مجلة الهندسة والتنمية المجلد التاسع/العدد االثاني - حزيران ٢٠٠٥ ISSN 1813-7822

تطوير وفحص طريقة جديدة لتسوية مواقع مشاريع الري

Developing and Testing a New Method of Land Leveling for the Sites of Irrigation Projects

أ.م.د. كريم خلف الجميلي
قسم هندسة البناء والأنشاءات
الجامعة التكنولوجية، بغداد،
العراق

الخلاصة

من المعلوم أن المباشرة في إنشاء أي مشروع هندسي جديد لابد أن يبدأ بأعمال تعديل وتسوية موقع المشروع. وللقيام بحسابات تسوية الموقع هناك عدة طرق مساحية منها ما هي تقليدية وأخرى قد تم تطويرها تباعاً واستخدامها فعلاً في الجانب التطبيقي.

إلا انه ليس هناك من طريقة مبسطة من شأنها أن تلبي الحاجة العملية والاقتصادية والمرونة المنهجية لبعض التطبيقات الهندسية كمشاريع الري المختلفة ومواقع المنشآت الهيدروليكية الكبيرة.

في البحث الحالي تم تطوير طريقة تطبيقية جديدة لتسوية الأراضي بتقنية الخطوات المتعاقبة وتتصف بالبساطة والدقة والخيارات الكلفوية.

تعتمد الطريقة المقترحة على التدرج في عملية التسوية للمواقع المعنية من خلال إجراء عملية القطع (Cut) للمناطق المرتفعة لدفن (Fill) المناطق المنخفضة من خلال تحديد الانحدار العام للموقع كمؤشر جيد لتقليل الجهد المطلوب في تسوية الموقع وصولاً إلى تحقيق سطح مستوٍ تماماً أو أي صيغة أخرى تلبي المتطلبات التصميمية للمستخدم.

لقد تم توضيح الطريقة المقترحة من خلال مثال تطبيقي بعد أن تم برمجتها على الحاسوب. أثبتت الطريقة سهولة تطبيقها وأهمية الخيارات المتاحة من حيث تقليل الجهد والكلفة في استخدام مكائن التسوية وبدون محددات مفروضة.

Abstract

Any new engineering project almost needs for land grading computations and design. Many methods of computation, some are traditional and other has been recently developed, are already in use. However, there is no one simple method which satisfy the special cases that may be experienced, e.g., in irrigation engineering and site preparing of large hydraulic structures, a method that may enable the user to select the most economical stage of grading complying with his own case study.

In this research a new method of gradually step by step land grading procedure has been proposed. The method is very simple, reliable and permits economical choices of solution.

The procedure is based on relaxation technique of gradually grading of the land under work, that is, by cutting benches and filling pans that following the computed general slope of the whole area. By this procedure the land grading shall be graded

gradually towards a horizontal plane of zero slopes in all directions, however, the user may select any suitable stage of grading that satisfy his case of design.

The proposed grading method has been well explained through an explanatory example. The results showed that the method can be easily programmed for computer, provides several economical choices for the user, save efforts and money in using grading machines, and no limitations are needed in using the method.

١. المقدمـــــــة

عموماً فان القيام باي مشروع هندسي سيبدأ بدراسة الموقع والتسوية الترابية اللازمة لاعداد فقرات التصميم اللاحقة للمشروع ، وهذا الجانب يتطلب الى الدقة في اختيار افضل البدائل المتاحة وهي الحالة التي تبرز اكثر من غيرها في تنفيذ مشاريع الري والأستصلاح ومواقع منشآت السيطرة على المياه الصغيرة منها والكبيرة .

تختلف متطلبات تسوية وتعديل المواقع باختلاف طبيعة المشروع أو المنشأ، فمنها ما يحتاج الى تسوية افقية كمدارج المطارات ومنها ما يتطلب الى ارض منحدرة باتجاه واحد او اكثر كما في مشاريع الري والاستصلاح التقليدية او الى ارض متدرجة عند استخدام طرق الري الحديثة كمنظومات الري بالرش والتنقيط في الاراضي المتوجة والوعرة .

ان أولى طرق تصميم وتسوية الاراضي كانت تجري بحسابات المحاولة والخطأ [2] ثم اقترح **Givan** [4] أول طريقة منهجية لتعديل وتسوية الاراضي المستطيلة الشكل وباستخدام اسلوب المربعات الصغرى. واستخدم **Chugg** [1] نفس الاسلوب للاراضي غير المنتظمة الحدود لايجاد افضل انحدار توافقي للسطح. وطور **Raju** [5] طريقة لحساب الانحدارات المناسبة للتسوية بهدف تقليل كميات حركة التربة. واقترح **Harris** [4] طريقة جديدة لايجاد أفضل تجزأة للاراضي متعددة السطوح والانحدارات. وقدم **Shih and Kriz** [8] طريقة تسمح باختيار الانحدارات المنتظمة وغير المنتظمة في الاتجاهين.

وتوالت البحوث في مختلف اتجاهات الموضوع [3,7,9] ومنها ماقدمه الباحثان **Hamad & Ali** [2] من اسلوب جديد يقوم على اساس تمثيل صيغة الدالة المعبرة عن الارض الطبيعية بمستوي تسوية. وفي عمل غير منشور قام الباحث الحالي باقتراح فكرة تطبيق اسلوب الاسترخاء في مجال تسوية الاراضي. وقامت الجشعمي [10] باجراء بعض التحليلات الاحصائية في تطبيق الفكرة المذكورة.

وعلى مدى عدة عقود شاع استخدام بعض الطرق التقليدية المعروفة في اعمال التسوية المساحية منها طريقة تعديل الخطوط الكونتورية وطريقة المقاطع الطولية وطريقة المربعات الصغرى والتي عادة ما تذكر تفاصيلها في اغلب الكتب المنهجية [11,12].

ان الطرق اعلاه غالبا ما تحتاج الى بيانات خاصة وحسابات وجهد مكتبي كبير او يتطلب تطبيقها لتقريبات معينة او انها تعطي نتائج تقريبية في مقادير القطع والدفن وقلما تتيح للمستخدم حرية واسعة للمفاضلة بين البدائل المتاحة لاختيار الانسب منها للحالة التصميمية المطلوبة.

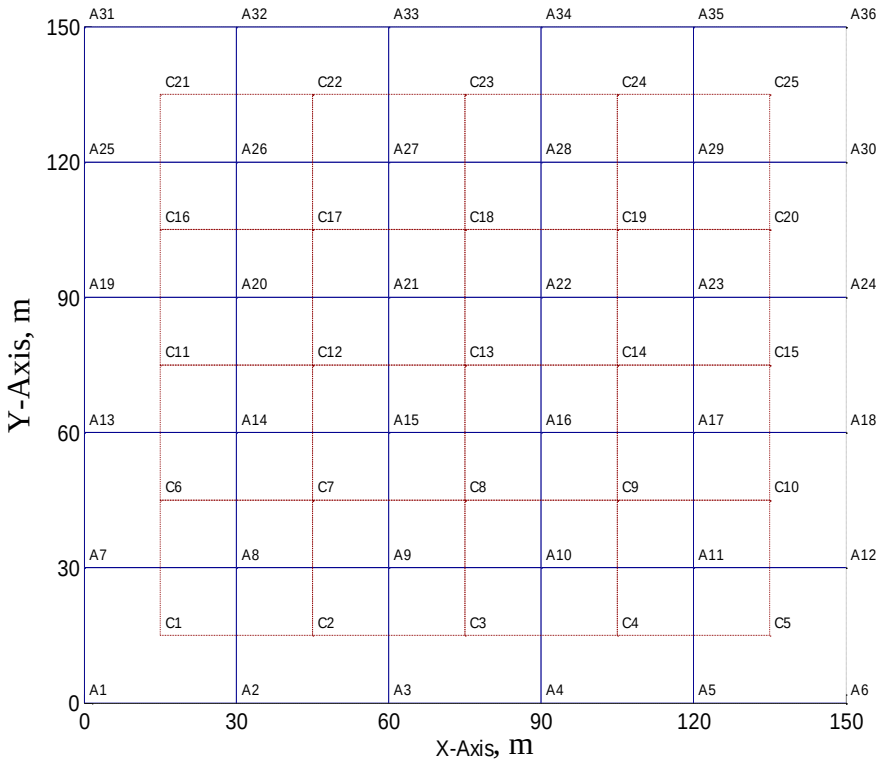
في البحث الحالي تم اقتراح طريقة مبسطة لتسوية الاراضي مناسبة لمشاريع الري ومواقع المنشآت المائية لمعالجة بعض حالات القصور في الطرق الأخرى . تعتمد هذه الطريقة على التسوية التدريجية للفروقات المحددة في مستوى الارض الطبيعية مما تتيح امكانية اجراء نقل اقل كميات للتربة وتوفير الجهد في استخدام مكائن التسوية ويمكن لمستخدم هذه الطريقة استعراض واختيار افضل البدائل التي تلبي الحالة التصميمية لموقع المشروع. كما ان الطريقة مناسبة تماما لبرمجتها على الحاسوب واستعراض النتائج بشكل مريح.

٢. الطريقة المقترحة لتسوية وتعديل الأراضي

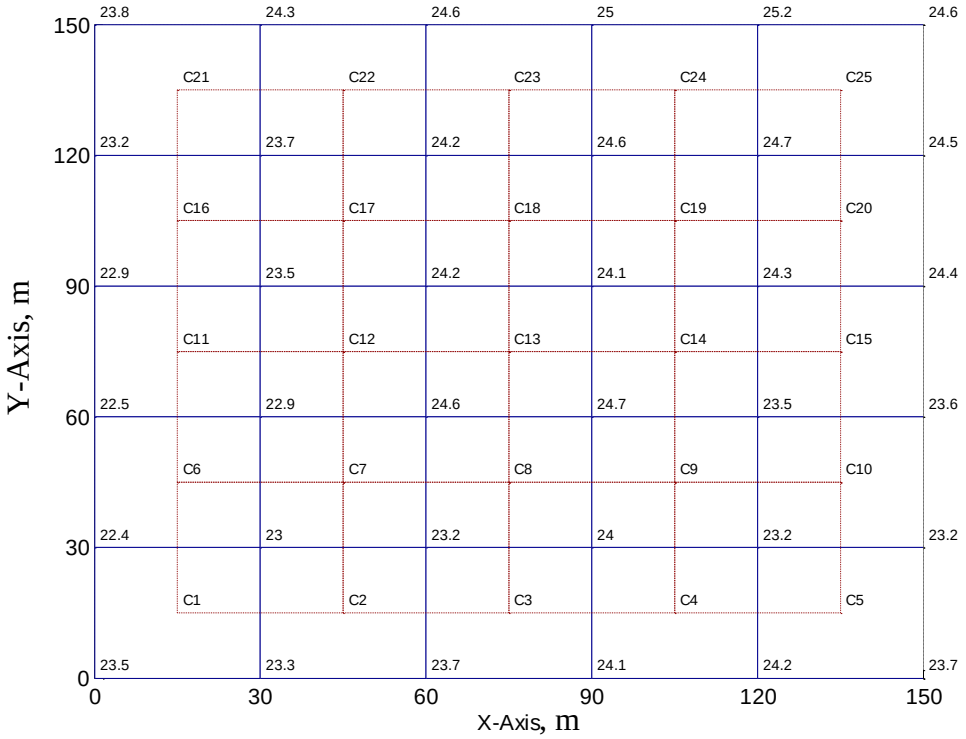
إن المبدأ الأساسي للطريقة المقترحة يقع ضمن فكرة أسلوب الفروقات المحددة **(Finite Difference)** وتتابع الحل التدريجي بإستخدام المعدل الحسابي **(Arithmetic Mean)** لمستويات أركان الشرائح التي تتكون منها مساحة الأرض والتي يعدها المستخدم حسب الدقة والسرعة المطلوبة للحسابات.

هذا ويمكن توضيح تسلسل خطوات الطريقة المقترحة كالآتي:

١. تحديد ارض الموقع وبأي شكل كانت علماً أن شكل وحدود الأرض لاتُشكل محدداً للطريقة المقترحة كما تتطلب بعض الطرق السائدة، **والشكل (١)** يبين قطعة أرض منتظمة الحدود قد تم تقسيمها إلى مربعات منتظمة يحدد أبعادها مُستخدم الطريقة حسب وعورة الأرض وطبيعة توزيع الوعورة، علماً أن المواقع التي لم تكن منتظمة لم تشكل عائقاً طالما أن أي شكل هندسي مناسب يمكن تطبيقه لمعالجة عدم انتظامية الأرض. هذا وقد تم إعطاء الرمز **(A_i)** لأركان هذه التقسيمات وسميت هنا بالشبكة الخارجية حيث أن **(i)** من (١) إلى **(N_{outer})** ثم يجري تشكيل شبكة داخلية ويرمز لتقاطعاتها بالرمز **(C_j)** حيث أن **(j)** هنا من (١) إلى **(N_{inner})**.



٢. في الشكـ ة بالحرف
(A_i) و



٣. للمناسيب وهي غالباً أربعة أركان في الارض المنتظمه وقد يكون بعضها بثلاثه اركان في حاله ان الارض غير منتظمه وهذه المعدلات الحسابية تمثل قيم المناسيب **(C_j)** لأركان الشبكة الداخلية وبتعبير حسابي فان:

$$(C_1)_1 = \frac{(A_1)_1 + (A_2)_1 + (A_7)_1 + (A_8)_1}{4} \quad \text{..... (1)}$$

$$(C_2)_1 = \frac{(A_2)_1 + (A_3)_1 + (A_8)_1 + (A_9)_1}{4} \quad \text{..... (2)}$$

وهكذا ...

$$(C_{25})_1 = \frac{(A_{29})_1 + (A_{30})_1 + (A_{35})_1 + (A_{36})_1}{4} \quad \text{..... (3)}$$

حيث يرمز الرقم (١) تحت كل قوس إلى رقم المحاولة.

٤. تحسب مستويات جديدة لأركان الشبكة الخارجية **$(A_i)_2$** وذلك من المعدلات الحسابية لأركان الشبكة الداخلية المحسوبة في الخطوات السابقة، ومما يذكر هنا فان هناك نوعين من التقاطعات الأولى هي التقاطعات الوسطية أو الداخلية المحاطة بأربعة أركان من الشبكة الداخلية والمؤشرة من **A_8** إلى **A_{29}** فمثلا للركن الوسطي **A_8** فان القيمة الجديدة لمستوي الأرض كنتيجةٍ للخطوة الأولى من التسوية هي:

$$(A_8)_2 = \frac{(C_1)_1 + (C_2)_1 + (C_6)_1 + (C_7)_1}{4} \quad \text{..... (4)}$$

حيث يرمز الرقم (٢)في $(A_8)_2$ إلى القيمة المعدلة الثانية لـ A_8.

أما النوع الثاني من تقاطعات الشبكة الخارجية فهي التي تقع على حدود قطعة الأرض بضمنها الأركان الأربعة **A_1** و **A_6** و**A_{31}** و**A_{36}** والتي يحسب معدل مستوياتها في الخطوة الحالية للتسوية كما يلي:

فمثلا الركن $\mathbf{A_1}$:

$$(A_1)_2 = \frac{(A_1)_1 + (A_2)_1 + (A_7)_1 + (C_1)_1}{4} \quad \text{.....(5)}$$

وللأركان الحدودية الأخرى ... مثلا الركن $\mathbf{A_7}$:

$$(A_7)_2 = \frac{(A_7)_1 + (C_1)_1 + (C_6)_1}{3} \quad \text{.....(6)}$$

وبعد حساب معدلات مستويات جميع الأركان الحدودية تكون الخطوة الأولى من التسوية قد أكملت وهكذا تعاد الخطوات السابقة لإيجاد معدلات مستويات جديدة لنقاط التقاطع للشبكتين الخارجية والداخلية حيث ستنتهي عملية التسوية لو استمرت إلى ارض مستوية أو يتم الاكتفاء بأي مرحلة مناسبة قبل ذلك.

هذا ومن الضروري حساب بعض العناصر المتغيرة الأخرى قبل البدء بأي خطوة تسوية من الخطوات اعلاه وذلك لغرض استخدامها في إيجاد مقادير القطع والدفن ومعدل المستوى العام ومعدل الانحدار العام للأرض والذي يمكن الاستفادة منه في توجيه المكائن الحقلية المستخدمة في التسوية بما يوفر في الجهد و كلفة العمل. ومن هذه العناصر الضرورية مايلي:

٢-١ معـدل المســتوي العـــام لـلأرض

يمكن ببساطة إيجاد المعدل العام لمستوي الأرض الطبيعية ($\overline{A}$) قبل البدء بالخطوة الأولى للتسوية وكذلك قبل كل خطوة تسوية لاحقة وذلك بجمع مستويات الأرض للأركان والتقاطعات للشبكة الخارجية أي قيم $\mathbf{(A_i)}$ وقسمة المجموع على عدد هذه الأركان والتقاطعات $\mathbf{(N_{outer})}$ وبالصيغة التالية:

$$\overline{A} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{outer}} A_i}{N_{outer}} \quad \text{.....(7)}$$

حيث أن:

$\overline{A}$ = معدل المستوى العام للموقع قبل إجراء أي مرحلة جديدة من مراحل التسوية.

A_i = مستوى الأرض لأركان وتقاطعات الشبكة الخارجية للمرحلة السابقة.

N_{outer} = عدد الأركان والتقاطعات في الشبكة الخارجية.

وعلى أساس معدل المستوى العام للأرض الطبيعية يمكن حساب كميات القطع والدفن قبل كل خطوة تسوية ايضاً وكما موضح لاحقاً.

٢-٢ حســاب كميــات القطــع والدفــن وايجــاد مواقــع مركــزي تأثيرهمـــا

لأي مرحلة من مراحل التسوية وقبل البدء بخطوة التسوية اللاحقة يمكن وببساطة حساب كميات القطع والدفن للحالة المطلوب تحقيقها في تصميم الموقع للمشروع المعني ولغرض التوضيح يفترض أن الموقع سينتهي لأرض أفقية في آخر مرحلة للتسوية وعلى هذا الأساس يمكن حساب ما يلي:

١- كميـــات القطـــع

$$\text{Vol. of Cut} = \sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[\left(\overline{C}_j^{Cut} - \overline{A} \right) \times \left(\text{Area} \right)_j^{Cut} \right] \quad \text{.....(8)}$$

٢- كميـــات الدفـــن

$$\text{Vol. of Fill} = \sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[\left(\overline{A} - \overline{C}_j^{Fill} \right) \times (\text{Area})_j^{Fill} \right] \quad \text{..... (9)}$$

حيث أن:

$\overline{C}_j^{Cut}$ = معدل مستوى الأرض للمربع أو التقسيم (j) الخاضع للقطع

$\overline{C}_j^{Fillt}$ = معدل مستوى الأرض للمربع أو التقسيم (j) الخاضع للدفن

$\overline{A}$ = المعدل العام لمستوي الأرض محسوبا من المعادلة (7).

$(\text{Area})_j^{Cut}$ = مساحة كل مربع أو تقسيم ضمن الشبكة الخارجية خاضع للقطع.

$(\text{Area})_j^{Fill}$ = مساحة كل مربع أو تقسيم ضمن الشبكة الخارجية خاضع للدفن.

علماً أن تقسيم الشبكة إلى مربعات متشابهة ومتساوية من شأنها تسهيل الحسابات وخاصة في المواقع المنتظمة الشكل إلا أن تقسيم الأرض إلى أقسام غير متشابهة أو غير متساوية قد تكون ضرورية في المواقع غير المنتظمة ومع ذلك فهي لا تتعارض مع الخطوات الحسابية للطريقة المقترحة.

ومما يذكر هنا فان كميات القطع يجب أن تساوي كميات الدفن في الجانب النظري على الأقل أي أن كمية القطع المحسوبة من المعادلة (8) تساوي كمية الدفن من المعادلة (9) وذلك عندما يكون معدل مستوى الأرض $\overline{A}$ محسوبا من واقع حال الأرض الطبيعية، أما في حالة نقل أو تجهيز كميات من التراب من أو إلى الموقع حسب متطلبات تصميم المشروع عندها ستكون كميات القطع لا تساوي كميات الدفن، ونفس الشيء يحصل وبشكل نسبي لو أن الأرض الطبيعية كانت شديدة الوعورة ويتم تغطيتها بشبكة ذات مربعات أو تقاسيم لا تكفي لتوضيح تفاصيل الوعورة، هذا بالإضافة إلى فروقات رص التربة المستخدمة في مناطق الدفن.

٢-٣ حساب وتحديد اتجاه الانحدار العام لأرض الموقع

تأتي أهمية حسابات الانحدار العام للأرض قبل أي مرحلة من مراحل التسوية من طبيعة المشروع المراد تنفيذه في الموقع وتختلف الحاجة في حسابه باختلاف نوع المشروع وان تسوية الموقع لا تعني بالضرورة الوصول إلى المستوى الأفقي بل غالبا ما تتطلب طبيعة المشروع تسوية الموقع بانحدار محدد وبإتجاه واحدٍ كما في قنوات الري والطرق أو بإتجاهين كما هو الحال في المشاريع الزراعية. والأهمية الأخرى للانحدار العام في الطريقة المقترحة تقع في الجانب الاقتصادي لأعمال التسوية حيث أن إتجاه الإنحدار العام للموقع يعطي مؤشر للإتجاه الذي يجب أن تجري بموجبه عمليات القطع و الدفن و بالتالي سيوفر الجهد ومن ثم تكاليف استخدام مكائن التسوية.

هذا ويمكن حساب إحداثيات خط الانحدار وموقعه واتجاهه من خلال حساب كميات القطع والدفن وإحداثيات مركز ثقل كل منهما نسبةً لإحداثيات الحقل **(X)** و **(Y)** وكما يلي:

لقد كان من السهولة حساب كميات القطع والدفن والتي عادة لم تكن موزعة بشكل منتظم ضمن مساحة الموقع خاصة في المواقع الوعرة، إلا انه ليس من السهولة التعبير عن تأثير وعورة الأرض وتحديد اتجاه الانحدار العام للأرض في كل مرحلة من مراحل التسوية. في البحث الحالي تم معالجة المتطلبات المذكورة من خلال اقتراح فكرة اخذ العزوم لكل حجوم مناطق القطع وكذلك الدفن وإيجاد إحداثيات مركز ثقل كلاً منها $(\overline{X}_c, \overline{Y}_c)_{Cut}$ و $(\overline{X}_F, \overline{Y}_F)_{Fill}$ وعند التوصيل بين هذين المركزين بخط مستقيم سيتحدد اتجاه الميل العام للموقع بهذا الخط.

ولإيجاد مركز ثقل كميات القطع تؤخذ عزوم جميع حجوم تقسيمات الأرض التي معدلات مستوى الأرض فيها اكبر من المعدل العام لمستوى الموقع $\overline{A}$ وذلك حول المحورين **(X)** و**(Y)** وكما يلي:

$$\overline{X}_c = \frac{\sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[\left(\overline{C}_j^{Cut} - \overline{A} \right) (\text{Area})_j^{Cut} \times (X_c)_j \right] = \text{Moment of cut around Y} - \text{axis}}{\sum_{j=1}^{NI} \left[(\text{Area})_j^{Cut} \times \left(\overline{C}_j^{Cut} - \overline{A} \right) \right] = \text{Total vol. of cut}} \quad \text{..... (10)}$$

$$\overline{Y}_c = \frac{\sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[\left(\overline{C}_j^{Cut} - \overline{A} \right) (Area)_j^{Cut} \times (Y_c)_j \right] = \text{Moment of cut around X-axis}}{\sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[(Area)_j^{Cut} \times \left(\overline{C}_j^{Cut} - \overline{A} \right) \right] = \text{Total vol. of cut}} \quad \text{..... (11)}$$

حيث أن:

$\overline{X}_c$ = بعد مركز حجم كميات القطع عن المحور (X).

$\overline{C}_j^{Cut}$ = معدل مستوى الأرض للمربع أو التقسيم (j) الخاضع للقطع.

$\overline{A}$ = معدل مستوى الأرض للموقع بأكمله.

$(Area)_j^{Cut}$ = مساحة المربع أو التقسيم (j) الخاضع للقطع.

$(X_c)_j$ = مسافة مركز المربع أو التقسيم (j) الخاضع للقطع عن المحور (X).

$\overline{Y}_c$ = بعد مركز حجم كميات القطع عن المحور (Y).

$(Y_c)_j$ = مسافة مركز المربع أو التقسيم (j) الخاضع للقطع عن المحور (Y).

ولإيجاد مركز حجم كميات الدفن فيمكن وبنفس الطريقة اخذ عزوم جميع مربعات أو تقسيمات الأرض التي معدل مستوياتها اقل من المعدل العام لمستوى الموقع $\overline{A}$ وذلك حول المحورين **(X)** و **(Y)** وكما يلي:

$$\overline{X}_F = \frac{\sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[\left(\overline{A} - \overline{C}_j^{Fill} \right) (Area)_j^{Fill} \cdot (X_F)_j \right] = \text{Moment of fill around Y-axis}}{\sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[(Area)_j \times \left(\overline{A} - \overline{C}_j^{Fill} \right) \right] = \text{Total vol. of fill}} \quad \text{..... (12)}$$

$$\overline{Y}_F = \frac{\sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[\left(\overline{A} - \overline{C}_j^{Fill} \right) (Area)_j^{Fill} \cdot (Y_F)_j \right] = \text{Moment of fill around X-axis}}{\sum_{j=1}^{N_{inner}} \left[(Area)_j \times \left(\overline{A} - \overline{C}_j^{Fill} \right) \right] = \text{Total vol. of fill}} \quad \text{..... (13)}$$

وفيها:

$\overline{X}_F$ = بعد مركز حجم كميات الدفن عن المحور (X).

$\overline{C}_j^{Fill}$ = معدل مستوى الأرض للمربع أو التقسيم (j) الخاضع للدفن.

$(Area)_j^{Fill}$ = مساحة المربع أو التقسيم (j) الخاضع للدفن.

$\overline{Y}_F$ = بعد مركز حجم كميات الدفن عن المحور (Y).

$\left(\overline{X}_F\right)_i$ = مسافة مركز المربع أو التقسيم (j) الخاضع للدفن عن المحور (X).

$\left(\overline{Y}_F\right)_i$ = مسافة مركز المربع أو التقسيم (j) الخاضع للدفن عن المحور (Y).

أما الفرق بين معدل مستوى القطع والدفن (z) فيمكن حسابه من العلاقة التالية:

$$Z = \text{Elevation of the point } (\overline{X}_c, \overline{Y}_c) - \text{Elevation of the point } (\overline{X}_F, \overline{Y}_F) \quad \text{..... (14)}$$

والمسافة بين مركزي ثقل القطع والدفن **(D)**

$$D = \sqrt{(\overline{X}_c - \overline{X}_F)^2 + (\overline{Y}_c - \overline{Y}_F)^2} \quad \text{..... (15)}$$

ومقدار الانحدار العام **(S)** قبل البدء بخطوة تسوية أخرى هو:

$$S = \frac{Z}{D} \quad \text{..... (16)}$$

مثـــال توضيحـــي

لغرض توضيح الجانب التطبيقي للطريقة المقترحة في مجال تعديل وتسوية الأراضي تم اختيار موقع لمشروع زراعي يراد إرواءه بمنظومة ري بالتنقيط مساحته (١٥٠×١٥٠) متر، وقد توفرت مستويات الأرض الطبيعية لـ (٥٠) نقطة موزعة بشكل عشوائي على الموقع ومقاسة عن مستوى منسوب افتراضي ليكن المنسوب (صفر). فلو علم أن منظومة الري بالتنقيط مصممة بحيث لا يزيد انحدار الأرض بعد التعديل عن ٠.٥% في أي إتجاه من الموقع. المطلوب إيجاد أفضل اتجاه للانحدار المطلوب والذي يمكن تحقيقه بأقل جهد حقلي وكذلك حساب كميات القطع والدفن المطلوبة لتحقيق ذلك.

خطـــوات التســـوية

لقد تم اختيار المثال الحالي بصيغته البسيطة أعلاه بهدف جعل خطوات التسوية اكثر وضوحاً مع أن الطريقة المقترحة يمكن ان تتماشى مع حالات اكثر تعقيداً. هذا وسيتم مناقشة النتائج من خلال شرح الخطوات التالية:

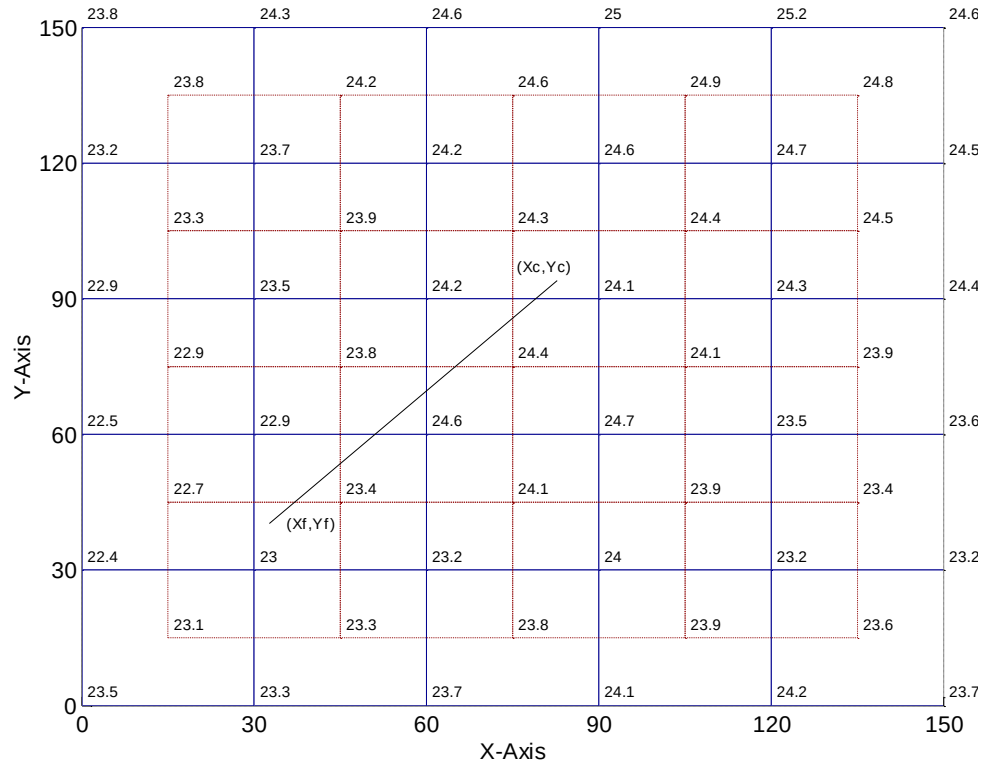
١. لغرض ضغط كمية الحسابات والنتائج تم تقسيم الموقع إلى (٥×٥=٢٥) مربعاً منتظماً بأبعاد (٢٥×٣٠=٦٢٥) متر^2 لكل مربع وهي التي سبق وسميت بالشبكة الخارجية بالتقاطعات من نوع **(A_i)**، والشبكة الداخلية بالتقاطعات من نوع **(C_j)** وكما مبينة في **الشكل (١)**.

٢. من مجموع نقاط مستوى الأرض الطبيعية البالغة (٥٠) نقطة موزعة عشوائياً يمكن وباستخدام طريقة التناسب توليف مستوى الأرض الطبيعة في تقاطعات الشبكة المقترحة **(A_i)**(٣٦ تقاطع) وكما مثبتة في **الشكل (٢)** الذي يبين أيضاً رسم الشبكة الداخلية بالخطوط المتقطعة والتي يرمز لنقاط التقاطع فيها (C_j).

٣. قبل إجراء المحاولة الأولى للتسوية لابد من إيجاد ما يلي للأرض الطبيعية للموقع:

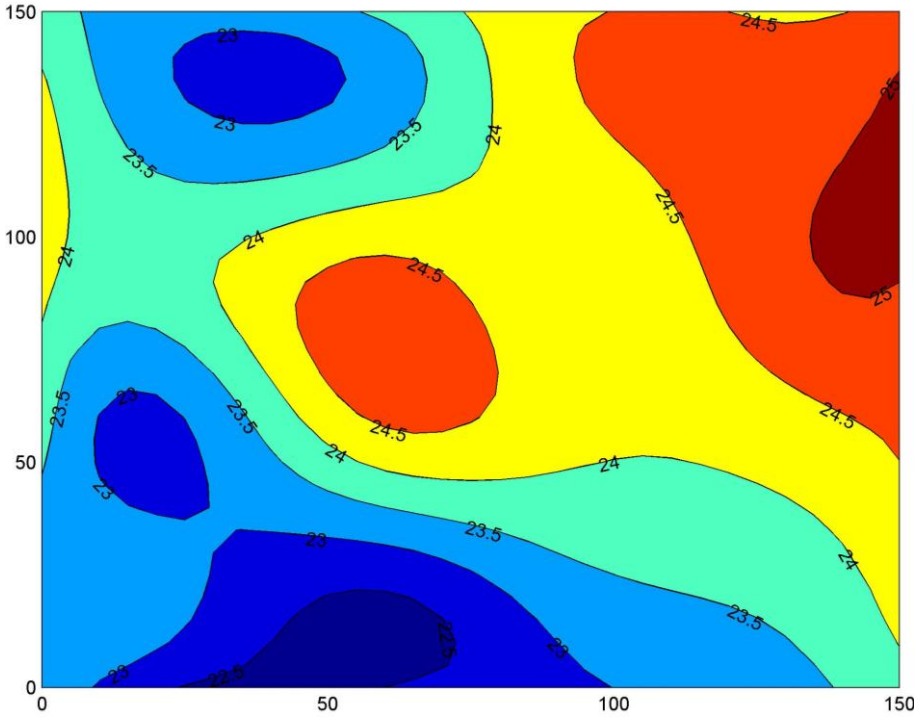
أ- حساب معدل المستوى الأفقي للأرض الطبيعية $(\overline{A})$ وذلك باستخدام المعادلة (7)، حيث سيستخدم هذا المعدل في إجراءات لاحقة. وقد كانت قيمته للمرحلة الحالية (٢٣.٨٦٦) متر مقاساً عن المنسوب الافتراضي (صفر).

ب- حساب معدل واتجاه الانحدار العام للأرض الطبيعية للموقع وكما مبين في **الشكل (٣)** وذلك باستخدام المعادلات (10) و(11) و(12) و(13) و(14) و(15) و(16). هذا وكانت قيمة معدل الانحدار**(S)** لهذه المرحلة هي (١.٧٨٦%) وبالاتجاه المبين بالخط (X_c,Y_c)-(X_F,Y_F) الذي يظهر في **الشكل (٣)**،ويتكرر في الأشكال اللاحقة لمراحل التسوية المتعاقبة.

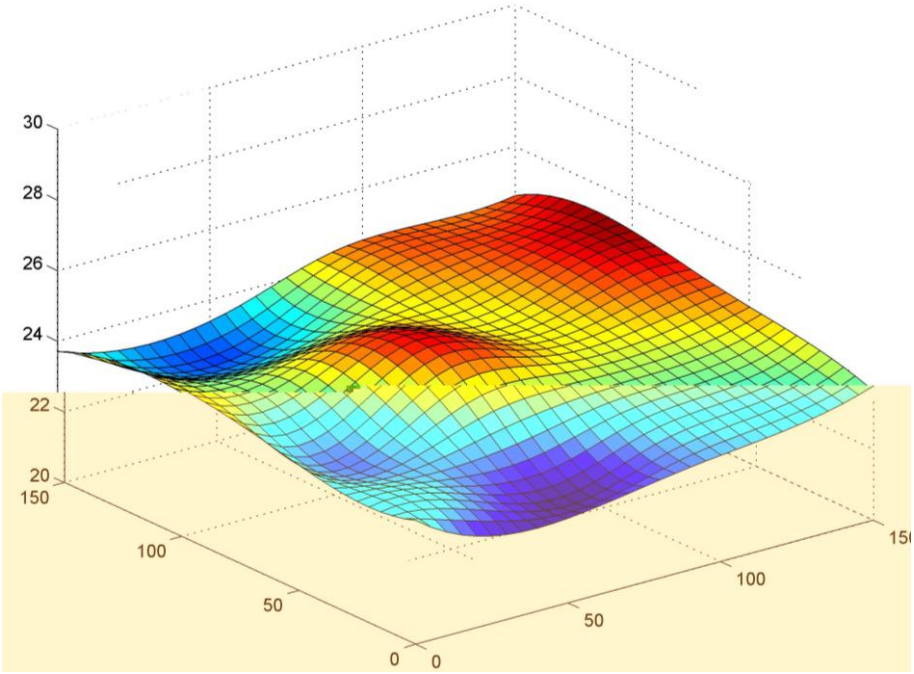


شكل رقم (٣) حساب مستويات تقاطعات الشبكة الداخلية **(C_i)** وإيجاد قيمة واتجاه الإنحدار العام قبل إجراء المحاولة الأولى
من التسوية (للأرض الطبيعية)

ج- يمكن من خلال برمجة الطريقة على الحاسوب رسم مخطط كونتوري وآخر يبين سطح مجسم للأرض لكل مرحلة من مراحل التسوية. وكما مبين نماذج منها في **الأشكال (٤) و (٥)** للأرض الطبيعية قبل المباشرة بالمحاولة الأولى للتسوية.



شكل رقم (٤) الخارطة الكونتورية للموقع



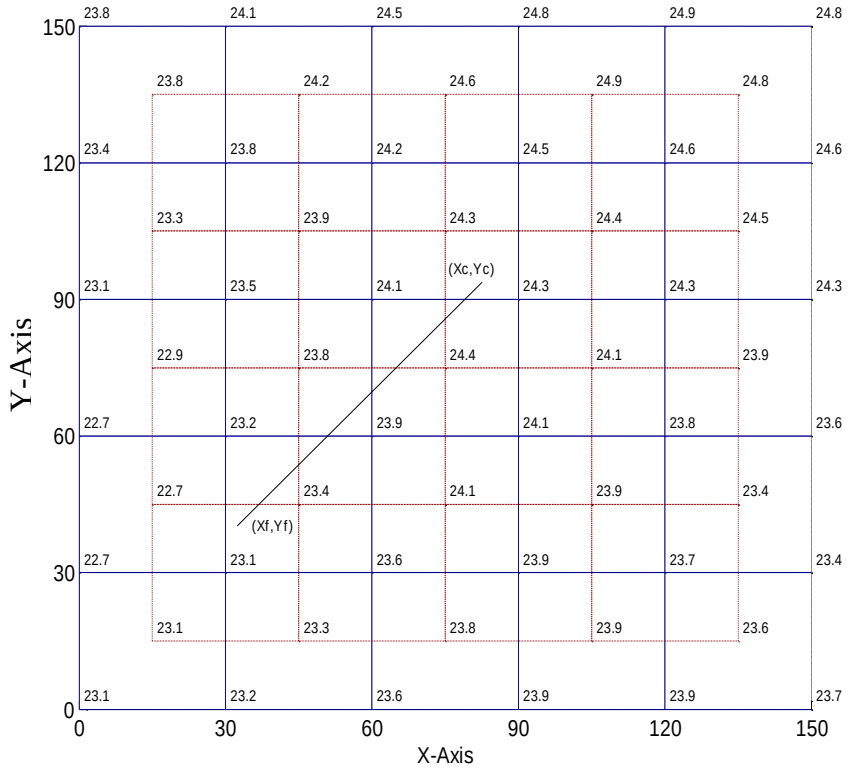
شكل رقم (٥) سطح مجسم للأرض الطبيعية

د- تحسب كميات القطع وكميات الدفن للمرحلة الحالية للأرض الطبيعية مقارنة بمعدل المستوى الأفقي$(\overline{A})$ المحسوب في الفقرة (أ) أعلاه

وذلك من خلال استخدام المعادلات(8) و (9) وكما مؤشر كمياتها على الأشكال الخاصة بكل مرحلة تسوية.

٤. يجري حساب مستويات الأرض في نقاط التقاطع **(C_j)** وذلك باستخدام الصيغة العامة للمعادلة (١) وكما مبينة نتائجها في **الشكل (٦)**.

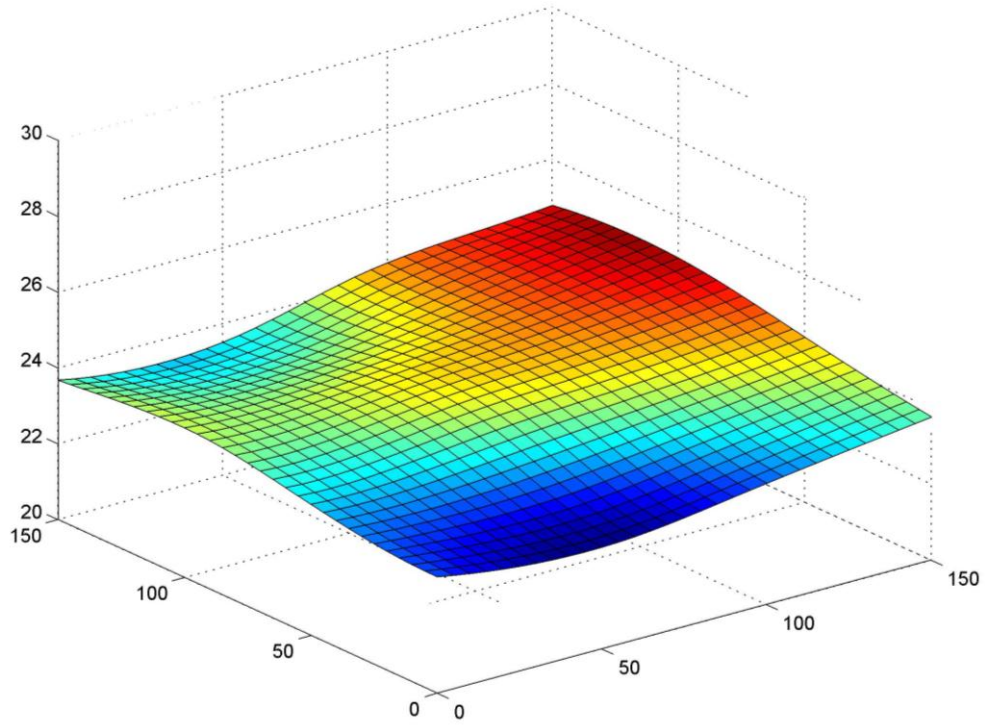
٥. من مستويات نقاط التقاطع للشبكة الداخلية **(C_j)** والمحسوبة في الفقرة (٤) أعلاه يجري حساب مستويات جديدة لنقاط التقاطع للشبكة الخارجية **(A_i)** وذلك باستخدام المعادلات (4) و (5) و (6) وكما مؤشر في نفس **الشكل (٦)** والأشكال اللاحقة للمراحل الأخرى.



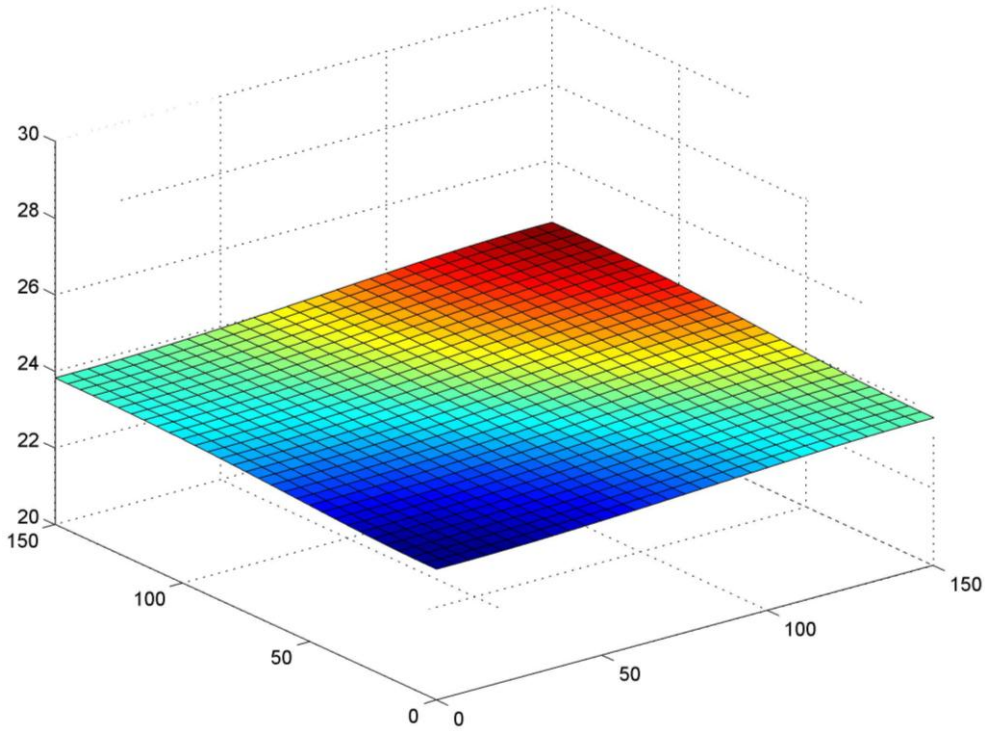
شكل رقم لتقاطعات

٦. بانتهاء الفقرات من (١) إلى (٥) لا

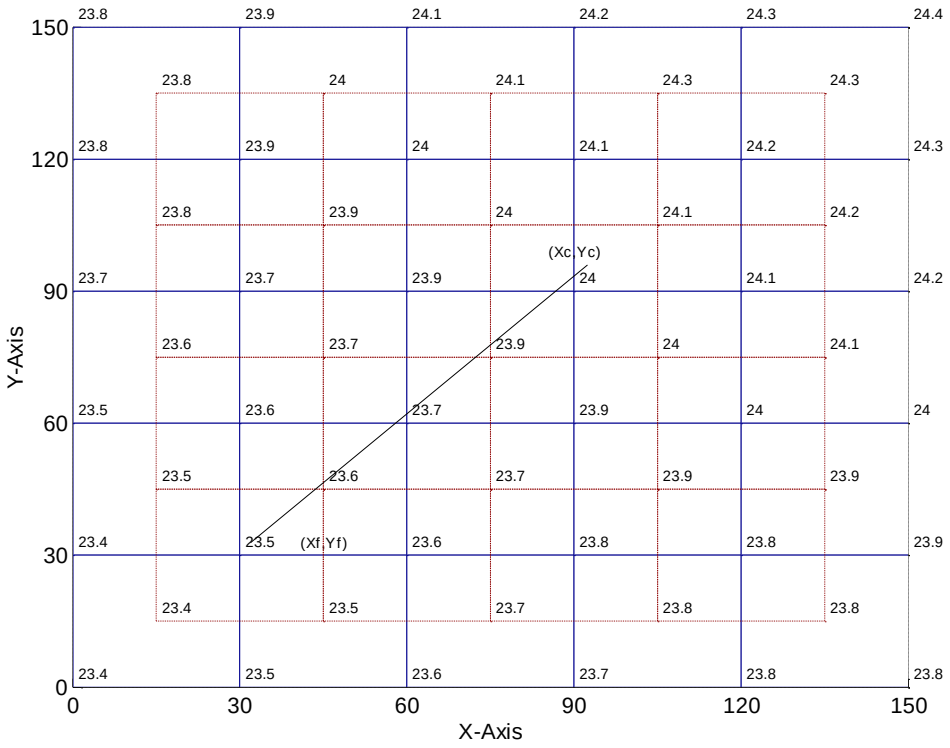
النتائج لبرنامج الحاسبة بعد كل عدد من المحاولات وحسب رغبة المستخدم في متابعة افضل التسوية والاستفادة من تغير قيمة واتجاه الانحدار العام للاستفادة من ذلك في توجيه معدات ومكائن التسوية لتوفير الجهد في إكمال عملية التسوية للحالة التي تتفق مع متطلباته التصميمية. وكما مبينة نماذج منها في الاشكال المذكورة اعلاه.



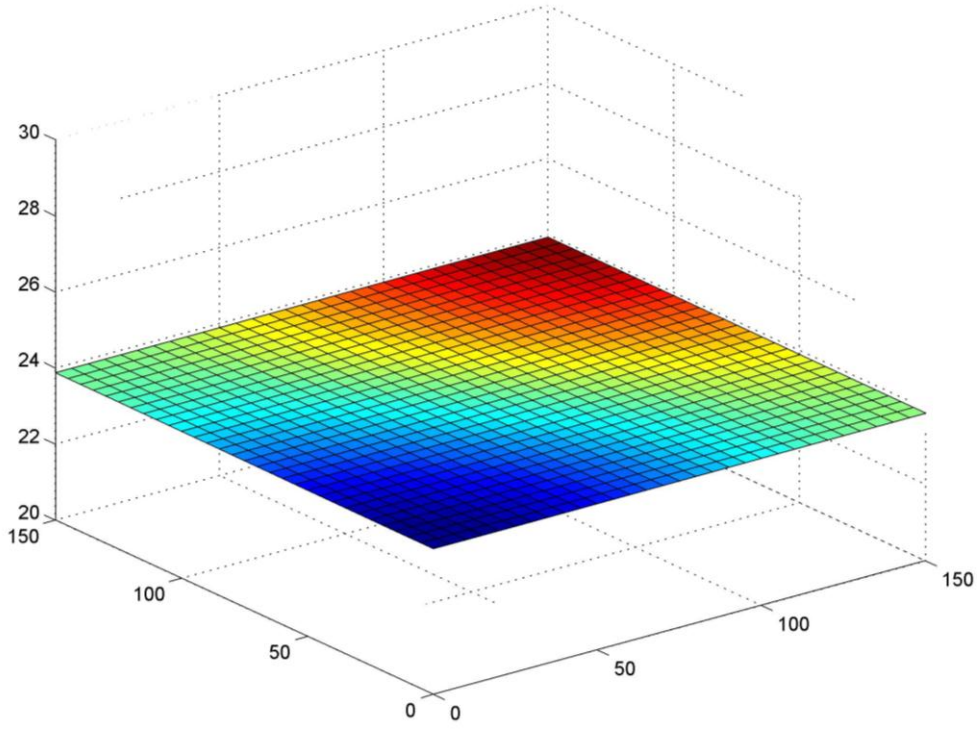
شكل رقم (٧) سطح الأرض بعد المحاولة رقم (١)



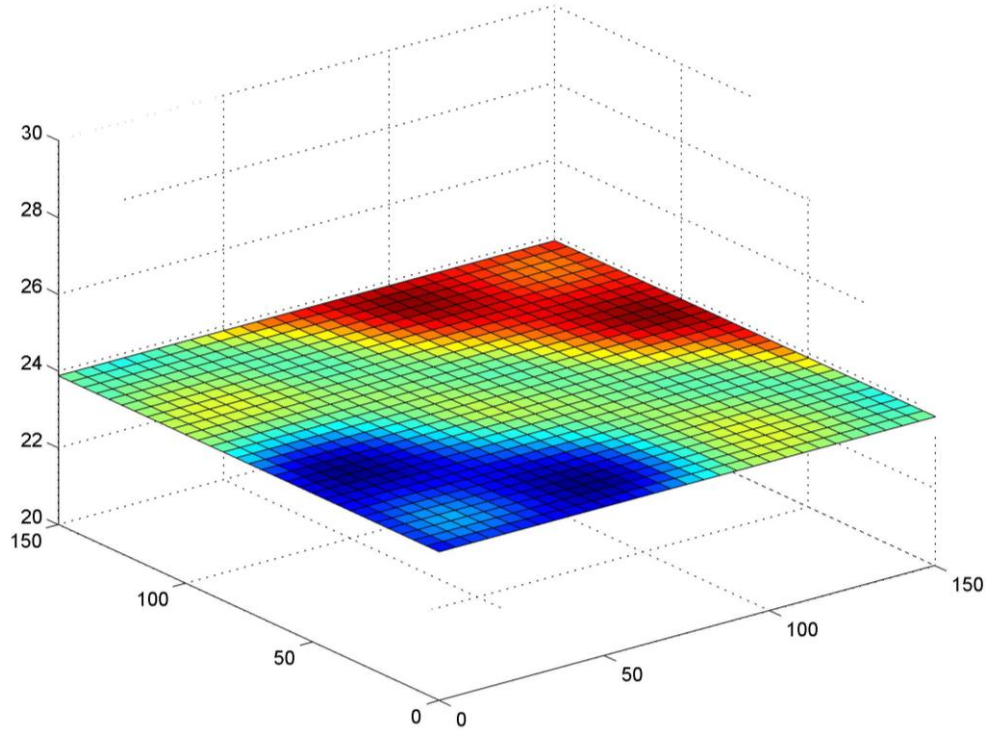
شكل رقم (٨) سطح الأرض بعد المحاولة رقم (١٠)



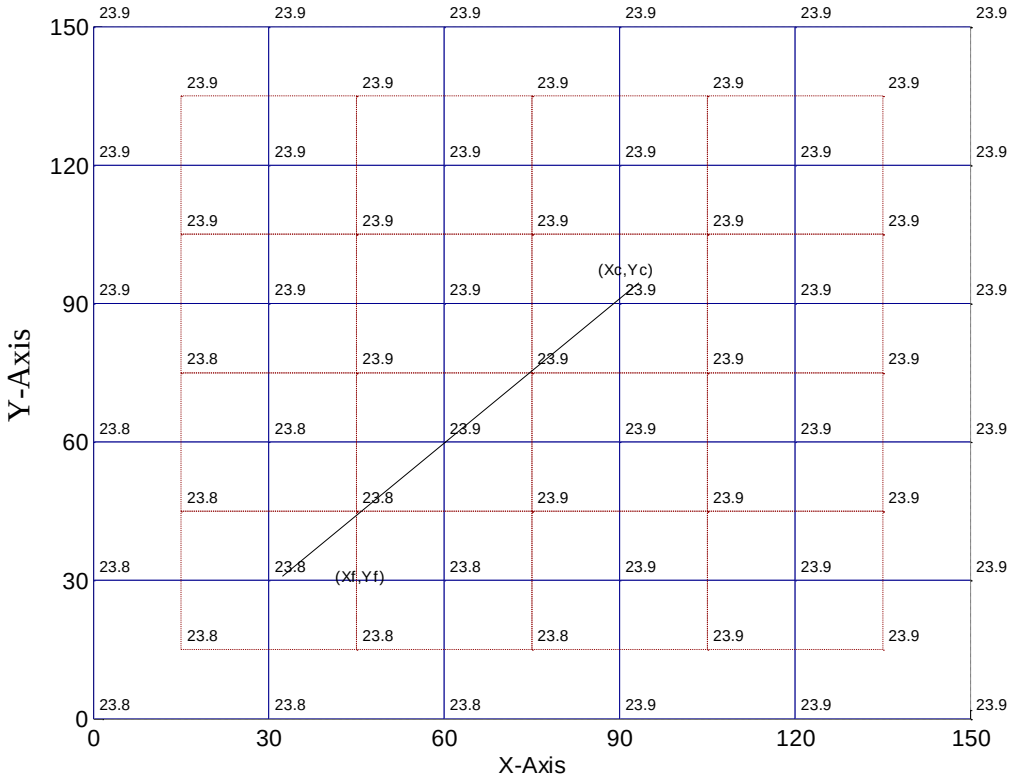
شكل رقم (٩) اقيام مستويات التقاطعات بعد المحاولة رقم (١٠)



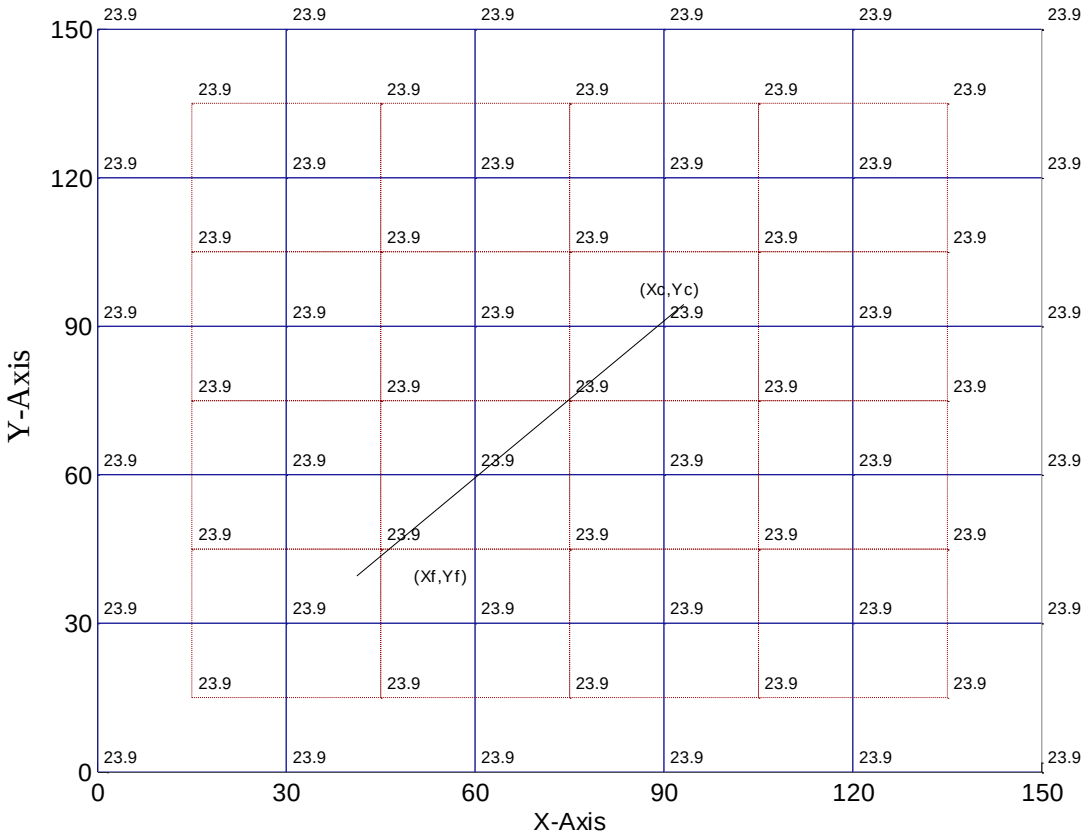
شكل رقم (١٠) سطح الأرض بعد المحاولة رقم (٤٠)



شكل رقم (١١) سطح الأرض بعد المحاولة رقم (٨٤)



شكل رقم (١٢) اقيام مستويات التقاطعات بعد المحاولة رقم (٤٠)



شكل رقم (١٣) اقيام مستويات التقاطعات بعد المحاولة رقم (٨٤)

٧. من استعراض وتحليل النتائج التي تم الحصول عليها من تشغيل برنامج الحاسوب للمثال الحالي يمكن إضافة البيانات التالية:

أ- تم الوصول إلى تحقيق معدل انحدار عام للموقع بمقدار أقل من ٠.٥% بعد إجراء (١٣) محاولة تدرج لتسوية الموقع. وبعد إجراء (٨٤) محاولة تم تحقيق أرض مستوية (أفقية) للموقع وكما مبينة في **الشكل (١٣)**.

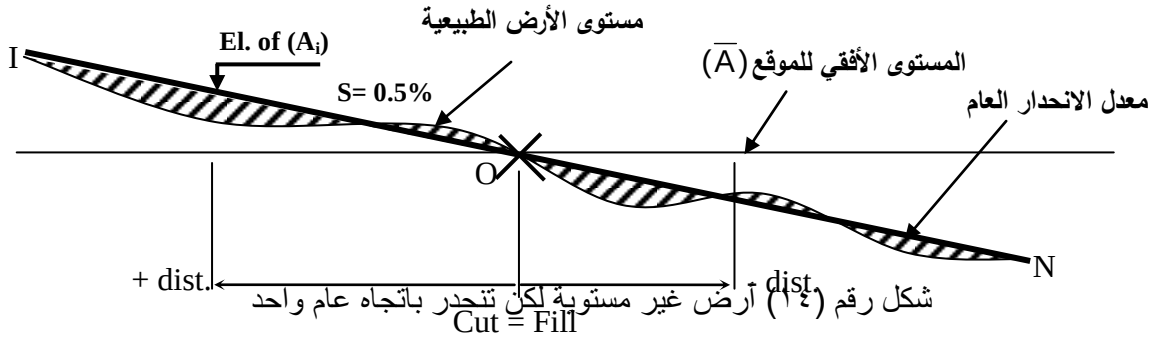
ب- إن كميات القطع وكميات الدفن بلغت على التوالي (٣٦٠٥.٩) م^3 و (٣٤٤٧.٩) م^3 لتحقيق موقع مستوى (أفقي) وبفارق يبلغ حوالي ٤% مع ان التقسيمات التي تم اختيارها كانت كبيرة نسبياً. علماً أن كميات القطع والدفن يمكن حسابها في أي مرحلة من مراحل التسوية من خلال طرح كميات القطع والدفن لتلك المرحلة والمحسوبة من المعادلتين (8) و (9) وذلك من كميات القطع والدفن المحسوبة في أول محاولة تسوية باستخدام نفس المعادلتين أعلاه، وكما يلي:

- مقدار حجم القطع لجعل الموقع مستوياً تماماً = ٣٦٠٥.٩ م^3
- يطرح منه مقدار حجم القطع لموقع بانحدار ٠.٥% = ١١٧١.٥ م^3
- مقدار حجم القطع للوصول الى انحدار عام ٠.٥% = ٢٤٣٤.٥ م^3

٨. إن وصول مرحلة التسوية إلى أي إنحدار عام مطلوب تصميمياً وليكن ٠.٥% مثلاً لا يعني الوصول بالموقع إلى مستوٍ مسطح ينحدر بالكامل بذلك الاتجاه وإنما قد يتخلل هذا المسطح إرتفاعات ومنخفضات لكنها بشكل عام تنحدر باتجاه واحد وكما مبين في **الشكل (١٤)**.

وفي هذه الحالة لابد من مناقشة الاحتمالات التالية ومعالجتها ضمن البرنامج العام للحاسبة أو من خلال برنامج فرعي:

أ- إذا تبين أن كميات القطع والدفن المحسوبة في اي مرحلة من مراحل التسوية قليلة جداً فهذا يعني أن الأرض قد وصلت إلى سطح منتظم خالي من الارتفاعات أو المنخفضات وبالانحدار المطلوب ٠.٥%.



شكل رقم (١٤) أرض غير مستوية لكن تنحدر باتجاه عام واحد

ب- نظراً لأن عبارة قليلة جداً التي ذكرت في الفقرة (أ) أعلاه قد تكون نسبية ولا يستطيع المستخدم من تقييم تأثيرها فيصار إلى تحديد جميع النقاط المرتفعة أو المنخفضة عن المستوى العام للأرض $(\overline{A})$ والمحسوب في المحاولة الأخيرة حيث سيتمكن المستخدم في هذه الحالة من تحديد تأثيرها على الحالة التصميمية التي هو فيها، فان لم تكن مقبولة تصميمياً فيصار إلى الاستمرار بتشغيل البرنامج للقيام بما يلي:

ب-١ من الأمور التي يتطلب برمجتها على الحاسبة والتي لم تذكر في الفقرات السابقة للبحث لتلافي الإرباك للقارئ هي تقسيم الموقع إلى أربعة محاور تغطي أربعة اتجاهات محتملة للانحدار الذي ستؤول إليه التسوية وهما المحوران الطبيعيان (X-X) و (Y-Y) يضاف لهما المحوران المائلان بزاوية(٤٥) هما (XY-XY) و (YX-YX) وكما مبين في **الشكل (١٥)**.

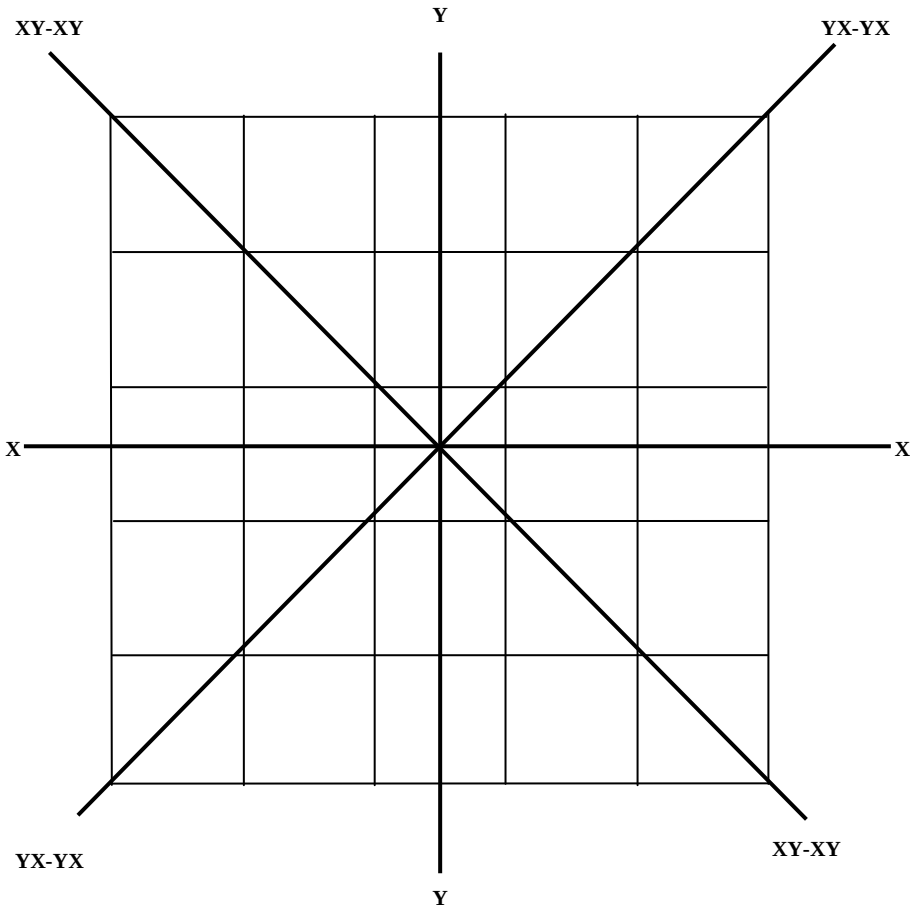
ب-٢ يجري مسبقاً إدخال مواقع نقاط تقاطع الشبكة (A_i) ممثلة بـ(X,Y) نسبة للمحاور الأربعة أعلاه حيث سيتم اختيار الإحداثي الملائم لاتجاه الانحدار العام للموقع بعد التسوية وذلك تلقائياً في البرنامج.

ب-٣ إن العلاقة بين المستوى الحالي للموقع والمستوى الافتراضي الأفقي له واضحاً في **الشكل (١٤)** حيث يمكن وبعد اختيار الإحداثي الموافق لإتجاه الإنحدار تحديد مسافات كافة نقاط التقاطع ومستوياتها عن النقطة صفر التي تمثل موقع تقاطع المستوي المائل بالانحدار المطلوب (٠.٥% مثلا) اي الخط (I-N) مع المستوى الأفقي (H-Z) وذلك بإستخدام العلاقة التالية:

$$\text{Elv. of } (A_i) = \overline{A} \pm \text{dist. of } A_i \times 0.5\% \quad \text{..... (17)}$$

ب-٤ بعد حساب مستويات نقاط التقاطع **(Ai)** تقارن مع مستوياتها في المحاولة الأخيرة من التسوية فان كانت مساوية لها أو قريبة منها يجري تثبيت مستوى ذلك التقاطع خلال التسوية اللاحقة حيث تجري بعدئذ مراحل التسوية لما تبقى من نقاط التقاطع، وذلك بإيجاد مقدار الدفن أو القطع لكل تقسيم (مربع) من الأرض وبشكل تدريجي بحيث أن التقاطعات المرتفعة أو المنخفضة ستتعدل بإتجاه القيم المحسوبة في الفقرة (ب-٣) أعلاه. هذا ويجري تثبيت مستوى أي تقاطع يصل لقيمته المطلوبة خلال مراحل التسوية إلى أن يحصل ذلك لجميع نقاط التقاطع والوصول إلى الحالة المطلوبة.

ب-٥ في المثال الحالي لم تكن هناك حاجة لإستخدام تفاصيل الفقرة (ب) أعلاه إلا أنه في أمثلة أخرى شديدة الوعورة منها مثلاً موقع لسد ترابي وموقع لمنتزه وحقل زراعي للري السيحي تطلب معالجة الفقرات الأخيرة والحصول على نتائج ذات تفاصيل واسعة يتعذر استعراضها كاملة. ومن المفارقات أن ابسط الحلول وأقل التفاصيل تتحقق عندما يكون الهدف من التسوية الحصول على موقع مستوٍ أفقياً.



شكل رقم (١٥) محاور الانحدار العام

٣. الاستنتاجات

إن أهم ما تحقق في البحث الحالي يمكن حصره بالاستنتاجات التالية:

١. تتطلب المشاريع الزراعية ومواقع المنشآت الهيدروليكية إلى تسوية وتعديل أراضي مواقعها بشكل دقيق لتلبية المتطلبات التصميمية والتشغيلية للمشروع حيث أن الإنحدار للقنوات والحقول الزراعية ومواقع المنشآت الإروائية يدخل بشكل مباشر في العملية التصميمية لأي مشروع من هذا النوع.

٢. للغرض المذكور أعلاه، والحالات المشابهة الأخرى تم إقتراح نموذج حسابي مبسط يعتمد على مبدأ الفروقات المحددة للتسوية التدريجية والإسترخاء المتعاقب أثبت كفاءته في تعديل وعورة الموقع. هذا ويمكن الإستفادة من المرونة العالية للطريقة المقترحة في اختيار أقرب تسوية مناسبة للموقع بأقل جهد تشغيلي للمكائن الحقلية في أعمال القطع والدفن، علماً أن الطريقة تتيح للمستخدم استعراض جميع الحالات التي تمر بها الأرض المعنية بالتسوية تباعاً الأمر الذي يمكنه اختيار المرحلة المناسبة للتسوية وتوفير الجهد الإضافي خلاف ذلك، هذا وان الحالة المناسبة هذه لايمكن التكهن بها مسبقاً ولكن يمكن استثمارها حال حصولها واستعراضها للمستخدم.

٣. تتميز الطريقة المقترحة بإمكانية إيجاد قيمة واتجاه الإنحدار العام للموقع قبل كل محاولة للتسوية مما يساعد في تحديد اتجاه دفع تربة القطع إلى أقرب مواقع للدفن وبأقل جهد، كما يمكن أيضاً حساب كميات القطع والدفن قبل المباشرة بأي محاولة جديدة للتسوية ولأي مرحلة.

٤. في حالة أن المستخدم سمح لبرنامج الحاسوب بالإستمرار في إجراء محاولات التسوية فان البرنامج سوف لن يتوقف إلى أن يتم الحصول على أرضٍ مستويةٍ (أفقيةٍ)، مع إعطاء كافة البيانات الضرورية لكل محاولة تسوية.

٥. يمكن تعميم تطبيق النموذج الحسابي لهذه الطريقة المقترحة لمختلف مواقع المشاريع الهندسية الأخرى كالمجمعات السكنية والمتنزهات والطرق ومشاريع معالجة مياه الصرف وغيرها.

٤. المصادر

1. Chugg, G. E., ***"Calculation for Land Gradation"***, Agric. Engrg., 28(11), 1947.

2. Givan, C. E., ***"Land Grading Calculation"***, Aagric. Engrg., 21(1), 1940.

3. Hamad, S. N., and Ali, A. M., ***"Land-Grading Design by using Nonlinear Programming"***, J. Irrig. and Drain, Engrg., ASCE, Vol. 116, No. 2, 1990, pp. 227-218.

4. Hamad, S. N., and Al-Samerrai, R. H., ***"All Optimal Land Grading Design"***, 1988.

5. Harris, W. S., Wait, J. C., and Bendedict, R. H., ***"Warped Surface Method of Land Grading"***, Trans. American Society of Agricultural Engineers, 9(1), 1966, pp. 64-65.

6. Raju, V. S., ***"Land Grading for Irrigation"***, Trans., American Society of Agricultural Engineers, 3(1), 1960, pp. 38-41.

7. Scalloppi, E. J., and Willardson, L. S., ***"Practical and Grading Based upon Least Sguares"***, J. Irrig. and Drain, Engrg., ASCE, 112(2), 1986, pp. 98-109.

8. Shih, Sun-Fu, and Kriz, G. J., ***"Computer Programs for Land Forming Design of a Rectangular Field"***, Tech., Bull., 205, 1971.

9. Sowell, R. S., Shih, S. F., and Kriz, G. J., ***"Land Forming Design by Linear Programming"***, Trans., American Society of Agricultural Engineers, 16(2), 1973, pp. 296-301.

10. أزهار هادي مهدي، ***"استخدام المعدل الحسابي في طريقة الاسترخاء في تعديل وتسوية الأراضي"***، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، العدد (٢)، ١٩٩٥.

11. د. ناجي توفيق، ***"المساحة الهندسية"***،جامعة بغداد، ١٩٨٠.

12. د.فوزي الخالصي، ***"المساحة المستوية"***، جامعة بغداد، مطبعة جامعة الموصل، ١٩٨٢.

13. ياسين عبيد احمد، ***"المساحة الهندسية"***، جامعة البصرة، مطبعة دار الحكمة،البصرة، ١٩٩٥.

14. يوسف صيام ، ***"المساحة وتخطيط المنحنيات"***، كلية الهندسة والتكنولوجيا، الجامعة الأردنية، ١٩٧٨.