر٧٩٣١ ل)^{٢}

(٣٥ جا هـ)^{٢} = (+ ١٣ر١١ — ٠ر٦٠٩٢ ل)^{٢}

∴ ل^{٢} — ١٢٠ر١٦ ل + ٣٢٢٤ر٣٢ = صفر

∴ ل = (١٢٠ر١٦ ± √((١٢٠ر١٦)^{٢} — ٤ × ٣٢٢٤ر٣٢)) ÷ ٢

ومن المعادلة يوجد حلان

الحل الاول ل = ٧٩ر٧١ متر

وبالتعويض فى (١) جتا هـ = + ٠ر٠٥٩٣٨

الانحراف المختصر = ٣٥ر٧َ ٨٦°

ولو عوضنا فى المعادلة (٢) لـكانت جا هـ بالسالب أى أن الضلع واقـع فى الربع الرابع وبذلك يكون الأنحراف الدائرى للضلع

هـ = ٢٤ر٣´ ٢٧٣°

الحل الثانى ل = ٤٠ر٤٥ متر

جتا هـ = ٠ر٩٤٩١٤

جا هـ = سالب

.·. الانحراف المختصر هو ش ٢١´ ١٨° غ

.·. الانحراف الدائرى هو ٣٩´ ٣٤١°

ثالثا — طولا ضلعين

بجمع المركبات الأفقية والرأسية فى هذه الحالة نحصل على معادلتين المجهـول قيما ل$_{١}$ ، ل$_{٢}$ فتحل آنيـا بدون أى صعوبة ونحصل منهـا على طـولى الضلعين المجهولين ل$_{١}$ ، ل$_{٢}$.

رابعا — انحرافا ضلعين

تؤول المعادلتان إلى ل$_{١}$ جتا هـ$_{١}$ + ل$_{٢}$ حتا هـ$_{٢}$ = ص

ل$_{١}$ جا هـ$_{١}$ + ل$_{٢}$ جا هـ$_{٢}$ = صـ ... ...

المجهولان هما هـ$_{١}$ ، هـ$_{٢}$ فقط

ل$_{١}$ جتا هـ$_{١}$ = ص − ل$_{٢}$ حتا هـ$_{٢}$

ل$_{١}$ جا هـ$_{١}$ = س − ل$_{٢}$ حا هـ$_{٢}$

وبالتربيع والجمع ينتج أن

$$\text{س حا هـ}_٢ + \text{ص حتا هـ}_٢ = \frac{\text{س}^٢ + \text{ص}^٢ + \text{ل}_٢^٢ - \text{ل}_١^٢}{٢\,\text{ل}_٢} \qquad (١)$$

بالاستعانة بزاوية مساعدة (θ) حيث

$$\text{ظا}\,\theta = \frac{\text{س}}{\text{ص}}$$

$$\text{حا}\,\theta = \frac{\text{س}}{\sqrt{\text{س}^٢ + \text{ص}^٢}} \quad ، \quad \text{حتا}\,\theta = \frac{\text{ص}}{\sqrt{\text{س}^٢ + \text{ص}^٢}}$$

وبقسمة طرفى المعادلة (١) على الوتر $\sqrt{\text{س}^٢ + \text{ص}^٢}$

$$\text{حا}\,\theta \,.\, \text{حا هـ}_٢ + \text{حتا}\,\theta \,.\, \text{حتا هـ}_٢ = \frac{\text{س}^٢ + \text{ص}^٢ + \text{ل}_١^٢ - \text{ل}_٢^٢}{٢\,\text{ل}_٢ \sqrt{\text{س}^٢ + \text{ص}^٢}}$$

أى أن :

$$\text{حتا}\,(\text{هـ}_٢ - \theta) = \text{ك} = \text{مقدار ثابت}$$

ولكن

$$\theta = \text{ظا}^{-١}\,\frac{\text{س}}{\text{ص}}$$

$$، \ \text{هـ}_٢ - \theta = \text{حتا}^{-١}\,\text{ك}$$

$$\therefore \ \text{هـ}_٢ = \text{حتا}^{-١}\,(\text{ك}) + \theta$$

مثال : مضلع ا ب حـ د فيه

	طول	انحراف
ا ب	٢٠٠	؟
ب حـ	٣٥٠	١٠٢°
حـ د	١٥٠	؟
د هـ	٤٠٠	٢٧٠°

والمطلوب إيجاد انحراف كل من ا ب ، حـ د

الحل

نفرض انحراف ا حـ ، ب د هما هـ$_1$ ، هـ$_2$ على الترتيب .

٢٠٠ حا هـ$_1$ + ١٥٠ حا هـ$_2$ = ٥٨   (١)

٢٠٠ حتا هـ$_1$ + ١٥٠ حتا هـ$_2$ = ٧٦   (٢)

٢٠٠ حا هـ$_1$ = ٥٨ − ١٥٠ حا هـ$_2$ (٣)

٢٠٠ حتا هـ$_1$ = ٧٦ − ١٥٠ حتا هـ$_2$ (٤)

بتربيع (٣) ، (٤) والجمع ينتج أن

(٢٠٠)^2 = (٥٨)^2 + (٧٦)^2 + (١٥٠)^2 − ٢ × ١٥٠ (٥٨ حا هـ$_2$ + ٧٦ حتا هـ$_2$)

٥٨ حا هـ$_1$ + ٧٦ حتا هـ$_2$ = [(٥٨)^2 + (٧٦)^2 + (١٥٠)^2 − (٢٠٠)^2] ÷ [٢ × ١٥٠]

$$\text{حتا}\,(\text{هـ}_{٢} - \theta) = \frac{(٥٨)^{٢} + (٧٦)^{٢} + (١٥٠)^{٢} - (٢٠٠)^{٢}}{٣٠٠\sqrt{٥٨^{٢} + ٧٦^{٢}}}$$

$$\text{ظا}\ \theta = \frac{٥٨}{٧٦} \qquad \theta = ٣٧^{\circ}$$

$$\text{هـ}_{٢} - \theta = ١٠٦^{\circ}\ \text{أو}\ ٢٥٤^{\circ}$$

$$\text{هـ}_{٢} = ١٤٣^{\circ}\ \text{أو}\ ٢٩١^{\circ}$$

وبالتعويض يمكن إيجاد قيمتى $\text{هـ}_{١}$ وهناك حلان

مثال — ا ، ب نقطتان أحداثياتهما ٤ شرقا ، ٦ شمالا ثم ١٣ شرقا ، ٤ شمالا على الترتيب . رصدت نقطة حـ فكان إنحرافها من ا = ٦٠° وإنحرافها من ب = ٣٣٠° أوجد إحداثيات نقطة حـ .

الحل

نعتبر ا ب حـ مضلع به طول كل من ا حـ ، ب حـ مجهولان وليكونا $\text{ل}_{١}$ ، $\text{ل}_{٢}$ والطول اب فيه معلوم .

مركبات ا ب = $\text{س}_{ب} - \text{س}_{ا}$ ، $\text{ص}_{ب} - \text{ص}_{ا}$

∴ المركبة الأفقية = ١٣ − ٤ = ٩

، المركبة الرأسية = ٤ − ٦ = − ٢

	الطول	إنحراف	مركبات أفقية	مركبات أفقية
ا ب			٩	− ٢
ب حـ	ل$_{1}$	٣٣٠°	− ل$_{2}$ جا ٣٠	+ ل$_{2}$ جتا ٣٠
حـ ا	ل$_{2}$	٢٤٠	− ل$_{1}$ جا ٦٠	− ل$_{1}$ جتا ٦٠

٦ −− ل$_{2}$ جا ٣٠ − ل$_{1}$ جا ٦٠ = صفر (٢)

− ٢ + ل$_{2}$ جتا ٣٠ − ل$_{1}$ جتا ٦٠ = صفر (٢)

٩ر٠٠ − ٠ر٥٠ ل$_{2}$ − ٠ر٨٦٦٠٣ ل$_{1}$ = صفر (١)´

، ٢ر٠٠ + ٠ر٨٦٦٠٣ ل$_{2}$ − ٠ر٥ ل$_{1}$ = صفر ...(٢)´

بضرب (١)´ فى ٠ر٨٦٦٠٣ ، (٢)´ فى ٠ر٥٠ وبالجمع

∴ ل$_{1}$ = ٦ر٧٩٤

بالتعويض (١)´ بقيمة ل .

∴ ل$_{2}$ = ٦٢ر٣

∴ إحداثيات حـ هى

س$_{حـ}$ = س$_{ا}$ + مركبة الأفقية للضلع ا حـ

= ٤ر٠٠ + ل$_{1}$ حا ٦٠° = ٩ر٨٨

$\text{ص}_{\text{ح}} = \text{ص}_{\text{ا}}$ + المركبة الرأسية للضلع ا ح

$= ٦ + \text{ل}_{١}$ جتا ٦° = ٩٫٣٩

ويمكن حساب إحداثيات ح عن طريق إحداثيات ب ويكون هذا تحقيقا للعمل .

$\text{س}_{\text{ح}} = \text{س}_{\text{ب}}$ + المركبة الأفقية للضلع ب ح

$= ١٢ - \text{ل}_{٢}$ جا ٣٠ = ٩٫٨٨

$\text{ص}_{\text{ح}}$ $\text{ص}_{\text{ب}}$ + المركبة الرأسية للضلع ب ح

$= ٤ + \text{ل}_{٢}$ جتا ٣٠ = ٩٫٣٩

ملاحظات :

١ — إشارة مركبات ا ح هى عكس إشارة مركبات ح ا الموجودة فى الجدول .

٢ — يمكن حل هذه المسألة مباشرة باستعمال المعادلتين (١٧ ، ١٨) .

وعلى الطالب التحقق من ذلك ومقارنة النتائج .

الترافرس الموصل والمفتوح وشبكات الترافرسات

أولا ـ الترافرس الموصل

الترافرس الموصل هو ما كانت نقطة إبتداؤه نقطة معلوم إحداثياتها ويربط عندها على اتجاه معلوم إنحرافه أو يمكن حساب إنحرافه . وكذلك ينتهي عند نقطة معلوم إحداثياتها ويربط عندها على إتجاه معلوم إنحرافه أيضاً . والمقصود بالربط أن الزاوية بين الضلع المعلوم إنحرافه وأحد أضلاع الترافرس مقاسة . ففي شكل (٤٥) ب س ص ع ط و حـ مضلع موصل يربط عنـــد إبتدائه على الضلع اب المعلوم إنحرافه وإحداثيات نقطة ب المعلومة من مضلع سبق تصحيحه ويقفل على نقطة حـ معلوم إحداثياتها ، ويربط على حـ ء المعـــلوم إنحرافه ، كذلك يجب أن تكون كل من الزاويتين ا ب س ، و حـ ء ، وهما زاويتا الربط ، مقاستان أو يمكن حسابها .

ويتلخص عمل الغيط بالنسبة للترافرس الموصل في قياس جميع أطوال أضلاعه وكذلك الزوايا المحصورة بين الأضلاع بالإضافة إلى زاويتي الربط . أما العمل المكتبي فالغرض منه الحصول على التصحيحات اللازمة لهذا النوع من الترافرسات سواء كانت تصحيحات خاصة بالزوايا أو بالأطوال ثم الحصول على الأحداثيات الصحيحة لجميع نقط الترافرس .

الخطوات التالية هى الخطوات النموذجية لإجراء الحسابات .

١ – الكروكى

يجرى كما فى الترافرس المقفل ويوضح عليه أطوال الخطوط والزوايا والملاحظات ، والكروكى يساعد كثيرا فى الحل شكل (٤٥) .

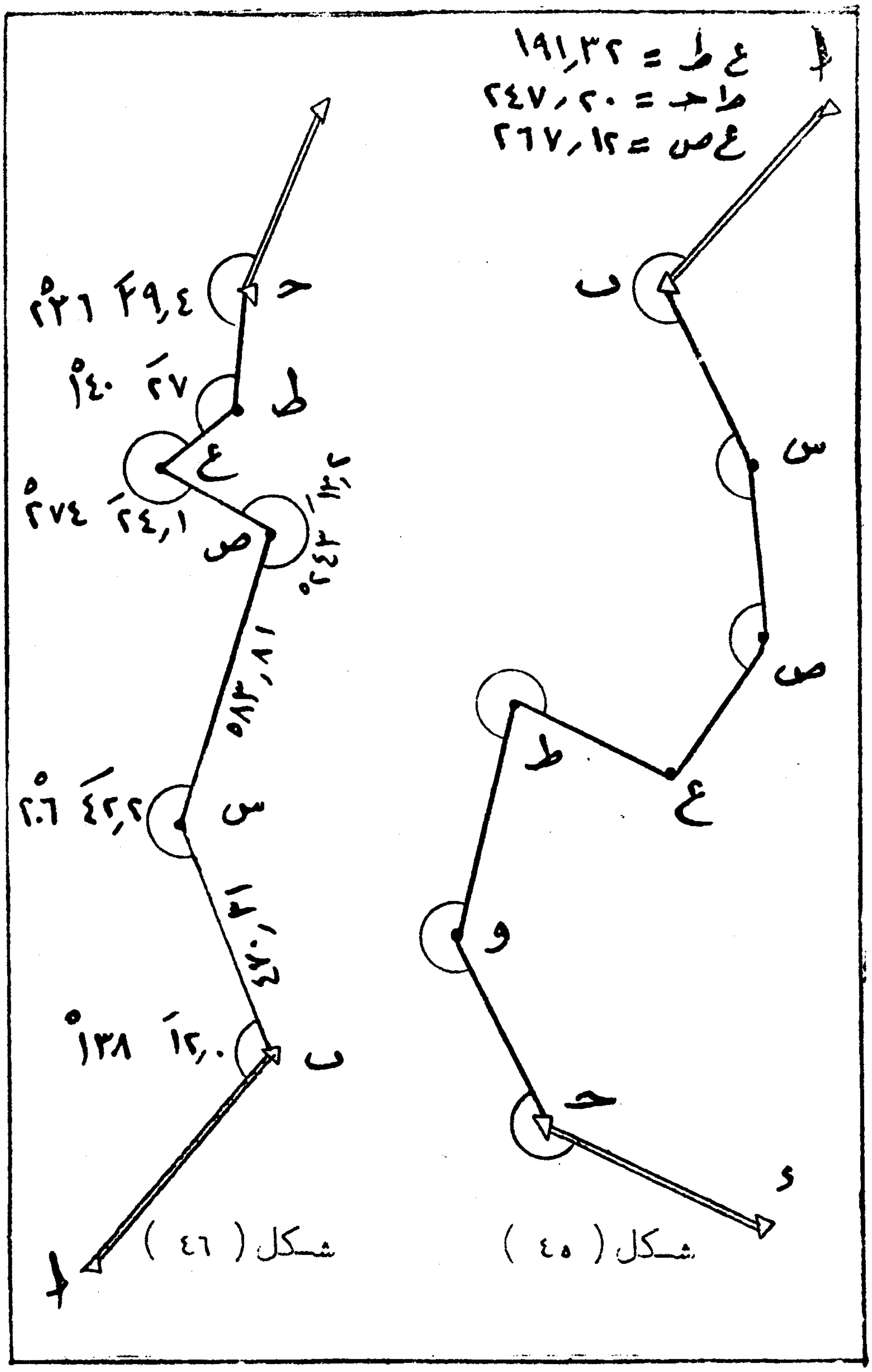
١ – تصحيح خطأ القفل الزاوى (خطأ الربط)

ونسميه أيضاً خطأ الربط فالمفروض أننا ابتدأنا وحسبنا إنحراف أول خط فى المضلع الموصل (ب س) بمعلومية الضلع الثابت ا ب ثم إنحراف س ص ، ص ع ، ع ط ، ط و ، و حـ ثم ربطنا على حـ ء المعلوم إنحرافه وذلك بمعلومية الزوايا ، فإنه من الواجب أن يكون إنحراف حـ ء المحسوب يساوى إنحرافه المعلوم . أما إذا كان هناك فرق فإنه يكون هو خطأ الربط ($\triangle$) لهذا الترافرس

ويمكن حساب خطأ الربط ($\triangle$) من المعادلة التالية

$$\triangle = \sum_{1}^{ن+1} \theta - \left[\alpha_{I} - \alpha_{II} + 180^{\circ} (ن + 1) \right] \qquad (٢١)$$

حيث $\sum_{1}^{ن+1} \theta$ = مجموع الزوايا المقاسة بين أضلاع الترافرس والمأخوذة دائماً ضد عقرب الساعة من الضلع السابق إلى اللاحق إبتداء من خط الربط الأول شكل (٤٥) .


ع ط = ١٩١,٣٢
ط ا حـ = ٢٤٧,٢٠
ع ص = ٢٦٧,١٢
ا
ب
س
ص
ع
ط
و
حـ
د
٤٩,٤ ٢٢٦°
٢٧ ١٤٠°
٢٤,١ ٢٧٤°
١٢,٣ ٢٤٣°
٥٨٣,٨١
٤٢,٢ ٢٠٦°
٤٢٠,٤٣
١٢,٠ ١٣٨°

شكل (٤٥)

شكل (٤٦)

$II\alpha$ ، $I\alpha$ انحرافا خطى الربط الاول والاخير

ن = عدد أضلاع الترافرس الموصل

أما إذا كانت الزاويا المقاسة مأخودة دائما مع عقرب الساعة فان خطأ الربط يكون مساويا

$$\Delta = \theta_{ع} = \left(II\alpha - I\alpha + 180^{\circ} (\text{ن} \pm 1) \right)$$

(٢٢) ...

والخطأ الزاوى المسموح به فى الترافرسات الموصلة يمكن حسابه من المعادلة

$$\boxed{\text{الخطأ المسموح به} = 2\, \text{و}'' \sqrt{\text{م}}}$$

(٢٣) ...

حيث و = دقة القراءة للدائرة الأفقية للتيودوليت المستعمل

م = عدد الزوايا الكلية المقاسة فى الترافرس = ن + ١

فاذا كان خطأ القفل أكبر من المسموح به فيجب إعادة الأرصاد كلها أو المشكوك فيه أما إذا كان الخطأ مسموحا به فانه يوزع بالتساوى على جميع الزوايا المقاسة ، ثم يحسب بعد ذلك إنحراف كل ضلع .

ويمكن حساب خطأ القفل الزاوى بحساب إنحرافات الأضلاع إبتداء من خط الربط الأول وحتى الربط الأخير . وتقارن إنحرافه المعلوم مع

الإنحراف المحسوب له ، والفرق بين هذه الحالة هو خطأ القفل الذى يمكن توزيعه مباشرة على إنحرافات الخطوط المحسوبة .

ويكون تصحيح إنحراف الأول ف$_1$ $= \frac{-\Delta}{ن + 1}$

« « « للخط الثانى ف$_2$ $= \frac{-2\Delta}{ن + 1}$

... ...

« « « خط الربط الأخير ف$_{ن+1}$ $= - \frac{\Delta(ن+1)}{ن + 1}$

$= \Delta$

٣ ـ المركبات الافقية والراسية :

تحسب المركبات الأفقية والرأسية كما فى المضلع المقفل تماما .

٤ ـ خطأ القفل الضلعى :

الترافرس الموصل يبتدىء من نقطة معلوم إحداثياتها وينتهى بنقطة معلوم إحداثياتها كما سبق ذكره ، فإذا ابتدأنا حساب الإحداثيات من النقطة الأولى فإننا نحصل على إحداثيات النقطة النهائية بالحساب ، وتختلف عن إحداثياتها المعلومة ، وهذا ناتج عن تراكم الأخطاء فى الرصد ومن الأجهزة نفسها .

نحسب إحداثيات النقط س ، ص ، ع ، ط ، و ، حـ بمعلومية النقطة المعلومة (ب) ونحسب الفرق بين إحداثيات (حـ) المعلومة والمحسوبة فتكون هى مركبات

خطأ القفل Δ س ، Δ ص . وعلى هذا فإن خطأ القفل الضلعى يكون مساوياً

$$\Delta\, \text{ل} = \sqrt{(\Delta\, \text{س})^{2} + (\Delta\, \text{ص})^{2}}$$

$$\text{والخطأ النسبى} = \frac{\text{مقدار خطأ القفل}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}} = \frac{1}{\text{م}}$$

خطأ القفل المسموح به :

فى المدن : $\frac{1}{5000}$ من طول المضلع	
فى الارياف : (٢٥ سم + ٠٫٠٣١ ل + ١٫١٣ $\sqrt{\text{ل}}$)	... (٢٤)

حيث ل = طول المضلع بالمتر والمسموح به بالسنتيمتر .

وإذا كان الخطأ مسموحاً به فتوزع مركباته على مركبات الأضلاع بنسبة طول كل ضلع إلى المجموع الكلى للأضلاع وبأشارة مخالفة (طريقة بودتش) .

٤ ــ توقيع المضلع :

يوقع المضلع الموصل أما بالأحداثيات الكلية للنقط أو بمركبات الأضلاع كما هو متبع فى المضلعات المقفلة .

مثال عن الترافرس الموصل

المطلوب حساب الاحداثيات الصحيحة لنقط المضلع الموصل ب ص ع ط ح الموضح فى شكل (٤٦) إذا كانت إحداثيات نقطى ب ، ح هى .

س ب = ١٨ر٤٢٨٤   ص ح = ٢١ر٩٣٤٢

س ح = ٢١ر٥٦٠٦   ص ح = ١٢ر٨٤٧٧

وكان انحراف ا ب الدائرى = ١ر٢٩´ ١٥٢° (I^{α})

انحراف « ء الدائرى = ٠ر٤٠´ ١٨٥° (II^{α})

علماً بان قياس الزوايا تم بتيودايت دقته دقيقة واحدة وأن قيم الزوايا المقيسة والأضلاع موضحة بالشكل .

الحل

١ – نلاحظ من كروكى الترافرس الموضح فى شكل (٤٦) أن كل الزوايا المقاسة مأخوذة كلها مع عقرب الساعة ماعدا الزاوية عند ص ولذا نحسب الزاوية عند هذه النقط فى إتجاه عقرب الساعة حتى يمكن تطبيق المعادلة (٢٢)

الزاوية عند ص مع عقرب الساعة = ٣٦٠° − ٢ر١٣´ ٢٤٣°
= ٤٦ر٨´ ١١٦° .

∴ خطأ القفل الزاوى = ٥ر١١´ ١١٣° − [٤٠´ ١٨٥° − ١ر٢٩´
١٥٢° + ١٨٠° × ٦] -- + ٦ر٠´

∴ المسموح به = ٢ و $\sqrt{ن}$ = ٢ × ١ $\sqrt{٦}$ = ٤٫٨٩ َ

التصحيح لكل زاوية = $\frac{-٠٫٦}{٦}$ = − ٠٫١ َ

وفى الجدول مبينة حسابات الترافرس الموصل والعمود (٤) فيه يبين الانحرافات المصححة .

٢ – **حساب الانحرافات الدائرية :**

انحراف أ ب (خط الربط الأول المعلوم) = ١٫٢٩ َ ١٥٢ °

انحراف ب س = ١٫٢٩ َ ١٥٢ ° + ١٨٠ ° + ١٫١٩ َ ١٣٨ °

= ٠٫٤١ َ ١١٠ °

انحراف س ص = ٠٫٤١ َ ١١٠ ° + ١٨٠ + ١٫٤٢ َ ٢٠٦ °

= ١٫٢٣ َ ١٣٧ °

... ...

وهكذا حتى انحراف خط الربط الثانى كما فى عمود (٥) من الجدول

٣ – حسبت المركبات الأفقية والرأسية للأضلاع وخطأ القفل لها (△ س ، △ ص) من المعادلة ،

$$\boxed{\begin{array}{l} \triangle س = س_{ب} + ع س - س_{ح} \\ \triangle ص = ص_{ب} + ع ص - ص_{ح} \end{array}} \quad \cdots (٢٥)$$

ومن الجدول △ س = + ٠٫٢٥ △ ص = − ٠٫٨٣

∴ خطأ القفل الضلعى $= \sqrt{(-0.83)^2 + (+0.25)^2} = 0.87$

الخطأ النسبى $= \frac{1}{2023} < \frac{1}{2000}$ أى مسموح به . وعليه وزع خطأ القفل فى المركبات الأفقية والرأسية على مركبات الأضلاع بنسبة طول كل ضلع إلى مجموع الأضلاع .

فمثلا التصحيح للمركبة الأفقية للضلع س ص

$$= +0.83 \times \frac{583.81}{1759.76} = +0.27$$

ملحوظة :

كان من الممكن أيضا فى هذا المثال حساب الانحرافات الدائرية غير المصححة من الزوايا المقاسة مباشرة ثم تصحيح هذه الانحرافات :

شبكات الترافرسات المركبة

فى كثير من الأحيان تقابلنا شبكة من الترافرسات المركبة سواء كانت مقفلة أو موصلة أو مكونة من مجموعة ترافرسات مقفلة معاً . وفى شكل (٤٨) موضح عدة أمثلة من هذه الشبكات المركبة .

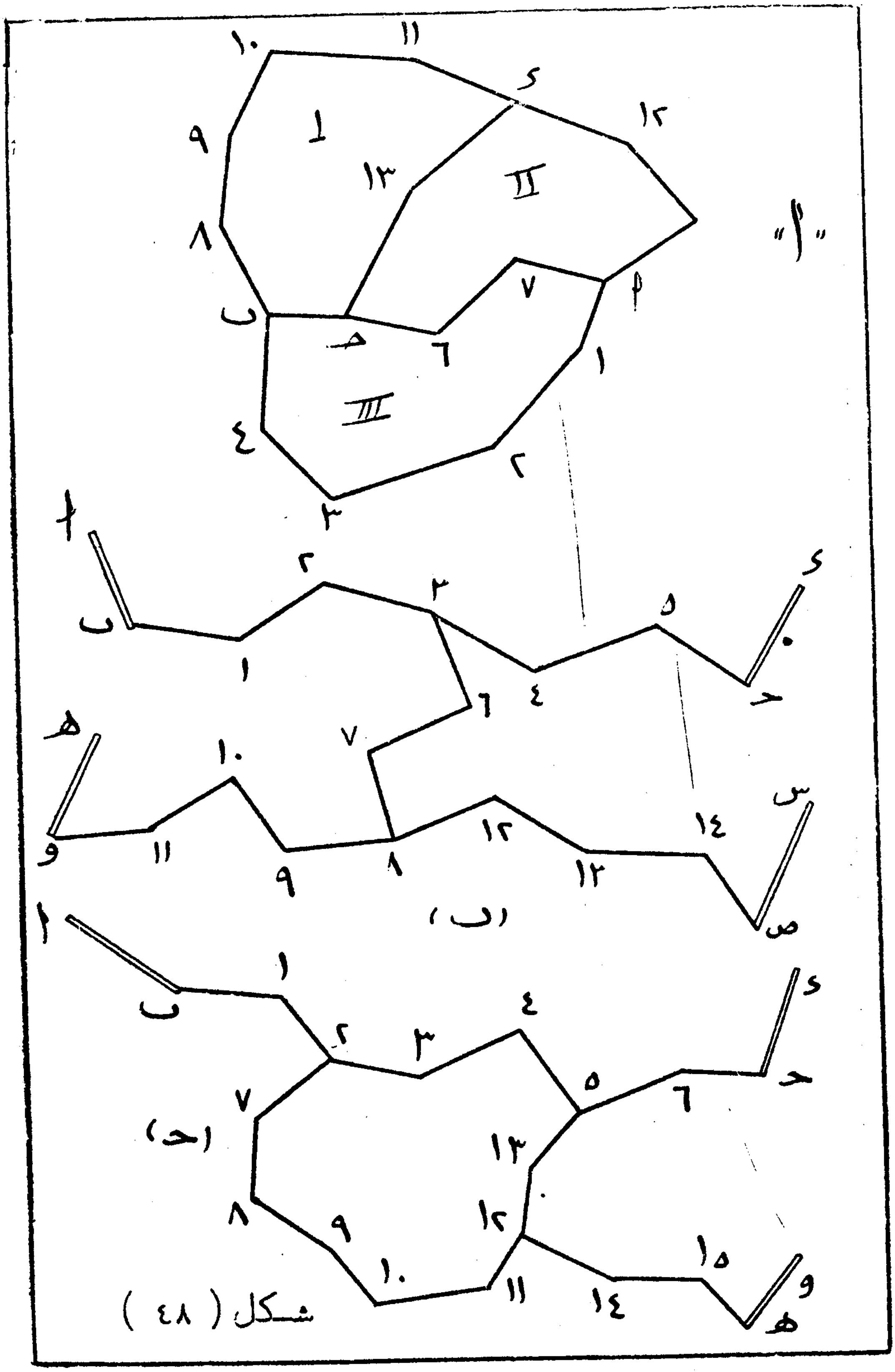
المثال الأول لشبكة مكونة من ثلاث ترافرسات مقفلة I , II , III مشتركة فى الأضلاع ء — ١٣ — حـ ، ١ — ٧ — ٦ — حـ ، حـ ب

والمثال الثانى لشبكة من الترافرسات الموصلة والمتصلة مع بعضها فى النقط ٣ ، ٨ والتى تربط على الخطوط الثابتة ا ب ، حـ ء ، هـ و ، س ص .

والمثال الثالث الموضح فى نفس الشكل يبين شبكة ترافرسات مكونة من مضلع مقفل يربط على ثلاث خطوط ثابتة ا ب ، حـ ء ، هـ و وذلك بواسطة الترافرسات الموصلة ٢ — ١ — ب ، ٥ — ٦ — حـ ، ١٢ — ١٤ — ١٥ — هـ .

وحسب ما درسنا سابقاً ، للحصول على الاحداثيات الصحيحة لجميع نقط الترافرس لابد من الحصول على الاتجاهات المصححة لجميع خطوط هذا الترافرس وكذلك المركبات المصححة لهذه الخطوط .

وفى حالة الترافرسات المركبة فإن عملية التصحيح تبدو للوهلة الاولى أنها صعبة ومعقدة وذلك لأنه اذا أردنا أن نصحح الشبكة الموضحة فى شكل (٤٨ — ا) فلابد أن نصحح كل من خطأ القفل الأفق عند نقطة حـ ثم خطأ القفل الزاوى للمضلعات I , II , III بحيث أن نتيجة التصحيح لزاوية مثل ١٣ فى المضلع I تكون هى نفس النتيجة الزاوية ١٣ أيضا فى المضلع II ، وبالمثل لباقى الزوايا المشتركة فى أكثر من مضلع .



شكل (٤٨)

بالمثل بالنسبة لمركبات الاضلاع لابد أن نحصل على التصحيح فيها الذى يؤدى إلى الحصول على الاحداثيات الصحيحة والمحسوبة بأخذ أى مسار من المسارات المختلفة فى الشبكة .

ولو درسنا شبكة الترافرسات الموصلة الموضحة فى شكل (٤٨ ـ ب) نجد أنه لتصحيح انحرافات هذه الشبكة لدينا عدة مسارات مختلفة ومتداخلة مثل من (ا ب) إلى (ء ح) أو إلى (و هـ) أو إلى (س ص) أو من (ء ح) إلى (ا ب) أو (س ص) أو (هـ و) ...... الخ ، الأمر الذى يمكن الحصول منه على أكثر من انحراف للخط الواحد حسب المسار المتبع للتصحيح .

ولو طبقنا نفس الاسلوب على الشبكة الموضحة فى شكل (٤٨ ـ حـ) نجد أننا سوف نقابل كل الظروف التى ذكرت سابقا .

ويمكن التغلب على جميع العقبات الخاصة بتصحيح هذا النوع من الشبكات وضبطها بدقة باستخدام معادلات نظرية الاخطاء مع معرفة المعادلات الشرطية فى كل حالة ، إلا أن من عيوب هذه الطريقة أنها مطولة جداً وصعبة التطبيق فى الشبكات المركبة الكبيرة .

وهناك طرق أخرى دقيقة أيضا وعملية وسهلة التطبيق وأهمها طريقة التصحيح المتتالى التى استنبطها ف . بوبوف والتى يمكن إستخدامها سواء للترافرسات المركبة المقفلة او الموصلة .

طريقة التصحيح المتتالى لضبط شبكات الترافرس

اولا - اذا كانت الشبكة مكونة من مجموعة من الترافرسات المقفلة

١ - يرسم كروكى للشبكة المطلوب تصحيحها ونبين عليه نقط الشبكة وقيم الزوايا المرصودة .

٢ - نجرى عملية تصحيح الزوايا عند النقط التى يقفل فيها الافق . وهى النقط ب ، ٧ ، ٨ شكل (٤٩-ا) بحيث يكون مجموع الزوايا التى تقفل الافق مساوياً ٣٦٠° ويجرى توزيع الخطأ بالتساوى على الزوايا .

٣ - يحسب خطأ القفل الزاوى فى كل مضلع مقفل فى الشبكة .

خطأ القفل المسموح به = ± ١٫٥ و $\sqrt{ن}$

... (٢٨)

و = دقة التيودوليت الذى اجريت به الارصاد .

فاذا كان الخطأ مسموحا به نجرى عملية التصحيح أما اذا كان غير مسموح به فنبحث عن الزوايا التى نشك أن بها أخطاء ويعاد رصدها وفى مثال شكل (٤٩-ا) حسب خطأ القفل الزاوى فى كل مضلع وكتب داخل المضلع بأشارته .

٤ - لاجراء التصحيح نستعين بكروكى مبسط للشبكة على شكل مجموعة من المستطيلات المتجاورة عددها وترتيبها والحدود المشتركة هو الموجود فى الشبكة الاصلية كما هو موضح فى شكل (٤٩ ب) فمثلا الضلع ا ب فى شكل (٤٩ - ب) يمثل الحد المشترك (٤٩ - ب) بين المضلعين I , II فى شكل (٤٩ - ا) . والضلع ب ى فى شكل (٤٩-ب) يمثل الحد المشترك (ب - ٨ - ٥) بين المضلعين II , III فى شكل (٤٩ - ا) ويدون على كل

حد من حدود المستطيلات عدد الأضلاع المكونة لهذا الحد فى الشبكة الأصلية.
فنكتب مثلا على الحد حـ ء الرقم ٣ دلالة على أنه هو عدد أضلاع هذا الحد فى الشبكة الأصلية . وهكذا بالنسبة لباقى الحدود

ه — بالنسبة لكل مستطيل

ا — تدون داخله رقم المضلع الذى يمثله هذا المستطيل (I أو II أو ...)

ب — أسفل الرقم يعمل جدول لأخطاء هذا المضلع الواجب تصحيحها

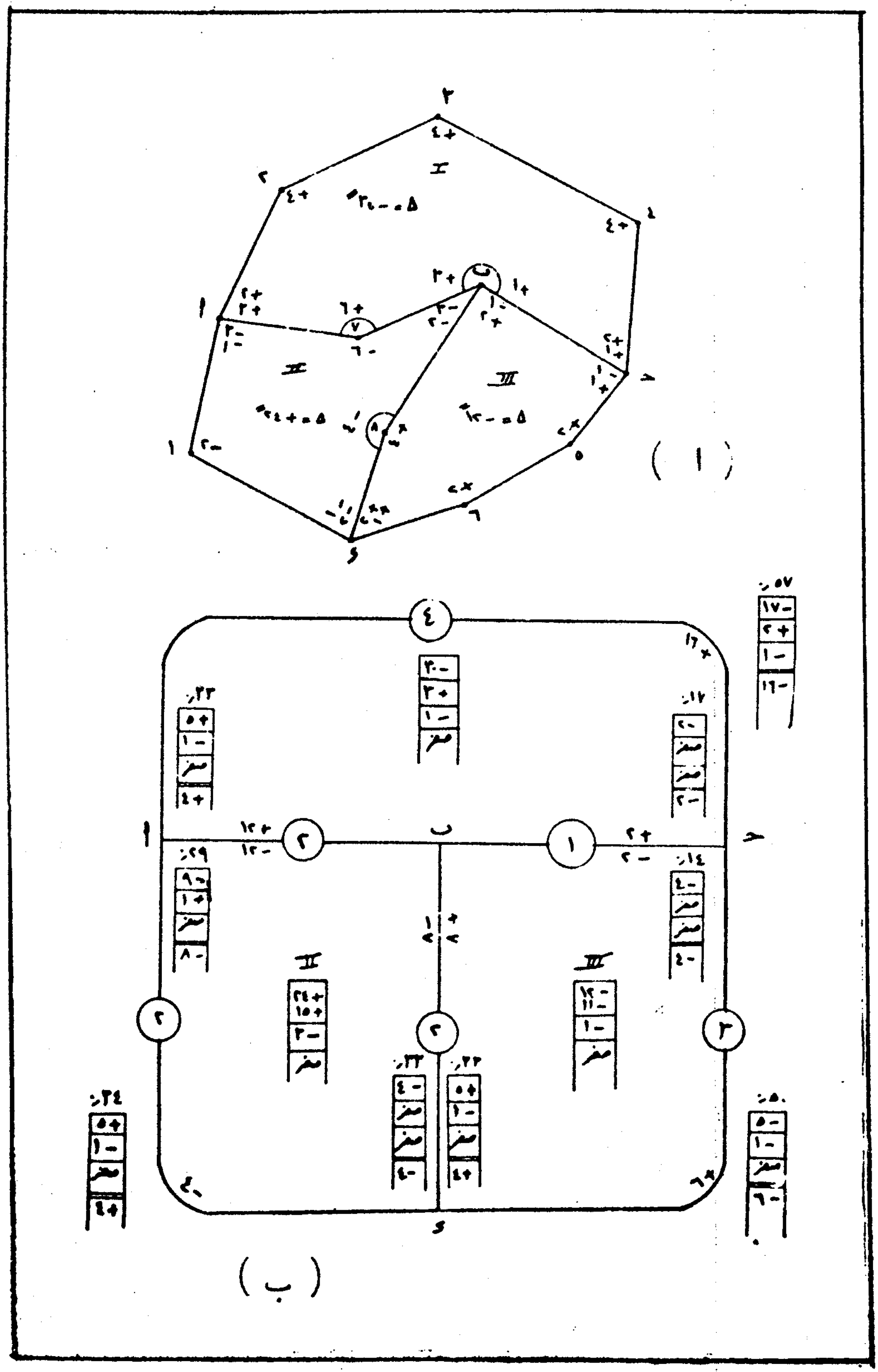
حـ — يعمل على كل حد من الخارج جدول لتوزيع أخطاء المضلع الممثل بهذا المستطيل .

فمثلا داخل المستطيل العلوى فى شكل (٤٩ - ب) والممثل للمضلع I رسم جدول الأخطاء ، وخارج المستطيل رسمنا جدول توزيع الأخطاء على الحدود ا حـ ، ا ب ، ب حـ . وبالمثل للمستطيلين الممثلين للمضلعين II , III مع ملاحظة أن الحدود المشتركة لها جدولى توزيع فى الجهتين المتضادتين من الحد فى حين أن الحدود غير المشتركة لها جدول واحد فقط .

٦ — يوزع خطأ القفل الزاوى على كل حد من حدود أى ضلع (سواء أكان حدا مشتركا أو غير مشترك مع مضلع آخر) وذلك حسب معاملات توزيع .

$$\text{معامل التوزيع (ل) لأى حد} = \frac{\text{عدد أضلاع الحد}}{\text{عدد أضلاع المضلع الكلية}} = \frac{ن_ح}{ن} \qquad \ldots (٢٩)$$

وتدون معاملات التوزيع على الجداول بكل حد



شـــكل (٤٩)

ويجب حساب معاملات التوزيع فى ثانى رقم عشرى ففى المثال فى المضلع I

$$ك_{ا حـ} = \frac{٤}{٤ + ٢ + ١} = ٠٫٥٧ ، ٠٫٥٠$$

$$ك_{ا ب} = \frac{٢}{٤ + ٢ + ١} = ٠٫٢٩$$

$$ك_{حـ ب} = \frac{١}{٤ + ٢ + ١} = ٠٫١٤$$

وللتحقيق يجب أن يكون معاملات التوزيع للمضلع الواحد مساويا الواحد الصحيح .

٧ — تكتب قيم خطأ القفل فى كل مضلع باشارتها داخل جدول الخطأ ونبدأ التوزيع من المضلع الذى يكون فيه خطأ القفل اكبر ما يمكن . وفى المثال بدأنا بالمضلع I الذى فيه خطأ القفل = — ٣٠″ . توزع قيمة هذا الخطأ على الحدود ا حـ ، حـ ب ، ب ا حسب النسب المحسوبة والمدونة أعلى جداول التوزيع الخاصة بهذه الحدود وعلى هذا كان نصيب الحد ا حـ هو (— ١٧″) والحد حـ ب هو (- ٤″) والحد ب ا هو (- ٩″) فى المضلع الذى يليه فى الترتيب وهو II نجد أن خطأ القفل + ٢٤″ ولكن أضيف إليه من المضلع I خطأ قدره (- ٩″) وبالتالى فأن مجموع خطأ القفل لهذا المضلع أصبح + ١٥″ يوزع على الحدود ا ب ، ب ى ، ى ا حسب معاملات التوزيع لكل منها ، فيكون نصيب الأول هو + ٥″ والثانى + ٥″ والثالث + ٥″ .

٨ — فى المضلع الثالث III خطأ القفل فيه هو - ١٢″ . ولكن اضيف اليه من I (- ٤″) ومن II (٥″) وبالتالى يصبح خطأ القفل فيه (- ١١″)

توزع على الحدود ب حـ ، حـ ء ، ء ب فنصيب الأول (- ٢'') والثانى (- ٥'') والثالث (- ٤'') (مع ملاحظة أننا أهملنا كسور الثانية فى التوزيع).
وبهذا يتم توزيع خطأ القفل الأصلى .

٩ ــ إلا أننا نلاحظ أن المضلع الأول إضيف إليه من المضلع الثانى والثالث خطأ جديد قدره (+ ٥'') ، (- ٢'') أى بمقدار (+ ٣'') لهــذا نبدأ بدورة جديدة من التوزيع تبدأ من هذا المضلع وبنفس الترتيب الســابق .
وتكرر دورات التوزيع لتصبح قيمة الخطأ فى أى مضلع مســاوية للصفر .
وفى المثال حصلنا على هذه النتيجة فى الدورة الثالثة للتصحيح .

١٠ ــ نحسب بعد ذلك فى كل جدول توزيع المجموع الجبرى لقيم التوزيع .

١١ - قيم التصحيح لزوايا كل حد نحصل عليها كالآتى:

أ ــ بالنسبة للحدود غير المشتركة فى الشبكة يكون التصحيح لزوايا هذا الحد مساويا قيمة المجموع الجبرى للتصحيحات فى جدول التوزيع الخاص بهذا الحد باشارة مخالفة فمثلا بالنسبة للحد أ حـ التصحيح لزواياه مساويا + ١٦'' توزع بالتساوى على الأربعة اتجاهات لهذا الحد بمعنى أن يأخذ كل من الزوايا ٢ ، ٣ ، ٤ (+ ٤'') ويعطى نصف التصحيح (٢'') للزاوية عند أ والنصف الآخر للزاوية عند حـ . بالمثل الحد حـ ء ، والحد ء أ

ب ــ بالنسبة للحدود المشتركة يكون التصحيح للحد فى أحد المضلعات مساويا لمجموع التصحيحات فى جدول التوزيع داخل المضلع لهذا الحد مطروحا منها مجموع التصحيحات فى جدول التوزيع خارج المضلع لنفس الحد ، فمثلا الحد أ ب فى المضلع أ حـ ب أ التصحيح مساويا + ٨ - (- ٨) = + ١٢'' ولنفس

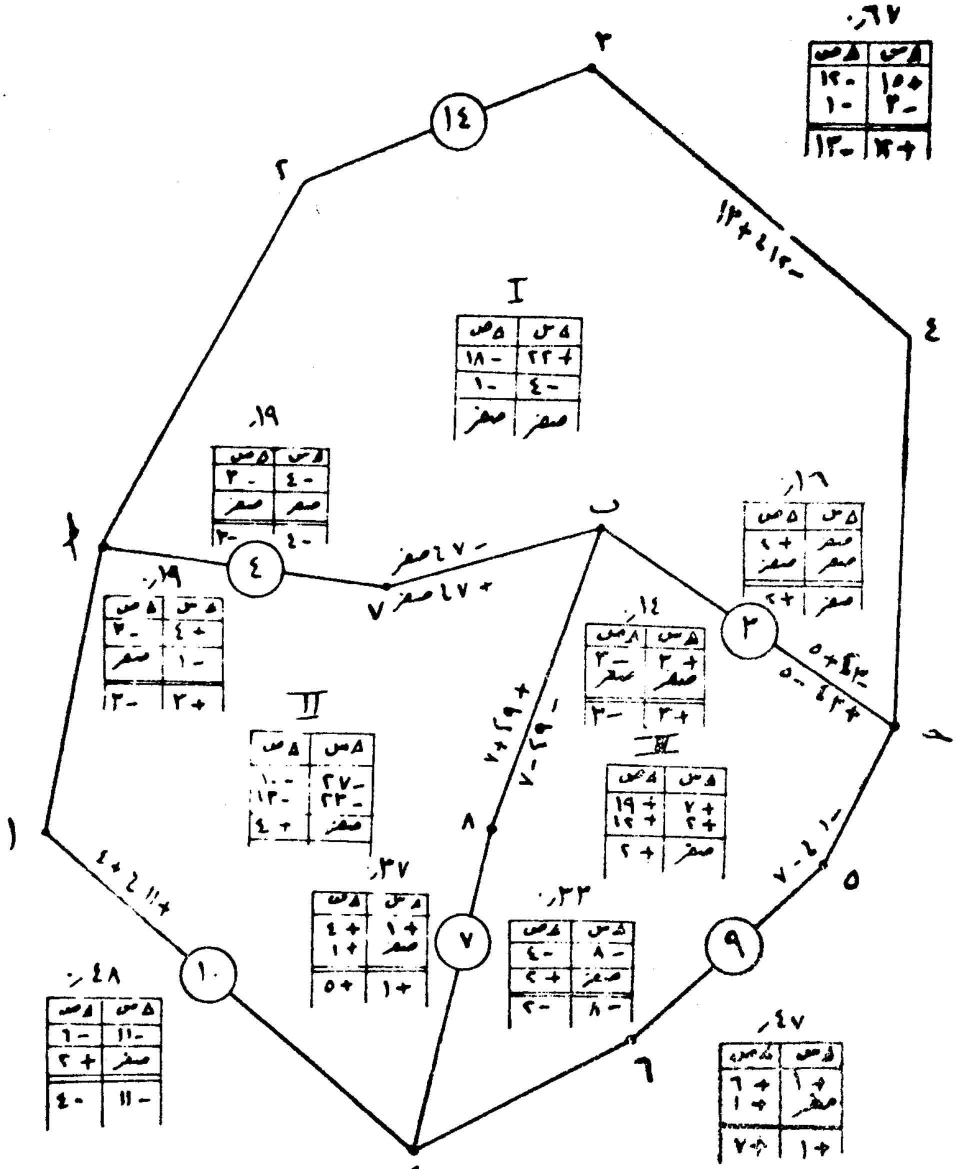
الحد فى المضلع ا ب ء ا التصحيح مساويا - ٨ - (+ ٤) = - ١٢˝. وهذا هو ما كنا نسعى اليه أى الحصول على قيم تصحيح فى الزوايا المشتركة متساوية .
ويوزع التصحيح بالتساوى أيضا على انحرافات الاضلاع أى + ٦˝ للزاويه ٧ فى المضلع ا ب حـ ا ، + ٣˝ لكل من الزوايا عند ب ، ا فى نفس المضلع .
وبالمثل الحد ب ء ، والحد ب حـ .

وفى شكل (٤٩ - ا) موضح قيم التصحيح للزوايا عند نقط الشبكة المختلفة . ونلاحظ أن التصحيح النهائى لزوايا الشبكة لم يؤثر على قفل الأفق عند أى نقطة فيها فمثلا عند نقطة ب المجموع الجبرى للتصحيح للزوايا مساويا الصفر .

١٢ - المجموع الجبرى لقيم التصحيح فى الزوايا لكل مضلع مقفل على حدة يجب أن يساوى قيمة خطأ القفل لهذا المضلع وباشارة مخالفة .

١٣ - بعد الحصول على الزوايا المصححة فى الشبكة تحسب الانحرافات الدائرية لكل ضلع وذلك بمعرفة انحراف أحد الاضلاع ، ثم وبمعرفة طول كل ضلع فى الشبكة تحسب مركبات جميع الاضلاع ثم تحسب مركبات خطأ القفل △ س ، △ ص لكل مضلع مقفل فى الشبكة كما هو متبع فى الترافرسات المقفلة

١٤ - لتصحيح خطأ القفل للشبكة نستعين بكروكى آخر لها (شكل ٥٠) ويوضح عليها أيضا نقط الشبكة ومجموع أطوال أضلاع كل حد فيها بمئات الأمتار وداخل كل مضلع مقفل نرسم جدول مكون من عمودين الأول للمركبة الأفقية لخطأ القفل فى المضلع (△ س) والثانية للمركبة الرأسية (△ ص) بالسنتيمتر وخارج كل مضلع مقفل وعلى حدوده ترسم جداول التوزيع بنفس الطريقة التى اتبعت فى شكل (٤٩ - ت) ، وتحسب معاملات التوزيع لكل جدول توزيع على أساس أن الخطأ يوزع على كل حد بنسبة طول هذا الحد $ل_١$



شـــكل (٥٠)

إلى مجموع أطوال أضلاع المضلع المقفل ل أى أن

$$ك = \frac{ل_د}{مجـ ل} .$$

فمثلا فى المضلع I إذا كان مجموع أطوال الحد ا حـ هو ١٤٠٠ متر (كتب ١٤ على الحد) والحد حـ ب ٣٠٠ متر ، والحد ب ا ٤٠٠ متر فإن نسب التوزيع

تكون لهذا المضلع هى $ك_{احـ} = \frac{١٤}{٢١} = ٠٫٦٧$ ،

$$ك_{حـ ب} = \frac{٣}{٢١} = ٠٫١٤ ،$$

$$ك_{ب ا} = \frac{٤}{٢١} = ٠٫١٩ .$$

ونلاحظ هنا أن مجموع معاملات التوزيع لابد أن يساوى الواحد الصحيح وبالمثل نوجد معاملات التوزيع لكل من المضلعين II ، III . ١٥ - يبدأ التصحيح فى المضلع الذى فيه أكبر خطأ قفل وهو المضلع I فنوزع خطأ القفل ($\triangle$ س) ، ($\triangle$ ص) على حدود هذا المضلع المقفل بنسب التوزيع المحسوبة له كما هو موضح شكل (٥٠) فنجد أن نصيب المضلع II من هـــذا التصحيح هو + ٤ ، - ٣ سنتيمتر وبذا يكون مجموع خطأ القفل فى المضلع II هو - ٢٣ ، - ١٢ سنتيمتر ، وبالمثل نوجد التصحيح فى هذا المضلع ثم نكرر العمل للمضلع III .

١٦ - نبدأ دورة تصحيح جديدة بدءا بالمضلع I مع ملاحظة أن خطأ القفل فى هذه الدورة هو المجموع الجبرى للتوزيع من المضلعين II ، III الذى حصلنا عليه من الدورة السابقة للتوزيع .

١٧ - نستمر فى التوزيع حتى يتلاشى خطأ القفل ومن ثم نوجد المجموع الجبرى للتوزيعات ثم نحسب تصحيح المركبات لكل حد بنفس القاعدة التى اتبعت فى إيجاد تصحيح الزوايا للحد الواحد أى أن

التصحيح △ س لأى حد فى مضلع ما = △ س من جدول التصحيح داخل هذا الحد - △ س من جدول التصحيح خارج هذا الحد .

فمثلا الحد ا ب فى المضلع I △ س = - ٤ - (+ ٣) = - ٧

△ ص = - ٣ - (- ٣) = صفر

والحد ا ب فى المضلع II △ س = + ٣ - (- ٤) = + ٧

△ ص = - ٣ - (- ٣) = صفر

ويجب أن يكون المجموع الجبرى للتصحيحات (△ س) فى المضلع الواحد يساوى مقدار الخطأ الأصلى فى هذا المضلع بإشارة مخالفة .

١٨ - بعد الحصول على التصحيحات فى كل حد نوزع التصحيح لكل حد على أضلاعه بنسبة طول المضلع الواحد الى مجموع أضلاع هذا الحد .

مثال

المطلوب حساب الاحداثيات الصحيحة لنقط الشبكة الموضحة فى شكل (٥١) إذا علم أن احداثيات نقطة ا هى (+ ١٠٠٠ ، + ١٠٠٠) وأن انحراف الضلع ا - ٢ هو ٣٠ َ ٢٦٧°

الحل :

١ - نبدأ فى تصحيح خطأ قفل الأفق للنقط المشتركة فى الشبكة وهى نقطتى ى ، ١١ فنجد أن خطأ القفل عند ١١ يساوى صفر، عند ى = - ٢ر١ يوزع على

الثلاث زوايا عندها والتصحيح لكل زاوية هو + ٤ر٠١

٢ — بعد الحصول على الزوايا الصحيحة عندئذ توجد خطأ القفل الزاوى فى كل مضلع مقفل على حده (أنظر الجدول رقم ١٤) فنجد أن أكبر خطأ هو فى المضلع II يليه فى III وأقل خطأ فى المضلع I .

٣ — حسبت معاملات التوزيع لكل مضلع وبالاستعانة بالكروكى الموضح فى شكل (٥٢) تم توزيع الخطأ بادئين بالمضلع II ثم III ثم I وكرر العمل حتى تلاشى الخطأ .

٤ — حسب التصحيح لزوايا الحدود الفاصلة ومن ثم استنتج التصحيح لكل زاوية من زوايا الشبكة كما هو موضح فى شكل (٥١) .

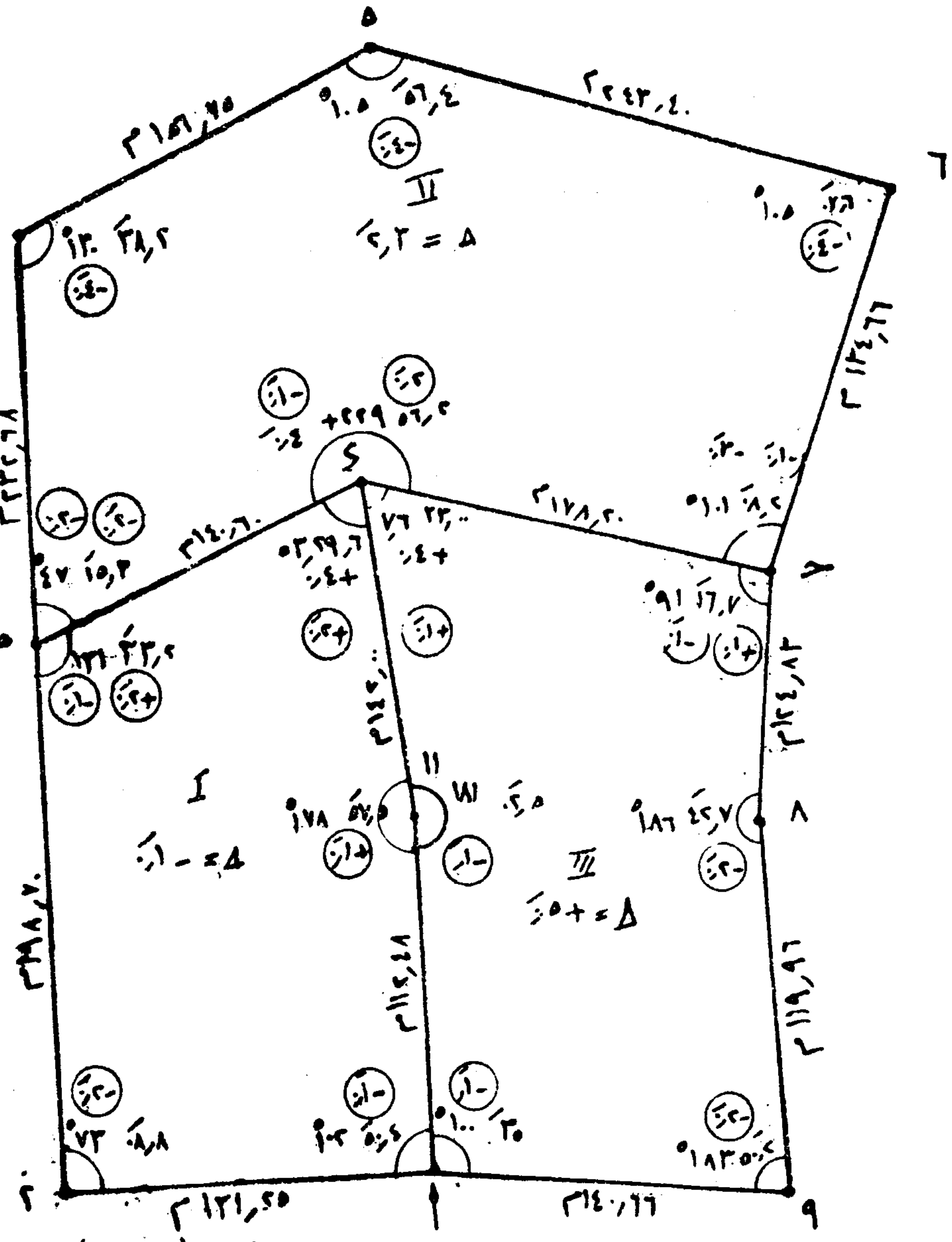
٥ — وفى جدول (١٤م) حسبت الزوايا المصححة فى الشبكة والانحرافات الدائرية والمختصرة لأضلاعها وكذلك المركبات الأفقية والرأسية لهذه الأضلاع ومنها تم حساب الخطأ فى المركبات لكل مضلع مقفل على حده .

٦ — بالاستعانة بالكروكى الموضح فى شكل (٥٣) وزع الخطأ على حدود الشبكة مع ملاحظة أنه عند تصحيح المركبات الأفقية بدأنا بالمضلع II ثم III ثم I وعند تصحيح المركبات الرأسية بدأنا بالمضلع I ثم II ثم III .

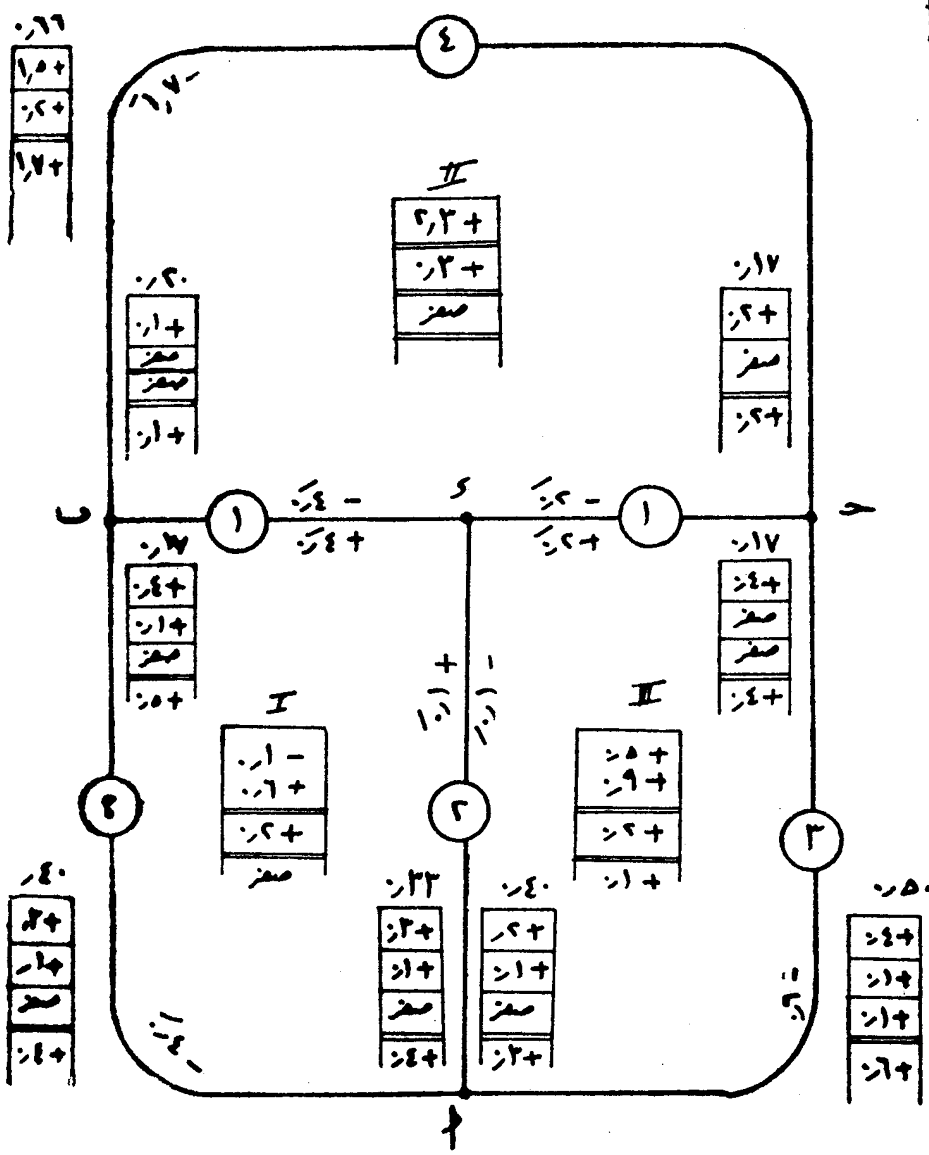
٧ — بعد حساب التصحيح فى المركبات لحدود الشبكة حسب التصحيح لكل ضلع .

فمثلا التصحيح فى المركبة الأفقية للضلع ٤ — ٥ = + ٣٠ر٠ ×

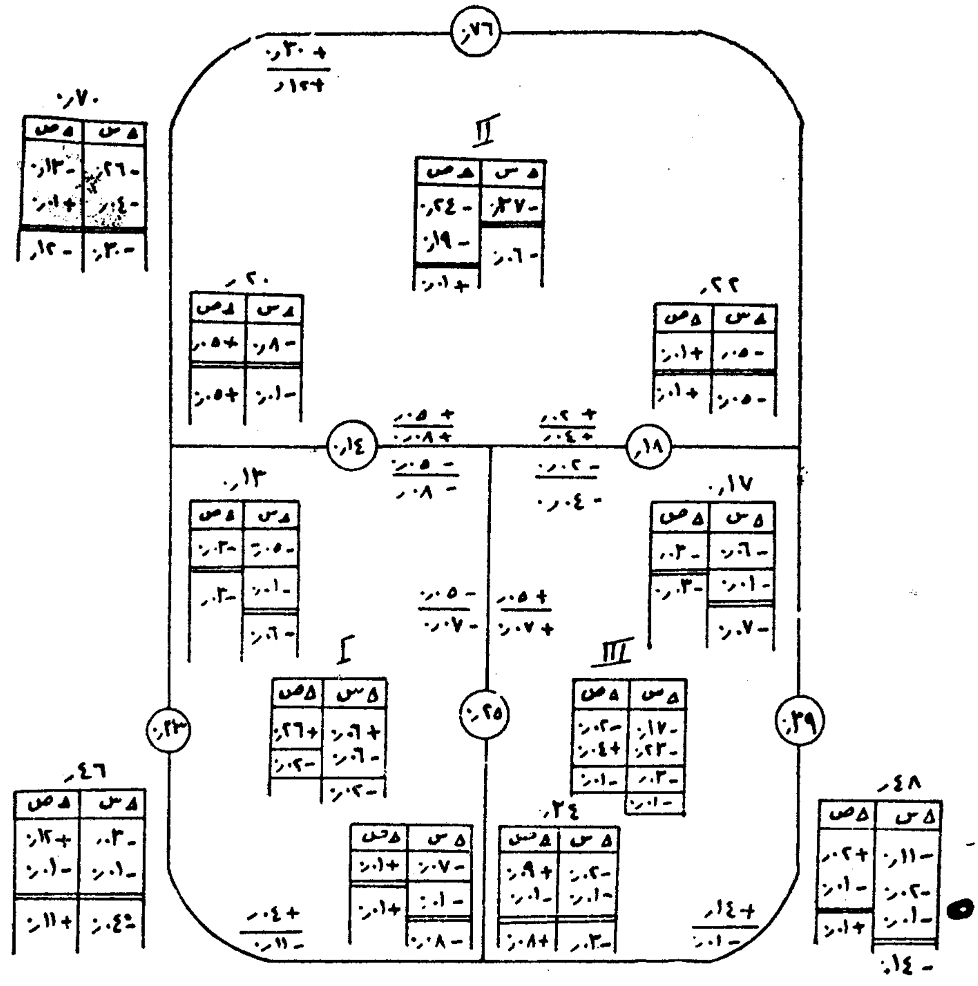
$$\frac{١٥٦٫٧٥}{٨٦٧٫٤٩} = + ٠٦ر٠$$ حيث التصحيح للحد ب حـ هو + ٣٠ر٠ ،



شكل (٥١)



شكل (٥٢)



شــــكل (٥٣)

رقم الضلع	نقط الشبكة	زوايا الشبكة			أضلاع الشبكة	انحرافات الأضلاع		طول الضلع م	مركبات الأضلاع						إحداثيات النقط	
		الزاوية المقاسة	قيمة التصحيح	الزاوية المصححة		انحراف دائري	انحراف مختصر		مركبة رأسية	مركبة أفقية	تصحيح المركبات س	تصحيح المركبات ص	مركبة أفقية مصححة	مركبة رأسية مصححة	س	ص
I	أ	١٠٢ ٥,٤	-٠,١	١٠٢ ٥,٣											+١٠٠٠,٠٠	+١٠٠٠,٠٠
					١-٢	٢٦٧ ٣,٠	ج ٨٧ ٣,٠ غ	١٣١,٢٠	-٥,٧٢	-١٣١,١٢	+٠,٠٢	-٠,٠٤	-١٣١,١٠	-٥,٧٦		
	٢	٧٣ ٠٨,٨	-٠,٢	٧٣ ٠٨,٦											+٨٦٨,٩٠	٩٩٤,٢٤
					٢-ب	١٤ ٢١,٤	ش ١٤ ٢١,٤ ق	١٩٨,٧٠	+١٩٢,٥٠	+٤٩,٢٤	+٠,٠٢	-٠,٠٧	+٤٩,٢٦	+١٩٢,٤٣		
	ب	١٣١ ٣٣,٢	+٠,١	١٣١ ٣٣,٣											٩١٨,١٦	١١٨٦,٦٧
					ب-د	٦٢ ٤٨,١	ش ٦٢ ٤٨,١ ق	١٤٠,٦٠	+٦٤,٢٧	+١٢٥,٠٦	-٠,٠٥	-٠,٠٨	+١٢٥,٠١	+٦٤,١٩		
	د	٥٣ ٣٠,٠	+٠,٢	٥٣ ٣٠,٢											١٠٤٣,١٧	١٣٥٠,٨٦
					د-١١	١٨٩ ١٧,٩	ج ٩ ١٧,٩ غ	١٤٢,٠٠	-١٤٠,١٣	-٢٢,٩٤	-٠,٠٣	-٠,٠٤	-٢٢,٩٧	-١٤٠,١٧		
	١١	١٧٨ ٥٧,٥	+٠,١	١٧٨ ٥٧,٦											١٠٣٠,٢٠	١١١٠,٦٩
					١١-أ	١٩٠ ٢,٣	ج ١٠ ٢,٣ غ	١١٢,٤٨	-١١٠,٦٦	-٢٠,١٨	-٠,٠٢	-٠,٠٣	-٢٠,٢٠	-١١٠,٦٩		
	أ														١٠٠٠,٠٠	١٠٠٠,٠٠
	مج	٥٣٩ ٥٩,٩ ∆ = -٠,١	+٠,١	٥٤٠ ٠٠					+٠,٢٦	+٠,٠٦	-٠,٠٦	-٠,٢٦	صفر	صفر		
II	د	٢٢٩ ٥٦,٥	-٠,٣	٢٢٩ ٥٦,٣											١٠٤٣,١٧	١٣٥٠,٨٦
					د-ب	٢٤٢ ٤٨,١	ج ٦٢ ٤٨,١ غ	١٤٠,٦٠	-٦٤,٢٧	-١٢٥,٠٦	+٠,٠٥	+٠,٠٨	-١٢٥,٠١	-٦٤,١٩		
	ب	٤٧ ١٥,٣	-٠,٤	٤٧ ١٤,٩											٩١٨,١٦	١١٨٦,٦٧
					ب-٤	١٥ ٣٣,٢	ش ١٥ ٣٣,٢ ق	٢٣٢,٦٨	+٢٢٤,١٧	+٦٢,٣٨	+٠,٠٩	+٠,٠٤	+٦٢,٤٧	+٢٢٤,٢١		
	٤	١٣٠ ٣٨,٢	-٠,٤	١٣٠ ٣٧,٨											٩٨٠,٦٣	١٤١٠,٨٨
					٤-٥	٦٤ ٥٥,٤	ش ٦٤ ٥٥,٤ ق	١٥٦,٧٥	+٦٦,٤٥	+١٤١,٩٦	+٠,٠٦	+٠,٠٢	+١٤٢,٠٢	+٦٦,٤٧		
	٥	١٠٥ ٥٩,٤	-٠,٤	١٠٥ ٥٦,٠											١١٢٢,٦٥	١٤٧٧,٣٥
					٥-٦	١٣٨ ٥٩,٤	ج ٤١ ٠,٦ ق	٢٤٣,٤٠	-١٨٣,٦٤	+١٥٩,٧٤	+٠,٠٩	+٠,٠٤	+١٥٩,٨٣	-١٨٣,٦٠		
	٦	١٠٥ ٠٧,٦	-٠,٨	١٠٥ ٠٧,٢											١٢٨٢,٤٨	١٢٩٣,٧٥
					٦-هـ	٢١٣ ٥٢,٢	ج ٣٣ ٥٢,٢ غ	١٣٤,٦٦	-١١١,٨١	-٧٥,٠٤	+٠,٠٦	+٠,٠٢	-٧٤,٩٨	-١١١,٧٩		
	هـ	١٠١ ٠٨,٢	-٠,٣	١٠١ ٠٧,٩											١٢٠٧,٥٠	١١٨١,٩٦
					هـ-د	٢٩٢ ٤٤,٤	ش ٦٧ ١٥,٦ غ	١٧٨,٢٠	+٦٨,٨٦	-١٦٤,٣٥	+٠,٠٢	+٠,٠٤	-١٦٤,٣٣	+٦٨,٩٠		
	د														١٠٤٣,١٧	١٣٥٠,٨٦
		٧٢٠ ٠٢,٣ ∆ = +٢,٣	-٢,٢	٧٢٠ ٠٠,١					-٠,٢٤	-٠,٢٧	+٠,٢٧	+٠,٢٤	صفر	صفر		
III	د	٧٦ ٢٢,٤	+٠,١	٧٦ ٢٢,٥											١٠٤٣,١٧	١٢٥٠,٨٦
					د-هـ	١١٢ ٤٤,٤	ج ٦٧ ١٥,٦ ق	١٧٨,٢٢	-٦٨,٨٦	+١٦٤,٣٥	-٠,٠٢	-٠,٠٤	-١٦٤,٣٣	-٦٨,٩٠		
	هـ	٩١ ١٦,٧	صفر	٩١ ١٦,٧											١٢٠٧,٥٠	١١٨١,٩٦
					هـ-٨	٢٠١ ٢٧,٧	ج ٢١ ٢٧,٧ غ	١٢٤,٨٣	-١١٦,١٦	-٤٥,٧١	+٠,٠٥	صفر	-٤٥,٦٦	-١١٦,١٦		
	٨	١٨٦ ٤٢,٧	-٠,٢	١٨٦ ٤٢,٥											١١٦١,٨٤	١٠٦٥,٨٠
					٨-٩	١٩٤ ٤٥,٢	ج ١٤ ٤٥,٢ غ	١١٩,٩٦	-١١٦,٠٠	-٣٠,٥٤	+٠,٠٤	صفر	-٣٠,٥٠	-١١٦,٠٠		
	٩	٨٣ ٥,٢	-٠,٢	٨٣ ٥,٠											١١٣١,٣٤	٩٤٩,٨
					٩-أ	٢٩٠ ٥٥,٢	ش ٦٩ ٠٤,٨ غ	١٤٠,٢٣	+٥,٢١	-١٣١,٣٩	+٠,٠٥	-٠,٠١	-١٣١,٣٤	+٥,٢٠		
	أ	١٠٠ ٣٥,٠	-٠,١	١٠٠ ٣٤,٩											١٠٠٠,٠٠	١٠٠٠,٠٠
					أ-١١	١٠ ٢,٣	ش ١٠ ٢,٣ ق	١١٢,٤٨	+١١٠,٦٦	+٢٠,١٨	+٠,٠٢	+٠,٠٣	+٢٠,٢٠	+١١٠,٦٩		
	١١	١٨١ ٠٢,٥	-٠,١	١٨١ ٠٢,٤											١٠٢٠,٢٠	١١١٠,٦٩
					١١-د	٩ ١٧,٩	ش ٩ ١٧,٩ ق	١٤٢,٠٠	+١٤٠,١٣	+٢٢,٩٤	+٠,٠٣	+٠,٠٤	+٢٢,٩٧	+١٤٠,١٧		
	د														١٠٤٣,١٧	١٢٥٠,٨٦
		٧٢٠ ٠٠,٥	-٠,٥	٧٢٠ ٠٠					-٠,٠٢	-٠,١٧	+٠,١٧	+٠,٠٢	صفر	صفر		

وطول الضلع ب حـ يساوى ٧٦٧٫٤٩ متراً .

٨ ـــ بعد حساب المركبات المصححة لأضلاع الشبكة نحسب إحداثيات نقطها المختلفة كما هو مبين فى جدول (١٤) ونلاحظ هنا أننا نحصل على نفس النتائج للاحداثيات المحسوبة للنقط المشتركة فى الشبكة مهما تغيرت نقط البدء .

ثانيا . اذا كانت الشبكة مكونة من مجموعة من الترافرسات المقفلة والموصلة

مثال لذلك الشبكة الموضحة فى شكل (٤٨ - حـ) والتى تتكون من مضلع مقفل يربط على ثلاث اتجاهات ثابتة بواسطة ثلاثة مضلعات موصلة وطريقة التصحيح لا تختلف كثيرا عن طريق التصحيح فى حالة شبكات المضلعات المقفلة :

١ ـ نصحح خطأ قفل الأفق عند نقط الشبكة التى يتحقق فيها ذلك .

٢ ـ نحسب خطأ القفل الزاوى للمضلع المقفل ثم للمضلع الموصل الذى يبدأ من ا ب وينتهى عند ء حـ ثم المضلع الموصل الذى يبدأ من ء حـ وينتهى عند هـ و ، وكقاعدة عامة يكون عدد المضلعات الموصلة المأخوذة فى الاعتبار عند التصحيح أقل من عدد خطوط الربط الثابتة بواحد (يلاحظ فى المثال أن هناك مضلع موصل آخر كان يمكن أخذه وهو ب - ٨ - هـ إلا أنه حسب القاعدة أخذنا طريقين فقط) .

٣ ـ نحسب معاملات التوزيع للمضلع المقفل على أساس أن التوزيع سيكون للحدود ٢ - ٥ ، ٥ - ١٢ ، ١٢ - ٢ . أما بالنسبة للمضلعات الموصلة فإن عدد الزوايا المطلوب تصحيحها فى المضلع الواحد أزيد من عدد أضلاع المضلع بواحد.

وطول الضلع ب حـ يساوى ٧٦٧,٤٩ متراً .

٨ -- بعد حساب المركبات المصححة لأضلاع الشبكة نحسب إحداثيات نقطها المختلفة كما هو مبين فى جدول (١٤) ونلاحظ هنا أننا نحصل على نفس النتائج للاحداثيات المحسوبة للنقط المشتركة فى الشبكة مهما تغيرت نقط البدء .

ثانيا . اذا كانت الشبكة مكونة من مجموعة من الترافرسات المقفلة والموصلة

مثال لذلك الشبكة الموضحة فى شكل (٤٨ - حـ) والتى تتكون من مضلع مقفل يربط على ثلاث اتجاهات ثابتة بواسطة ثلاثة مضلعات موصلة وطريقة التصحيح لا تختلف كثيرا عن طريق التصحيح فى حالة شبكات المضلعات المقفلة :

١ - نصحح خطأ قفل الأفق عند نقط الشبكة التى يتحقق فيها ذلك .

٢ - نحسب خطأ القفل الزاوى للمضلع المقفل ثم للمضلع الموصل الذى يبدأ من ا ب وينتهى عند ٤ حـ ثم المضلع الموصل الذى يبدأ من ٤ حـ وينتهى عند هـ و ، وكقاعدة عامة يكون عدد المضلعات الموصلة المأخوذة فى الاعتبار عند التصحيح أقل من عدد خطوط الربط الثابتة بواحد (يلاحظ فى المثال أن هناك مضلع موصل آخر كان يمكن أخذه وهو ب - ٨ - هـ إلا أنه حسب القاعدة أخذنا طريقين فقط) .

٣ - نحسب معاملات التوزيع للمضلع المقفل على أساس أن التوزيع سيكون للحدود ٢ - ٥ ، ٥ - ١٢ ، ١٢ - ٢ . أما بالنسبة للمضلعات الموصلة فإن عدد الزوايا المطلوب تصحيحها فى المضلع الواحد أزيد من عدد أضلاع المضلع بواحد.

بواحدة . وعلى هذا الأساس يزاد عدد أضلاع المضلع الموصل بواحد عند حساب معاملات التوزيع والحد يبدأ أو ينتهي بخط تزاد عدد أضلاعه بمقدار نصف ضلع فمثلا للمضلع ب حـ (الذى عدد أضلاعه ٧) يكون معامل التوزيع للحد

ب ـــ ٢ هو $\frac{٥ر٢}{٨}$ وللحد ٢ ـــ ٥ هو $\frac{٣}{٨}$ وللحد ٥ ـــ حـ هو $\frac{٥ر٢}{٨}$ وبنفس

الطريقة تحسب معاملات التوزيع للمضلع حـ هـ .

٤ ـــ بمثل ما أتبع فى تصحيح الشبكات ذات المضلعات المقفلة يتم حساب التصحيح لزوايا كل حد فى هذا النوع من الشبكات ـ وعند توزيع التصحيح على زوايا حد مثل ب ـ ٢ فى المضلع الموصل يتم التوزيع بنسبة $\frac{1}{2}$: ١ : ١ على الزوايا عند ب ، ١ ، ٢ وللحد ٢ ـ ٥ بنسبة $\frac{1}{2}$: ١ : ١ : $\frac{1}{2}$ للزوايا ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ للحد ٥ ـــ حـ بنسبة $\frac{1}{2}$: ١ : ١ .

٥ ـــ لتصحيح مركبات الأضلاع نتبع نفس الطريقة المستخدمة فى ذات المضلعات المقفلة لكل أو المضلعات الموصلة فى الشبكة .

مثال :

لشبكة الترافرسات المبينة فى شكل (٥٤) كان خطأ القفل الزاوى فى أجزائها المختلفة كما هو مبين على الشكل . بين هل هذه الأخطاء الموجودة بهذه المضلعات مسموح بها أم لا إذا كان التيودوليت المستخدم فى القياس دقته ٢٠" . عين التصحيحات اللازمة لزوايا شبكة الترافرسات المبينة لأقرب ثانية صحيحة .

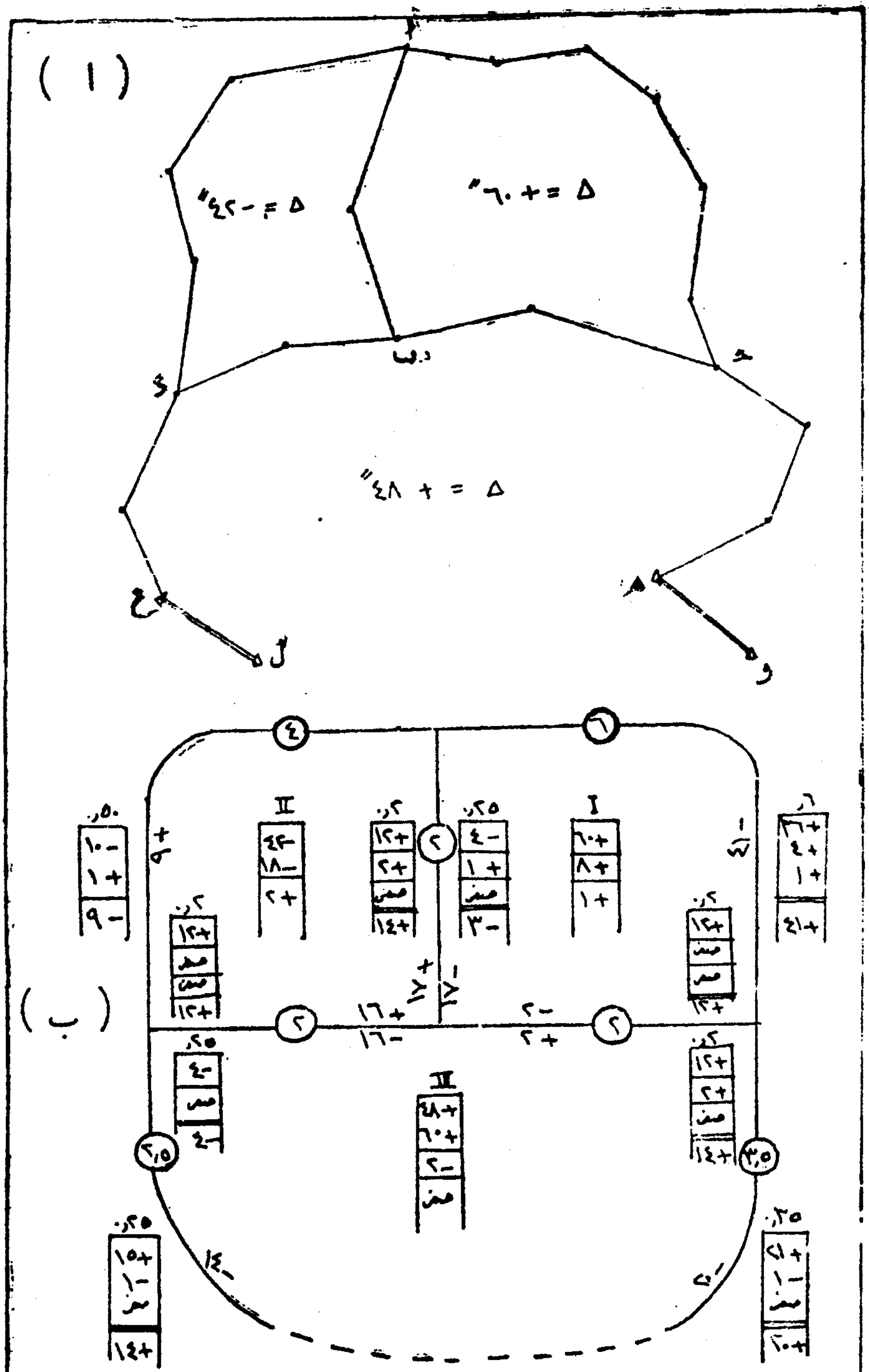
الحل

من الشكل نجد أن خطأ القفل الزاوى للمضلع المقفل ا ب حـ + ٦٠" والمسموح به فى المضلعات المقفلة هو

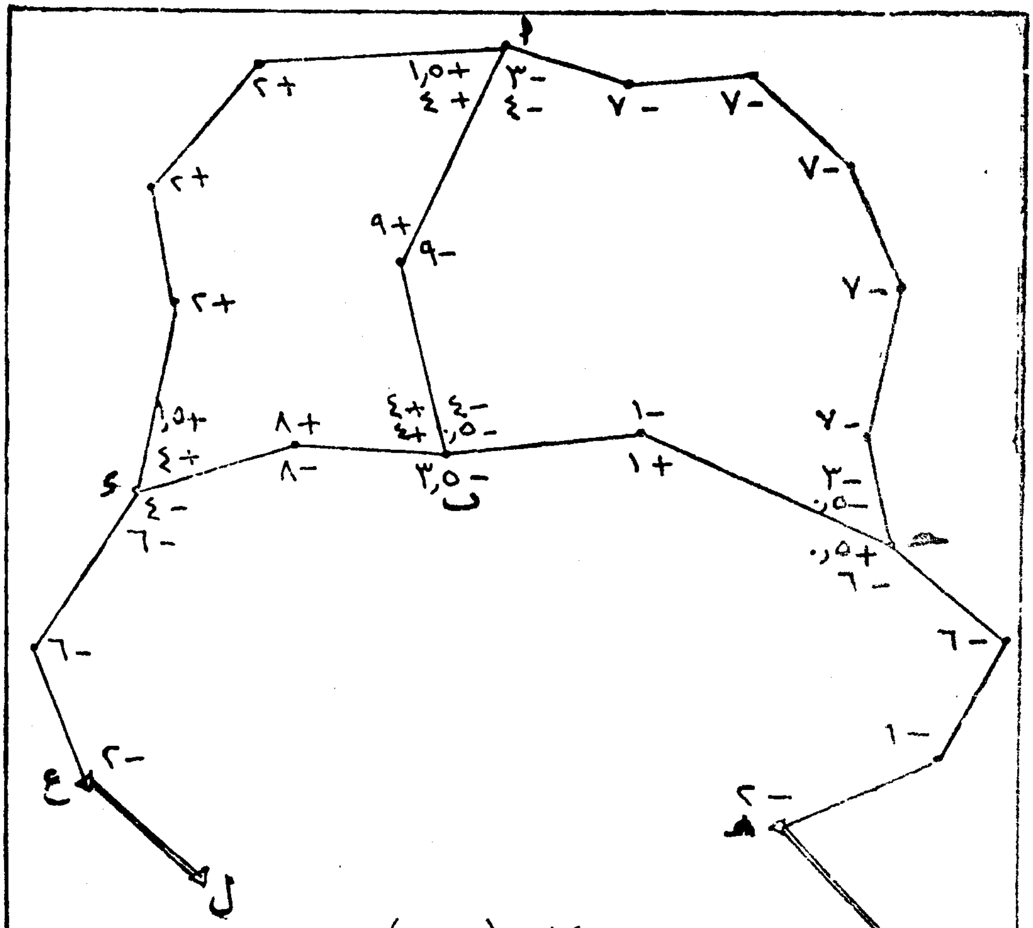
$\pm$ ١ر٥ و″ $\sqrt{ن}$ = $\pm$ ١ر٥ $\times$ ٢٠″ $\sqrt{١٠}$ = $\pm$ ٩٤ر٨″
أى أن خطأ القفل لهذا المضلع مسموح به .

وللمضلع المقفل ب ى ا المسموح به هو $\pm$ ١ر٥ $\times$ ٢٠″ $\sqrt{٨}$ = $\pm$ ٨٤ر٨″
فى حين أن خطأ القفل المحسوب لهـــذا المضلع هو — ٤٢″ أى مسموحاً به .
للمضلع الموصل وهـــو ب ى ع ل المسموح به $\pm$ ٢ و″ $\sqrt{ن}$
= $\pm$ ٢ $\times$ ٢٠″ $\sqrt{١٠}$ = $\pm$ ١٢٦ر٥″ فى حين أن القيمة الفعلية لخطأ القفل هى + ٤٨″ أى مسموحا بها .

وللحصول على التصحيحات اللازمة للزوايا استعين بالكروكى الموضح فى (شكل ٥٤ ب) الذى يبين حدود الشبكة وكتب على كل حد عدد الأضلاع مع مراعاة أنه للحد حـ هـ وللحد ى ع زيدت عدد الأضلاع لكل منها بمقدار $\frac{١}{٢}$ وعلى هذا الأساس حسبت معاملات التوزيع وبينت على جداول التوزيع لكل حد كما فى الشكل . وبالإستعانة بجداول الخطأ بدىء بتوزيع الأخطاء من المضلع I ثم II ثم III وإستمررنا فى التوزيع حتى صارت قيمة الخطأ مساوية الصفر . ثم حصلنا على التصحيح اللازم لكل حـــد . وعلى (شكل 55) بينت التصحيحات اللازمة لكل زاوية .



شـــكل (٥٤)



شــكل (٥٥)