

الباب الثاني

الترافرسات

الباب الثاني

الترافرسات

مقدمة

الترافرس هو مضع الهيكل الأساسي الذي يتم إنشاؤه أثناء عمليات الرفع لنقل المعالم والتفاصيل من الطبيعة إلى الخريطة ويتم في خطوات إنشاء الترافرس قياس أطوال أضلاعه وانحرافاتهما عن الشمال المغناطيس كما في ترافرس البوصلة أو قياس أطوال الأضلاع والزوايا بينها كما في ترافرس الثيودوليت وبعد تنفيذ القياسات اللازمة لأضلاع وزوايا الترافرس تتم تحشيه المعالم والتفاصيل أي ربطها وتحديد مكانها بالنسبة لنقط رؤوس أو أضلاع الترافرس ويعتبر الترافرس هو الهيكل المرجعي لجميع نقط المعالم والتفاصيل المربوطة عليه أي المحددة موقعها بالنسبة إليه. وعند رسم الخريطة بعد انتهاء العمل الحقل يُلزم رسم الترافرس أولاً وذلك بعد تصحيحه والتأكد من ضبطه بتحقيق العلاقات الهندسية من واقع الأرصاد الخاصة بأطوال أضلاعه وزواياه ومن ثم توقيع المعالم والتفاصيل في الخريطة بالنسبة إلى الترافرس المرسوم مضبوطاً ومصححاً.

وفي ترافرس الثيودوليت نستخدم ثيودوليت عالي الدقة لقياس الزوايا بين أضلاع الترافرس ويتم القياس تبعاً للطرق السابق شرحها مع قفل الأفق أحياناً

ويمكن القياس على أقواس للوصول إلى أعلى دقة ممكنة للزوايا المقاسة كما تقاس أطوال أضلاع الترافرس بالشرط الصلب أكثر من مرة وذهاباً وإياباً أو نستخدم أجهزة قياس المسافة الالكترونية أيضاً لتحقيق أعلى دقة ممكنة في قياس أطوال أضلاع الترافرس وعموماً تنقسم الترافرسات إلى الأنواع الآتية :

١- الترافرس المقفّل

وهو عبارة عن مضلع مقفل تبدأ الأرصاد فيه من نقطة بداية ونستمر في قياس أطوال أضلاعه والزوايا بينها حتى ننتهي عند نفس نقطة البداية ويستخدم هذا النوع لرفع منطقته يمكن إحاطتها بترافرس واحد كما يمكن أن يكون الترافرس المقفّل داخل المنطقة المطلوب رفعها وشكل (١-٢) يمثل الترافرس المقفّل.

٢- الترافرس الموصل

وهو يبدأ من نقطة معلومة الإحداثيات متصلة بضلع معلوم الانحراف وينتهي أيضاً عند نقطة معلومة الإحداثيات متصلة بضلع آخر معلوم الانحراف كما في شكل (١-٢) وغالباً ما تكون نقطتي البداية والنهاية وكذلك انحرافي ضلعي البداية والنهاية مأخوذين من ترافرسات سابقة تم رصدها وتصحيحها، كما يمكن أن تحدد انحرافات خطي البداية والنهاية بمعلومية إحداثيات نقطتين لكل خط أي انه يجب أن يتوفر في الموقع

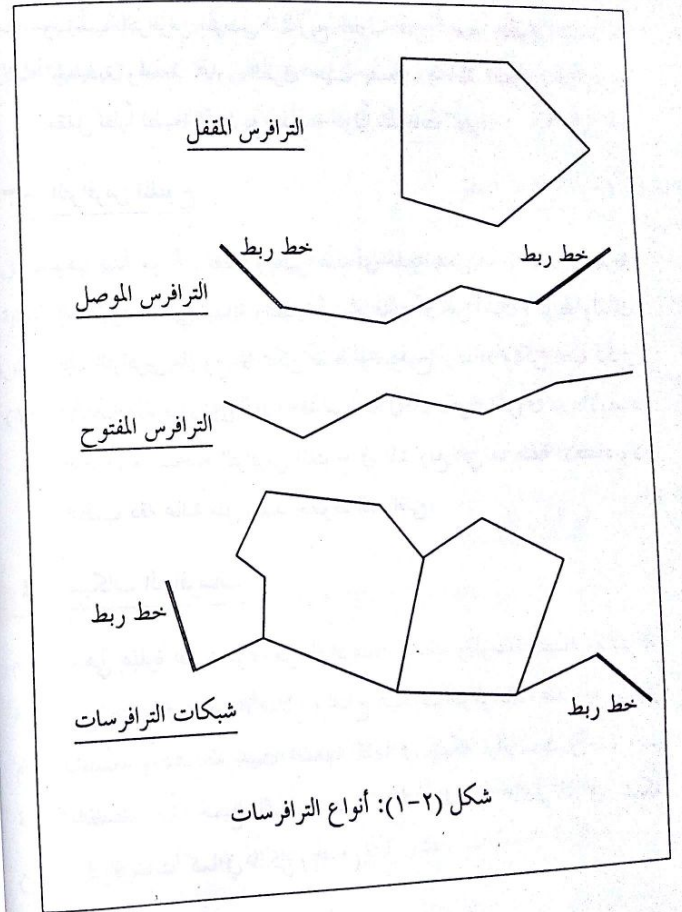
إحداثيات أربعة نقط معلومة أو نقطتين معلومتين وانحرافي ضلعين. ويناسب الترافرس الموصل المشاريع الطولية مثل تخطيط خطوط السكك الحديدية وتحديد محاور الطرق حيث يصعب إحاطة المشروع بترافرس مقفل نظراً لطبيعة المشاريع الممتدة طولياً لمسافات كبيرة.

٣- الترافرس المفتوح

وهو يبدأ من أي نقطة وينتهي عند أي نقطة بمعنى أنه لا يشترط معرفة إحداثيات نقطتي البداية والنهاية أو انحرافات أي من أضلاع الربط ولذلك فإن الترافرس المفتوح لا يمكن ضبط وتصحيح أرصاده ولكن يجب تكرار الأرصاد للوصول إلى أعلى دقة من خلال أن تكون الفروق بين الأرصاد صغيرة، ويستخدم الترافرس المفتوح في المشاريع التي لها صفة الامتداد ولا تتطلب دقة عالية مثل رصد خطوط الشواطئ.

٤- شبكات الترافرسات

وهي عبارة عن مجموعة من الترافرسات المقفلة والموصلة متصلة ومشتركة مع بعضها في بعض الأضلاع ونحتاج شبكات الترافرسات عند رفع المناطق المتسعة والمتشابكة بحيث نجتمعها كلها في شبكه ترافرسات واحدة ويتم الضبط آنياً لجميع الترافرسات المقفلة والموصلة المشتركة في شبكة الترافرسات كما في شكل (١-٢).



ضبط أرساد الترافرس المقل

يلزم لضبط الترافرسات بصفة عامة تصحيح خطّين وهما خطّ القفل الزاوي وخطّ القفل الضلعي وحيث أن الترافرس المقل هو مضلع مقل فإن المجموع الفعلي للزوايا الداخلية لزواياه المرصودة يجب أن يساوي المجموع النظري لها تبعاً لعدد أضلاعه أو عدد نقط رؤوسه وإلا كان هناك خطأ قفل زاوي يلزم تصحيحه بتقسيم قيمة الخطأ بالتساوي على الزوايا المرصودة وبإشارة مخالفة.

وفي حالة حساب خطّ القفل الضلعي للترافرس المقل كونه مضلع مغلق أيضاً فإنه يجب أن يكون مجموع كل من المركبات الأفقية ومجموع المركبات الرأسية لأضلاعه مساوياً للصفر حيث أن نقطة بدايته هي نقطة نهايته وإلا نتج خطأ قفل ضلعي يلزم تصحيحه أيضاً بحيث يأخذ كل ضلع نسبة من الخطأ تناسب مع طوله بالنسبة لمجموع أطوال كل الأضلاع أو تتناسب مع طول مركبته (الأفقية أو الرأسية) بالنسبة لمجموع أطوال المركبات (الأفقية أو الرأسية) للأضلاع كلها.

وبعد تصحيح الترافرس المقل من خطّ القفل الزاوي وخطّ القفل الضلعي يمكن حساب إحداثيات نقط رؤوس المضلع ومن ثم توقيعه بدقة صحيحاً تمهيداً لتوقيع المعالم والتفاصيل المربوطة عليه وفيما يلي شرح تفصيلي لخطّ القفل الزاوي وخطّ القفل الضلعي وتصحيحهما.

أولاً: خطأ القفل الزاوي

لتحديد قيمة خطأ القفل الزاوي في الترافرس المقفل يتم عمل الخطوات الآتية:-

١- نحسب المجموع النظري للزوايا الداخلية للترافرس المقفل

$$\text{المجموع النظري للزوايا الداخلية} = 180^\circ \cdot (n-2)$$

حيث : n = عدد رؤوس الترافرس المقفل

٢- نطرح المجموع النظري للزوايا الداخلية من المجموع الفعلي لها لنحصل على قيمة خطأ القفل الزاوي (Δ)

خطأ القفل الزاوي (Δ) = المجموع الفعلي للزوايا الترافرس الداخلية - المجموع النظري لها

٣- نقارن قيمة خطأ القفل الزاوي (Δ) بالقيمة المسموح بها

$$\text{خطأ القفل الزاوي المسموح به} = 2 \text{ و } 3 \text{ ان}$$

حيث و = دقة التبادوليت المستخدم بالثواني وهي تتراوح من ١ ثانية إلى ٣٠ ثانية حسب نوع التبادوليت المستخدم.

٤- فإذا كان خطأ القفل الزاوي أقل من المسموح به يتم تصحيح جميع الزوايا المقاسة بقيمة متساوية تساوي ($n/8$) ولكن بإشارة مختلفة حتى يتلاشى الخطأ في المجموع وإذا كان خطأ القفل الزاوي أكبر من المسموح به يجب إعادة الأرصاد أو على الأقل إعادة الأرصاد المشكوك في دقة رصدها.

$$\text{التصحيح لكل زاوية} = (n/8)$$

ثانياً: خطأ القفل الضلعي

لتحديد قيمة القفل الضلعي ومن ثم تصحيحها يلزم عمل الخطوات الحسابية الآتية :-

١- حساب الانحرافات جميع أضلاع الترافرس المقفل ويتم ذلك بمعلومية انحراف أحد الأضلاع أو فرض قيمته والزوايا الداخلية المصححة بين الأضلاع ويمكن حساب الانحرافات الدائرية لباقي أضلاع الترافرس بالترتيب بداية من الضلع المعلوم انحرافه بتطبيق المعادلة:

الانحراف الأمامي الضلع اللاحق = الانحراف الأمامي للضلع السابق $\pm 180^\circ$ الزاوية المقاسة من الضلع المعلوم إلى الضلع المجهول.

$$+ 180^\circ \text{ إذا كان الانحراف الأمامي للضلع السابق أقل من } 180^\circ$$

١٨٠ - إذا كان الانحراف الأمامي للضلع السابق أكبر من ١٨٠°

+ الزاوية إذا كانت الزاوية من المعلوم إلى المجهول في اتجاه عقارب الساعة.

- الزاوية إذا كانت الزاوية من المعلوم إلى المجهول في عكس اتجاه عقارب الساعة.

٢- نحسب المركبات الأفقية والرأسية لكل ضلع بمعلومية طوله وانحرافه ويجب مراعاة الإشارة الجبرية فإذا كانت الانحرافات هي الانحرافات الدائرية فإن الآلة الحاسبة سوف تحدد الإشارة تبعاً لقيمة الانحراف ووقوع الضلع في أي ربع كما في حالة توافر البوصلة أما إذا كان المعلوم هو الانحرافات المختصرة فعلى المهندس تحديد إشارة المركبة الأفقية والرأسية تبعاً للربع الواقع فيه الضلع حيث أن الآلة الحاسبة سوف تعطى إشارة موجبة لجميع المركبات كون الانحرافات المختصرة أقل من ٩٠°.

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا (الانحراف الأمامي)

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا (الانحراف الأمامي)

٣- نعين قيم خطأ القفل الضلعي في اتجاه محور السينات ومحور الصادات وذلك بجمع المركبات الأفقية والرأسية على التوالي للأضلاع كلها

$$\text{خطأ القفل الضلعي } (\Delta) = \sqrt{(\Delta \text{ ص})^2 + (\Delta \text{ س})^2}$$

حيث : $\Delta \text{ س} =$ مجموع المركبات الأفقية لأضلاع الترافرس

$\Delta \text{ ص} =$ مجموع المركبات الرأسية لأضلاع الترافرس

٤- نحسب نسبة القفل الضلعي من المعادلة :

$$\text{نسبة خطأ القفل الضلعي} = \frac{\text{خطأ القفل الضلعي } (\Delta)}{\text{مجموع أطوال أضلاع الترافرس}}$$

٥- ويجب ألا تزيد هذه النسبة عن ٢٠٠٠/١ وإلا لزم إعادة الأرصاد أو ما هو مشكوك فيه أما إذا كانت نسبة خطأ القفل أقل من ٢٠٠٠/١ يمكن تصحيح خطأ القفل الضلعي بأي من الطريقتين الآتيتين.

أ- طريقة بودتش

وفيها تصحح المركبات الأفقية والرأسية لكل ضلع بنسبة تبعاً لطوله بالنسبة إلى مجموع أطوال أضلاع الترافرس أي أن:

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع} = \Delta \text{ س} \times \frac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع أطوال أضلاع الترافرس}}$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع} = \Delta \text{ ص} \times \frac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع أطوال أضلاع الترافرس}}$$

لاحظ الإشارة السالبة التي تدل على أن التصحيح يكون بإشارة معاكسة لإشارة خطأ القفل الضلعي.

ب- طريقة الإحداثيات

وفيها تصحيح المركبات الأفقية أو الرأسية لكل ضلع بنسبة تبعاً لطول مركبته الأفقية أو الرأسية بالنسبة إلى المجموع العددي للمركبات الأفقية أو الرأسية لكل أضلاع الترافرس أي أن :

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع} = -\Delta \times \frac{\text{المركبة الأفقية للضلع (بدون إشارة)}}{\text{المجموع العددي للمركبات الأفقية لكل الأضلاع}}$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع} = -\Delta \times \frac{\text{المركبة الرأسية للضلع (بدون إشارة)}}{\text{المجموع العددي للمركبات الرأسية لكل الأضلاع}}$$

٦- نحسب المركبات الأفقية والرأسية المصححة لأضلاع الترافرس وذلك بجمع التصحيحات جبرياً على قيم المركبات قبل التصحيح ويجب أن يكون مجموع المركبات الأفقية المصححة مساوياً لمجموع المركبات الرأسية المصححة مساوياً للصفر.

$$\begin{aligned} \text{المركبة الأفقية المصححة} &= \text{المركبة الأفقية المحسوبة} + \text{قيمة التصحيح} \\ \text{المركبة الرأسية المصححة} &= \text{المركبة الرأسية المحسوبة} + \text{قيمة التصحيح} \end{aligned}$$

٧- نحسب الإحداثيات المصححة لرؤوس الترافرس بدءاً من النقطة المعلومة الإحداثيات أو المفروض قيم إحداثياتها ومعلومية أطوال المركبات الأفقية والرأسية المصححة حيث:

$$\begin{aligned} \text{الإحداثي الأفقي للنقطة اللاحقة} &= \text{الإحداثي الأفقي للنقطة السابقة} + \\ &\text{المركبة الأفقية المصححة للضلع من النقطة السابقة إلى النقطة اللاحقة} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{الإحداثي الرأسي للنقطة اللاحقة} &= \text{الإحداثي الرأسي للنقطة السابقة} + \\ &\text{المركبة الرأسية المصححة للضلع من النقطة السابقة إلى النقطة اللاحقة} \end{aligned}$$

وبذلك تتسلسل في حساب الإحداثيات الأفقية والرأسية لجميع نقاط الترافرس حتى نحسب إحداثيات نقطة البداية ويجب أن تكون الإحداثيات المحسوبة لنقطة البداية مساوية تماماً لتلك المعلومة عنها.

مثال ١

أخذت الأرصاد التالية للترافرس المقلق أ ب ج د أ (نقط الترافرس مع اتجاه دوران عقارب الساعة)

| | | | |
|-----|-----------|---|--------------|
| أ ب | ١٢٣,٥ متر | أ | ٧٨° ٢٤' ٣٠" |
| ب ج | ٨٧,٤ متر | ب | ٩٢° ٥٤' ٤٠" |
| ج د | ١١٢,٣ متر | ج | ١١٥° ٢٨' ٢٠" |
| د أ | ١٤٣,٧ متر | د | ٧٣° ١٣' ٥٠" |

الزاوية أ

الزاوية ب

الزاوية ج

الزاوية د

فإذا علمت أن إحداثيات نقطة أ (١٠٠، ١٠٠) وأن انحراف الضلع أ ب ٩٠° في اتجاه الشرق تماماً أوجد إحداثيات باقي نقط الترافرس بعد تصحيح الأرصاد.

الحل

أولاً: خطأ القفل الزاوي

المجموع النظري للزوايا الداخلية = $180^\circ (n-2)$

$$= 180^\circ (4-2) = 360^\circ$$

المجموع الفعلي للزوايا الترافرس الداخلية = $20^\circ + 1^\circ + 360^\circ + 1^\circ = 362^\circ$

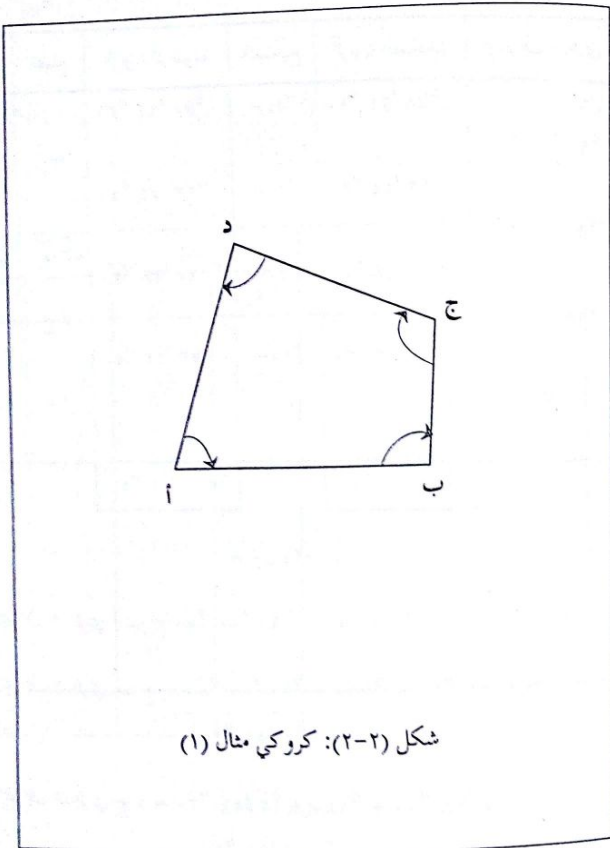
خطأ القفل الزاوي (Δ) = $362^\circ - 360^\circ = 2^\circ$

تصحيح كل زاوية من قيمة الخطأ = $2^\circ / 4 = 0.5^\circ$

وتكون الزوايا المصححة كما هو مبين بالعمود رقم (٥) من الجدول (١-٢)

ثانياً: خطأ القفل الضلعي

يلزم حساب الانحرافات لجميع الأضلاع بمعلومية انحراف الضلع أ ب، والزوايا المصححة بين كل ضلعين كما يلي:



شكل (٢-٢): كروكي مثال (١)

| النقطة | الضلع | الزاوية المرصودة | التصحیح | الزاوية المصححة | الانحراف الدائري |
|--------|-------|------------------|---------|-----------------|------------------|
| أ | | °٧٨'٢٤"٣٠ | "٢٠- | °٧٨'٢٤"١٠ | |
| ب | أ ب | °٩٢'٥٤"٤٠ | "٢٠- | °٩٢'٥٤"٢٠ | °٩٠'٠٠"٠٠ |
| ج | ب ج | °١١٥'٢٨"٢٠ | "٢٠- | °١١٥'٢٨"٠٠ | °٢'٥٤"٢٠ |
| د | ج د | °٧٣'١٣"٥٠ | "٢٠- | °٧٣'١٣"٣٠ | °٢٩٨'٢٢"٢٠ |
| أ | د أ | | | | °١٩١'٣٥"٥٠ |
| | | °٣٦٠'٠١"٢٠ | | °٣٦٠'٠٠"٠٠ | |

جدول (١-٢)

الانحراف الدائري أ ب = °٩٠'٠٠"٠٠

الانحراف الدائري ب ج = °٩٢'٥٤"٢٠ + °١٨٠ + °٩٠'٠٠"٠٠ = °٢'٥٤"٢٠ =

الانحراف الدائري ج د = °١١٥'٢٨"٠٠ + °١٨٠ + °٢'٥٤"٢٠ = °٢٩٨'٢٢"٢٠ =

الانحراف الدائري د أ = °٢٩٨'٢٢"٢٠ - °١٨٠ + °٧٣'١٣"٣٠ = °١٩١'٣٥"٥٠ =

الانحراف الدائري أ ب = °١٩١'٣٥"٥٠ - °١٨٠ + °٧٨'٢٤"١٠ = °٩٠'٠٠"٠٠ =

| النقطة | الضلع | الطول | الانحراف | المركبت | | تصحیح المركبات | |
|--------|-------|-------|------------|---------|---------|----------------|--------|
| | | | | ص | س | ص | س |
| أ | أ ب | ١٢٣,٥ | °٩٠'٠٠"٠٠ | ١٢٣,٥ | صفر | صفر | -٠,٠٦٨ |
| ب | ب ج | ٨٧,٤ | °٢'٥٤"٢٠ | ٤,٤٣ | ٨٧,٢٩ | -٠,٠٠٢ | ٠,٠٢٢ |
| ج | ج د | ١١٢,٤ | °٢٩٨'٢٢"٢٠ | ٩٨,٩٠- | ٥٣,٤١ | -٠,٠٥٤ | ٠,٠١٣ |
| د | د أ | ١٤٣,٧ | °١٩١'٣٥"٥٠ | ٢٨,٨٩- | ١٤٠,٧٧- | -٠,٠١٦ | ٠,٠٣٥ |
| أ | | ٤٦٧,٠ | | ٠,١٤ | -٠,٠٧ | -٠,١٤ | ٠,٠٧+ |

جدول (٢-٢)

يلاحظ في حساب الانحرافات أنه تم جمع الزاوية الداخلية دائماً لأن الزوايا الداخلية المرصودة مأخوذة في اتجاه عقارب الساعة من الضلع السابق إلى الضلع اللاحق وفي جدول (٢-٢) نستكمل باقي حسابات خطأ القفل الضلعي.

$$\text{قيمة خطأ القفل الضلعي (ل ٨)} = \sqrt{(٠,٠٧)^2 + (٠,١٤)^2} = ٠,١٦ \text{ م}$$

$$\text{الخطأ النسبي} = \frac{٠,١٦}{٤٦٧,٠} = \frac{١}{٢٩١٨}$$

∴ الخطأ النسبي الضلعي أقل من (٢٠٠٠/١) وهو مسموح به ويمكن

تصحيحه بطريقة الإحداثيات كما يلي:

المجموع العددي للمركبات الأفقية = ٢٥٥,٧٢ متر

المجموع العددي للمركبات الرأسية = ٢٨١,٤٧ متر

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع أ ب} = -٠,١٤ \times \frac{١٢٣,٥}{٢٥٥,٧٢} = -٠,٠٦٨$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع أ ب} = +٠,٠٧ \times \frac{\text{صفر}}{٢٨١,٤٧} = \text{صفر}$$

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع ب ج} = -٠,١٤ \times \frac{٤,٤٣}{٢٥٥,٧٢} = -٠,٠٠٢$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع ب ج} = +٠,٠٧ \times \frac{٨٧,٢٩}{٢٨١,٤٧} = +٠,٠٢٢$$

وبالمثل يتم حساب التصحيحات لكل من المركبات الأفقية والرأسية لجميع الأضلاع ثم يجمعها على المركبات المحسوبة نحصل على المركبات المصححة كما هو موضح في الجدول (٢-٣).

ونلاحظ أنه في طريقة الإحداثيات لم يتم إعطاء أي تصحيح للمركبة الرأسية للضلع أ ب حيث أنه يتجه إلى الشرق تماماً، أن المركبة الرأسية له تساوي صفر بينما إذا تم التصحيح بطريقة بودتش فإن هذا الضلع سوف يأخذ تصحيحاً في المركبة الرأسية بنسبة طوله إلى مجموع أطوال أضلاع الترافرس كلها.

ثم يتم حساب الإحداثيات الصحيحة من المركبات الصحيحة ومعلومية إحداثيات نقطة أ كما هو موضح بالجدول (٢-٣) كما يلي:

$$\text{الإحداثي الأفقي (أ)} = ١٠٠ \text{ م}$$

$$\text{الإحداثي الأفقي (ب)} = \text{إحداثي أفقي (أ)} + \text{مركبة أفقية مصححة (أ ب)}$$

$$١٠٠ + ١٢٣,٤٣٢ = ٢٢٣,٤٣٢ \text{ م}$$

$$\text{الإحداثي الرأسي (أ)} = ١٠٠ \text{ م}$$

$$\text{الإحداثي الرأسي (ب)} = \text{إحداثي رأسي (أ)} + \text{مركبة رأسية مصححة (أ ب)}$$

$$١٠٠ + \text{صفر} = ١٠٠ \text{ م}$$

وهكذا حتى نصل إلى نقطة (أ) مرة أخرى ويجب أن يكون إحداثياتها

المحسوبة مساوية لإحداثياتها المعلومة.

| النقطة | الضلع | المركبات المصححة | | إحداثيات النقط | |
|--------|-------|------------------|----------|----------------|---------|
| | | ص | س | ص | س |
| أ | أ ب | ١٢٣,٤٣٢ | صفر | ١٠٠,٠٠٠ | ١٠٠,٠٠٠ |
| ب | ب ج | ٤,٤٢٨ | ٨٧,٣١٢ | ١٠٠,٠٠٠ | ٢٢٣,٤٣٢ |
| ج | ج د | ٩٨,٩٥٤- | ٥٣,٤٢٣ | ١٨٧,٣١٢ | ٢٢٧,٨٦ |
| د | د أ | ٢٨,٩٠٦- | ١٤٠,٧٣٥- | ٢٤٠,٧٣٥ | ١٢٨,٩٠٦ |
| أ | | | | ١٠٠,٠٠٠ | ١٠٠,٠٠٠ |

جدول (٣-٢)

مثال ٢

ترافرس مقفل أ ب ج د هـ أقيست زواياه الداخلية بشيودوليت دقته ٢٠" وقيست أطوال أضلاعه بالشريط الصلب فكانت كما هو مبين بالجدول فإذا علمت أن إحداثيات نقطة أ (١٠٠، ١٢٠) وأن انحراف الضلع أ ب = ٣٦" ١٣' ٧٠° أوجد الإحداثيات المصححة لنقط رؤوس الترافرس.

الزاوية أ = ٢٠" ٤٤' ٧٧°
الزاوية ب = ٢٠" ٢٢' ١٣°
الزاوية ج = ٢٠" ٤٨' ٨١°
الزاوية د = ٢٠" ١٩' ١٣°
الزاوية هـ = ٤٠" ٤٤' ١١٢°

أ ب = ١٠٢,٦٩ متر
ب ج = ٩٧,٩٤ متر
ج د = ٨٣,٥٥ متر
د هـ = ٧٣,٧٤ متر
هـ أ = ١٠٨,٣٣ متر

الحل

سوف نقوم بشرح خطوات الحل في الجداول (٢-٤)، (٢-٥)، (٢-٦)
تبعاً لخطوات الضبط المذكورة مسبقاً

أولاً: خطأ القفل الزاوي

المجموع النظري للزوايا الداخلية = ١٨٠° (ن-٢)

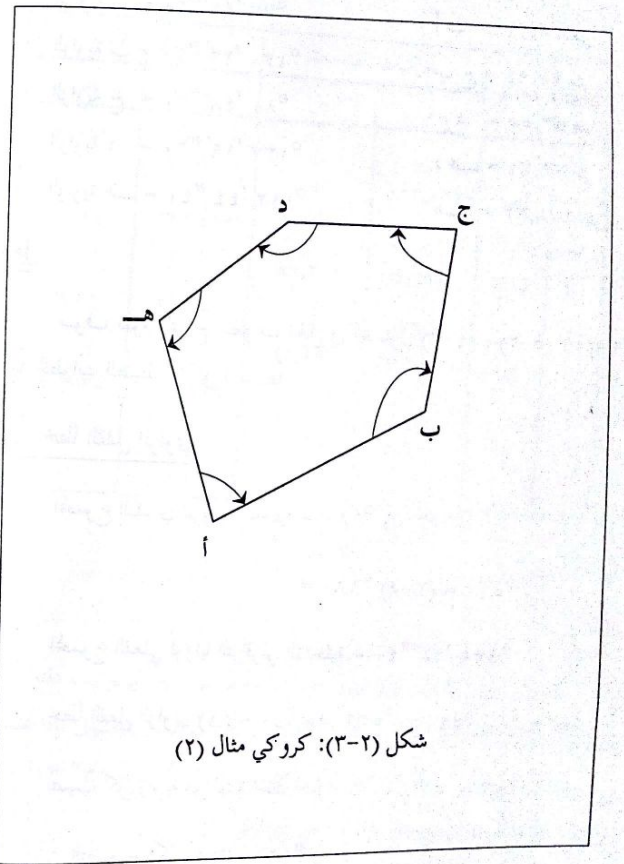
$$= ١٨٠° - (٢-٥) = ٥٤٠°$$

المجموع الفعلي للزوايا الترافرس الداخلية = ٤٠" ٥٨' ٣٩°

خطأ القفل الزاوي (Δ) = ٤٠" ٥٨' ٣٩° - ٥٤٠° = -٢٠" ١'

نصيب كل زاوية من قيمة الخطأ = (٢٠" ١' / ٥) = ١٦"

∴ التصحيح لكل زاوية = ١٦"



ويوضح العمود (٥) من الجدول (٢-٤) قيمة الزوايا المصححة بعد إضافة قيمة التصحيح +١٦" إلي كل منها ويلاحظ أن مجموع الزوايا الداخلية المصححة = ٥٤٠°.

| النقطة | الضلع | الزاوية المرصودة | التصحيح | الزوايا المصححة | الانحراف الدائري |
|--------|-------|------------------|---------|-----------------|------------------|
| أ | أ ب | ٥٧٧'٤٤"٢٠ | +١٦" | ٥٧٧'٤٤"٣٦ | ٥٧٠'١٣"٣٦ |
| ب | ب ج | ٥١٣٠'٢٢"٠٠ | +١٦" | ٥١٣٠'٢٢"١٦ | ٥٢٠'٣٥"٥٢ |
| ج | ج د | ٥٨١'٤٨"٢٠ | +١٦" | ٥٨١'٤٨"٣٦ | ٥٢٨٢'٢٤"٢٨ |
| د | د هـ | ٥١٣٧'١٩"٢٠ | +١٦" | ٥١٣٧'١٩"٣٦ | ٥٢٣٩'٤٤"٠٤ |
| هـ | هـ أ | ٥١١٢'٤٤"٤٠ | +١٦" | ٥١١٢'٤٤"٥٦ | ٥١٧٢'٢٩"٠٠ |
| أ | | ٥٥٣٩'٥٨"٤٠ | | ٥٥٤٠'٠٠"٠٠ | |

جدول (٢-٤)

ثانياً: خطأ القفل الضلعي

حساب الانحرافات:

$$\text{الانحراف الدائري أ ب} = 0^\circ 13' 36''$$

$$\text{الانحراف الدائري ب ج} = 0^\circ 13' 36'' + 0^\circ 18' 0'' + 0^\circ 13' 22''$$

$$= 0^\circ 44' 58''$$

$$\text{الانحراف الدائري ج د} = 0^\circ 44' 58'' + 0^\circ 18' 0'' + 0^\circ 11' 48''$$

$$= 1^\circ 14' 46''$$

$$\text{الانحراف الدائري د هـ} = 1^\circ 14' 46'' - 0^\circ 44' 58'' - 0^\circ 13' 22''$$

$$= 0^\circ 16' 26''$$

$$\text{الانحراف الدائري هـ أ} = 0^\circ 16' 26'' + 0^\circ 18' 0'' - 0^\circ 11' 48''$$

$$= 0^\circ 22' 38''$$

$$\text{الانحراف الدائري أ ب} = 0^\circ 22' 38'' + 0^\circ 18' 0'' + 0^\circ 11' 48''$$

$$= 0^\circ 52' 26''$$

| النقطة | الضلع | الطول | الانحراف | المركبات | | تصحيح المركبات | |
|--------|-------|--------|--------------|----------|--------|----------------|-------|
| | | | | ص | س | ص | س |
| أ | أ ب | ١٠٢,٦٩ | ٥٧٠ '١٣ "٣٦ | ٩٦,٦٤ | ٣٤,٧٤ | ٠,٠٤٤ | ٠,٠٠٤ |
| ب | ب ج | ٩٧,٩٤ | ٥٢٠ '٣٥ "٥٢ | ٣٤,٤٦ | ٩١,٦٨ | ٠,٠٤٢ | ٠,٠٠٤ |
| ج | ج د | ٨٣,٥٥ | ٥٢٨٢ '٢٤ "٢٨ | ٨١,٦٠ | ١٧,٩٥ | ٠,٠٣٦ | ٠,٠٠٤ |
| د | د هـ | ٧٣,٧٤ | ٥٢٣٩ '٤٤ "٠٤ | ٦٣,٦٩ | ٣٧,١٧ | ٠,٠٣٢ | ٠,٠٠٣ |
| هـ | هـ أ | ١٠٨,٣٣ | ٥١٧٢ '٢٩ "٠٠ | ١٤,١٧ | ١٠٧,٤٠ | ٠,٠٤٦ | ٠,٠٠٥ |
| أ | | ٤٦٦,٢٥ | | | | ٠,٢+ | ٠,٠٢+ |

جدول (٢-٥)

$$\therefore \text{قيمة خطأ القفل الضلعي (ل)} = \sqrt{(0,2-)^2 + (0,02-)^2} = 0,2 \text{ م}$$

وبالمثل يتم حساب تصحيحات المركبات الأفقية والرأسية لجميع الأضلاع ثم يتم جمعها جبرياً على المركبات المحسوبة للحصول على المركبات الصحيحة.

ومن المركبات الصحيحة يمكن حساب الإحداثيات كما هو موضح بجدول رقم (٦-٢).

ويلاحظ أن إحداثيات النقطة (أ) المحسوبة مساوية لإحداثياتها المعطاه وأن مجموع المركبات الأفقية المصححة = صفر وكذلك مجموع المركبات الرأسية المصححة = صفر.

$$\frac{1}{2331,25} = \frac{0,20}{466,25} = \text{الخطأ النسبي}$$

الخطأ النسبي الضلعي أقل من (٢٠٠٠/١) وهو مسموح به ويمكن تصحيحه بطريقة بودنش كما يلي:

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع أ ب} = 0,20 \times \frac{102,69}{466,25} = 0,044$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع أ ب} = 0,20 \times \frac{102,69}{466,25} = 0,044$$

| النقطة | الضلع | المركبات المصححة | | إحداثيات | |
|--------|-------|------------------|----------|----------|---------|
| | | س | ص | س | ص |
| أ | | | | ١٠٠ | ١٢٠ |
| ب | أ ب | ٩٦,٦٤٤ | ٣٤,٧٨٤ | ١٩٦,٦٤٤ | ١٥٤,٧٨٤ |
| ج | ب ج | ٣٤,٤٦٤ | ٩١,٧٢٢ | ٢٣١,١٠٨ | ٢٤٦,٥٠٦ |
| د | ج د | ٨١,٥٩٦- | ١٧,٩٨٦ | ١٤٩,٥١٢ | ٢٦٤,٤٩٢ |
| هـ | د هـ | ٦٣,٦٨٧- | ٣٧,١٣٧- | ٨٥,٨٢٥ | ٢٢٧,٣٥٤ |
| أ | هـ أ | ١٤,١٧٥ | ١٠٧,٣٥٤- | ١٠٠ | ١٢٠ |

جدول (٦-٢)

الأرصاء الناقصة

مقدمة

كما رأينا في الترافرس المقلل فإن الأرصاء تكون جميع الزوايا عند الرؤوس وجميع أطوال أضلاع الترافرس وبمعلومية انحراف أحد الأضلاع يمكن حساب انحرافات جميع أضلاع الترافرس.

وبذلك يمكن إجراء ضبط خطأ القفل الزاوي وخطأ القفل الضلعي من خلال شرطين لابد من أن يتحققا وهما:

مجموع المركبات الأفقية لجميع الأضلاع = صفر
أي أن:

$$ل١ حاص١ + ل٢ حاص٢ + = صفر$$

ومجموع المركبات الرأسية لجميع الأضلاع = صفر
أي أن:

$$ل١ جتا١ + ل٢ جتا٢ + = صفر$$

ولكن في كثير من الأحيان يتعذر قياس طول ضلع أو انحراف ضلع آخر وبذلك لا يمكن تطبيق معادلتى الضبط في هذه الحالة وإنما نستغل معادلتى الضبط للحصول على تلك الأرصاء المتعذر رصدها وتسمى هذه الأرصاء بالأرصاء الناقصة ونظراً لوجود معادلتين فإن أقصى عدد لهذه الأرصاء الناقصة أو المجهولة الغير مرصودة هو اثنين أيضاً ويمكن أن يكونا طولاً ضلعين أو ضلع وانحراف لضلع آخر أو حتى انحرافين ضلعين.

ومن تطبيق معادلتى التحقيق والضبط نحصل على قيم للأرصاء الناقصة ولكن يعيب العمل في هذه الحالة عدم اكتشاف الأخطاء في الأرصاء المقاسة واعتبارها صحيحة وأن أي أخطاء موجودة في الأرصاء المقاسة سوف تجمع وتلقي خطأ على تلك الأرصاء الناقصة المحسوبة من معادلتى ضبط الشرط الضلعي ولذلك يراعى تكرار الأرصاء في الموقع وتحري الدقة في رصد الزوايا والأطوال وذلك نظراً لعدم وجود إجراءات ضبط للترافرس المقلل في هذه الحالة.

وهناك ست حالات للمجاهيل المتعذر رصدها (الأرصاء الناقصة) وهي كما يلي :

أولاً: الأرصاء الناقصة هي طول ضلع واحد (ل١م) :

من معادلتى الضبط يكون :

$$ل١ حاص١ + ل٢ حاص٢ + + ل١م حاص١م = صفر$$



لم جـم = - (مجموع المركبات الأفقية للأضلاع المعلومه) = س ٠٠٠٠ (١)

وبالمثل:

$$ل١ جـم + ل٢ جـم + + ل٣ جـم = صفر$$

لم جـم = - (مجموع المركبات الرأسية للأضلاع المعلومه) = ص ٠٠٠٠ (٢)

ومن المعادلة ١ ، ٢ بالتربيع والجمع يكون:

$$ل١^2 (س) + ل٢^2 (ص) = ل٣^2$$

ثانياً: الأرصاد الناقصة هي انحراف ضلع واحد (هـم):

بقسمة المعادلة ١ على المعادلة ٢ يكون :

$$\frac{س}{ص} = \frac{جم}{جم}$$

$$\frac{س}{ص} = ظام$$

ومن الإشارة الجبرية لمركبات الضلع المجهول: كن تحديد الربع الذي يقع فيه الضلع ومن ثم تحديد الانحراف الدائري للضلع.

ثالثاً: الأرصاد الناقصة هي طول ضلع وانحرافه (ل ، هـ):

تعتبر هذه الحالة بجميع للحالتين السابقتين وهي كثيراً ما تقابلنا في الترافرس المقفل حيث يتعذر قياس طول ضلع وانحراف نفس الضلع بين نقطتي الترافرس نظراً لوجود عائق من عقبات الرصد ويمكن في هذه الحالة تربيع المعادلتين ١ ، ٢ والجمع للحصول على الطول المجهول ل١ وكذلك بقسمة المعادلة ١ على المعادلة ٢ نحصول على ظل انحراف الضلع ومن ثم حساب الانحراف الدائري للضلع.

مثال ٣

في الضلع المقفل أ ب ج د تم قياس أطوال أضلاع الترافرس وزواياه الداخلية وحسبت انحرافات الأضلاع كما هو مبين بالجدول ولكن تعذر قياس طول وانحراف الضلع د أ نظراً لوجود منطقة غابات على طول هذا الضلع والمطلوب حساب طول وانحراف الضلع د أ.

| الطول (م) | الانحراف الدائري | الضلع |
|-----------|------------------|-------|
| ١٠٠ | ٥٦٠ ' ٠٠ " ٠٠ | أ ب |
| ١٣٠ | ٥٣٢٠ ' ٠٠ " ٠٠ | ب ج |
| ١١٥ | ٥٢٣٠ ' ٠٠ " ٠٠ | ج د |

١٠٢

| الضلع | الطول | الانحراف الدائري | المركبة الأفقية | المركبة الرأسية |
|-------|-------|------------------|-----------------|-----------------|
| أ ب | ١٠٠ | ٥٦. '٠٠ "٠٠ | ٨٦,٦٠٢٥ | ٥٠,٠٠٠٠ |
| ب ج | ١٣٠ | ٥٣٢. '٠٠ "٠٠ | ٨٣,٥٦٢٤- | ٩٩,٥٨٥٨ |
| ج د | ١١٥ | ٥٢٣. '٠٠ "٠٠ | ٨٨,٠٩٥١- | ٧٣,٩٢٠٦- |
| د أ | ل | هـ | ل, جاهـ | ل, جتاهـ |
| | | | ٨٥,٠٥٥- | ٧٥,٦٦٥٢ |
| | | | ل, جاهـ | ل, جتاهـ |

جدول (٧-٢)

بحساب المركبات الأفقية والرأسية للأضلاع كما هو مبين بالجدول (٧-٢)

ثم نطبق معادلتى ضبط الشرط الضلعي يكون:

$$- ٨٥,٠٥٥ + ل, جاهـ = صفر$$

$$ل, جاهـ = ٨٥,٠٥٥ \text{ (مركبة أفقية موجبة س) } (٣)٠٠٠٠٠٠٠٠$$

$$٧٥,٦٦٥٢ + ل, جتاهـ = صفر$$

$$ل, جتاهـ = - ٧٥,٦٦٥٢ \text{ (مركبة رأسية سالبة ص) } (٤)٠٠٠٠٠٠٠٠$$

١٠٣

بالتربيع والجمع للمعادلتين (٣) ، (٤) نحصل على ل

$$ل = \sqrt{(٨٥,٠٥٥)^2 + (٧٥,٦٦٥٢)^2} = ١١٣,٨٤ \text{ متر}$$

وبقسمة المعادلة (٣) على المعادلة (٤) نحصل على ظاهـ

$$\frac{٨٥,٠٥٥}{٧٥,٦٦٥٢} = \text{ظاهـ}$$

ويتضح من إشارة المركبة الأفقية والرأسية أن الضلع د أ يقع في الربع الثاني

$$\text{هـ} = (\text{الانحراف المختصر}) = ج ٣٧ " ٢٠ ' ٤٨ ° ق$$

$$\therefore \text{الانحراف الدائري للخط د أ} = ١٨٠ - ٣٧ - ٢٠ = ٤٨ °$$

$$= ٢٣ " ٣٩ ' ١٣١ °$$

رابعاً: الأرصاد الناقصة هي طول ضلع ل وانحراف ضلع آخر هـ:

نفرض في المثال السابق أن طول الضلع د أ هو المجهول الأول (ل) وانحراف

الضلع ج د هو المجهول الثاني (هـ) فيكون جدول المركبات الأفقية والرأسية كما يلي:

ويوجد حلان للمسألة في هذه الحالة

$$113,84 \text{ متر} = \frac{33,3717 + 194,3047}{2} = 1, \text{ ل}$$
$$\frac{3,040 - 113,84 \times 0,74714}{110} = \text{جا ۲}$$

○ ○ . = ۲-م

الانحراف الدائري للضلع ج د = ٢٨٠° + ٥٠° = ٢٣٠°

أي أن:

(٦)..... ١٤٩,٥٨٥٨ - ١,٠٦٦٤٦٦ = ١١٥ ج٢

$$+ 1,042,804 + 1,058,222 = (110 \text{ جلد } 2) + (110 \text{ جلد } 2)$$

الحل الثاني:

$$ل_١ = \frac{٣٣,٣٧١٦ - ١٩٤,٣٠٤٦}{٢} = ٨٠,٤٧ \text{ متر}$$

$$ج هـ = \frac{٣,٠٤٠١ - ٨٠,٤٧ \times ٠,٧٤٧١٤}{١١٥}$$

$$هـ = ٠٣٣'١٨''٤٧$$

وبالتعويض في المعادلة (٦) نجد أن جتا هـ سالبة مما يعني أن الضلع ج د يقع في الربع الثالث

$$\text{الانحراف الدائري ج د} = هـ = ٠١٨٠ + ٠٣٣'١٨''٤٧$$

$$= ٠٢١٣'١٨''٤٧$$

خامساً: الأرضاد الناقصة هي طول ضلعين ل_١ ، ل_٢

وسوف نعتبر أن طولاً الضلعين المجهولين هما ل_١ ، ل_٢ لسهولة الكتابة ومتابعة الحل وذلك علي اعتبار انه في المثال السابق طولاً الضلعين ج د ، د أ مجهولين وهما ل_١ ، ل_٢.

ويكون جدول المركبات الأفقية والرأسية كما يلي:

| الضلع | الطول | الانحراف الدائري | المركبة الأفقية | المركبة الرأسية |
|-------|----------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| أ ب | ١٠٠ | ٠٦٠'٠٠''٠٠ | ٨٦,٦٠٢٥ | ٥٠,٠٠ |
| ب ج | ١٣٠ | ٠٣٢٠'٠٠''٠٠ | ٨٣,٥٦٢٤- | ٩٩,٥٨٥٨ |
| ج د | ل _١ | ٠٢٣٠'٠٠''٠٠ | ل _١ ٠,٧٦٦٠٤- | ل _١ ٠,٦٤٢٧٩- |
| د أ | ل _٢ | ٠١٣١'٣٩''٢٣ | ل _٢ ٠,٧٤٧١٤ | ل _٢ ٠,٦٦٤٦٦- |

حيث أن المضلع أ ب ج د مقفل يكون فيه

مجموع المركبات الأفقية للأضلاع = صفر

مجموع المركبات الرأسية للأضلاع = صفر

وينتج من معادلتني الضبط ما يلي:

$$- ٠,٧٦٦٠٤ ل_١ + ٠,٧٤٧١٤ ل_٢ + ٣,٠٤٠١ = \text{صفر}$$

$$- ٠,٦٤٢٧٩ ل_١ - ٠,٦٦٤٦٦ ل_٢ + ١٤٩,٥٨٥٨ = \text{صفر}$$

وبحل المعادلتين آنياً في المجهولين ل_١ ، ل_٢ نحصل علي:

$$ل_١ = ل_ج د = ١١٥,٠٠ \text{ متر}$$

$$ل_٢ = ل_د أ = ١١٣,٨٤ \text{ متر}$$

سادساً: الأرصاد الناقصة هي انحراف ضلعين هـ_١ ، هـ_٢

ينتج في هذه الحالة من تطبيق معادلتين ضبط الشرط الضلعي أن :

$$ل_١ ج ا_١ + ل_٢ ج ا_٢ = س$$

$$ل_١ ج ا_١ + ل_٢ ج ا_٢ = ص$$

وبإعادة كتابة المعادلتين السابقتين على الصورة:

$$ل_١ ج ا_١ = س - ل_٢ ج ا_٢ \quad (٧)$$

$$ل_١ ج ا_١ = ص - ل_٢ ج ا_٢ \quad (٨)$$

وبالتربيع والجمع ينتج أن:

$$(ل_١)^2 = س^2 - ٢ ل_٢ ج ا_٢ س ج ا_١ + (ل_٢)^2 ج ا_١^2 + ص^2$$

$$- ٢ ل_٢ ص ج ا_١ ج ا_٢ + (ل_٢)^2 ج ا_٢^2$$

$$(ل_١)^2 = س^2 + ص^2 + (ل_٢)^2 - ٢ ل_٢ (س ج ا_١ + ص ج ا_٢) \quad (٩)$$

$$\therefore س ج ا_١ + ص ج ا_٢ = \frac{س^2 + ص^2 + (ل_٢)^2 - (ل_١)^2}{٢ ل_٢}$$

وبالاستعانة بزواوية مساعدة (ن) حيث:

$$\frac{س}{ص} = \tan \phi$$

ويكون:

$$\tan \phi = \frac{س}{ص}$$

$$\cot \phi = \frac{ص}{س}$$

وبقسمة المعادلة الأخيرة على وتر الزاوية (ن) أي على $\sqrt{س^2 + ص^2}$

$$\cos \phi = \frac{س}{\sqrt{س^2 + ص^2}} \quad \sin \phi = \frac{ص}{\sqrt{س^2 + ص^2}}$$

أي أن : جتا (هـ_١ - ن) = ك

ومن هنا نحصل على قيمة الانحراف هـ_١ ثم بالتعويض في أي من معادلتين الضبط نحصل على قيمة الانحراف هـ_٢

وبفرض أن المجاهيل في المثال السابق هي هـ_١ = هـ_ج ، هـ_٢ = هـ_د

يكون جدول المركبات كما يلي:

| الضلع | الطول | الانحراف الدائري | المركبة الأفقية | المركبة الرأسية |
|-------|--------|------------------|-----------------|-----------------|
| أ ب | ١٠٠ | ٥٦٠ ' ١٠٠ " ٠٠ | ٨٦,٦٠٢٥ | ٥٠,٠٠ |
| ب ج | ١٣٠ | ٥٣٢٠ ' ١٠٠ " ٠٠ | ٨٣,٥٦٢٤- | ٩٩,٥٨٥٨ |
| ج د | ١١٥ | هـ | ١١٥ جا هـ | ١١٥ جتا هـ |
| د أ | ١١٣,٨٤ | هـ | ١١٣,٨٤ جا هـ | ١١٣,٨٤ جتا هـ |

مجموع المركبات الأفقية للأضلاع = صفر

بمجموع المركبات الرأسية للأضلاع = صفر

$$١١٥ \text{ جا هـ} + ١١٣,٨٤ \text{ جا هـ} - ٣,٠٤٠١ = ٠$$

$$١١٥ \text{ جتا هـ} + ١١٣,٨٤ \text{ جتا هـ} - ١٤٩,٥٨٥٨ = ٠$$

أي أن:

$$١١٥ \text{ جا هـ} - ١١٣,٨٤ \text{ جا هـ} - ٣,٠٤٠١ = ٠ \quad (١٠)$$

$$١١٥ \text{ جتا هـ} - ١١٣,٨٤ \text{ جتا هـ} - ١٤٩,٥٨٥٨ = ٠ \quad (١١)$$

ومقارنة المعادلتين (١٠)، (١١) مع المعادلتين (٧)، (٨) ينتج أن:

$$\text{س} = ٣,٠٤٠١$$

$$\text{ص} = ١٤٩,٥٨٥٨$$

وبالتربيع والجمع للمعادلتين (١٠)، (١١) ينتج مثيل المعادلة (٩)

$$\frac{٣,٠٤٠١ \text{ جا هـ} + ١٤٩,٥٨٥٨ \text{ جتا هـ}}{١١٣,٨٤ \times ٢} = \frac{٣(١١٥) - ٢(١١٣,٨٤) + ٢(١٤٩,٥٨٥٨) + ٢(٣,٠٤٠١)}{١١٣,٨٤ \times ٢}$$

$$= ٩٧,١٥٢٥٨ \dots \dots \dots (١٢)$$

وبالاستعانة بزاوية (ن) حيث:

$$\frac{٣,٠٤٠١}{١٤٩,٥٨٥٨} = \text{د ن}$$

$$\text{أي أن: ن} = ١٨١' ٩'' ٥١$$

ويكون طول وتر (ن) = $\sqrt{(١٤٩,٥٨٥٨)^2 + (٣,٠٤٠١)^2} = ١٤٩,٦١٦٧$ متر

$$\frac{١٤٩,٥٨٥٨}{١٤٩,٦١٦٧} = \text{جتا ن} \quad \frac{٣,٠٤٠١}{١٤٩,٦١٦٧} = \text{جان ن}$$

وبقسمة المعادلة (١٢) على طول وتر الزاوية (ن) ينتج أن:

$$- \text{جان ن جا هـ} - \text{جتا ن جتا هـ} = ٠,٦٤٩٣٤٣١$$

أي أن:

$$- \text{جتا (هـ - ن)} = ٠,٦٤٩٣٤٣١$$

$$- (\text{هـ} - \text{ن}) = ٢٨' ٣٠'' ٤٩$$

$$\text{ن - هـ} = ٢٨' ٣٠'' ٤٩$$

$$\text{هـ} - \text{ن} = ٢٨' ٣٠'' ٤٩$$

$$١-٢ = ٥١' ٩'' - ٢٨' ٣٠'' = ٢٣' ٣٩''$$

$$٢-٣ = ٢٣' ٣٩'' - ١٣١' ٣٩'' = ١٠٨' ٠''$$

وبالتعويض في المعادلة رقم (١٠) ينتج أن:

$$١-٣ = ٢٣٠' ٠''$$

أي أن:

$$\text{الانحراف الدائري للضلع ج د} = ٢٣٠' ٠''$$

$$\text{الانحراف الدائري للضلع د أ} = ٢٣' ٣٩'' - ١٣١' ٣٩'' = ١٠٨' ٠''$$

الترافرس الموصل

مقدمة

يستخدم الترافرس الموصل لرفع المناطق التي يتوافر بها نقط معلومة الإحداثيات من ترافرسات سابقة حيث يربط الترافرس الموصل على إحدى هذه النقط (نقطة البداية) المتصلة بخط معلوم انحرافه هو اتجاه البداية أيضاً كما ينتهي الترافرس الموصل على نقطة أخرى (نقطة النهاية) متصلة بخط آخر معلوم انحرافه هو اتجاه النهاية.

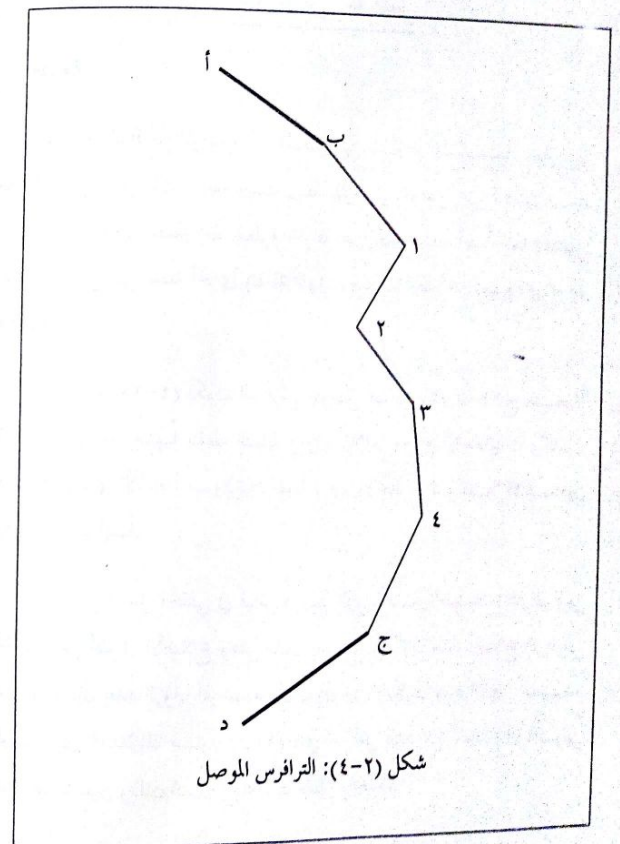
وفي شكل (٢-٤) يكون الترافرس الموصل ب-١-٢-٣-٤-ج متصلاً بنقطة البداية (ب) ومنتهاً بنقطة النهاية (ج) وكلاهما معلوم الإحداثيات وكذلك ترتبط نقطة (ب) بالاتجاه أ ب وترتبط نقطة (ج) بالاتجاه ج د وكلا الاتجاهين معلوم الانحراف أيضاً.

ويتلخص العمل الحقل في قياس ورصد الزوايا بين أضلاع الترافرس وكذلك قياس أطوال الأضلاع وعلى ذلك نجد أنه إذا كان عدد أضلاع الترافرس الموصل (ن) فإن عدد الزوايا المرصودة يكون (ن+١) ويكون عدد النقط الجديدة المطلوب تعيين إحداثياتها مساوياً (ن-١)، أي أن أقل عدد من أضلاع الترافرس الموصل هو ضلعين وذلك لتعيين إحداثيات نقطة واحدة.

خطأ القفل الزاوي

$$[\text{خط الربط الزاوي } (\Delta)] - (\text{—}) = [(\text{—}) + \text{خط الربط الزاوي } (\Delta)]$$

٣هـ = مجموع الزوايا المرصودة بين أضلاع الترافرس والمأخوذة دائماً عكس عقارب الساعة من الضلع السابق إلى الضلع اللاحق ابتداء من خط ربط البداية.



ح = انحراف خط ربط البداية (أ ب).

ح = انحراف خط ربط النهاية (ج د).

ن = عدد أضلاع الترافرس الموصل.

أما إذا كانت الزوايا المرصودة بين أضلاع الترافرس الموصل مأخوذة في اتجاه عقرب الساعة من الضلع السابق إلى الضلع اللاحق ابتداء من خط ربط البداية فإن خطاً القفل الزاوي يكون مساوياً

$$\text{خط الربط الزاوي } (\Delta) = (3 - \text{ح} - \text{ح} + 180^\circ (1 + \text{ن}))$$

بعد حساب قيمة خط القفل الزاوي للترافرس الموصل يلزم مقارنته بالخط المسموح به تبعاً للمعادلة :

$$\text{خط القفل الزاوي المسموح به } = 2'' \sqrt{z}$$

حيث :

و = دقة قراءة الدائرة الأفقية بالثواني

ز = عدد الزوايا المرصودة = (1 + ن)

فإذا كان خط القفل الزاوي في الترافرس الموصل أكبر من المسموح به يجب إعادة الأرصاد أما إذا كان أقل من المسموح به فيلزم تصحيح الزوايا المرصودة وذلك بتقسيم خط القفل الزاوي بالتساوي عليها ثم نحسب الانحرافات المصححة للأضلاع بناء على الزوايا المصححة من خط القفل الزاوي.

$$\text{تصحيح خط القفل الزاوي لكل زاوية} = \frac{\Delta}{1 + \text{ن}}$$

كما يمكن تصحيح خط القفل الزاوي مباشرة على انحرافات أضلاع الترافرس الموصل فيكون :

$$\text{تصحيح خط القفل الزاوي للضلع الأول} = \frac{\Delta}{1 + \text{ن}}$$

$$\text{تصحيح خط القفل الزاوي للضلع الثاني} = \frac{\Delta}{1 + \text{ن}}$$

وهكذا حتى الضلع الأخير

$$\text{تصحيح خط القفل الزاوي للضلع الأخير} = \frac{\Delta}{1 + \text{ن}}$$

وبذلك يكون الانحراف المحسوب لحظ الربط الأخير من الزوايا المرصودة

بعد تصحيحها من خط القفل الزاوي مساوياً تماماً لانحرافه المعلوم.

خطا القفل الضلعي

بعد حساب الانحرافات الصحيحة لأضلاع الترافرس الموصل ومعلومية أطوال الأضلاع المقاسة يمكن حساب المركبات الأفقية والرأسية لكل ضلع على التوالي بداية من الضلع الأول حتى الضلع الأخير ومعلومية إحداثيات نقطة البداية (ب) يمكن أيضاً إضافة مركبات الأضلاع جبرياً للحصول على إحداثيات جميع نقط الترافرس الموصل حتى إحداثيات نقطة النهاية (ج) ويجب أن تكون إحداثيات نقطة (ج) المحسوبة مساوية لإحداثياتها المعلومة وإلا كان هناك خطأ قفل ضلعي يلزم تصحيحه ويكون ذلك الفرق ممثلاً لخطا القفل الضلعي وتكون مركبات هذا الخطا هي Δ_s ، Δ_v التي يمكن الحصول على قيمتها من المعادلتين :

المركبة الأفقية لخطا القفل الضلعي = الإحداثي الأفقي لنقطة البداية + مجموع المركبات الأفقية للأضلاع - الإحداثي الأفقي لنقطة النهاية

المركبة الرأسية لخطا القفل الضلعي = الإحداثي الرأسي لنقطة البداية + مجموع المركبات الرأسية للأضلاع - الإحداثي الرأسي لنقطة النهاية

أي أن :

$$\Delta_s = s_b + z_s - s_j$$

$$\Delta_v = v_b + z_v - v_j$$

حيث :

س_ب ، ص_ب = إحداثيات نقطة البداية (ب)

س_ج ، ص_ج = إحداثيات نقطة النهاية (ج)

مثال

ترافرس موصل ب-١-٢-٣-ج يربط في بداية علي نقطة (ب) وفي نهايته علي نقطة (ج) وعلي خطي الربط المعلومين الانحراف أ ب ، ج د كما هو موضح بالشكل (٢-٥)، تم قياس الزوايا بين أضلاعه بالتبؤدوليت وكذلك أطوال الأضلاع بالشريط الصلب فكانت كما هو موضح بالجدول فإذا كانت إحداثيات نقطتي الربط والانحراف خطي الربط في البداية والنهاية هما:

$$ب (١٨٢,٥٧٤, ٦٢٥,٠٥٣)$$

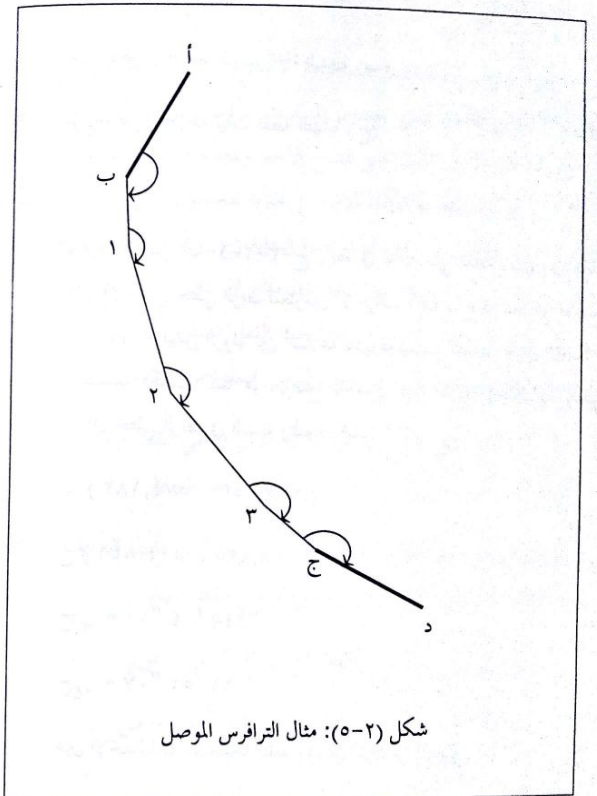
$$ج (٨٤٦,٥٤٤, ١٦٨,٨٩٥)$$

$$ح ا ب = ١١^{\circ} ٠٤' ٠٢٤٧''$$

$$ح ا ج د = ٠٧^{\circ} ٠١' ١٦١''$$

عين الإحداثيات الصحيحة لنقط رؤوس الترافرس الموصل.





شكل (٢-٥): مثال الترافرس الموصل

| النقطة | الضلع | الزاوية | الطول |
|--------|-------|------------|--------|
| ب | ب - ١ | ٠١٤٧'٠٩"٢٠ | ٨٤,٠٠ |
| ١ | ٢ - ١ | ٠١٥٤'٠٥"١٠ | ١٧٣,٠٠ |
| ٢ | ٣ - ٢ | ٠١٦٨'٢٥"٥٠ | ٩٣,٦٥ |
| ٣ | ٤ - ٣ | ٠١٦٦'٠٦"٣٠ | ١٢٧,٨٥ |
| ج | | ٠١٧٩'٠٠"٣٠ | |

الحلأولاً: خطأ القفل الزاوي١- نعين قيمة خطأ القفل الزاوي

نلاحظ أن الزوايا المقاسة كلها في اتجاه عقارب الساعة من الضلع السابق إلى الضلع اللاحق وتكون قيمة خطأ القفل الزاوي.

$$(\Delta) = 0^\circ 14' 47'' - 0^\circ 16' 51'' + 0^\circ 24' 47'' = 0^\circ 18' 43''$$

٢- مقارنة خطأ القفل الزاوي بالمسموح به

و "١٠" كما هو واضح من قراءات الدائرة الأفقية للزوايا المرصودة

خطأ القفل الزاوي المسموح به = $\sqrt{1 + n}$

$$= \sqrt{1 + 10} = 3.16$$

∴ خطأ القفل الزاوي أقل من المسموح به

٣- تصحيح خطأ القفل الزاوي

تصحيح خطأ القفل الزاوي لكل زاوية = $\frac{\Delta}{1 + n}$

$$= \frac{0^\circ 18' 43''}{1 + 10} = 0^\circ 18' 43''$$

وعلي ذلك يلزم طرح ١٨،٤" من جميع قيم الخمسة زوايا المرصودة جدول (٨-٢)

٤- حساب الانحرافات المصححة

يتم حساب الانحرافات المصححة بدءاً من خط الربط الأول حتى خط الربط الأخير وبمعلومية الزوايا المصححة وتنبع نفس المعادلات كما في الترافرس المقفل

لحساب انحراف الضلع التالي (اللاحق) بمعلومية انحراف الضلع السابق والزاوية بين الضلعين ويوضح الجدول (٨-٢) قيم الانحرافات المصححة لأضلاع الترافرس الموصل.

| الانحراف الدائري المصحح | الزاوية المصححة | الطول | الضلع | النقطة |
|-------------------------|-----------------|--------|-------|--------|
| ٠٢٤٧'٠٤"١١ | ٠١٤٧'٠٩"١٥,٢ | ٨٤,٠٠ | أ-ب | أ |
| ٠٢١٤'١٣"٢٦,٢ | ٠١٥٤'٠٥"٠٥,٢ | ١٧٣,٠٠ | ب-١ | ب |
| ٠١٨٨'١٨"٣١,٤ | ٠١٦٥'٢٥"٤٥,٢ | ٩٣,٦٥ | ٢-١ | ١ |
| ٠١٧٦'٤٤"١٦,٦ | ٠١٦٦'٠٦"٢٥,٢ | ١٢٧,٨٥ | ٣-٢ | ٢ |
| ٠١٦٢'٠٥"٤١,٨ | ٠١٧٩'٠٠"٢٥,٢ | | ج-٣ | ٣ |
| ٠١٦١'٥١"٠٧ | | | د-ج | ج |
| | | | | د |

جدول (٨-٢)

وللتحقيق يلاحظ أن انحراف الضلع ج د المحسوب مساوياً تماماً لانحرافه المعلوم.

ثانياً: خطأ القفل الضلعي

١- حساب قيمة خطأ القفل الضلعي

كما هو موضح بالجدول (٩-٢) يتم حساب قيمة المركبات الأفقية والرأسية لجميع أضلاع الترافرس الموصل

$$\text{المركبة الأفقية } (\Delta \text{س}) = ٥٧٤,١٨٢ - ٢٩,٢٠٥ - ٥٤٤,٨٤٦ = ٠,١٣١ \text{ م}$$

$$\text{المركبة الرأسية } (\Delta \text{ص}) = ١٢٨,٨٩٥ - ٤٥٦,٢٩٩ - ٦٢٥,٠٥٣ = ٠,١٤١ \text{ م}$$

$$\Delta \text{ل} = \sqrt{(\Delta \text{س})^2 + (\Delta \text{ص})^2} = ٠,١٩٢ \text{ متر}$$

٢- مقارنة خطأ القفل الضلعي بالمسموح به

$$\Delta \text{ل} = ٨٤,٠٠ + ١٧٣,٠٠ + ٩٣,٦٥ + ١٢٧,٨٥ = ٤٧٨,٥ \text{ م}$$

$$\text{خطأ القفل الضلعي النسبي} = \frac{٠,١٩٢}{٤٧٨,٥} = \frac{١}{٢٤٩٢,١٨}$$

أي أن خطأ القفل الضلعي النسبي أقل من (٢٠٠/١) أي أقل من المسموح به ويمكن تصحيحه.

| النقطة | الضلع | الطول (ل) | الانحراف الدائري المصحح (هـ) | مركبة أفقية ل جا هـ | مركبة رأسية ل جتا هـ | التصحيح للمركبة الأفقية | التصحيح للمركبة الرأسية |
|--------|---------|-----------|------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| ب | ١-ب | ٨٤,٠٠ | ٠٢١٤'١٣"٢٦,٢ | ٤٧,٢٤٤- | ٦٩,٤٥٥- | ٠,٠٢٣- | ٠,٠٢٥ |
| ١ | ٢-١ | ١٧٣,٠٠ | ٠١٨٨'١٨"٣١,٤ | ٢٥,٠٠٠- | ١٧١,١٨٤- | ٠,٠٤٧- | ٠,٠٥١ |
| ٢ | ٣-٢ | ٩٣,٦٥ | ٠١٧٦'٤٤"١٦,٦ | ٥,٣٢٩+ | ٩٣,٤٩٨- | ٠,٠٢٦- | ٠,٠٢٧ |
| ٣ | ج-٣ | ١٢٧,٨٥ | ٠١٦٢'٠٥"٤١,٨ | ٣٧,٧١٠+ | ١٢٢,١٦٢- | ٠,٠٣٥- | ٠,٠٣٨ |
| ج | المجموع | ٤٧٨,٥٠ | | ٢٩,٢٠٥- | ٤٥٦,٢٩٩- | ٠,١٣١- | ٠,١٤١+ |

جدول (٩-٢)

٣- تصحيح خطأ القفل الضلعي

سوف يتم التصحيح للمركبات الأفقية والرأسية بطريقة بودتش كما يلي:

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع (ب-١)} = ٠,١٣١ - \frac{٨٤}{٤٧٨,٥} \times ٠,٠٢٣ = ٠,٠٢٣$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع (١-٢)} = ٠,١٣١ - \frac{١٧٣}{٤٧٨,٥} \times ٠,٠٤٧ = ٠,٠٤٧$$

وهكذا حتى باقي الأضلاع وبالمثل للمركبات الرأسية

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع (ب-١)} = \frac{٨٤}{٤٧٨,٥} \times ٠,١٤١ + = ٠,٠٢٥ \text{ م}$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع (١-٢)} = \frac{١٧٣}{٤٧٨,٥} \times ٠,١٤١ + = ٠,٠٥١ \text{ م}$$

وهكذا حتى باقي الأضلاع ويوضح بالجدول (١٠-٢) قيم التصحيحات للمركبات الأفقية والرأسية للأضلاع.

٤- حساب الإحداثيات

معلومية إحداثيات نقطة الربط الأولي (ب) والمركبات المصححة للضلع (ب-١) يمكن حساب إحداثيات نقطة (١) حيث:

$$\text{الأحداثي الأفقي للنقطة (١)} = \text{الأحداثي الأفقي لنقطة (ب)} + \text{المركبة الأفقية للضلع (ب-١)}$$

$$\text{الأحداثي الرأسي للنقطة (١)} = \text{الأحداثي الرأسي لنقطة (ب)} + \text{المركبة الرأسية للضلع (ب-١)}$$

وبتكرار جمع مركبات الأضلاع المصححة علي إحداثيات النقط في تسلسل واحد يمكن حساب إحداثيات النقط الجديدة في الترافرس الموصل كما هو موضح في الجدول (١٠-٢).

| النقطة | الضلع | مركبة أفقية مصححة | مركبة رأسية مصححة | أحداثي أفقي | أحداثي رأسي |
|--------|-------|-------------------|-------------------|-------------|-------------|
| ب | ب-١ | ٤٧,٢٦٧- | ٦٩,٤٣٠- | ٥٧٤,١٨٢ | ٦٢٥,٠٥٣ |
| ١ | ٢-١ | ٢٥,٠٤٧- | ١٧١,١٣٣- | ٥٢٦,٩١٥ | ٥٥٥,٦٢٣ |
| ٢ | ٣-٢ | ٥,٣٠٣+ | ٩٣,٤٧١- | ٥٠١,٨٦٨ | ٣٨٤,٤٩٠ |
| ٣ | ج-٣ | ٣٧,٦٧٥+ | ١٢٢,١٢٤- | ٥٠٧,١٧١ | ٢٩١,٠١٩ |
| ج | | | | ٥٤٤,٨٤٦ | ١٦٨,٨٩٥ |

جدول (١٠-٢)

ويلاحظ من (١٠-٢) أن إحداثيات نقطة الربط الأخيرة (ج) المحسوبة مساوية تماماً لإحداثياتها المعلومة.