الباب الأول

المقـــدمـــة

1-1 نبذه تاريخية عن علم هندسة المساحة:

من مقولات العالم الشهير ايراتوتنيس (275 – 193 ق.م)، لألاف السنين "كل انسان يعتمد على ملكيته الخاصة، لكن قياس المحيط المكاني سيجعل كل انسان يخرج من حدود قريته ويتجاوز او يسمو فوق ارضه الخاصة وسيصبح وريثا لكوكب الأرض.

في القرن العشرين الميلادي بدأت أنشطه علمية كثيرة تتجاوز المفهوم التقليدي للجغرافيا من خلال ما يمكن ان نطلق عليه القياسات الأرضية الكونية Earth Observation، من خلال وتطبيق قياسات أرضية يتم جمعها بواسطة المسح الأرضي Ground Survey، ونظم تحديد المواقع المعتمدة على الأقمار الاصطناعية Global Satellite Positioning System، والمسح التصويري Photogrammetry، والاستشعار عن بعد Remote Sensing، سواء بالطائرات او الأقمار الاصطناعية.

ويتم جمع كل هذه البيانات، مع اختلاف قدرتها التوضيحية Resolution، واختلاف دقتها Accuracy، في طبقات يتم تخزينها وتحليلها وادارتها في نظم معلومات جغرافية Geographic Information Systems، ونظم اتخاذ القرار Decision Support Systems، اعتمادا على تطوير ما يعرف بالنظم الذكية Expert System، وهذا الكم الهائل من البيانات يجب بالضرورة تنظيمه وتحليله واتاحته للمستخدمين بدون أي تأخير للحصول على التمثيل الدقيق للوضع المكاني.

وقد أطلق على هذا الأسلوب المعرفي اسم الجيوماتكس Geomatics، وهي كلمة مكونة من Geo بمعنى الأرض وmatics اختصار لكلمة Informatics بمعنى علوم او معلومات، ومن هنا يمكن ان نقول ان مصطلح الجيوماتكس يدل على علم المعلومات الأرضية.

1-2 تعريف هندسة المساحة:

علم المساحة هو علم وفن قياس وتمثيل جزء من سطح الأرض او تمثيل لكامل سطح الأرض، وذلك على خريطة بمقياس رسم مناسب لتفي غرض معين.

وكذلك يمكن تعريف علم المساحة بانها علم تحديد المواقع للمظاهر الطبيعية والبشرية الموجودة على او تحت او فوق سطح الأرض، وتمثيل هذه المظاهر على خرائط تقليدية (مطبوعة) او رقمية (باستخدام الحاسب الآلي).

1-3 أهمية علم المساحة:

يعتبر علم المساحة هو الأساس لتخطيط وتنفيذ ومتابعة معظم المشاريع الهندسية ذات الصلة بسطح الأرض مثل المباني والطرق والمطارات والسدود وقنوات الري.

كما وأنها ذات أهمية لمهن غير هندسية لها اتصال مباشر او غير مباشر بالأعمال المساحية مثل علوم الجغرافيا والجيولوجيا وعلوم البحار والمحيطات وعلوم الغابات والزراعة والعلوم العسكرية.

الغرض من علم المساحة إنشاء ورسم الخرائط التي بها يمكن تحديد مواقع الأعمال الهندسية وتخطيطها وانشائها واهمها القناطر والسدود والترع والمصاريف، وكذلك فهي العامل الرئيسي والاساسي في عمليات استصلاح وتقسيم وحصر وتسوية الأراضي.

1-4 اقسام علم المساحة:

توجد عده تقسيمات لأنواع تطبيقات المساحة سواء من حيث مجال الاستخدام او من حيث الهدف من العمل المساحي او من حيث الجهاز المساحي المستخدم ...الخ، الا ان اقسام المساحة هي:

1-4-1 المساحة الأرضية Terrestrial Surveying:

تشمل المساحة الأرضية تطبيقات وقياسات علم المساحة على سطح الأرض من خلال أجهزة موضوعة على سطح الأرض، أهمها المساحة الجيوديسية العالية والمساحة الجيوديسية والمساحة المستوية، وتنقسم طبقا لطبيعة هذه القياسات إلى ثلاثة أنواع أساسية:

1-4-1-1 المساحة الجيوديسية العالية High Geodetic Surveying:

تختص بقياس وتحديد مناطق شاسعة من الأرض وتدخل كروية الأرض وشكلها الحقيقي واختلاف توزيع الكتل دخل الأرض وعلى سطحها في الاعتبار ويطلق على هذا النوع الجيوديسيا العالية والطبيعة الأرضية.

تعتبر ادق أنواع المساحات على الاطلاق وغرضها الرئيسي تثبيت نقط على سطح الأرض بدقة تامة، ومواقع هذ النقاط ومناسيبها تعتبر أساس ومرجع لربط المساحات الأخرى سواء كانت طبوغرافية ام تفصيلية، وفي بعض الأحيان تنفذ المساحات الجيوديسية لأغراض علمية بحته.

1-4-1-2 المساحة الجيوديسية Geodetic Surveying:

تختص بقياس مساحات اقل من النوع الأول وتدخل فيها كروية الأرض فقط في الاعتبار.

1-4-1-3 المساحة المستوية Plane Surveying:

تختص بقياس المساحات الصغيرة وتهمل فيها كروية الأرض أي على أساس ان سطح الأرض مستوي في المناطق المراد رفعها وعلى هذا الأساس يمكن العمل في المساحة المستوية في منطقة تصل الى 250 كيلومتر مربع بدون أخطاء نتيجة اهمال كروية الأرض.

والبلدان التي تمسح بعد يعمل لها مساحة جيوديسية وتعين اجزاؤها وحدودها أولا ثم يعمل لها بعد ذلك مساحة طبوغرافية (انشاء الخرائط الطبوغرافية)، ومن ثم يعمل لها مساحة تفصيلية ومن ثم ينشا لها خرائط بمقاييس رسم مختلفة لتلقي أغراض متنوعة، تنقسم الى فرعين:

I- المساحة الطبوغرافية Topographic Surveying:

الغرض من هذه المساحة هو انشاء ورسم الخرائط للمناطق المتسعة نسبيا مع بيان ما تحتويه من معالم طبيعية وصناعية وبيان ارتفاع وانخفاض سطح الأرض باستخدام تساوي الارتفاعات والتي تعرف بخطوط التسوية، يستفاد منها في الدراسات الأولية لتخطيط المشاريع الهندسية ذات الصلة بسطح الأرض مثل: مشاريع الري والطرق والمطارات وتستخدم أيضا في الدراسات الجيولوجية والعسكرية، كما هي أحد العلوم التي تختص بإظهار المعالم الأرضية بأبعادها الثلاثة على الخريطة أي تمثيل هذه المعالم في المستويين الافقي والرأسي، ويعتبر التمثيل الحقيقي لهذه المعالم الأرضية.

والتمثيل في المستوي الرأسي المنسوب نعبر عنه بارتفاع النقاط الطبوغرافية او انخفاضها عن مستوى ثابت يسمي مستوى المقارنة وغالبا ما يكون هذا المستوى هو متوسط سطح البحر mean sea level، حيث ان الخريطة الطبوغرافية هي المسقط الافقي لجزء من سطح الأرض لذلك كان الاهتمام بكيفية اظهار ارتفاع وانخفاض سطح الأرض بشكل يسهل القراءة والتعامل معه، كالألوان

او التهشير او الخطوط الكنتورية وتعتبر خطوط الكنتور هي ادق الطرق لإظهار طبوغرافية الأرض.

II- المساحة التفصيلية Cadastral Surveying:

ان الغرض من المساحة التفصيلية هو انشاء خرائط تفصيلية بمقياس رسم كبير من اجل اظهار حدود الملكيات الزراعية والابنية والشوارع وغير ذلك من تفاصيل في مساحة ارض محدودة ويستخدم مقياس رسم كبير يتراوح بين 1:500 الي 1:1000 في المدن، و1:2500 الي 1:5000 في المناطق الريفية، ونظرا لكبر المقياس المستخدم فإن دقه هذه الخرائط تكون عالية مما يسمح باستخدامها في نزاعات الملكيات وتقسيم الأراضي.

كما توجد بعض التقسيمات الأخرى للمساحة المستوية حيث يقسمها البعض إلى عدة أنواع طبقا للهدف من المشروع المساحي ذاته مثل:

III- المساحة الهندسية او الإنشائية Engineering or Construction Surveying:

تهتم بجمع القياسات لكل مراحل تنفيذ المشروعات الهندسية، يكون الرفع بدقه عالية.

IV- مساحة الطرق Route Surveying:

تهتم لتنفيذ العمل المساحي المطلوب لإنشاء مشروعات النقل مثل: الطرق والسكك الحديدية ومد الأنابيب وخطوط الكهرباء.

V- مساحة الأنفاق:

تختص بعمليات تنفيذ المنشئات تحت سطح الأرض مثل: الأنفاق وأنابيب الماء والغاز وشبكات التصريف.

1-4-2 المساحة التصويرية Photogrammetry:

يمكن تعريف المساحة التصويرية بانها علم وفن وتكنولوجيا الحصول على معلومات كمية ونوعية حول الأشياء المادية والبيئة المحيطة بها بواسطة الصور الفوتوغرافية والكهرومغناطيسية.

ان كلمة photogrammetry مشتقة من كلمات اغريقية هي Photo وتعني الضوء، وgramma تعني الأشياء المرسومة او المكتوبة، وmerton تعني القياس، وبهذا تكون المساحة الجوية من عمل قياسات الصور الملتقطة بكاميرات موضوعة في طائرات، ثم استخدام هذه القياسات في انتاج الخرائط المساحية.

يمكن تقسيم المساحة التصويرية إلى أربعة أفرع:

I- المساحة التصويرية الرضية Terrestrial Photogrammetry:

يستخدم فيها صور تم التقاطها بالآت تصوير أرضية مثبتة على محطة ثابتة على الأرض.

II- المساحة التصويرية الجوية Aerial Photogrammetry:

يستخدم فيها صور تم التقاطها بآلة تصوير جوية محمولة داخل طائرة.

III- المساحة التصويرية الفضائية او الاستشعار عن بعد Satellite Photogrammetry:

يستخدم فيها صور تم التقاطها بواسطة آلات تصوير محمولة داخل مركبات فضائية او أقمار اصطناعية تدور حول الكرة الأرضية.

IV- المساحة التصويرية المركزية Close-Range Photogrammetry

1-4-3 المساحة البحرية او الهيدروجرافية Hydrographic Surveying:

تهتم كما هو واضح من اسمها – بتحديد ماقع الظاهرات الموجودة على أو تحت سطح المياه في البحار والانهار والمحيطات، ومن أمثلة منتجات المساحة البحرية الخرائط الهيدروجرافية التي تمثل تضاريس قاع البحر.

1-4-4 المساحة الفلكية Astronomical Surveying:

يعتمد هذا الفرع من أفرع المساحة على رصد الأجرام السماوية واستخدام هذا القياسات في تحديد مواقع الظاهرات الجغرافية الموجودة على سطح الأرض.

كانت المساحة الفلكية أحد أهم تطبيقات علم المساحة في انشاء الثوابت الأرضية (نقاط معلومة الإحداثيات) قديما، إلا ان هذا التطبيق أصبح الآن يعتمد على استخدام الأقمار الاصطناعية بدلا من النجوم الطبيعية.

الباب الثاني

أنواع الأخطاء ومصادرها

2-1 مصادر الأخطاء:

الأخطاء المحتمل حدوثها في القياسات عموما مصادرها ثلاثة وهي:

2-1-1 الأخطاء الشخصية Personal Errors:

هي أخطاء تنتج من إمكانات الراصد نفسه، فلكل راصد إمكانات سمعية وبصرية وحسية، وعدم الكمال في هذه الحواس يسبب هذا النوع من الأخطاء، أمثلة لهذه الأخطاء تتمثل في: أخطاء ناتجة عن عدم الدقة في اكمال الضبط المؤقت، وأخطاء في القراءات، والتسجيل الخطاء للأرصاد، والخطاء في الحسابات.

- تتم معالجة هذا النوع من الأخطاء بالتدريب واكتساب الخبرات.

2-1-2 الأخطاء الطبيعية Natural Errors:

هي الأخطاء التي تنشأ نتيجة التغيرات المستمرة في العوامل الجوية مثل: أخطاء ناتجة عن تأثير كروية الأرض، وأخطاء بسبب انكسار الأشعة الضوئية، وشده الرياح، ودرجة الحرارة، والضغط الجوي.

- تتم معالجة هذه الأخطاء بمراعاة الارشادات بدليل كل جهاز، حيث يمكن عن طريق معرفة درجة الحرارة والضغط الجوي أثناء العمل للحصول على الثبات

النسبي (ppm)، وإدخاله في الجهاز حتى يقوم بتصحيح المسافة المقاسة ونحصل على المسافة المصححة.

2-1-3 الأخطاء الآلية Instrumental Errors:

هي الأخطاء الناتجة من الأجهزة المستخدمة في الرصد نتيجة عدم صنع أجهزة وأدوات القياس بدرجة تصل الى درجة الكمال مثل: عدم تعامد المحاور الرئيسة للجهاز مع المحور الرأسي للميزان، وعدم توازي المحاور الرئيسة للجهاز مع محور خط النظر، وعدم تساوي اقسام الدائرة الافقية للجهاز.

- تتم معالجة هذا النوع من الأخطاء إما باتباع طرق رصد معينة أو بمعايرة الجهاز.

2-2 أنواع الأخطاء:

تنقسم الأخطاء في المساحة إلى ثلاثة أنواع:

2-2-1 الأغلاط Gross Errors:

هو خطاء كبير المقدار وملحوظ بالنسبة لباقي الأرصاد، حيث تكون ناتجة غالبا عن قراءة شريط القياس أو القراءة من جهاز قياس الزوايا (الثيودوليت) أو قراءة مسطرة التسوية وكذلك الأغلاط الناتجة عن تدوين القراءات والحسابات.

2-2-2 الأخطاء المنتظمة Systematic Errors:

هي أخطاء منتظمة الحدوث حيث انها تتبع قانون فيزيائي معين، ويمكن التعبير عنها بمعادلة رياضية ومن ثم يمكن إيجاد قيمة الخطأ وثم إيجاد القيمة المصححة.

ويحدث هذا النوع من الأخطاء في القياسات نتيجة أسباب مختلفة ومصدر هذه الأخطاء شخصي أو طبيعي أو آلي، وتنقسم الى ثلاثة أنواع بناء على مصدرها:

I- أخطاء منتظمة مصدرها شخصي (الراصد):

هي أخطاء تنتج من الراصد نفسه، ومن هذه الأخطاء:

- انحناء الشريط اثناء عملية القياس:

عند معايرة الشريط يكون مفرودا فوق سطح مستوي ولكن عند استخدام الشريط في القياس عاده يكون محملا من طرفية وعلى هذا لا يكون مستقيما ويأخذ شكل منحني.

- خطاء التوجيه:

ينتج عن القياس في خط متعرج بدلا من الخط المستقيم.

II- أخطاء منتظمة صدرها طبيعي:

هي أخطاء تنتج من العوامل الطبيعية (درجة الحرارة، الضغط الجوي)، ويمكن التعبير عنها بمعادلة رياضية.

III- أخطاء منتظمة مصدرها آلي:

هي أخطاء تنتج من الجهاز المستخدم، ومن هذه الأخطاء استخدام شريط يختلف طوله الحقيقي عن طوله الأسمى.

2-2-3 الأخطاء العشوائية Random Errors:

هي أخطاء صغيره المقدار والاتجاه، كما لا يمكن معرفة مصادرها ولهذا يتم التعامل مع هذا النوع من الأخطاء احصائيا وتعتبر الأخطاء العشوائية من الأخطاء المتغيرة والتي تبقى موجودة

بعد إزالة كافة الأخطاء، حيث انها خارج نطاق سيطرة الراصد ويفترض ان للأخطاء العشوائية توزيعا تكراريا مستمرا يسمى التوزيع الطبيعي Normal Distribution، كما انها تخضع لقانون الاحتمال.

الباب الثالث

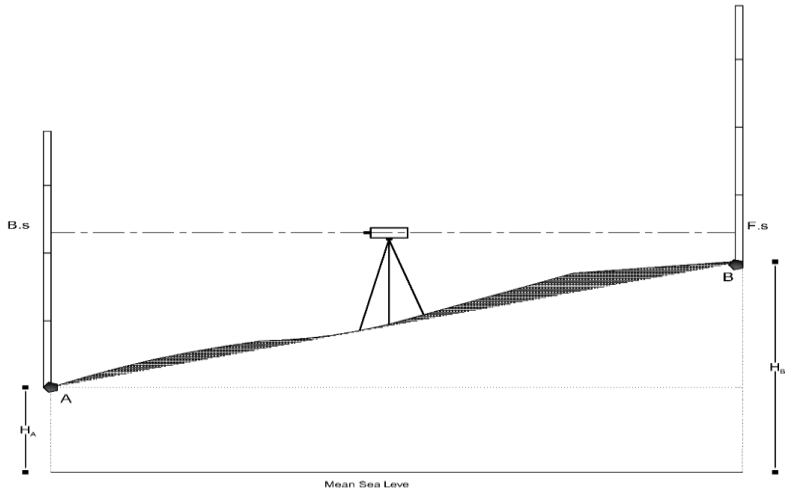
الطرق المختلفة لإيجاد المسافات الرأسية

في هذا الباب سنتطرق الى بعض الطرق المستخدمة في إيجاد المسافات الرأسية.

3-1 الميزانية العادية Ordinary Leveling:

الميزانية من العمليات المساحية اللازمة والأساسية لكل المشروعات الهندسية، ويمكن من خلالها تعيين ارتفاع أو انخفاض النقاط المساحية على سطح الأرض، وعلاقتها بمستوى مرجعي (مستوى مقارنة) ثابت، تستخدم الميزانية في إنشاء الطرق والجسور، والمباني، والكباري، والمصارف وغيرها من المشاريع الهندسية.

هي النوع الأكثر استعمالا في المشروعات الهندسية المختلفة، وتتم أرصاد قراءاتها بموازين ذات دقة منخفضة (قاماتstaff) وتؤخذ قراءاتها الى سنتمترات، وفي حاله أردنا الوصول لدقة عالية لتحديد فروق المناسيب، نستخدم أجهزة خاصة عالية الدقة تسمى الميزانية الدقيقة.



الشكل رقم (3-1) مثال للميزانية العادية

$$\Delta H_{AB} = B.s - F.s \qquad (1)$$

ومنها ارتفاع النقطة B يمكن ايجادها من:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \qquad (2)$$

- ملحوظة: يوضع الجهاز في منتصف المسافة بين القامتين.

3-2 الميزانية المثلثية Trigonometric Leveling:

في هذه الطريقة يتم قياس المسافات الافقية والزوايا الرأسية باستخدام الثيودوليت Theodolite أو محطة الأرصاد المتكاملة Total Station لحساب فروق الارتفاعات (المناسيب).

تعتبر الطريقة الوحيدة لقياس المناسيب والارتفاعات في المناطق الجبلية والاهداف التي لا يمكن الوصول اليها (مثل: قمة مئذنة أو مبنى شاهق) وتعتبر طريقة اقتصادية، وفي هذه الحالة يجب اخذ كروية الأرض وانكسار الاشعة الضوئية في الحسبان، كذلك يمكن الرصد آنيا للتخلص من الأخطاء المنتظمة المذكورة سابقا.

3-3 الميزانية البارومترية Barometric Leveling:

توجد علاقة عكسية بين الارتفاع وقيمة الضغط الجوي (كلما يزاد الارتفاع يقل الضغط)، يتم تحديد فروق الارتفاع بين النقط المساحية بقياس قيمة الضغط الجوي عند كل نقطة.

3-4 المساحة التاكيومترية Tachometer Surveying:

كلمة تاكيومتري تعني القياس السريع، وتعد من اهم الطرق الأساسية المتبعة في القياسات الافقية والرأسية. وتستخدم المساحة التاكيومترية في الأماكن الوعرة حيث يصعب القياس

بالميزان، وتعتمد على حساب المسافة الافقية والرأسية، وفروق المناسيب بين النقاط (ولكن لمسافات قصيرة)، من خلال قياس الزاوية الرأسية أو الافقية والرأسية معا (قضيب الانفار) عند موقع الجهاز والمسافة المقطوعة على الهدف، تنقسم الى ثلاثة طرق:

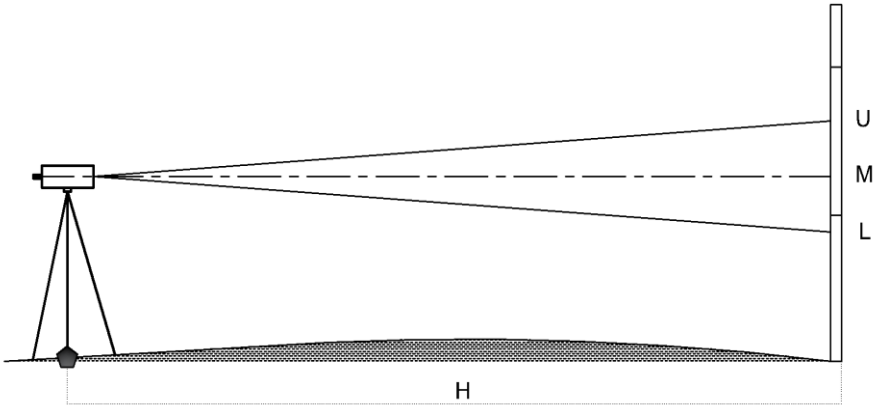
3-4-1 طريقة شعيرات الاستاديا Stadia Hair:

هي أسهل وأسرع الطرق التاكيومترية للحصول على المسافة الافقية وفرق المنسوب بين نقطتين.

يوضع جهاز الثيودوليت عند أحد طرفي الخط بينما توضع القامة عند النقطة الأخرى، ويقوم جهاز الثيودوليت بقراءة وتسجيل الشعيرات الثلاثة على القامة، ولحساب المسافة الافقية أو الرأسية وفرق المنسوب بين طرفي الخط، توجد حالتين:

الحالة الأولى:

في هذه الحالة يكون خط النظر أفقي.



الشكل رقم (3-2) شعيرات الاستاديا في الوضع الأفقي

من الشكل (3-2) أعلاه، يمكننا كتابة

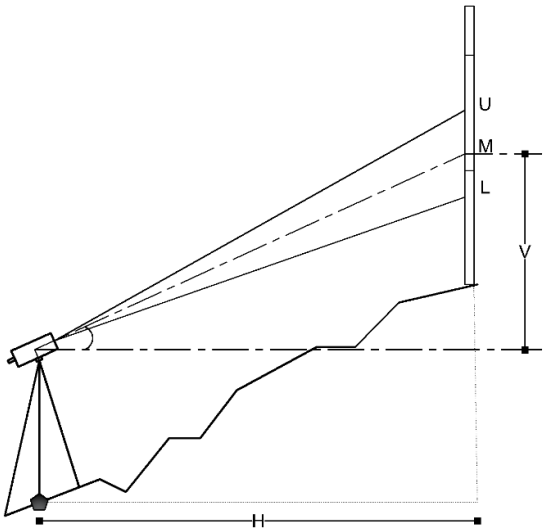
$$S = upper - lower \quad (3)$$

ومنها يمكننا الحصول على المسافة الافقية

$$H = k*S + C \quad (4)$$

الحالة الثانية:

وفي هذه الحالة اما ان تكون القامة رأسية عند النقطة أو عمودية عند خط النظر.



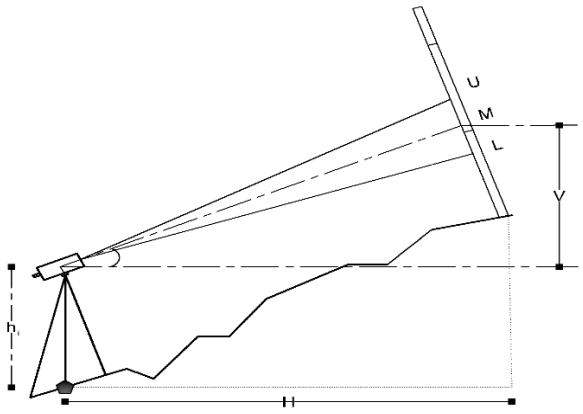
الشكل رقم (3-3) القامة رأسية على النقطة

من الشكل (3-3) أعلاه، يمكننا كتابة

$$H = K * S\cos^2\theta \quad (5)$$

ومنها يمكننا الحصول على المسافة الرأسية

$$V = \frac{1}{2} K * S \sin 2\theta \quad (6)$$



الشكل رقم (3-4) القامة عمودية على خط النظر

من الشكل (3-4) أعلاه، يمكننا كتابة

$$H = (K*S + C)\cos\theta \qquad (7)$$

$$V = (K*S)\sin\theta \qquad (8)$$

ومنها نتحصل على فرق الارتفاع

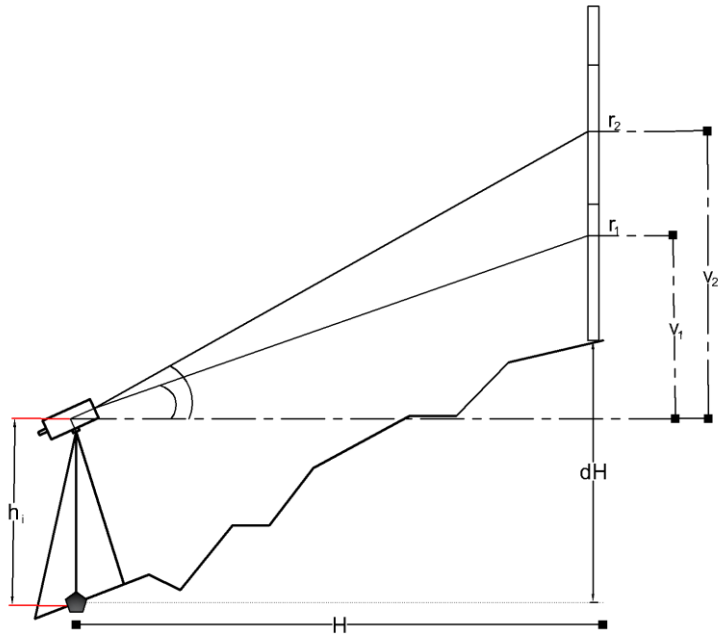
$$\Delta H = h_i + V - M \qquad (9)$$

3-4-2 طريقة الظلال Tangent Method:

في هذه الطريقة يمكن تعين المسافة الافقية والبعد الرأسي (فرق الارتفاع)، بواسطة قياس الزاوية الرأسية بجهاز الثيودوليت مع استخدام قامة عادية عند الطرق الأخرى، ولذلك يلزم توجيه المنظار او التلسكوب الى موضعين مختلفين على القامة واخذ الزاوية الرأسية عند كل موضع حيث يتم قراءة الشعرة الوسطى فقط عند القامة لإيجاد فرق الارتفاع والمسافة الافقية والرأسية، وتوجد ثلاث حالات:

الحالة الأولى:

إذا كانت الزاويتين ارتفاع.



الشكل رقم (3-5) زوايا ارتفاع

من الشكل (3-5) أعلاه، يمكننا كتابة

$$v_1 = H \tan\theta \qquad (10)$$

$$v_2 = H \tan\phi \qquad (11)$$

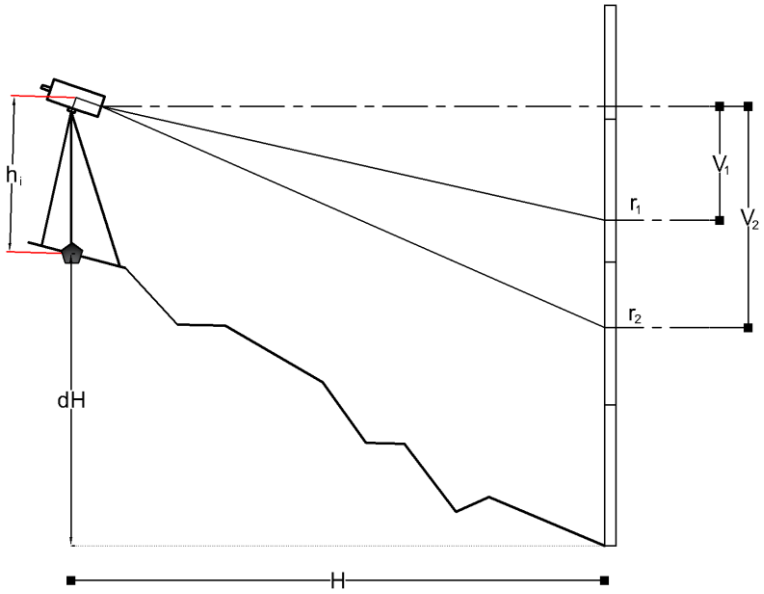
ومنهما يمكننا الحصول على المسافة الافقية

$$H = \frac{v_2 - v_1}{(\tan\phi - \tan\theta)} \qquad (12)$$

إذا كانت الزوايا زوايا ارتفاع.

الحالة الثانية:

إذا كانت الزاويتين انخفاض.



الشكل رقم (3-6) زوايا انخفاض

من الشكل (3-6) أعلاه، يمكننا كتابة

$$v_1 = H \tan\theta \qquad (13)$$

$$v_2 = H \tan\text{ø} \qquad (14)$$

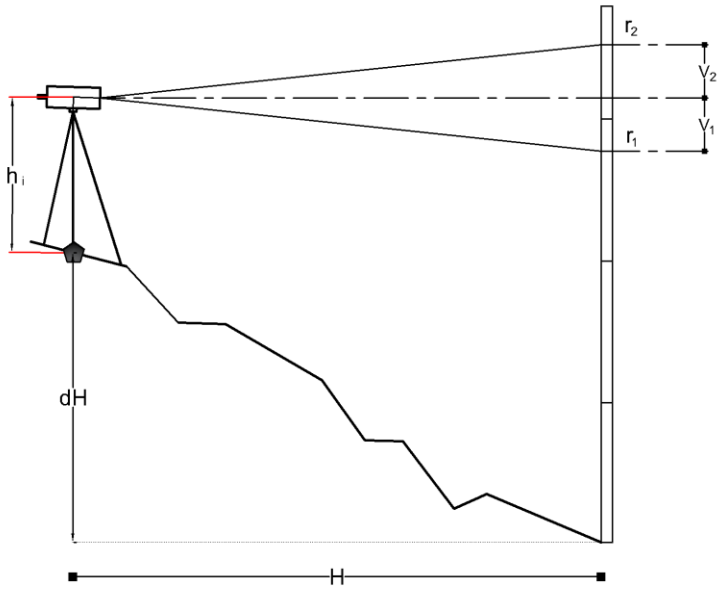
ومنهما يمكننا الحصول على المسافة الافقية

$$H = \frac{v_1 - v_2}{(\tan\theta - \tan\text{ø})} \qquad (15)$$

إذا كانت الزوايا زوايا انخفاض.

الحالة الثالثة:

إذا كانت الزوايا أحدهما ارتفاع والأخر انخفاض.



الشكل رقم (3-7) زاوية ارتفاع والاخرى انخفاض

من الشكل (3-7) أعلاه، يمكننا كتابة

$$v_1 = H \tan\theta \qquad (16)$$

$$v_2 = H \tan\varnothing \qquad (17)$$

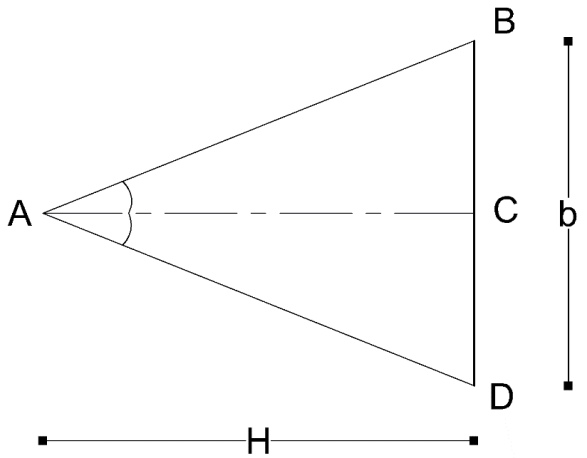
ومنهما يمكننا الحصول على المسافة الافقية

$$H = \frac{v_1 + v_2}{(\tan\theta + \tan\varnothing)} \qquad (18)$$

3-4-3 قضيب الإنفار (القضيب الافقي المقابل Sub tense Bar):

هو عباره عن سلك من الانفار طوله متران داخل أنبوب من الصلب في وسطها مفصلة تسمح بثنيها ليسهل حملها، وفي كل طرف من اطرافه ركبت لوحة تمت معايرتها بدقة عالية بحيث تكون المسافة بين كل لوحة وأخرى مترا واحدا تحت درجة حرارة عيارية معينة.

أساس هذه الطريقة هو قياس زاوية البرلاكس المحصورة بين طرفي القضيب ذي طول معين، موضوع افقيا عند أحد طرفي الخط بجهاز ثيودوليت عند الطرف الاخر.



الشكل رقم (3-8) قضيب الانفار

من الشكل (3-8) أعلاه، يمكننا كتابة

$$H = \cot\frac{\theta}{2} \qquad (19)$$

$$V = H \tan ø \qquad (20)$$

ومنها يمكننا حساب المسافة الافقية والرأسية

- ملحوظة: تقاس الزاوية المقابلة للمستقيم بالثيودوليت.

الباب الرابع

أعمال الحقل Field Works

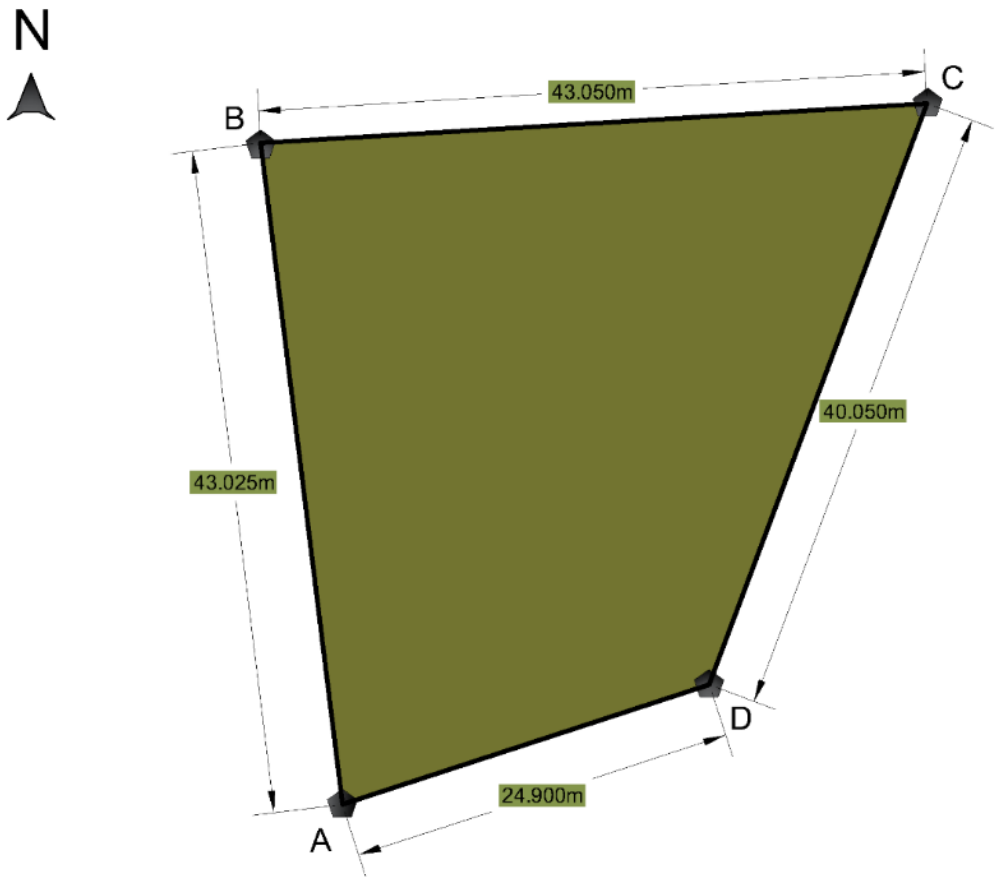
4-1 منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في محلية الخرطوم – منطقة الصحافة زلط، شمال جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا (كلية الهندسة).

4-2 كروكي لمنطقة الدراسة:

قمنا باختيار مضلع من النقط المساحية على المحيط الخارجي لمنطقة الدراسة مع تحقق الرؤية المتبادلة بين نقاطة (كل نقطة ترى التي قبلها والتي بعدها).

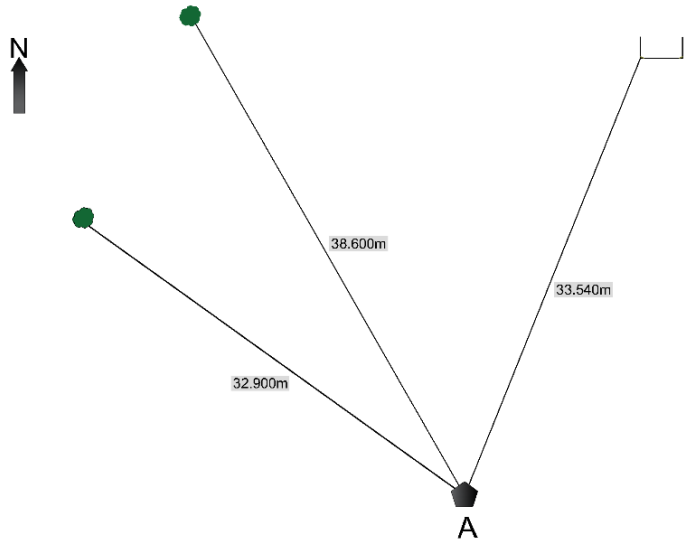
فرضنا النقطة A روبير (نقطة معلومة المنسوب)، وتم منها عمل 6 خطوط ميزانية لحساب منسوب النقاط الثلاثة B, C, D



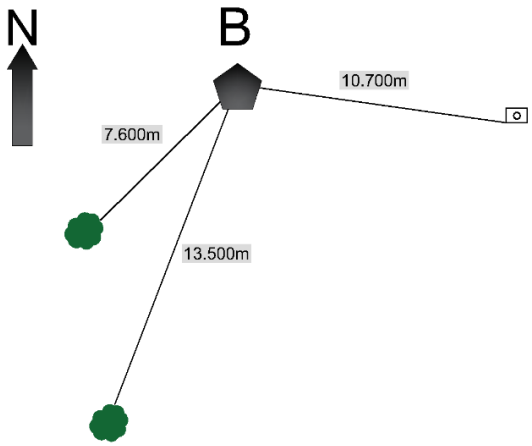
الشكل رقم (4-1) كروكي لمنطقة الدراسة

4-3 وصف النقاط:

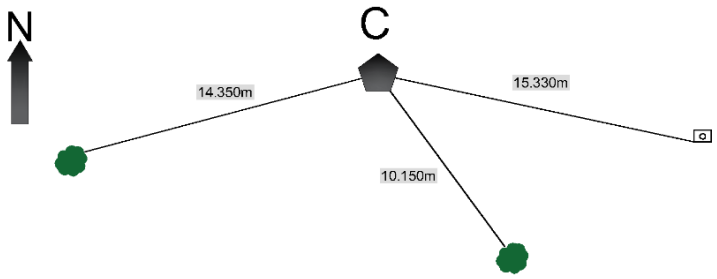
بعد إجراء جولة استكشافية تم رسم كروكي لها، ثم تم ربط كل نقطة بالمعالم (المتوفرة) المجاورة لها، كما في الأشكال التالية:



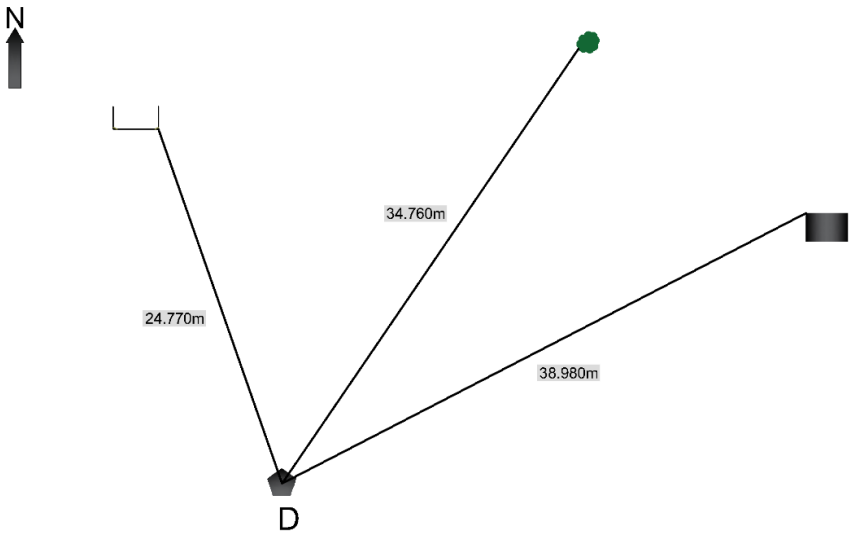
الشكل رقم (4-2) وصف النقطة A



الشكل رقم (4-3) وصف النقطة B



الشكل رقم (4-4) وصف النقطة C



الشكل رقم (4-5) وصف النقطة D

4-4 قياس اطوال خطوط المضلع:

قمنا بقياس اطوال خطوط المضلع $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{BC}$, $\overrightarrow{CD}$, $\overrightarrow{DA}$ ذهابا وإيابا باستخدام الشريط، وتم حساب المتوسط لكل خط كما في الجدول التالي:

جدول رقم (4-1) المسافات المصححة

الخط	المسافة (م)	الخط	المسافة (م)	الخط	المسافة المصححة (م)
AB	43.000	BA	43.050	AB	43.025
BC	43.000	CB	43.100	BC	43.050
CD	40.000	DC	40.100	CD	40.050
DA	24.910	AD	24.890	DA	24.900
AC	51.380	CA	51.400	AC	51.390
BD	54.270	DB	54.290	BD	54.280

4-5 قياس خطوط التحقيق:

وذلك لتكوين مثلثات للتحقق من طول اضلاع المضلع المقاسة.

4-6 ميزانية نقاط الضبط:

أجريت ميزانية متسلسلة لتعين مناسيب نقاط الضبط بواسطة جهاز ميزان عادي، ومن القراءات تم حساب مناسيب النقاط بطريقة الارتفاع والانخفاض.

جدول رقم (4-2) ميزانية نقاط الضبط

النقطة	المؤخرة	المتوسطة	المقدمة	إرتفاع	إنخفاض	منسوب النقطة	المسافات المصححة (م)	ملاحظات
	1.512					300.000		A
1	1.522	-	1.142	0.370		300.370	43.025	B
2	1.048	-	1.559		0.037	300.333	43.050	C
3	1.440	-	1.450		0.402	299.931	40.050	D
		-	1.370	0.070		300.001	24.900	A
Σ	5.522		5.521	0.440	0.439		151.025	

الخطأ المسموح به =

$25\sqrt{K} = 25\sqrt{0.151025} = 9.715$ mm

خطأ القفل:

Last R.L – First R.L = 300.001 – 300 = 0.001 m

التحقيق الحسابي:

$\Sigma B.s - \Sigma F.s = 5.522 - 5.521 = 0.001$ m

4-7 ميزانية خطي الوسط:

أجريت ميزانية متسلسلة لخطى الوسط وتم وضع جهاز الميزان العادي في الوسط واخذت أربعه قراءات، ومنها تم الحصول على مناسيب النقاط بطريقة الارتفاع والانخفاض.

جدول رقم (4-3) ميزانية خط الوسط $\overrightarrow{AC}$

النقطة	المؤخرة	المتوسطة	المقدمة	إرتفاع	إنخفاض	منسوب النقطة	المسافات المصححة (م)	ملاحظات
	1.308					-	51.390	A
2		-	0.964	0.344		-		C

جدول رقم (4-4) ميزانية خط الوسط $\overrightarrow{BD}$

النقطة	المؤخرة	المتوسطة	المقدمة	إرتفاع	إنخفاض	منسوب النقطة	المسافات المصححة (م)	ملاحظات
1	0.910					-	54.280	B
3		-	1.384		0.474	-		D

الباب الخامس

أعمال المكتب Office Work

5-1 فروق الارتفاعات:

تم تكوين جدول فروق الارتفاعات على أساس ميزانية نقاط الضبط الستة، كما هو موضح في الجداول السابقة (4-2)، (4-3)، (4-4).

جدول رقم (5-1) فروق الارتفاع

من	الى	فرق الارتفاع	ملاحظات
BM	1	0.370	ارتفاع
1	2	0.037	انخفاض
2	3	0.402	انخفاض
3	BM	0.070	ارتفاع
BM	2	0.344	ارتفاع
1	3	0.474	انخفاض

نعتبر ان قيمة الروبير BM = 300

- بما انه

$$n = 6,\ m = 3,\ d = n-m = 3$$

من الجدول (5-1) أعلاه، يمكننا كتابة المعادلات

$$x_1 = \mathrm{BM} + 0.370 + v_1$$

$$x_1 - x_2 = 0.037 + v_2$$

$$x_2 - x_3 = 0.402 + v_3$$

$$-x_3 = -\mathrm{BM} + 0.070 + v_4$$

$$x_2 = \mathrm{BM} + 0.344 + v_5$$

$$x_1 - x_3 = 0.474 + v_6$$

ومنها يمكننا تكوين المصفوفات المطلوبة في الخطوات التالية:

1- تكوين مصفوفة معاملات المجاهيل A

$$\mathrm{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

2- تكوين مصفوفة الأرصاد b

$$\mathrm{b} = \begin{bmatrix} 300.370 \\ 0.037 \\ 0.402 \\ -299.930 \\ \mathbf{300.344} \\ 0.474 \end{bmatrix}$$

3- تكوين مصفوفة الوزن W

باستخدام قيم المسافات المصححة كما في الجدول (4-1)، نوجد الاوزان لكل خط على حدي بالمعادلات التالية:

$$\sigma_i = 25\sqrt{\mathrm{K}} \quad (21)$$

$$\mathrm{W}_i = {}^{1}/_{\sigma_i{}^2} \quad (22)$$

جدول رقم (5-2) إيجاد الاوزان

$\mathbf{W}_i$	المسافات المصححة (كلم)	المسافات المصححة (م)	الخط
37	0.043025	43.025	AB
37	0.043050	43.050	BC
40	0.040050	40.050	CD
64	0.024900	24.900	DA
31	0.051390	51.390	AC
29	0.054280	54.280	BD

باعتبار ان الأرصاد غير مرتبطة مع بعضها البعض بالتالي مصفوفة الوزن تكون قطرية.

$$\mathrm{W} = \begin{bmatrix} 37 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 37 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 40 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 64 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 31 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 29 \end{bmatrix}$$

4- إيجاد القيم الأكثر احتمالا للمجاهيل $\hat{x}$

باستخدام المعادلة التالية:

$$\hat{x} = (\mathrm{A^T WA})^{-1}\mathrm{A^T Wb} \qquad (23)$$

$$\hat{x} = \begin{bmatrix} 300.3805 \\ 300.3382 \\ 299.9267 \end{bmatrix}$$

5- إيجاد القيم الأكثر احتمالا للأخطاء المتبقية $\hat{v}$

باستخدام المعادلة التالية:

$$\hat{v} = \mathrm{A}\hat{x} - \mathrm{b} \qquad (24)$$

$$\hat{v} = \begin{bmatrix} 0.0105 \\ 0.0053 \\ 0.0094 \\ 0.0033 \\ -0.0058 \\ -0.0202 \end{bmatrix}$$

6- إيجاد مصفوفة التباين والتغاير للأخطاء المتبقية $C_{\hat{v}}$

يمكن حساب الأخطاء المعيارية $\sigma_{\hat{v}_i}$ بأخذ الجذر التربيعي للتباينات (العناصر القطرية).

باستخدام المعادلة التالية:

$$C_{\hat{v}} = \mathrm{W^{-1}} - \mathrm{A}(\mathrm{A^T WA})^{-1}\mathrm{A^T} \qquad (25)$$

$$C_{v^{\wedge}} = \begin{bmatrix} 0.0137 & -0.0070 & -0.0015 & 0.0048 & -0.0064 & -0.00850 \\ -0.0070 & 0.0129 & 0.0065 & -0.0006 & 0.0071 & -0.0076 \\ -0.0015 & 0.0065 & 0.0122 & -0.0048 & -0.0080 & -0.0063 \\ 0.00480 & -0.0006 & -0.0048 & 0.0054 & 0.0054 & -0.0054 \\ -0.0064 & 0.0071 & -0.0080 & 0.0054 & 0.0188 & -0.0009 \\ -0.0085 & -0.0076 & -0.0063 & -0.0054 & -0.0009 & 0.0206 \end{bmatrix}$$

7- مقايسة الأخطاء المتبقية بقسمتها على اخطائها المعيارية ω_i

وكانت النتائج كما في الجدول التالي:

$$\omega_i = {v_i^{\wedge}}\Big/{\sigma_{v_i^{\wedge}}} \qquad (26)$$

جدول رقم (5-3)

$v^{\wedge}$	$\sigma_{v_i^{\wedge}}$	$v^{\wedge}/\sigma_{v_i^{\wedge}}$
0.0105	$\sqrt{0.0137}$	0.0897
0.0053	$\sqrt{0.0129}$	0.0467
0.0094	$\sqrt{0.0122}$	0.0851
0.0033	$\sqrt{0.0054}$	0.0449
−0.0058	$\sqrt{0.0188}$	**-0.0423**
−0.0202	$\sqrt{0.0206}$	-0.1407

8- إجراء الاختبار الإحصائي

بما ان كل القياسات تتبع للتوزيع الطبيعي فإن الأخطاء المتبقية تتبع للتوزيع الطبيعي.

$$H_0: \omega_i = 0$$

$$H_1: \omega_i \neq 0$$

باختبار الاحتمال 0.95 وهذا الاختبار عباره عن اختبار ذو الحدين، فان القيمة الجدولية تساوي 1.96 بمقارنة هذه القيمة مع قيم ω_i في الجدول.

بالتالي يمكن اعتبار ان ω_i تساوي صفرا بنسبة 95% من الاحتمال، أي يعني لا يوجد خطأ جسيم.

9- إعادة الحسابات عند إضافة 0.5 متر للخط $\underset{AC}{\rightarrow}$ في مصفوفة الأرصاد b

$$b = \begin{bmatrix} 300.370 \\ 0.037 \\ 0.402 \\ -299.930 \\ \mathbf{300.844} \\ 0.474 \end{bmatrix}$$

10- إيجاد القيم الأكثر احتمالا للمجاهيل $\hat{x}$

باستخدام المعادلة رقم (23):

$$\hat{x} = \begin{bmatrix} 300.4791 \\ 300.5467 \\ 300.0109 \end{bmatrix}$$

11- إيجاد القيم الأكثر احتمالا للأخطاء المتبقية $\hat{v}$

باستخدام المعادلة رقم (24):

$$\hat{v} = \begin{bmatrix} 0.1091 \\ -0.1046 \\ 0.1337 \\ -0.0809 \\ -0.2973 \\ -0.0058 \end{bmatrix}$$

12- مقايسة الأخطاء المتبقية بقسمتها على اخطائها المعيارية ω_i

باستخدام المعادلة رقم (26)، وكانت النتائج كما في الجدول التالي:

جدول رقم (5-4)

$v^{\wedge}$	$\sigma_{v_i^{\wedge}}$	$v^{\wedge}/\sigma_{v_i^{\wedge}}$
0.1091	$\sqrt{0.0137}$	0.9321
-0.1046	$\sqrt{0.0129}$	-0.9210
0.1337	$\sqrt{0.0122}$	1.2105
-0.0809	$\sqrt{0.0054}$	-1.1009
-0.2973	$\sqrt{0.0188}$	**-2.1683**
-0.0058	$\sqrt{0.0206}$	-0.0404

13- إجراء الاختبار الإحصائي

باختبار الاحتمال 0.95 وهذا الاختبار عباره عن اختبار ذو الحدين، فان القيمة الجدولية تساوي 1.96 بمقارنة هذه القيمة مع قيم ω_i في الجدول.

من معايرة هذه البيانات وجد ان الخط $\underset{AC}{\rightarrow}$ به خطأ جسيم، لان القيمة المطلقة ل ω_i أكبر من الصفر، وهذا يعني انه إذا كان هنالك خطأ جسيم مقداره نصف متر يمكن اكتشافه.

14- إعادة الحسابات عند إضافة 0.25 متر للخط $\underset{AC}{\rightarrow}$ في مصفوفة الأرصاد b

$$b = \begin{bmatrix} 300.370 \\ 0.037 \\ 0.402 \\ -299.930 \\ \mathbf{300.594} \\ 0.474 \end{bmatrix}$$

15- إيجاد القيم الأكثر احتمالا للمجاهيل $\hat{x}$

باستخدام المعادلة رقم (23):

$$\hat{x} = \begin{bmatrix} 300.4298 \\ 300.4424 \\ 299.9688 \end{bmatrix}$$

16- إيجاد القيم الأكثر احتمالا للأخطاء المتبقية $\hat{v}$

باستخدام المعادلة رقم (24):

$$\hat{v} = \begin{bmatrix} 0.0598 \\ -0.0496 \\ 0.0716 \\ -0.0388 \\ -0.1516 \\ -0.0130 \end{bmatrix}$$

17- مقايسة الأخطاء المتبقية بقسمتها على اخطائها المعيارية ω_i

باستخدام المعادلة رقم (26)، وكانت النتائج كما في الجدول التالي:

جدول رقم (5-5)

$\hat{v}$	$\sigma_{\hat{v_i}}$	$\hat{v}/\sigma_{\hat{v_i}}$
0.0598	$\sqrt{0.0137}$	0.5109
−0.0496	$\sqrt{0.0129}$	-0.4367
0.0716	$\sqrt{0.0122}$	0.6482
−0.0388	$\sqrt{0.0054}$	-0.5280
−0.1516	$\sqrt{0.0188}$	**-1.1057**
−0.0130	$\sqrt{0.0206}$	-0.0906

18- إجراء الاختبار الإحصائي

باختبار الاحتمال 0.95 وهذا الاختبار عباره عن اختبار ذو الحدين، فان القيمة الجدولية تساوي 1.96 بمقارنة هذه القيمة مع قيم ω_i في الجدول (5-5) نلاحظ ان كل القيم أصغر من القيمة الجدولية، بالتالي يمكن اعتبار ان ω_i تساوي صفرا بنسبة 95% من الاحتمال أي لا يوجد خطأ جسيم، وهذا يعني انه إذا كان هنالك خطأ جسيم مقداره 0.25 متر لا يمكن اكتشافه.

الباب السادس

الخلاصة والتوصيات

6-1 الخلاصة:

تم إجراء الميزانية باستخدام جهاز الميزان والشريط وتم الاستعانة ببرنامج MATLAB لإجراء الحسابات، تم اكتشاف الأخطاء الجسيمة للمسافات الرأسية لشبكة تتكون من أربعة نقاط ضبط وتم الوصول إلى الاتي:

- اكتشاف الأخطاء الجسيمة عند إضافة قيمة خطأ الى الخط $\overrightarrow{\mathbf{AC}}$ حتى 0.5 متر، بما يقتضي اكتشاف الأخطاء الجسيمة التي تزيد عن 0.5 متر ايضا.
- لم يتم اكتشاف الأخطاء الجسيمة عند إضافة قيمة خطأ 0.25 متر الى الخط $\overrightarrow{\mathbf{AC}}$ ، ما يعني انه لا يمكن اكتشاف الأخطاء الجسيمة التي تقل عن 0.25 متر أيضا.
- هذه الطريقة تصلح لاكتشاف خطأ جسيم في حدود 0.5 متر او أكثر بينما لا تصلح عندما يكون الخطأ 0.25 متر او أقل.

6-2 التوصيات:

- يمكن تصميم خوارزمية باستخدام برنامج MATLAB لإكتشاف الأخطاء الجسيمة للمسافات الرأسية التي تحتوي على خطأ في حدود 0.5 متر أو أكبر لعدد كبير من النقاط أو شبكات الميزانية.

- يوصى باستخدام جهاز Digital Level للحصول على دقة أفضل.

المراجع

- حسين علي الكرباسي (2015) مبادئ في هندسة المساحة، دار المعز للنشر والتوزيع، عمان – الأردن.

- جمعة محمد داؤود (2012) مبادئ المساحة، مكة المكرمة – المملكة العربية السعودية

- عصمت محمد الحسن (2012) مبادئ علم المساحة، النشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود

- محمد نبيل علي الشكري، المساحة المستوية والطبوغرافية، منشأة المعارف بالإسكندرية

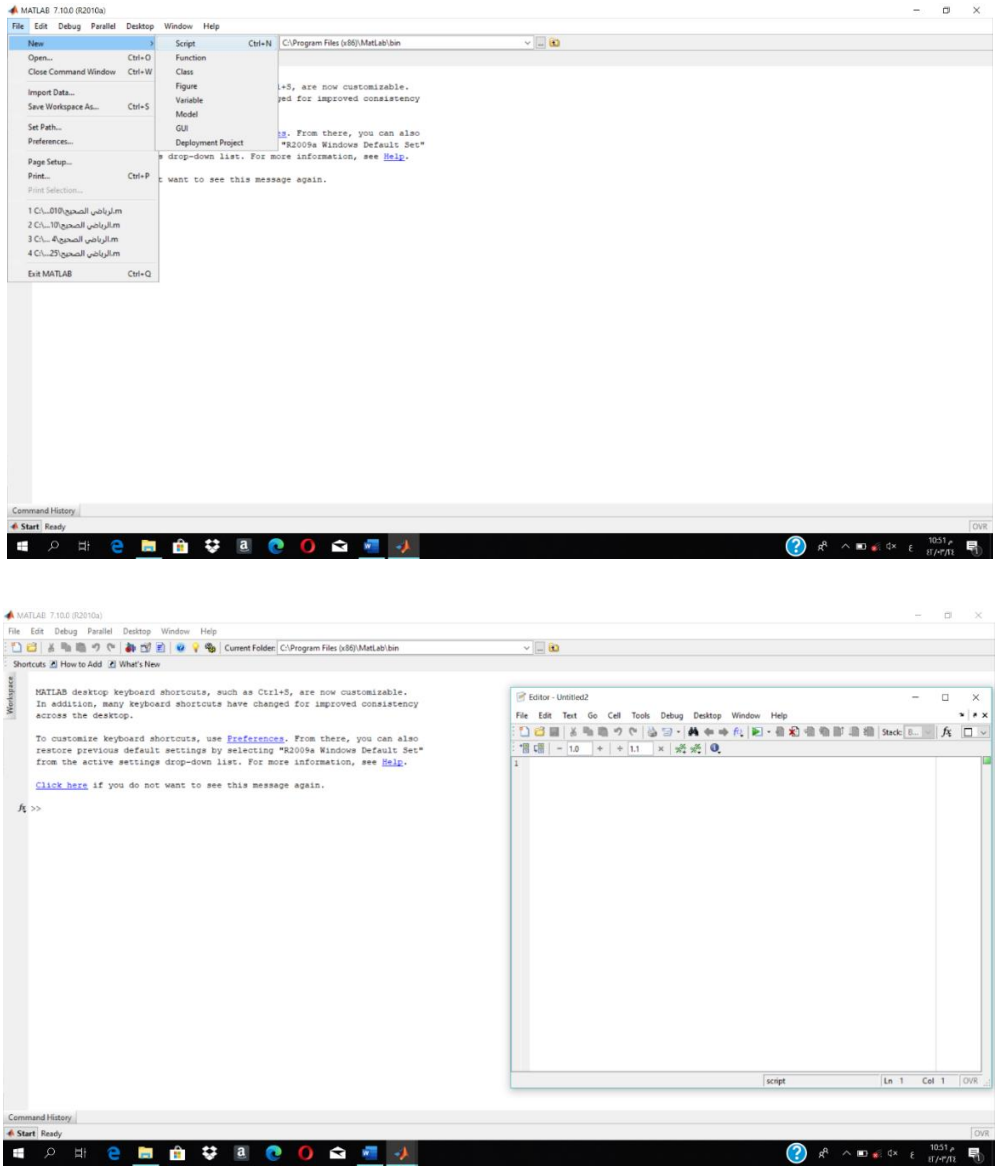
الملحقات

التصميم ببرنامج MATLAB

يتضمن البرنامج عدة عمليات بمراحل وخطوات مختلفة وهي على النحو التالي:

7-1 طريقة العمل في البرنامج

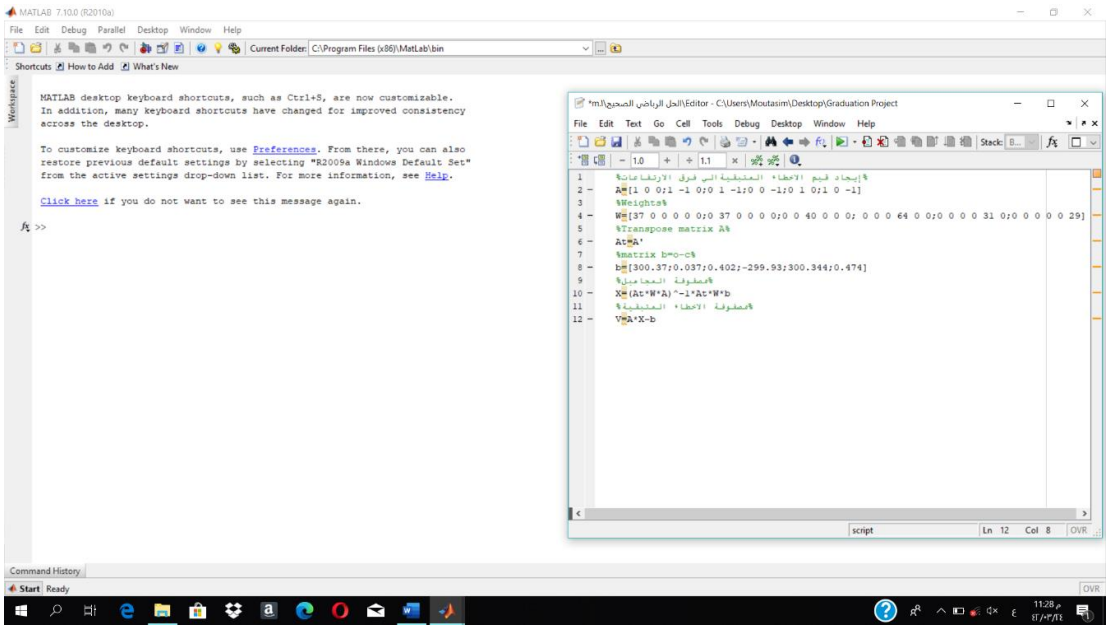
نفتح برنامج MATLAB ثم من نافذة MATLAB Toolbar نضغط Left – Click على New Script ثم نضغط Open أو اضغط Ctrl+N

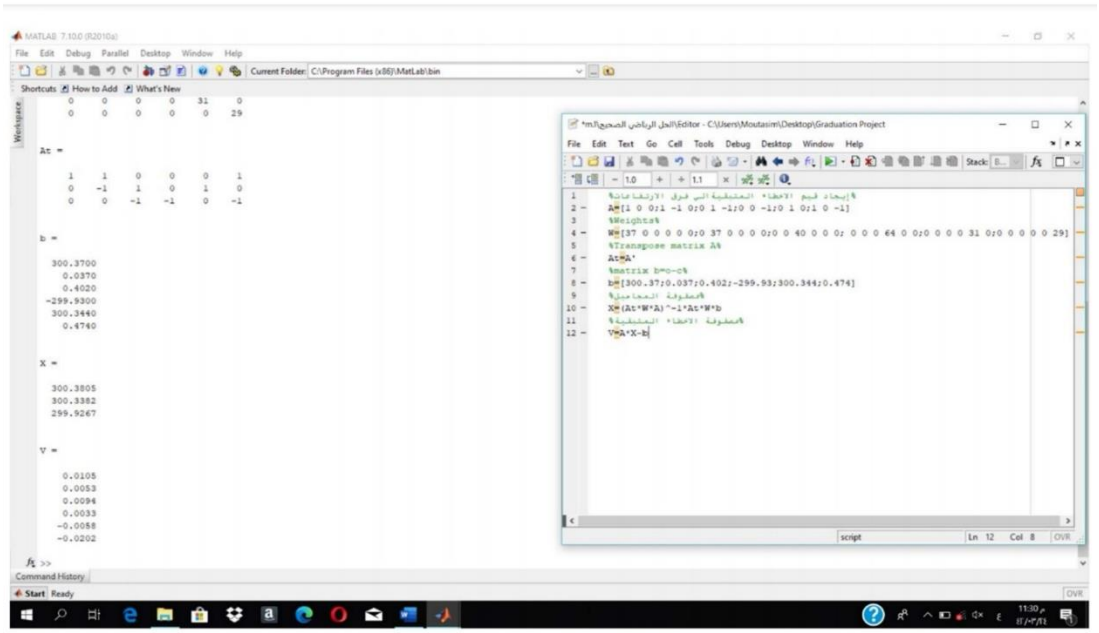


شكل رقم (7-1) واجهة برنامج MATLAB

2-7 ادخال النقاط للبرنامج

المعادلات التي تم كتابتها من الجدول (5-1) نكون منها مصفوفات معاملات المجاهيل A والارصاد b وكتابتها ومصفوفة الوزن من الجدول (5-2) ومعادلتي إيجاد القيم الأكثر احتمالا للمجاهيل x والاخطاء المتبقية v على نافذة Script ثم نقوم بحفظ الملف وتنفيذه

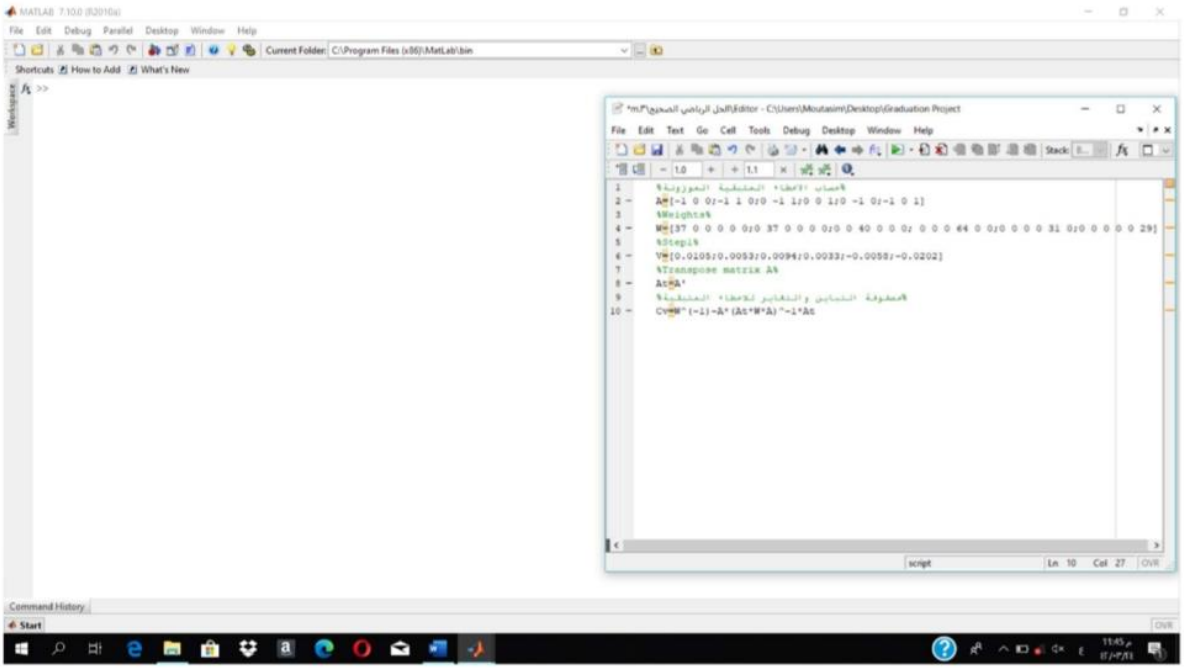


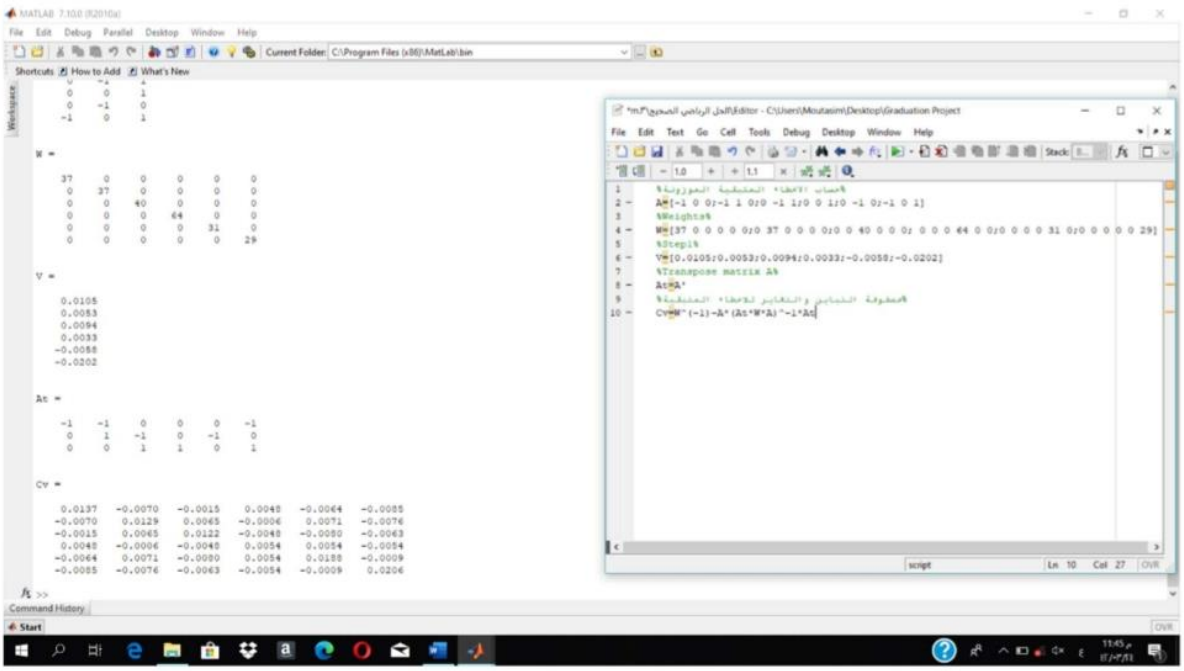


شكل رقم (7-2) تكوين مصفوفتي المجاهيل والاخطاء المتبقية

3-7 حساب مصفوفة التباين والتغاير للأخطاء المتبقية $C_{v^{\wedge}}$

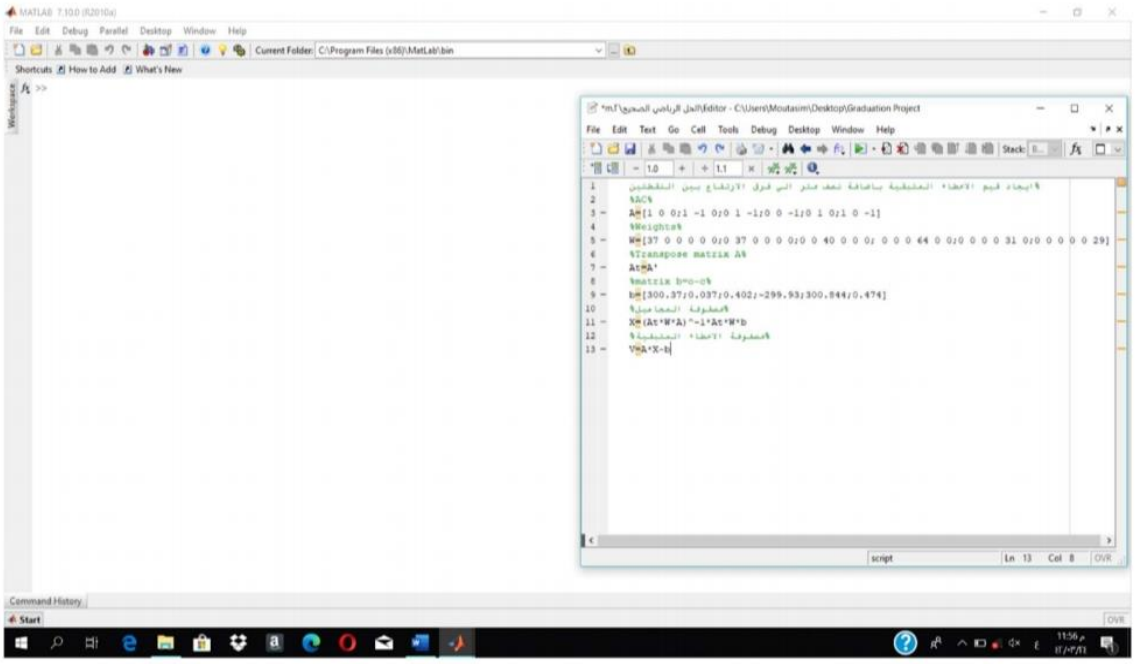
تتكون مصفوفة متماثلة

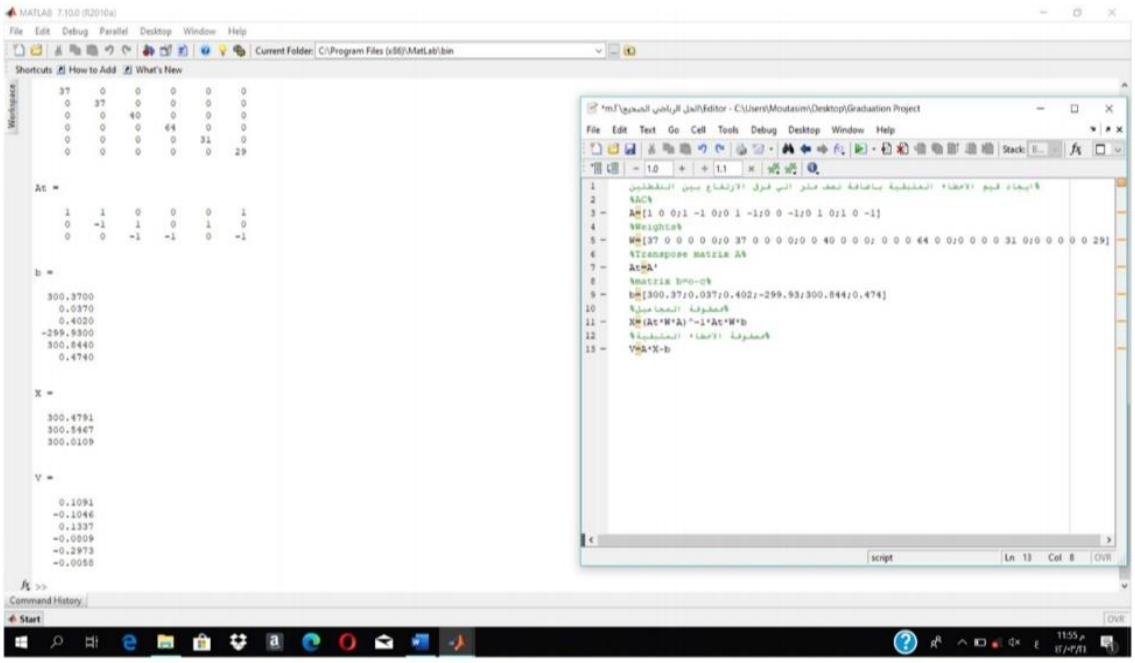




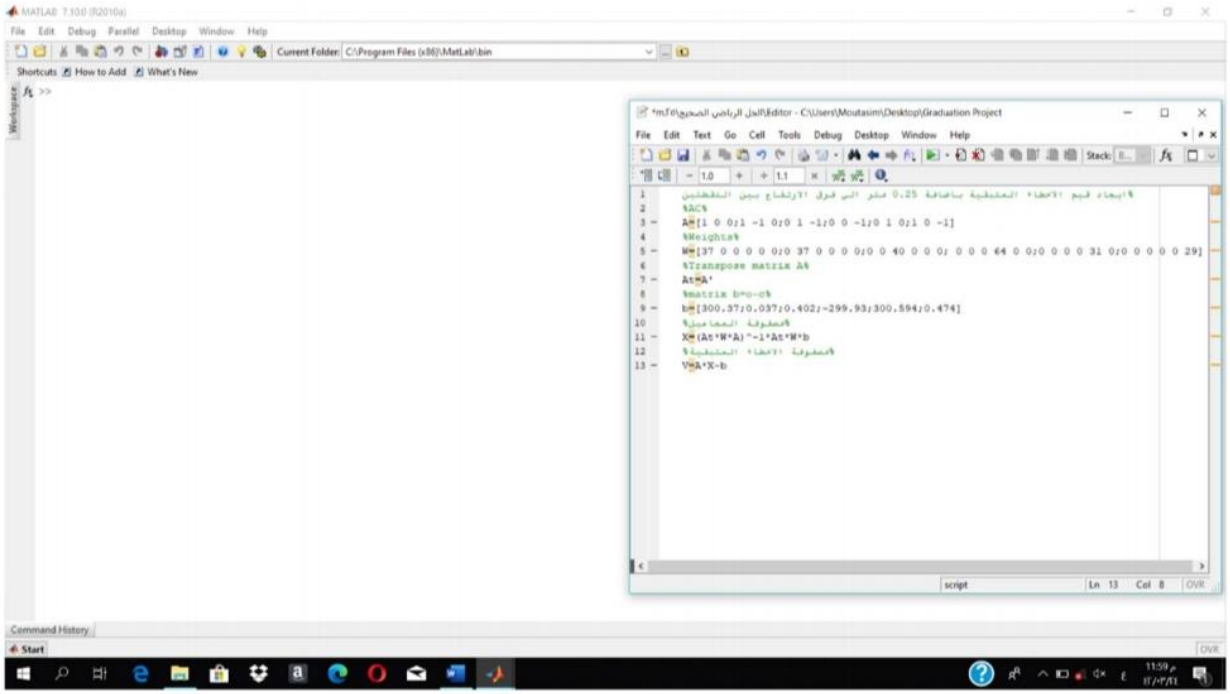
شكل رقم (7-3) تكوين مصفوفة $C_{v^{\wedge}}$

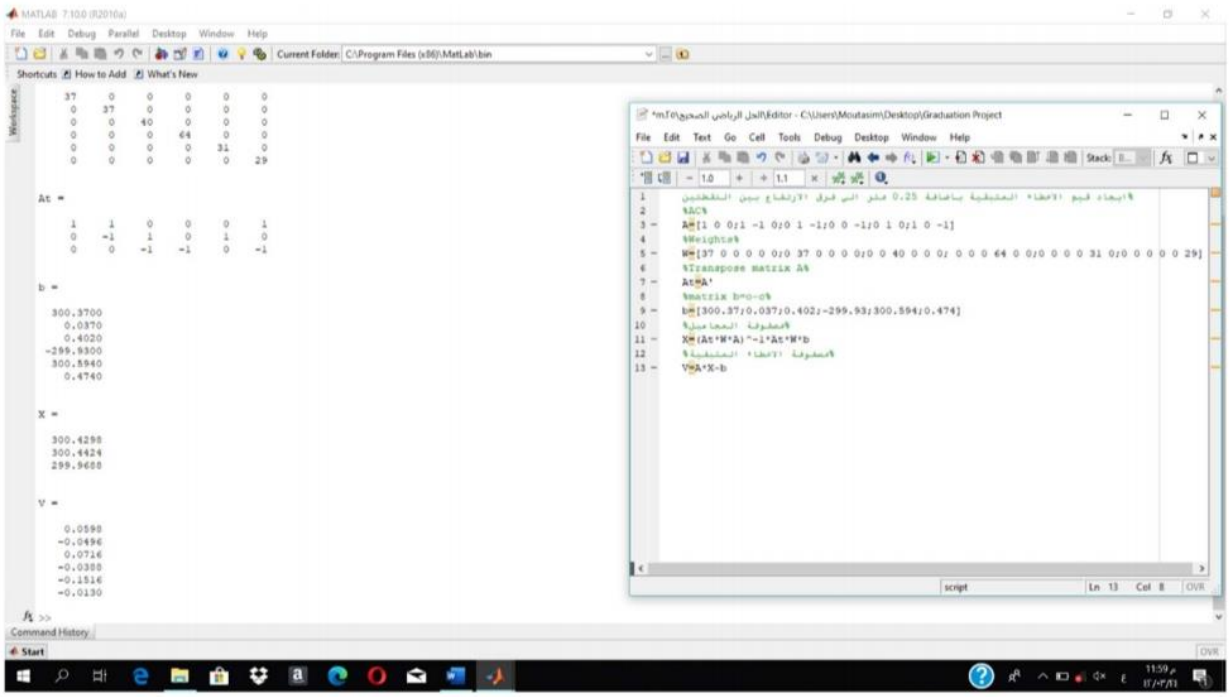
4-7 إعادة الحسابات عند إضافة 0.5 و0.25 متر للخط $\overrightarrow{AC}$ في مصفوفة الأرصاد b





شكل رقم (7-4) تكوين مصفوفتي المجاهيل والاخطاء المتبقية عند إضافة 0.5 متر





شكل رقم (7–5) تكوين مصفوفتي المجاهيل والاخطاء المتبقية عند إضافة 0.25 متر