

## دراسة تحويل الإحداثيات (3-D) المقيسة بنظام GPS من الجملة العالمية إلى إحداثيات في الجملة الستيريوغرافية السورية و برمجتها

الدكتورة ندى محفوض\*

(تاريخ الإيداع 13 / 11 / 2008. قُبل للنشر في 20/4/2009)

### □ الملخص □

يتضمن التحويل التشابهي (Conformal) لأنظمة الإحداثيات المتعامدة ثلاثية الأبعاد (3-D) كلاً من دوران المحاور الإحداثية، و تغير مقياس الرسم، وانزياح مبدأ الإحداثيات ، وبحيث يشكل هذا التحويل نموذجاً رياضياً عملياً للعلاقات بين مختلف أنظمة الإحداثيات المتعامدة (3-D) . و تعتمد التطبيقات الجيوديزية و التصويرية غالباً على نماذج التحويل المبسطة على اعتبار أن دوران المحاور يكون صغيراً أو مهملاً. تهدف الدراسة إلى عرض شامل لأنظمة الإحداثيات على سطح الأرض ، و التحويل بين هذه الأنظمة وكذلك شرح طريقة التربيعة الصغرى المستخدمة لتحديد متغيرات التحويل، و أخيراً كتابة برنامج بلغة Matlab لمعالجة الحالات المدروسة؛ مع تطبيق عددي يشرح آلية عمل البرنامج، و يبين مدى الوثوق بنتائجه. تشمل عملية التحويل بين أنظمة الإحداثيات على سطح الأرض كلاً مما يأتي : أولاً- التحويل من نظام إحداثيات جيوديزي إلى نظام إحداثيات متعامد محلي و العكس ( الحالة المدروسة الإسقاط الستيريوغرافي في سورية). ثانياً- التحويل من نظام إحداثيات جيوديزي إلى نظام إحداثيات متعامد مركزي و العكس. ثالثاً- التحويل التشابهي بين نظامي إحداثيات متعامدين مركزيين.

**الكلمات المفتاحية:** تشابهي - إحداثيات - تحويل - دوران المحاور - تغير مقياس الرسم - انزياح مبدأ الإحداثيات - التربيعة الصغرى - ستيريوغرافي - إحداثيات مركزية.

\* مدرس - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Studying and Programming Transformation of (3-D) Coordinates from GPS into Stereographic in Syria

Dr. Nada Mahfoud\*

(Received 13 / 11 / 2008. Accepted 20 / 4 / 2009)

### □ ABSTRACT □

The three dimensional (3-D) conformal coordinate system transformation combines axes rotations, scale change and shifts [of coordinates]. Thus, this transformation is a practical mathematical model of the relationships involving different 3-D coordinate systems. Geocentric and graphic applications mainly rely on simple transformation models, given that axes-rotations are usually minimal or redundant.

This paper aims at surveying the different coordinate systems on the globe and the rigorous development of the 3-D conformal transformation of coordinate systems (Geocentric, Local Topo-centric). In addition, this paper explains how least squares may be used in determining transformation parameters, and finally, a program has been written in Matlab to deal with all the cases mentioned above, in addition to the numerical application of the mechanism explaining the function of the program and the reliability of its results.

The transformation process related to several coordinate systems involves the following: (1) Transformation from Geocentric to Local Topo-centric parameter systems and vice-versa [the case study of stereographic projection in Syria]; (2) Conformal transformation involving two Topo-centric coordinate systems.

**Keywords:** Conformal, Coordinate, Transformation, Rotations, Scale Change, Origin Shifts, Least Squares, Stereographic, Geocentric.

---

\*Assistant Professor, Department of Topographical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**مقدمة:**

يستخدم التحويل التشابهي بين أنظمة الإحداثيات المتعامدة استخداماً واسعاً في المساحة. فمثلاً في الجيوديزيا، يُستخدم التحويل التشابهي ثلاثي الأبعاد لتحويل الإحداثيات المتعامدة المركزية المحسوبة من نظام التموضع العالمي GPS على القطع الناقص الدوراني (الإهليلج Ellipsoid) العالمي WGS84 إلى الإحداثيات المتعامدة المركزية على القطع الناقص الدوراني المحلي للبلد (مثلاً كلارك 1880 في سوريا)، ومنه التحويل إلى الإحداثيات الجغرافية المحلية، ومن ثم إلى الإحداثيات المتعامدة المحلية وذلك بمعرفة مصفوفة الدوران و قيم الانزياح ومعامل المقياس، وتُستخدم في المساحة التصويرية لتوجيه الصور الجوية، و أما التحويل بين أنظمة الإحداثيات ثنائية البعد (2-D) فيستخدم في المساحة العقارية. تكتب معادلة التحويل التشابهي بين أنظمة الإحداثيات المتعامدة (3-D) بالشكل الآتي [1]:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}_{new} = \lambda \cdot R_{\kappa\phi\omega} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{old} + \begin{bmatrix} t_{x'} \\ t_{y'} \\ t_{z'} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$R_{\kappa\phi\omega}$ : مصفوفة دوران المحاور (النتيجة من الدورانات  $\kappa, \phi, \omega$  للمحاور  $x, y, z$  على التوالي)

$x, y, z$ : إحداثيات النقطة في نظام الإحداثيات القديم.

$x', y', z'$ : إحداثيات النقطة في نظام الإحداثيات الجديد.

$\lambda$ : معامل مقياس الرسم.

$t_{x'}, t_{y'}, t_{z'}$ : مركبات انتقال مبدأ الإحداثيات.

تسمى المعادلة (1) بتحويل المتغيرات السبعة (ثلاثة دورانات، و ثلاثة انتقالات، و معامل مقياس الرسم)، والمعروفة باسم (Bursa – Wolf). و يمكن تحديد قيمة هذه المتغيرات السبعة بحل جملة معادلات تابعة للإحداثيات المعلومة للنقاط العامة (Common Points) في كلا نظامي الإحداثيات (القديم و الجديد). تشكل ثلاث معادلات لكل نقطة، وبالتالي فإن العدد الأصغري للنقاط العامة ثلاثة من أجل تعيين قيم المتغيرات السبعة، إلا أن زيادة عدد النقاط العامة يؤدي إلى زيادة عدد المعادلات الفائضة و بالتالي استخدام طريقة التربيعة الصغرى لتحديد قيم المتغيرات بحيث يكون مجموع مربعات الأخطاء العرضية في النقاط العامة أقل ما يمكن. يمكن حذف مركبات انتقال مبدأ الإحداثيات من الحل بفرض أن إحداثيات النقاط العامة في كلا النظامين (القديم و الجديد) لها مبدأ إحداثيات عام في مركز النقاط العامة، و بذلك تتضمن معادلة التحويل معامل مقياس الرسم و الدورانات فقط:

$$\begin{bmatrix} x'_i - x'_g \\ y'_i - y'_g \\ z'_i - z'_g \end{bmatrix}_{new} = \lambda \cdot R_{\kappa\phi\omega} \cdot \begin{bmatrix} x_i - x_g \\ y_i - y_g \\ z_i - z_g \end{bmatrix}_{old} \quad (2)$$

$x_g, y_g, z_g$ : إحداثيات مركز النقاط العامة في نظام الإحداثيات القديم.

$x'_g, y'_g, z'_g$ : إحداثيات مركز النقاط العامة في نظام الإحداثيات الجديد.

إن طبيعة المصفوفة  $R_{\kappa\phi\omega}$  لا تسمح بالحل المباشر من أجل الدورانات  $\kappa, \phi, \omega$ . لكن فيما إذا كانت المحاور الإحداثية متوازية بشكل تقريبي ( أي الدورانات صغيرة) فإن المصفوفة  $R_s$  ذات الدورانات الصغيرة و المستقلة

،  $\delta_\kappa, \delta_\phi, \delta_\omega$  مجتمعة مع القيمة التقريبية لمعامل مقياس الرسم (  $\lambda'$  ) وتصحيح هذا المعامل بالمقدار المجهول  $\delta\lambda$  ،  
فيمكن عندئذ الحل باستخدام طريقة التربيعة الصغرى :

$$\begin{bmatrix} x'_i - x'_g \\ y'_i - y'_g \\ z'_i - z'_g \end{bmatrix}_{new} = (\lambda' + \delta\lambda) \cdot R_s \cdot \begin{bmatrix} x_i - x_g \\ y_i - y_g \\ z_i - z_g \end{bmatrix}_{old} \quad (3)$$

سيتم استخدام طريقة التربيعة الصغرى لإيجاد متغيرات تحويل المعادلة (3) و من ثمَّ الإحداثيات المحلية ( الإحداثيات الستيريوغرافية ) للنقاط الجديدة المرصودة باستخدام GPS في منطقة الدراسة اعتماداً على برنامج تمت كتابته بلغة Matlab .

### أهمية البحث و أهدافه:

إن أهمية هذه الدراسة تكمن في الاستفادة من نظام GPS في الأعمال المساحية، و من التقدم التكنولوجي السريع في عالم الكمبيوتر، وذلك بتحويل الإحداثيات الناتجة من قياسات GPS إلى إحداثيات محلية ( الحالة المدروسة الإسقاط الستيريوغرافي في سورية)؛ باستخدام العديد من المعادلات التي تمت برمجتها بلغة Matlab. حيث تتم دراسة شاملة لكل من أنظمة الإحداثيات على سطح الأرض، و من ثم دراسة لكل من التحويل من نظام الإحداثيات الجيوديزية إلى نظام الإحداثيات المتعامدة المحلية و العكس، و التحويل من نظام الإحداثيات الجيوديزية إلى نظام الإحداثيات المتعامدة المركزية و العكس، و التحويل التشابهي بين نظامي إحداثيات متعامدين مركزيين، وكذلك شرح طريقة التربيعة الصغرى المستخدمة لتحديد متغيرات التحويل، مع تطبيق عددي يوضح آلية عمل البرنامج المكتوب بلغة Matlab و يبين مدى الوثوق بنتائجه.

### طريقة البحث و مواده:

تم الاعتماد في هذا البحث على وضع الدراسة المنهجية المتكاملة لموضوع تحويل الإحداثيات (3 - D) المقيسة بنظام GPS إلى إحداثيات استيريوغرافية. لذا تم إتباع المنهجية الآتية:

- دراسة أنظمة الإحداثيات (3- D) على سطح الأرض.
- دراسة التحويل بين أنظمة الإحداثيات (3 - D) المختلفة.
- برمجة التحويل التشابهي باستخدام لغة / Matlab/ .
- تطبيق عددي يوضح مراحل التحويل و آلية عمل البرنامج.
- مناقشة نتائج الدراسة و صياغة الاستنتاجات.

### أنظمة الإحداثيات على سطح الأرض:

إن الغرض من أنظمة الإحداثيات تحديد مواقع النقاط على سطح الأرض. و لتحديد أيّاً منها لا بد أولاً من تعريف العناصر الثلاثة الآتية:

- i- موقع نقطة الأصل (مبدأ الإحداثيات).
- ii- اتجاه المحاور المعرفة للنظام فراغياً.

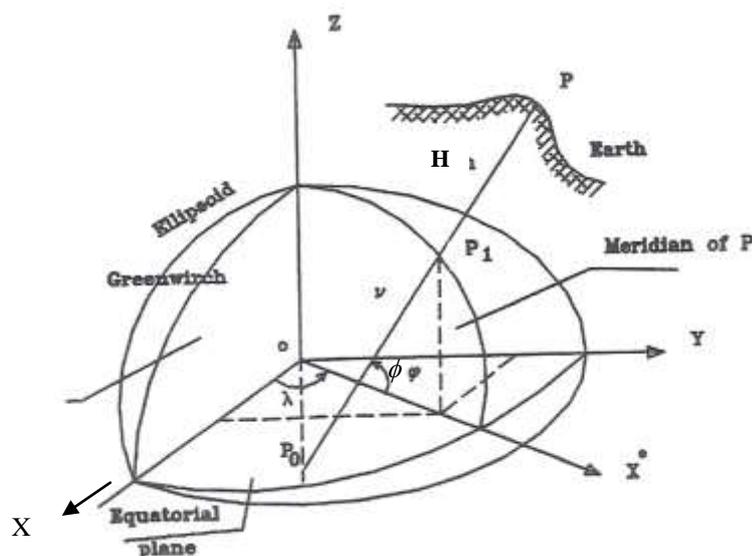
iii- عناصر تعريف موقع أي نقطة (الإحداثيات).

و اعتماداً على ذلك، تختلف هذه النظم عن بعضها في تعريف تلك العناصر، و من هذه النظم [2, 3] :

### 1- نظام الإحداثيات الجيوديزية (Geodetic Coordinate System $\phi, \lambda, H$ ):

يؤخذ مركز القطع الناقص الدوراني (الإهليلج) الممثل لسطح الأرض؛ بحيث ينطبق على مركز الأرض أو يكون قريباً منه، و هو يمثل مركز الإحداثيات المتعامدة، و ينطبق محور دوران القطع مع اتجاه محور دوران الأرض كما مبين في الشكل (1). يعرف المستوي الناتج من تقاطع أي مستوى رأسي مار بمحور الدوران مع سطح الإهليلج بمستوي الزوال (خط الطول). و يسمى خط الطول المار من مرصد غرينيتش، الواقع بالقرب من مدينة لندن بخط الطول المبدئي (خط الطول صفر).

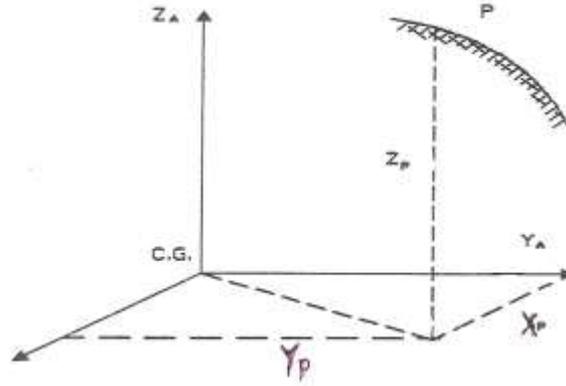
يوضح الشكل (1) إسقاط النقطة (p) الواقعة على سطح الأرض إلى النقطة (p<sub>1</sub>) الواقعة على سطح الإهليلج عن طريق الشعاع العمودي (p p<sub>0</sub>)، و يعرف ارتفاع النقطة عن سطح الإهليلج (المسافة العمودية p p<sub>1</sub>) بالارتفاع الهندسي للنقطة و يرمز إليه بالحرف (H). و تعرف زاوية خط العرض الجيوديزي (φ) بأنها المسافة الزاوية مقيسة في مستوى زوال النقطة، ابتداءً من دائرة الاستواء إلى الناظم على سطح الإهليلج عند النقطة محل الدراسة. و تعرف زاوية الطول (λ) بأنها المسافة الزاوية بين مستوي زوال غرينيتش و مستوي زوال النقطة. على ذلك فإن موقع نقطة (p) على سطح الأرض يعرف بالإحداثيات الثلاثة (φ, λ, H).



الشكل (1) إسقاط نقطة على سطح الإهليلج

### 2- نظام الإحداثيات المتعامدة المركزية (Geocentric Coordinate System X, Y, Z):

هو نظام الإحداثيات (X, Y, Z)، مركزه مركز الأرض، و يخضع اتجاه محاوره بالنسبة إلى بعضها إلى قاعدة اليد اليمنى، إذ يؤخذ المحور Z منطبقاً على محور دوران الأرض، و يمر المحور X بمستوي زوال غرينيتش، و المحور Y عمودي على المستوي XZ، و يمر بخط طول 90<sup>0</sup> شرقاً، و المستوي XY منطبق على دائرة الاستواء (دائرة عرض صفر). و بذلك تعرف إحداثيات نقطة p كما هو موضح في الشكل (2).



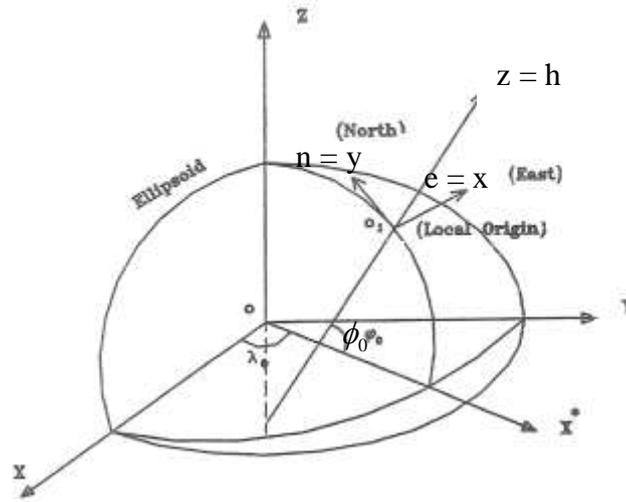
الشكل (2) الإحداثيات المركزية

و يوجد كثير من نظم الإحداثيات المتعامدة المركزية، و تختلف عن بعضها بموقع مركزها بالنسبة إلى مركز الأرض، لكن مع توازي اتجاه محاورها الثلاثة المتناظرة. و يمكن التحويل من نظام إلى آخر عن طريق معرفة قيم الانزياحات بين مبدأي إحداثيات النظامين  $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ . و تعد نظم الإحداثيات المتعامدة المركزية ذات فائدة كبيرة في أعمال جيوديزيا الأقمار الصناعية، إذ تحسب إحداثيات النقاط سواء الراصدة أو المرصودة في نظام متعامد واحد. و يمكن أيضاً توسيع مجال الاستخدام ليشمل التطبيقات الدولية و العالمية ضمن نظام إحداثيات واحد عالمي مركزه الأرض.

### 3- نظام الإحداثيات المتعامدة المحلية (Local Topocentric Coordinate System):

يؤخذ مركز الإحداثيات عند نقطة محلية على سطح الأرض (الإهليلج)، قد تكون إحدى نقاط شبكة المثلاث، و تعرف هذه النقطة بنقطة الأصل المحلية (مبدأ الإحداثيات المحلي)، و يتبع نظام المحاور الثلاثة المتعامدة  $(n, e, h)$  قاعدة اليد اليسرى، إذ يؤخذ محور  $(h)$  في الاتجاه العمودي عند المبدأ، و محور  $(n)$  مماساً لخط طول النقطة في اتجاه الشمال الجغرافي و يكون محور  $(e)$  عمودياً على محور  $(n)$  و في اتجاه الشرق، كما هو مبين في الشكل (3).

ونكمن أهمية هذا النظام في الأعمال ذات الصلة المحلية و أعمال الشبكات المثلاثية، حيث تسهل العمليات الحسابية مقارنة بنظام الإحداثيات الجيوديزية، كما أن قيم هذه الإحداثيات صغيرة جداً مقارنة بنظيراتها في نظام الإحداثيات المتعامد المركزي، إذ تبلغ قيمة الأخيرة ملايين الأمتار (سبعة أرقام صحيحة).



الشكل (3) الإحداثيات المحلية

تعرف المخططات والخرائط العقارية في سورية ضمن نظام إحداثيات متعامدة محلية (إحداثيات استيريوغرافية)، ناتجة من الإسقاط على مستوي يمس سطح الأرض في نقطة قرب مدينة تدمر باعتبارها تقريباً مركز المساحة التي تشغلها أراضي الجمهورية العربية السورية وهي مركز الإحداثيات المتعامدة. وحتى يكون التشوه أقل ما يمكن في المناطق المأهولة و المناطق الزراعية ، فقد تم تحويل المستوي المماس إلى مستوي مواز له قاطع للأرض على بعد 275 كيلومتراً من مركز الإسقاط بدائرة تمر بالقرب من دمشق و حمص و حماة و وادي الفرات، و بذلك يكون التشوه عند نقاط التقاطع معدوماً.

### التحويل بين أنظمة الإحداثيات (Transformation of Coordinate Systems):

1- التحويل من نظام الإحداثيات الجيوديزي (  $\phi, \lambda, H$  ) إلى نظام الإحداثيات المتعامدة المحلية (  $x, y, h$  ) و العكس [4]:

#### • الحالة المدروسة: الإسقاط الستيريوغرافي في سورية

ستتم دراسة نظام الإحداثيات المتعامدة المحلية في سوريا و الممثل بالإسقاط الستيريوغرافي، مع الأخذ في الحسبان المصطلحات الآتية:

a : نصف قطر الاهليج المحلي (كلارك 1880 ) و يساوي 6378249.2 متراً

e : معامل الاختلاف المركزي الأول بحيث أن  $e^2 = 0.00680348764$

$\phi_0, \lambda_0$  : الإحداثيات الجيوديزية لمركز الإسقاط ( مركز الإحداثيات المتعامدة):

$$\phi_0 = 34^\circ 12' 00'' N$$

$$\lambda_0 = 039^\circ 09' 00'' E$$

$k_0$  : عامل إرجاع للمقياس الخطي بحيث يصبح المقياس في مركز الإسقاط  $k_0$  مساوياً (1/1.0004659) بدلاً

من 1 و يصبح بالتالي المقياس يساوي 1 على بعد 275 كيلومتراً من مركز الإسقاط.

$\phi, \lambda$ : الإحداثيات الجيوديزية لنقطة .  
 $x, y$ : الإحداثيات المتعامدة المحلية لنقطة.

• **المسألة المباشرة:**

أي التحويل من الإحداثيات الجيوديزية إلى الإحداثيات المتعامدة المحلية لنقطة وفق المعادلات الآتية:

$$\phi_m = (\phi + \phi_0) / 2 \quad (4)$$

$$\rho_m = a(1 - e^2) / (1 - e^2 \sin^2 \phi_m)^{3/2} \quad (5)$$

$$v = a / (1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2} \quad (6)$$

$$\Delta\phi = \phi - \phi_0 \quad (7)$$

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 \quad (8)$$

$$s = k_0 \rho_m \Delta\phi + 5421.55 \Delta\phi^3 \cos(\phi + \phi_0) \quad (9)$$

$$\alpha = k_0 v \cos \phi \Delta\lambda \quad (10)$$

$$r = s / 10^6 \quad (11)$$

$$\theta = \alpha / 10^6 \quad (12)$$

$$X = \alpha + 6166.48 \theta R^2 + 165.65 \theta^3 - 629.54 \theta^3 r + 25.4 \theta r^4 \quad (13)$$

$$-168.3 \theta^3 r^2 - 6.7 \theta^5 - 50 \theta^3 r^3 - 5 \theta^5 r$$

$$Y = s + 53242.271 \theta^2 + 2055.49 r^3 + 11836.02 \theta^2 r + 2233.03 \theta^2 r^2 \quad (14)$$

$$+ 170.62 \theta^4 + 5.1 r^5 + 414.1 \theta^2 r^3 + 38.4 \theta^4 r + 67 \theta^2 r^4 + 8 \theta^4 r^2$$

• **المسألة العكسية:**

أي التحويل من الإحداثيات المتعامدة المحلية إلى الإحداثيات الجيوديزية لنقطة وفق المعادلات الآتية:

$$x = X / 10^6 \quad (15)$$

$$y = Y / 10^6 \quad (16)$$

$$s = Y - 53242.271 x^2 - 2055.49 y^3 - 11836.02 x^2 y - 1248.08 x^2 y^2 \quad (17)$$

$$+ 477.20 x^4 - 170.8 x^2 y^3 + 7.6 y^5 + 189.0 x^4 y - 5 x^2 y^4 + 43 x^4 y^2 - 6 x^6$$

$$\alpha = X - 6166.48 x y^2 - 165.65 x^3 + 1286.11 x^3 y + 38.0 x y^4 - 44.2 x^5 \quad (18)$$

$$+ 45 x^3 y^3 - 35 x^5 y$$

$$r = s / 10^6 \quad (19)$$

$$\Delta\phi = (157421.465 r - 117.819 r^2 - 4.897 r^3 + 0.970 r^4) / 10^6 \quad (20)$$

$$\phi = \phi_0 + \Delta\phi \quad (21)$$

$$v = a / (1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2} \quad (22)$$

$$\Delta\lambda = \alpha / (k_0 v \cos \phi) \quad (23)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda \quad (24)$$

2- التحويل من نظام الإحداثيات الجيوديزية  $(\lambda, H, \phi)$  إلى نظام الإحداثيات المتعامدة المركزية  $(X, Y, Z)$  :  
 بفرض أن النقطة (p) واقعة على سطح الأرض بارتفاع (H) عن سطح الاهليلج، و خط العرض  $(\phi)$  و  
 خط الطول  $(\lambda)$ ، كما هو مبين في الشكل (1)، فتعطي إحداثياتها المتعامدة المركزية بالعلاقة [2, 5] :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (v+H) * \cos \phi * \cos \lambda \\ (v+H) * \cos \phi * \sin \lambda \\ (v(1-e^2)+H) * \sin \phi \end{bmatrix} \quad (25)$$

$v$ : نصف قطر الانحناء للنقطة (p) في المستوي العمودي على مستوي الزوال (in the Prime Vertical Plane)

$e$ : اللامركزية الأولى (First Eccentricity).

$$v = \frac{a^2}{(1-e^2 * \sin^2 \phi)^{0.5}} \quad (26)$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (27)$$

$a, b$ : أنصاف أقطار القطع الناقص الدوار (الاهليلج) الكبير و الصغير على التوالي.

3- التحويل من نظام الإحداثيات المتعامدة المركزية  $(X, Y, Z)$  إلى نظام الإحداثيات الجيوديزية  $(\Phi, \lambda, H)$  :  
 من المعادلة (25) يمكن استنتاج أن زاوية الطول تعطى بالعلاقة [2] :

$$\lambda = \tan^{-1} \left( \frac{Y}{X} \right) \quad (28)$$

وإذا أخذنا في الحسبان أن  $(v)$  و  $(H)$  قيمتان مجهولتان، فإن إيجادهما يحتاج بعض الاستنتاج، و لذلك فإن

قيمة  $(X^*)$  في مستوى زوال غرينيتش  $(\lambda=0)$  تعطى بالعلاقة:

$$X^* = (v+H) * \cos \phi \quad (29)$$

$$H = \frac{X^*}{\cos \phi} - v \quad (30)$$

و بقسمة معادلة  $X^*$  على معادلة  $Z$  :

$$\frac{Z}{X^*} = \frac{(v(1-e^2)+H) * \sin \phi}{(v+H) * \cos \phi} = \left(1 - \frac{v * e^2}{(v+H)}\right) * \tan \phi$$

$$\phi = \tan^{-1} \left[ \frac{\frac{Z}{X^*}}{\left(1 - \frac{v * e^2}{(v+H)}\right)} \right] \quad (31)$$

و تحل المعادلة السابقة بطريقة التعويض المتتالي (Iteration) كما يلي:

1- يمكن عدُّ القيم التقريبية التالية بدايةً للحل:

$$v_0 = a$$

$$H_0 = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{0.5} - (a * b)^{0.5} \quad (32)$$

or

$$H_0 = 0$$

بالتعويض بهذه القيم يمكن إيجاد قيمة تقريبية لزاوية العرض  $\phi_0$ .

2- تحسب من قيمة  $\phi_0$  قيمة  $V_1$ ، و من ثم  $H_1$ ، و من هذه القيم تحسب زاوية العرض الجديدة  $\phi_1$ .

3- تكرر الخطوة (2) عدة مرات إلى أن نصل إلى دقة مطلوبة في حساب الارتفاع الهندسي و زاوية العرض و

لتكن:

$$\begin{aligned} (H_i - H_{i-1}) &< 1mm \\ (\phi_i - \phi_{i-1}) &< 10^{-3} \text{ sec} \end{aligned} \quad (33)$$

4- التحويل التشابهي بين أنظمة الإحداثيات المتعامدة المركزية ثلاثية الأبعاد:

1- تحويل الإحداثيات المتعامدة ثنائية البعد (2-D):

تسمح هذه التحويلات بالانتقال من نظام الإحداثيات  $(x, y)$  إلى نظام إحداثيات آخر  $(x', y')$ ، و ذلك عبر

المراحل الآتية [6, 7]:

i. انتقال المحاور الإحداثية (تغيير مبدأ الإحداثيات (Translation of the Axes):

يتم هذا الانتقال فقط إذا كانت محاور نظام الإحداثيات الأصلي موازية لمحاور نظام الإحداثيات الجديد كما هو

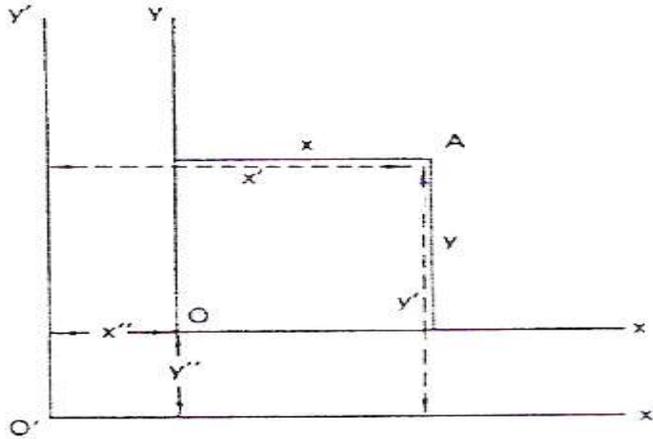
مبين في الشكل (4)، حيث انتقل مبدأ إحداثيات النظام الأصلي  $(O)$  إلى المبدأ الجديد  $(O')$  بانزياحات مقدارها  $x''$ ،  $y''$ ،

و يعبر عن ذلك جبرياً بـ بُعد النقطة  $A(x, y)$  في النظام الأصلي هي  $A(x', y')$  في النظام الجديد:

$$x' = x \pm x'' \quad (34)$$

$$y' = y \pm y'' \quad (35)$$

تعتمد إشارة  $x''$  و  $y''$  على الاتجاه الذي تتم به عملية الانتقال ( الانزياح).



الشكل (4) انتقال المحاور الإحداثية

**ii. تغيير مقياس الرسم من نظام إحداثيات إلى آخر (Change in Scale from One Coordinate to Another):**

**:Another)**

إذا أخذنا في الحسبان أن النقطتين A, B نقطتان عامتان (مشاركتان) في نظامي إحداثيات، فيكون الخط AB الواصل بين النقطتين في نظام الإحداثيات الأصلي ممثلاً بالخط ab في نظام الإحداثيات الجديد . فإذا كان AB # ab فيجب عندئذ استخدام معامل المقياس ( $\lambda$ ) لتحويل الإحداثيات من النظام الأصلي إلى النظام الجديد :

$$\lambda = \frac{ab}{AB} \quad (36)$$

و من ثمَّ فالإحداثيات في النظام النهائي:

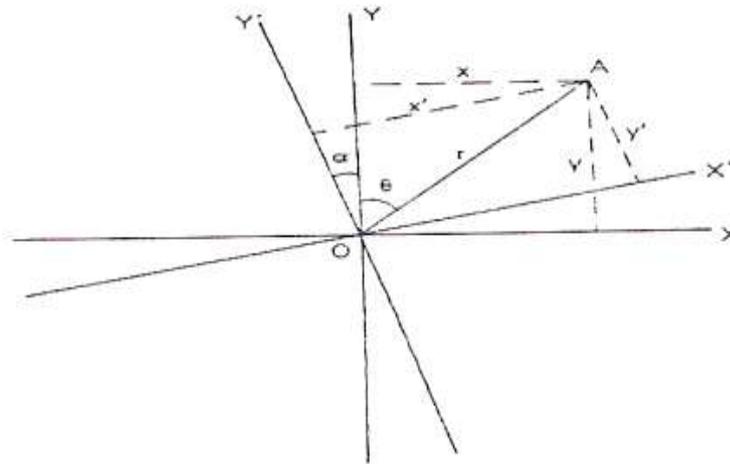
$$x' = \lambda \cdot x \quad (37)$$

$$y' = \lambda \cdot y \quad (38)$$

**iii . دوران المحاور الإحداثية حول المبدأ (Rotation of Plane Rectangular Coordinate Axes About the Origin):**

**:About the Origin)**

تدور المحاور الإحداثية (ox) و (oy) حول مبدأ الإحداثيات (o) بزاوية دوران ( $\alpha$ ) عكس عقارب الساعة، لتصبح (ox') و (oy') على التوالي ، كما هو مبين في الشكل (5) .



الشكل (5) دوران المحاور الإحداثية حول المبدأ عكس عقارب الساعة

لتكن إحداثيات النقطة (A) في النظام الأصلي ( $x, y$ ) ، و المطلوب تحديد إحداثياتها ( $x', y'$ ) في النظام الجديد بعد دوران المحاور الإحداثية، نجد أن:

$$x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha \quad (39)$$

$$y' = y \cos \alpha - x \sin \alpha \quad (40)$$

وبالتالي تعطى الإحداثيات النهائية المحولة ( الحالة العامة ) بالعلاقات:

$$x' = x'' \pm (\lambda \cdot x \cdot \cos \alpha + \lambda \cdot y \cdot \sin \alpha) \quad (41)$$

$$y' = y'' \pm (\lambda \cdot y \cdot \cos \alpha - \lambda \cdot x \cdot \sin \alpha) \quad (42)$$

و يمكن التعبير عن تحويل الإحداثيات ثنائية البعد بشكل مصفوفي:

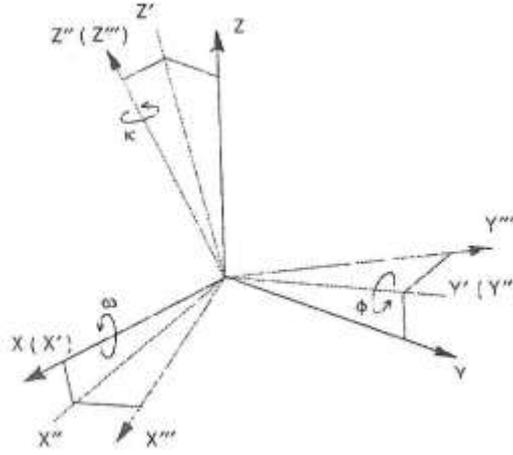
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \end{bmatrix} \pm \lambda \cdot \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (43)$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = t \pm \lambda \cdot R_{\alpha} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (44)$$

2- مصفوفة الدوران لنظام الإحداثيات المتعامدة المركزية ثلاثية الأبعاد (3-D) :

1-2- زوايا دوران محاور الإحداثيات كبيرة [1, 2, 8]:

يتمد تحويل الإحداثيات (2-D) إلى الإحداثيات (3-D)، بحيث يتم دوران المحاور X ، Y ، Z بالقيم  $\kappa, \phi, \omega$  على التوالي كما هو مبين في الشكل (6)، و يعدّ دوران المحور موجباً فيما إذا كان دورانه عكس عقارب الساعة في أثناء النظر من نهايته باتجاه مبدأ الإحداثيات.



الشكل (6) دوران المحاور ثلاثية الأبعاد

تعطى الدورانات كما يلي:

i. يؤدي دوران المحور (X) بالمقدار  $\omega$  إلى دوران كل من المحورين (Y) و (Z) إلى (Y') و (Z') على التوالي. و تعطى الإحداثيات في النظام الجديد بالمعادلة:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (45)$$

(R<sub>ω</sub>)

ii. يؤدي دوران المحور الجديد (Y') بالمقدار  $\phi$  إلى دوران كل من المحورين (X') و (Z') إلى (X'') و (Z'') على التوالي، حيث إن (X) و (X') منطبقان على بعضهما. و تعطى الإحداثيات في النظام الجديد بالمعادلة:

$$\begin{bmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} \quad (46)$$

( $R_\phi$ )

iii. يؤدي دوران المحور الجديد  $Z''$  بالمقدار  $\kappa$  إلى دوران كل من المحورين ( $X''$ ) و ( $Y''$ ) إلى ( $X'''$ ) و ( $Y'''$ )، حيث إن ( $Z''$ ) و ( $Z'''$ ) منطبقان على بعضهما. وتعطى الإحداثيات في النظام الجديد بالمعادلة:

$$\begin{bmatrix} X''' \\ Y''' \\ Z''' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{bmatrix} \quad (47)$$

( $R_\kappa$ )

تجمع مصفوفات الدوران ثلاثية الأبعاد  $R_\kappa, R_\phi, R_\omega$  في المعادلات (30) و (31) و (32) على التوالي مع بعضها لتعطي مصفوفة الدوران  $R_{\kappa\phi\omega}$  و ذلك كما يلي:

$$\begin{bmatrix} X''' \\ Y''' \\ Z''' \end{bmatrix} = R_\kappa \cdot R_\phi \cdot R_\omega \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = R_{\kappa\phi\omega} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (48)$$

و بالتالي فإن:

$$R_{\kappa\phi\omega} = \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \kappa & \cos \omega \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa & \sin \omega \sin \kappa - \cos \omega \sin \phi \cos \kappa \\ -\cos \phi \sin \kappa & \cos \omega \cos \kappa - \sin \omega \sin \phi \sin \kappa & \sin \omega \cos \kappa + \cos \omega \sin \phi \sin \kappa \\ \sin \phi & -\sin \omega \cos \phi & \cos \omega \cos \phi \end{bmatrix} \quad (49)$$

إن مصفوفات الدوران  $R_\kappa, R_\phi, R_\omega, R_\alpha$  مصفوفات متعامدة، أي إن مجموع مربعات عناصر أي سطر أو عمود يساوي الواحد، و من ثم تكون لهذه المصفوفات (المتعامدة) خاصية منفردة، و هي أن مقلوب كل من هذه المصفوفات يساوي منقولها ( $R^{-1} = R^T$ ).

## 2-2- زوايا دوران محاور الإحداثيات صغيرة [1, 6]:

من أجل زوايا دوران صغيرة للمحاور  $\delta_\kappa, \delta_\phi, \delta_\omega$  (كما في حال التحويل من نظام الإحداثيات المتعامدة المركزية العالمية حيث إن الاهليلج WGS84 يمثل السطح المرجعي، إلى نظام الإحداثيات المتعامدة المركزية المحلية حيث إن السطح المرجعي هو الاهليلج المحلي للبلد مثل اهليلج كلارك 1880 المستخدم في سوريا) يمكن جعل مصفوفة الدوران  $R_{\kappa\phi\omega}$  أكثر بساطة باستخدام التقريبات الآتية:

$$\begin{aligned} \cos \delta_\omega &\approx 1 \\ \sin \delta_\phi &\approx \delta_\phi \\ \sin \delta_\kappa \sin \delta_\omega &\approx 0 \end{aligned}$$

و بالتالي تصبح المعادلة (49) مصفوفة متناظرة - معكوسة الإشارات كما يلي:

$$R_S = \begin{bmatrix} 1 & \delta_\kappa & -\delta_\phi \\ -\delta_\kappa & 1 & \delta_\omega \\ \delta_\phi & -\delta_\omega & 1 \end{bmatrix} \quad (50)$$

من الملاحظ أن المصفوفة  $R_S$  ليست متعامدة و مع ذلك سنعدّ أن  $(R_S^{-1} = R_S^T)$ ، و ذلك لأنها الشكل التقريبي للمصفوفة المتعامدة  $R_{\kappa\phi\omega}^T$ ، و تعتبر نظرية التربيكات الصغرى أنه من المفيد تجزئة  $R_S$  (في حالة زوايا الدوران صغيرة) إلى جزأين:

$$R_S = I + \delta_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \delta_\kappa & -\delta_\phi \\ -\delta_\kappa & 0 & \delta_\omega \\ \delta_\phi & -\delta_\omega & 0 \end{bmatrix} \quad (51)$$

إن فرض الزوايا الصغيرة هو تقنية ملائمة و عملية لتبسيط المصفوفة  $R_{\kappa\phi\omega}$  (التي عناصرها غير مستقلة بل تابعة لدوران الزوايا  $\kappa, \phi, \omega$ ) إلى المصفوفة  $R_S$  (التي عناصرها مستقلة و ممثلة بكل من  $\delta_\kappa, \delta_\phi, \delta_\omega$ ). و هكذا يمكن الحل وإيجاد قيم  $\delta_\kappa, \delta_\phi, \delta_\omega$  عن طريق مجموعة من المعادلات الخطية باستخدام نظرية التربيكات الصغرى.

### 3 - طرق التحويل بن أنظمة الإحداثيات المتعامدة المركزية (3-D) :

يوجد طرق عديدة للتحويل بين أنظمة الإحداثيات (3-D)، نذكر منها [1, 9]:

• طريقة Bursa-Wolf

• طريقة Molodensky-Badekas

#### 3-1- طريقة Bursa-Wolf:

يعطي الحل بهذه الطريقة قيم المتغيرات السبعة للتحويل : معامل مقياس الرسم، الدوران حول المحاور (3 دورانات)، مركبات انتقال مبدأ الإحداثيات (3 مركبات)، و ذلك كما يلي:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}_{new} = (1 + \delta\lambda) \cdot R_S \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{old} + \begin{bmatrix} t_{x'} \\ t_{y'} \\ t_{z'} \end{bmatrix} \quad (52)$$

و تكون المتغيرات المحسوبة بهذه الطريقة مترابطة ترابطاً كبيراً.

#### 3-2- طريقة Molodensky\_Badekas:

تزيل هذه الطريقة الترابط الكبير بين المتغيرات و ذلك بربط عدد (n) من النقاط معلومة الإحداثيات في كلا النظامين (نقاط عامة أو مشتركة Common Point) بمركز مشترك (g)، و من بعد ذلك يتم حذف الانتقالات

و تكون المعادلة على الشكل الآتي:

$$\begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ z'_i \end{bmatrix}_{new} = \begin{bmatrix} x_g \\ y_g \\ z_g \end{bmatrix}_{old} + \begin{bmatrix} t_{x'} \\ t_{y'} \\ t_{z'} \end{bmatrix} + (1 + \delta\lambda) \cdot R_S \cdot \begin{bmatrix} x_i - x_g \\ y_i - y_g \\ z_i - z_g \end{bmatrix}_{old} \quad (53)$$

بحيث:

$$\begin{bmatrix} x_g = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \\ y_g = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \\ z_g = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n} \end{bmatrix}$$

و منه:

$$\begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ z'_i \end{bmatrix}_{new} = \begin{bmatrix} x_g \\ y_g \\ z_g \end{bmatrix}_{old} - (1 + \delta\lambda) \cdot R_S \cdot \begin{bmatrix} x_g \\ y_g \\ z_g \end{bmatrix}_{old} + \begin{bmatrix} t_{x'} \\ t_{y'} \\ t_{z'} \end{bmatrix} + (1 + \delta\lambda) \cdot R_S \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}_{old} \quad (54)$$

و بفرض p حد ثابت لكل النقاط و يساوي:

$$p = \begin{bmatrix} x_g \\ y_g \\ z_g \end{bmatrix}_{old} - (1 + \delta\lambda) \cdot R_S \cdot \begin{bmatrix} x_g \\ y_g \\ z_g \end{bmatrix}_{old} \quad (55)$$

بتعويض (55) في (54) نجد:

$$\begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ z'_i \end{bmatrix}_{new} = p + \begin{bmatrix} t_{x'} \\ t_{y'} \\ t_{z'} \end{bmatrix} + (1 + \delta\lambda) \cdot R_S \cdot \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}_{old} \quad (56)$$

4- حساب متغيرات التحويل باستخدام التربيعة الصغرى:

4-1- حساب متغيرات التحويل لطريقة Bursa\_Wolf:

يطلب عددًا من النقاط معلومة الإحداثيات في كلا النظامين لا يقل عددها عن ثلاثة، تسمى النقاط العامة (أو المشتركة Common Points)، و ذلك لإيجاد قيم المتغيرات السبعة بطريقة التربيعة الصغرى، و مع الأخذ في الحسبان أن مصفوفة الدوران المستخدمة هي من أجل زوايا دوران صغيرة ( $R=R_S$ )، فنكون المعادلة على هذا النحو:

$$\begin{bmatrix} v_{x'} \\ v_{y'} \\ v_{z'} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -z & y & x & 1 & 0 & 0 \\ z & 0 & -x & y & 0 & 1 & 0 \\ -y & x & 0 & z & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_\omega \\ \delta_\phi \\ \delta_\kappa \\ \delta_\lambda \\ \delta_{x'} \\ \delta_{y'} \\ \delta_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' - x \\ y' - y \\ z' - z \end{bmatrix} \quad (57)$$

يمكن كتابة المعادلة (57) على الشكل الآتي :

$$v + B\Delta = f$$

و تحسب المتغيرات أخذاً في الحسبان أن القياسات متساوية الدقة بالعلاقة:

$$\Delta = (B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot f \quad (58)$$

ويحسب الخطأ المتوسط التربيعة للرصدة المفردة بالعلاقة:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{v^T \cdot v}{n - u}} \quad (59)$$

n: عدد القياسات (الأرصاء) الكلية.

u: عدد القياسات الضرورية.

## 4-2- حساب متغيرات التحويل لطريقة Molodensky\_Badekas :

تتم كتابة المعادلة الآتية لكل نقطة عامة :

$$\begin{bmatrix} v_{x'} \\ v_{y'} \\ v_{z'} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\bar{z} & \bar{y} & \bar{x} \\ \bar{z} & 0 & -\bar{x} & \bar{y} \\ -\bar{y} & \bar{x} & 0 & \bar{z} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_{\omega} \\ \delta_{\phi} \\ \delta_{\kappa} \\ \delta_{\lambda} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{x}' - \bar{x} \\ \bar{y}' - \bar{y} \\ \bar{z}' - \bar{z} \end{bmatrix} \quad (60)$$

حيث إن:

$$\bar{x}'_i = x'_i - x'_g \quad \bar{x}_i = x_i - x_g$$

$$\bar{y}'_i = y'_i - y'_g \quad \bar{y}_i = y_i - y_g$$

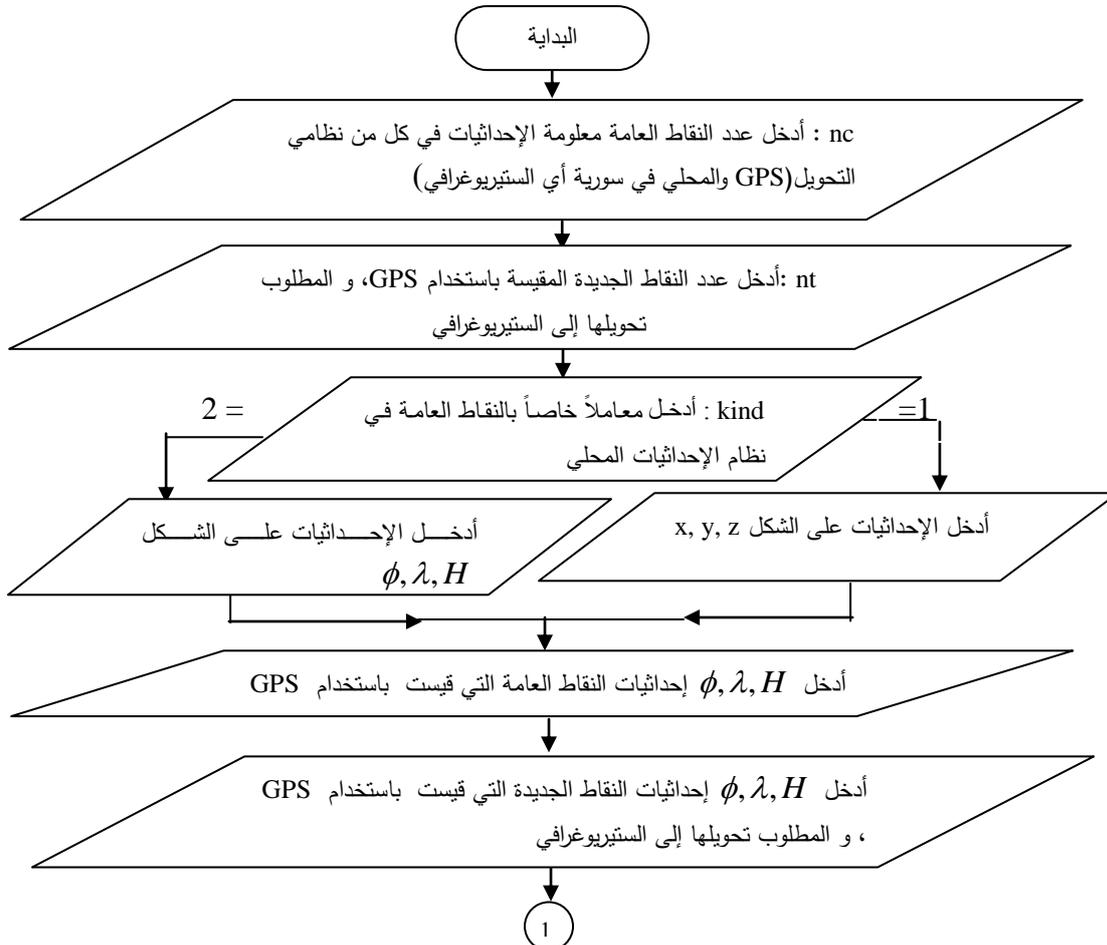
$$\bar{z}'_i = z'_i - z'_g \quad \bar{z}_i = z_i - z_g$$

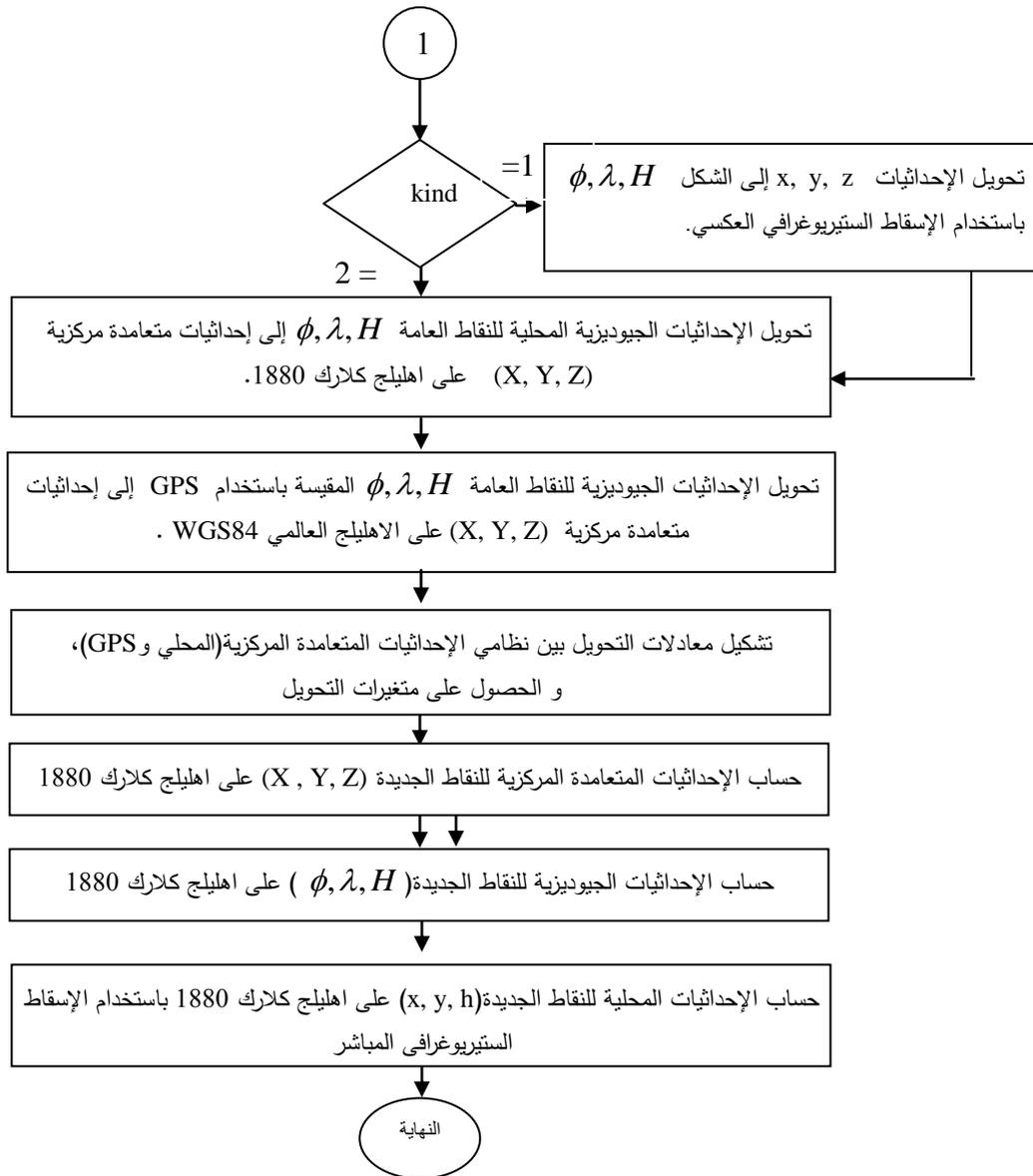
$$x'_g = \frac{\sum_{i=1}^n x'_i}{n}, \quad y'_g = \frac{\sum_{i=1}^n y'_i}{n}, \quad z'_g = \frac{\sum_{i=1}^n z'_i}{n}$$

و يمكن حل المعادلة كما في حالة Bursa .

برمجة التحويل التشابهي بين أنظمة الإحداثيات (3-D):

تمت كتابة برنامج بلغة Matlab و تسميته (cen\_Transformation)، و ذلك لتحويل الإحداثيات المقيسة بنظام GPS إلى الإحداثيات المحلية في سورية (الستيريوغرافية) بطريقة (Molodensky)، و سيتم عرض بيانات الإدخال (Input) و تسلسل العمليات الحسابية و النتائج (Output) وفق المخطط الآتي:





## النتائج و المناقشة :

من أجل توضيح مراحل التحويل و آلية عمل البرنامج، تم استخدام بيانات أربع نقاط معلومة الإحداثيات المحلية (الستيريوغرافية) في منطقة شمال سورية، و أيضاً إحداثياتها المقيسة في نظام GPS باستخدام جهاز من نوع (Ashtic) واعتماد طريقة الرصد هي تحديد نقطة وحيدة، كما هي مبينة في الجدول (1):

الجدول (1) الإحداثيات المحلية المتعامدة و الجيوديزية المقيسة بجهاز GPS

رقم النقطة	الإحداثيات المحلية المتعامدة (كلارك 1880)		الإحداثيات الجيوديزية المقيسة بجهاز GPS						رمز النقطة
	x (m)	y (m)	ϕ		λ		H		
					0	'	"	0	'

1	-220958.76	204889.91	36	01	22.13864	36	41	58.44774	367.912	TYKH
2	-221554.52	206102.17	36	02	0.98314	36	41	33.47725	368.146	F7
3	-217933.50	224758.23	36	12	8.89135	36	43	39.94308	430.459	P6965
4	-223547.79	193692.78	35	55	16.95801	36	40	26.13632	413.980	D6247

وتم عدّ ارتفاع النقاط فوق الاهليج المحلي (كلارك 1880) مساويةً للارتفاعات المحددة فوق الاهليج WGS84، وذلك لعدم معرفة تموجات الجيويدي في المنطقة المدروسة .

و تمت دراسة الحالتين التاليتين:

• الحالة ( 1 ) : تم عدّ النقاط الثلاث (2، 3، 4) نقاطاً عامة، أمّا النقطة (1) فمطلوب معرفة إحداثياتها المحلية، و كانت النتائج اعتماداً على البرنامج cen\_Transformation كما يأتي:

i. تحويل الإحداثيات المحلية المتعامدة (x, y, h) للنقاط (2، 3، 4) إلى الإحداثيات الجيوديزية المحلية  $(\lambda, \phi, H)$  على اهليج كلارك 1880 ، و ذلك باستخدام الإسقاط الستيريوغرافي العكسي:

' Local Geodetic Coordinates of Common Points on Clarck 1880'			
No. Point	Degree	Minutes	Seconds
Latitude_Clarck =			
1	36	2	1.84960
Latitude_Clarck =			
2	36	12	9.77296
Latitude_Clarck =			
3	35	55	17.77477
Longitude_Clarck =			
1	36	41	28.59340
Longitude_Clarck =			
2	36	43	35.01915
Longitude_Clarck =			
3	36	40	21.32927

ii. تحويل الإحداثيات الجيوديزية المحلية  $(\lambda, \phi, H)_{Clarck}$  للنقاط (2، 3، 4) إلى إحداثيات متعامدة مركزية على نفس الاهليج  $(X, Y, Z)_{Clarck}$ :

' Geocentric Coordinates of Common Points on Clarck 1880'			
Number of Point	X	Y	Z
Geocentric_Co_Clarck=			
1	4141061.10127	3085671.08060	3731172.35690
Geocentric_Co_Clarck=			
2	4130356.52334	3081633.72489	3746345.88852
Geocentric_Co_Clarck=			
3	4147965.35990	3088712.50599	3721120.41743

iii. تحويل الإحداثيات الجيوديزية المقيسة بنظام GPS والمعبر عنها  $(\phi, \lambda, H)_{GPS}$  للنقاط (2، 3، 4) إلى إحداثيات متعامدة مركزية  $(X, Y, Z)_{WGS84}$  على الاهليج العالمي WGS84 :  
' Geocentric Coordinates of Common Points on WGS84'

' Number of Point	X	Y	Z
Geocentric_Co84=			
1	4140849.44798	3085665.85512	3731424.36523
Geocentric_Co84=			
2	4130144.39047	3081628.93399212	3746598.09941
Geocentric_Co84 =			
3	4147754.20508	3088705.53827683	3721373.27685

iv. تشكيل معادلات التحويل بين نظامي الإحداثيات المتعامدة المركزية و الحصول على متغيرات التحويل:

'Parameters of transformation'

Rotation\_of\_X\_Axis =

0.00021

Rotation\_of\_Y\_Axis =

7.00272e-005

Rotation\_of\_Z\_Axis =

-0.00041

scale\_Factor =

1.22038e-005

transaltionx =

1708.61555

transaltiony =

-2553.24337

transaltionz =

69.85663

v. حساب الإحداثيات المتعامدة المركزية للنقاط الجديدة المقيسة بنظام GPS على اهليج كلارك 1880، أي

:  $(X, Y, Z)_{Clark}$

' Geocentric Coordinates of New Points on Clark'

' NO. point	X	Y	Z
N_Geocentric_Clark =			
1	4141251.70065	3086593.60191	3730203.34996

vi. حساب الإحداثيات الجيوديزية للنقاط الجديدة على اهليج كلارك 1880، أي  $(\phi, \lambda, H)_{Clark}$ :

'Local Geodetic Coordinates for Clark 1880 as Ellipsoid Refernce'

N\_Latitude\_Clark =

36 1 22.98889

N\_Longitude\_Clark =

36 41 53.58709

N\_Height\_Clark =

368.465

vii. حساب الإحداثيات المتعامدة المحلية للنقاط الجديدة  $(x, y, h)$  على اهليج كلارك 1880 باستخدام

الإسقاط السيتريوغرافي المباشر:

## ' Local Cartesian Coordinates on Clarck 1880 '

' Number of Point	x	y	h '
N_Co_Clarck =			
1	-220958.40	204889.26	368.465

- الحالة ( 2 ) : تم عدّ النقاط الثلاث (3، 4) نقاطاً عامة ، أما النقطتان (1، 2) فمطلوب معرفة إحداثياتهما المحلية، و كانت النتائج النهائية اعتماداً على البرنامج cen\_Transformation كما يأتي:

الجدول (2) الإحداثيات المحلية (كلارك 1880) المتعامدة و الجيوديزية للنقاط الجديدة

رقم النقطة	x (m)	y (m)	$\phi$			$\lambda$		
			0	'	"	0	'	"
1	-220958.22	204889.00	36	01	22.98055	36	41	53.59479
2	-221553.84	206101.41	36	02	1.82555	36	41	28.62143

- وبإجراء مقارنة بين الإحداثيات المتعامدة المحلية المعطاة و المحسوبة، و أيضاً الإحداثيات الجيوديزية المحلية للنقاط الجديدة المقيسة بنظام GPS، نحصل على النتائج المبينة في الجدول (3):

الجدول (3) الفروق بين الإحداثيات

الحالة المدروسة	رقم النقطة	$\Delta x(m)$	$\Delta y (m)$	$\Delta \phi$	$\lambda \Delta$
				"	"
1	1	0.36	-0.65	-0.021	0.015
2	1	0.54	-0.91	-0.029	0.022
	2	0.68	-0.76	-0.024	0.028

## الاستنتاجات و التوصيات:

1. من النتائج في الحالة (1) مع الأخذ في الحسبان أن جهاز GPS المستخدم (Ashtic) وطريقة الرصد هي تحديد نقطة وحيدة، وأيضاً تعويض الارتفاع عن الاهليلج المحلي (كلارك 1880) في المعادلات مساوياً للارتفاع المقيس بجهاز GPS (الاهليلج WGS84)، نجد أن النتائج (المبينة في الجدول 3) ضمن الحدود المقبولة و بذلك يمكن استخدام البرنامج cen\_Transformation لتحويل الإحداثيات المقيسة بجهاز GPS إلى إحداثيات محلية.

2. نلاحظ أن البرنامج يعطي إحداثيات النقاط الجديدة المقيسة بجهاز GPS بصفتها إحداثيات جيوديزية محلية (على اهليلج كلارك) 1880 أيضاً، و هذا يسمح بتحويلها إلى إحداثيات متعامدة محلية باستخدام إسقاط لامبير المستخدم في سوريا بدلاً من الإسقاط الستيريوجرافي.

3. بمقارنة نتائج الحالة (1) مع نتائج الحالة (2) المبينة في الجدول (3) ، نجد أنه في حال استخدام ثلاث نقاط عامة (الحالة 1) تكون النتائج أكثر دقة من حال استخدام نقطتين عامتين وبشكل عام هما غير كافيتين (الحالة 2). ومن ثم يوصى بزيادة عدد النقاط العامة من أجل زيادة دقة النتائج.

#### المراجع:

- 1- DEAKIN, R. *3-D Coordinate Transformation*. Surveying and Land Information Systems U. S. A., Vol. 58, No. 4, 1998, 223- 234 .
- 2- محمد الحسيني، محمد صفوت. *الجيوإيسيا*. الطبعة الأولى، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2002، 410.
- 3- القاموح، أديب. *المساحة للمهندسين المعماريين*. الطبعة الأولى، كلية الهندسة المعمارية، جامعة تشرين 1998-1999 .
- 4- RUFFHEAD, A. C.; *Enhancement of Inverse Projection Algorithms with Particular Reference to the Syrian Stereographic Projection*. Survey Review, Vol. 34, No. 270, 1998, 501-508.
- 5- KARAKIWSKY, E. J. ; Thomson, D.B. *Geodetic Position Computations*. 5<sup>th</sup> ed. , University of Calgary, Canada, 1990,99.
- 6- MALING, D. H. *Coordinate Systems and Map Projections*. 3<sup>rd</sup> ed., Butterworth-Heinemann., 1993, 255.
- 7- ALLAN, A. L. *Practical Surveying and Computations*. 2<sup>nd</sup> . ed, Oxford; Boston: Laxtons, 1997, 573.
- 8- REVHAUG, I. *A Model for the Transformation of Satellite Vectors to the Plane of the Map*. Survey Review U. K., Vol. 35, No. 247, 1999, 277-285.
- 9- LEICK, A. *GPS Satellite Surveying*. 3<sup>rd</sup> . ed. , John Willey & Sons Inc. New York, 2003, 464.

