

طريقة منهجية لربط شبكة الإحداثيات المحلية في منطقة جوبة دريوس العقارية بشبكة الإحداثيات العامة العقارية في سورية

الدكتور اياد فحصة*

سومر الجوني**

تاريخ الإيداع 25 / 10 / 2015. قُبِلَ للنشر في 10 / 11 / 2015

□ ملخص □

يتضمن البحث دراسة جيوديزية لشبكة المثلثات العقارية المحلية في منطقة صلنفة، واقتراح حل من أجل ربط الشبكة المحلية بالشبكة العقارية العامة في سورية. يعتمد العمل على مقارنة نتائج التحويل ثنائي الأبعاد، بحيث يتم اختيار التحويل الأمثل الذي يتلافى حدوث تداخلات بين المناطق والمخططات العقارية، ويقلل من تشوهات الشبكة بعد تحويلها (انزياح، دوران، مقياس). في البداية تم التطرق إلى تاريخ انشاء الشبكة الجيوديزية في منطقة صلنفة ومراحل تنفيذها، ومشاكلها الهندسية، و تم إلى طرق التحويل المستخدمة في الربط، وتطبيقها على الشبكة، واختيار التحويل الأفضل، وتعيين بارمترات التحويل المناسبة. وتم اقتراح حل يعتمد على تقسيم الشبكة إلى ثلاث قطاعات، بحيث يقلل تشوه الشبكة الناتج عن التحويل في كل قطاع.

تم اعداد برنامج حاسوبي لتنفيذ التحويل المقترح وربط نقاط الشبكة المحلية باستخدام لغة البرمجة C#. وتم التحقق من بارمترات التحويل الناتجة بمقارنة القياسات الخطية المحسوبة من الاحداثيات الناتجة عن التحويل مع القياسات الخطية الموجودة في دفاتر رصد الشبكة، وإجراء قياسات حقلية لبعض النقاط الموجودة وحساب احداثياتها ومقارنتها مع الاحداثيات المحسوبة عن التحويل.

الكلمات المفتاحية: شبكة مثلثات جيوديزية، تحويل الاحداثيات، منطقة عقارية، قياسات خطية، بارمترات التحويل، تشابهي، متعدد الحدود

* أستاذ مساعد - قسم الهندسة الطبوغرافية بكلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** ماجستير - الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

A Methodology for linking local coordinates system in Juba Darius with Public Coordinates System in Syria

Dr. Iyad Fahsa*
Somar Aljoanie**

(Received 25 / 10 / 2015. Accepted 10 / 11 / 2015)

□ ABSTRACT □

Search includes the geodetic study local network triangulation real estate in **Slenfeh** area, and propose a solution for the local network linking public real estate network in Syria based on a comparison of the **2D-Transformation** results so as to choose the optimal conversion which avoids the occurrence of interactions between regions and schemes real estate and reduces distortions network after conversion (shift, rotation, scale). At first been touched to date geodesic network set up in Slenfeh region and the stages of execution, and the problems of engineering, and then to the transformation methods used in the link, and apply them to the network, and choose the best conversion, and set parameters optimal transformation, have been proposed solution depends on the network is divided into three segments so that Network least deformation resulting from the transformation in each sector.

A computer program that has been prepared for the implementation of the transformation and linking local grid points by using the **C #** programming language.

It has been verified the resultant transformation parameters by comparing linear measurements calculated from coordinates resulting from the transformation with linear measurements in the network observation records, and execution field measurements of some of the points and calculate its coordinates and compare it with the coordinates calculating from transformation.

Keywords: geodetic Triangles network, Coordinate transformation, Real estate region, linear observation, Transformation parameters, Similarity, Polynomial

* Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Master's , Civil Engineering from Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

قامت مصلحة الجغرافيا العسكرية الفرنسية بإشراف السيد (كميل.دورا فور)، رئيس الفريق الفرنسي لأعمال المسح العقاري في سورية ولبنان بإنشاء شبكة مثلثات جيوديزية بدرجاتها المختلفة، وكانت الهيكل والأساس لكافة أعمال المساحة (سواء المساحة الجيوديزية، المساحة المستوية، المساحة الطبوغرافية، المساحة الجوية)، وإنشاء الخرائط. أما بالنسبة لقرية صلنفة (منطقة جوية دريوس العقارية) فقد اجتذبت اهتمام الفرنسيين في ثلاثينيات القرن الماضي وجعلوا منها مصيفاً لهم وأصبحت مقراً لفريق المسح العقاري تجري ضمنه أعمال الحسابات والرسم للقرى المحددة والمحرة في تلك الفترة، ومن هذه الأهمية السياحية للقرية كان لا بد من تنظيم ملكيات القرية ضمن السجل العقاري وتخطيطها بما أن الشبكة العامة (الستريوغرافية) في سورية لم يصل تكثيفها في تلك الفترة الزمنية إلى شمال الساحل السوري، فقد أسس الفرنسيون شبكة مثلثات محلية انطلاقاً من نقطتي مثلثات لتشكل قاعدة انطلاق لباقي نقاط الشبكة، ولرصد مسالك المضلعات وحدود العقارات. ورسمت المخططات العقارية بناءً على احداثيات الشبكة المحلية. لقد مر على تأسيس الشبكة أكثر من نصف قرن ومازالت احداثياتها محلية، وبقيت هي المنطقة العقارية الوحيدة في محافظة اللاذقية غير مربوطة بجملة الاحداثيات العامة، وقد تطورت المنطقة سياحياً واقتصادياً وازدادت الحاجة معها لتطوير الخدمات الفنية (بناء، طرق، الصرف الصحي) والمشاريع الهندسية المرتبطة مباشرةً مع شبكة المثلثات العقارية والعقارات الموجودة فيها، فحان الوقت لربط الشبكة المحلية للمنطقة بالشبكة العامة في سورية باستخدام أحد نماذج تحويل الاحداثيات.

إن تحويل الاحداثيات هو اجراء رياضي يشكل علاقة هندسية بين نظام الاحاثيات المصدر (احداثيات محلية، احداثيات الصور الجوية) وبين نظام الاحداثيات الهدف (احداثيات عالمية، أو احداثيات عامة ضمن القطر). هذا الاجراء الرياضي يحسب معاملات التحويل بين النظامين اعتماداً على عدد من النقاط المرجعية المحسوبة الاحداثيات في النظامين، وهناك عدة أنواع من نماذج التحويل (تحويل تشابهي، تحويل أفيني، تحويل متعدد الحدود، تحويل اسقاطي)، كل نموذج يختلف عن الآخر بعدد المعاملات المستخدمة لاجراء التحويل، ومن ثم سيكون لكل منها تأثير مختلف على الاحداثيات المحولة [1].

أهمية البحث وأهدافه

تكمُن أهمية البحث في ايجاد الحل الهندسي لمشكلة الشبكة العقارية (شبكة نقاط المثلثات غير متجانسة فيما بينها وجملة احداثيات الشبكة محلية وغير مربوطة بالشبكة العقارية العامة في سورية) في منطقة سياحية مهمة في محافظة اللاذقية وتأثير هذا الواقع السيئ على أعمال المسح العقاري والفني للمدينة، ومنتج عن تلك الأعمال من تداخل عقارات المنطقة ومخططاتها مع عقارات المناطق العقارية المجاورة، واختلاف وعدم انسجام في احداثيات المشاريع الهندسية بين الجهات الحكومية ضمن المدينة (محاور الطرق، خطوط المياه والصرف الصحي، حدود الاستملاك). يهدف البحث أيضاً إلى عرض النماذج الرياضية لطرق تحويل الاحداثيات الثنائية الأبعاد وعمل مقارنات تحليلية فيما بينها، واختيار نموذج التحويل الأفضل الذي يربط الشبكة المحلية في جوية دريوس بالشبكة العقارية العامة بأقل الأخطاء والتشوهات وبحيث نحافظ على شكل الشبكة بعد التحويل تجنباً للتداخلات مع المناطق العقارية المجاورة.

طرائق البحث ومواده

التاريخ وواقع شبكة المثلثات في منطقة جوية دريوس العقارية

قام الفريق الفرنسي في عام 1932 بتأسيس شبكة مثلثات جيوديزية محلية تغطي قرية صلنفة العقارية انطلقت من نقطتي مثلثات (PN1,PN2) بطول قاعدة يبلغ $m1066.44$ ، مشكّلةً قاعدة انطلاق لباقي نقاط الشبكة البالغ عددها سبعة نقاط. وتم قياس الزوايا بين رؤوس المثلثات وحساب إحداثياتها المحلية، ولم تعتمد أي نظام اسقاط في حساباتها بعكس الجملة العامة التي اعتمدت نظام الاسقاط الستريوغرافي "نظام اسقاط تشابهي عبارة عن مستوي قاطع للكرة الأرضية في دائرة، ومن خصائصه المحافظة على الزوايا والمساحات ضمن المناطق الصغيرة وتغير معامل مقياس المسافات مع الابتعاد عن مركز الجملة، والتي تقع بالقرب من تدمر. وعكساً كلما تغير ارتفاعنا عن سطح البحر". نُفّدت مسالك المضلعات اعتماداً على الشبكة من أجل القيام بأعمال المسح الفني، وبما أن دقة الأجهزة المساحية في تلك الفترة الزمنية كانت ضعيفة وطرق الحساب بسيطة ولم تعتمد على ضبط الشبكة كبلوك واحد باستخدام نظرية التربيعات الصغرى، فقد نتج عن ذلك نقاط مثلثات ومضلعات بأخطاء تموضع كبيرة، وتشوه في مقياس الشبكة ودورانها، وقد توه الفريق المساحي في تقريره الخاص بالأعمال الجيوديزية بذلك الخطأ في الشبكة المساحية الناتج عن خطأ القياس في قاعدة الانطلاق.

في عام 1942 ونتيجة أخطاء شبكة المثلثات السابقة والتوسع العمراني لقرية صلنفة نتيجة تحولها إلى مصيف سياحي، قام الفريق الفرنسي بإعادة رصد شبكة المثلثات جديدة اعتماداً على قاعدة انطلاق الشبكة السابقة وبعض النقاط التي حافظت على مكانها وتم إضافة نقاط جديدة لشبكة المثلثات وأصبحت الشبكة مكونة من 7 نقاط وهي :

بالإضافة للنقطة S1 من شبكة عام 1932.

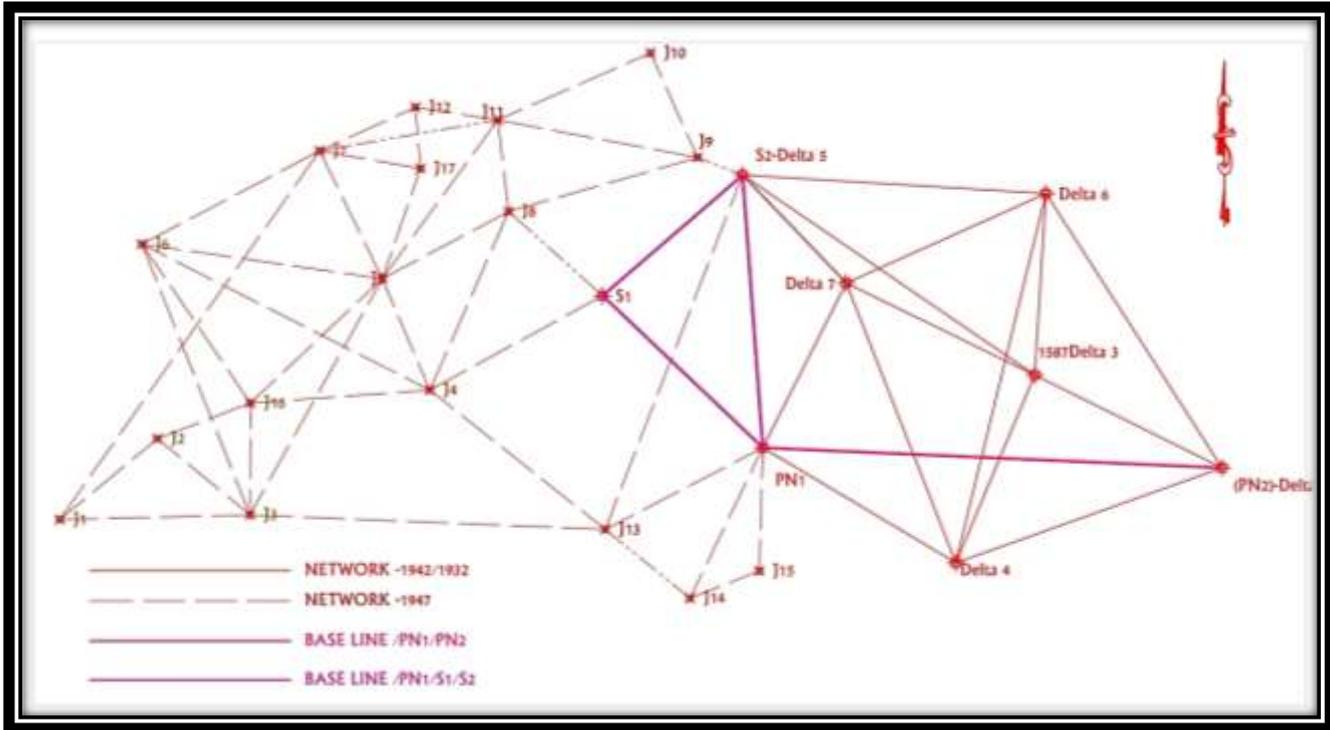
تم رصد اتجاهات الشبكة بدقة أفضل، وحساب احداثياتها، وتكثيف مسالك مضلعات جديدة تغطي التوسع الجديد للقرية. واستمرت الأعمال المساحية حتى عام 1947، حيث امتدت أعمال المسح لتضم منطقة جوية دريوس العقارية المتاخمة لقرية صلنفة من جهة الغرب، لذلك كان لابد من تأسيس شبكة مثلثات جديدة تغطي منطقة جوية دريوس العقارية انطلاقاً من ثلاثة نقاط مثلثات من الشبكة السابقة وهي (PN1 & S1 & S2(Δ5))

توزعت نقاط الشبكة الجديدة على طول 2000m غرب قرية صلنفة وتكونت من 17 نقطة جديدة وهي:

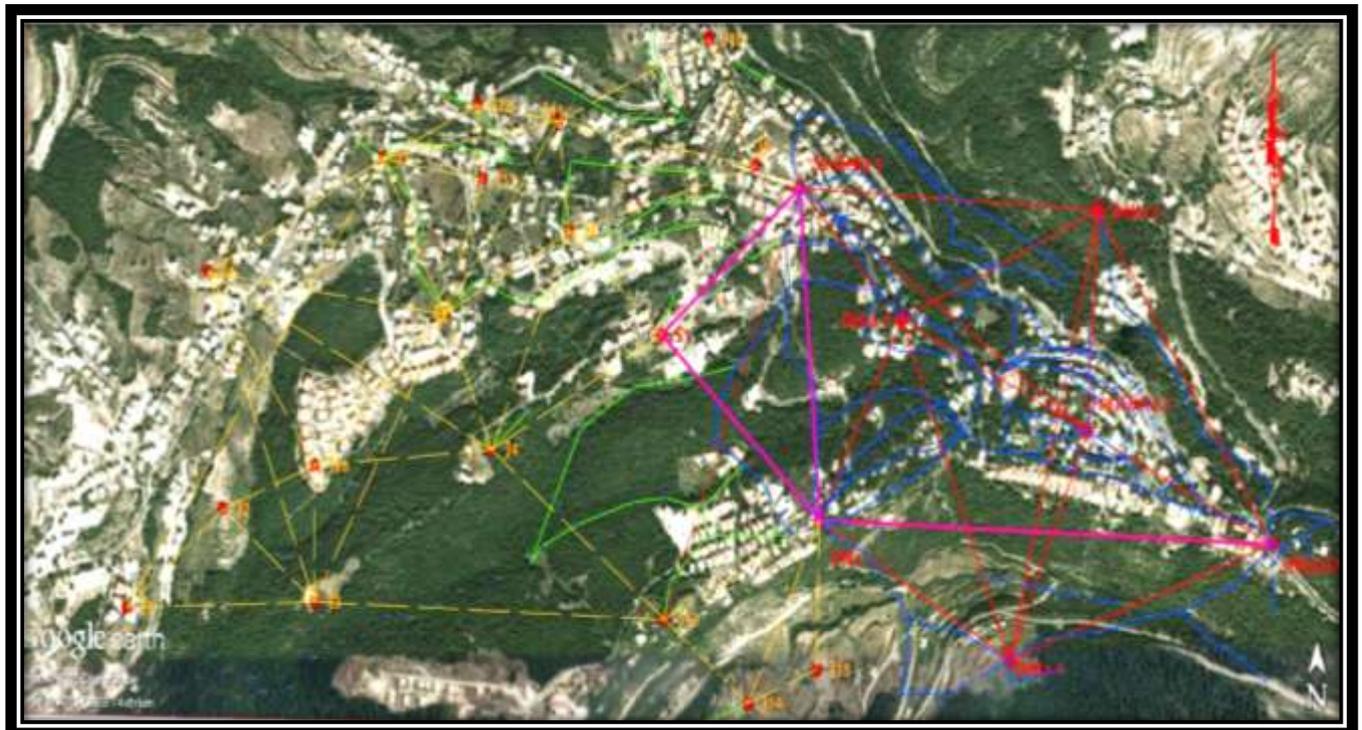
(J1&J2&J3&J4&J5&J6&J7&J8&J9&J10&J11&J12&J13&J14&J15&J16&J17)

ويبين الشكلان (1) و (2) شبكات المثلثات في صلنفة خلال الفترات الزمنية المختلفة و صورة جوية توضح

شبكات المثلثات في صلنفة خلال الفترات الزمنية المختلفة.



الشكل (1): شبكات المثلثات في صلنفة خلال الفترات الزمنية المختلفة



الشكل (2): صورة جوية توضح شبكات المثلثات في صلنفة خلال الفترات الزمنية المختلفة

2 النماذج الرياضية لطرق التحويل بين الإحداثيات الأفقية

إن تحويل إحداثيات النقاط من نظام إلى آخر هي مشكلة شائعة في مجال المساحة ورسم الخرائط، وتستخدم في نظام GPS وحقل المساحة التصويرية بشكل واسع النطاق[1].

يهدف نموذج التحويل إلى الربط بين نظامي الإحداثيات معاً باستخدام المعادلات الرياضية وإيجاد العلاقة باستخدام معاملات محددة ومحسوبة، لذلك يتطلب التحويل نقاط مرجعية معروفة الإحداثيات في كل من النظامين، وما إن يتم اختيار النقاط المرجعية تتشكل النماذج الرياضية للتحويلات ويتم اختيار النموذج الأفضل الذي يقلل من التغيرات في موقع ودوران وشكل الشبكة. فيما يلي سوف نشرح الإجراءات الأولية لحساب ثلاثة نماذج من التحويلات المعروفة والمطبقة غالباً باستخدام نظرية التربيغات الصغرى[4].

3-2-1 تحويل هيلمرت ثنائي الأبعاد 2D HELMERT TRANSFORMATION: [3,2]

هذا التحويل والمعروف أيضاً بالتحويل التشابهي (SIMILARITY) المكون من البارامترات الأربعة، ومن أهم سماته المحافظة على الأشكال المحددة من مجموعة نقاط بعد إجراء التحويل وعادةً يستخدم في المساحة الأرضية عند تحويل إحداثيات قطاعات ممسوحة إلى نظام إحداثيات مرجعي مشترك فيما بينها، يتضمن هذا التحويل ثلاث خصائص وهي:

- 1 - المقياس (SCALE): للحصول على أبعاد متساوية في النظامين
 - 2 - الدوران (ROTATION): لتعيين محاور الإحداثيات المرجعية في كل من النظامين
 - 3 - الانزياح (TRANSLATIONS): لتعيين مركز الإحداثيات في النظامين
- يعين كل من المقياس والدوران بمعامل والانزياح بمعاملين على محوري الإحداثيات وبالتالي يصبح لدينا أربع بارامترات لتعيين هذا التحويل أي نحتاج على الأقل نقطتين معروفتي الإحداثيات في النظامين لتعيين هذه البارامترات، وإذا وجد أكثر من نقطتين حينها نستخدم التربيغات الصغرى لإجراء عملية التعديل.
- يعطى التابع الرياضي لهذا التحويل كما يلي:

$$X = (S \cos\theta)x - (S \sin\theta)y + T_x \quad (1-3)$$

$$Y = (S \sin\theta)x + (S \cos\theta)y + T_y$$

• ويتم اختصار المعادلات السابقة واستبدال قيم حدودها بالمعاملات كما يلي:

$$X + v_x = ax - by + T_x \quad (2-3)$$

حيث أن: T_x, T_y هي الانزياحات على المحورين.

• ويأخذ الشكل المصفوفاتي للمعادلات السابقة (بادخال أكثر من نقطتين في حساب التحويل وليكن

(A,B,C)الصيغة:

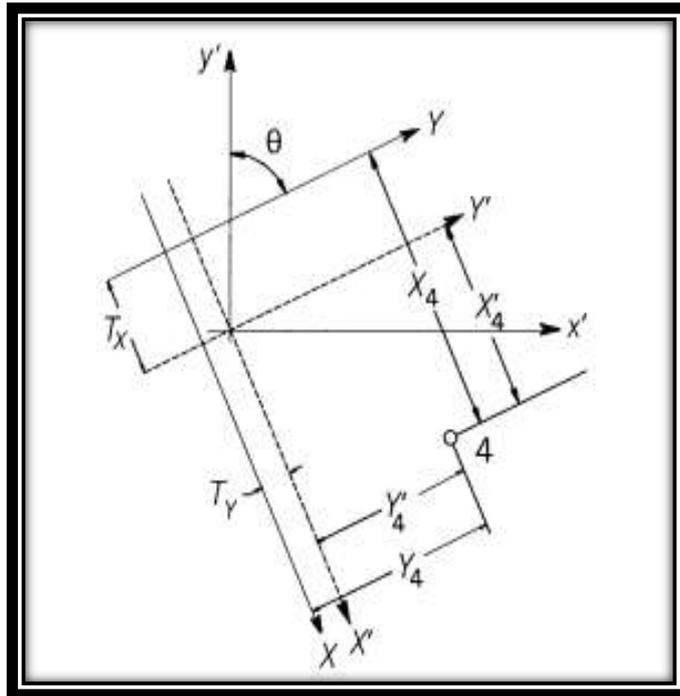
$$AX = L + V \quad (3-3)$$

حيث أن:

$$A = \begin{bmatrix} x_a & -y_a & 1 & 0 \\ y_a & x_a & 0 & 1 \\ x_b & -y_b & 1 & 0 \\ y_b & x_b & 0 & 1 \\ x_c & -y_c & 1 & 0 \\ y_c & x_c & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ X_B \\ Y_B \\ X_C \\ Y_C \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} v_{X_A} \\ v_{Y_A} \\ v_{X_B} \\ v_{Y_B} \\ v_{X_C} \\ v_{Y_C} \end{bmatrix} \quad (4-3)$$

وبعد اجراء التعديل نحسب الدوران والمقياس كمايلي:

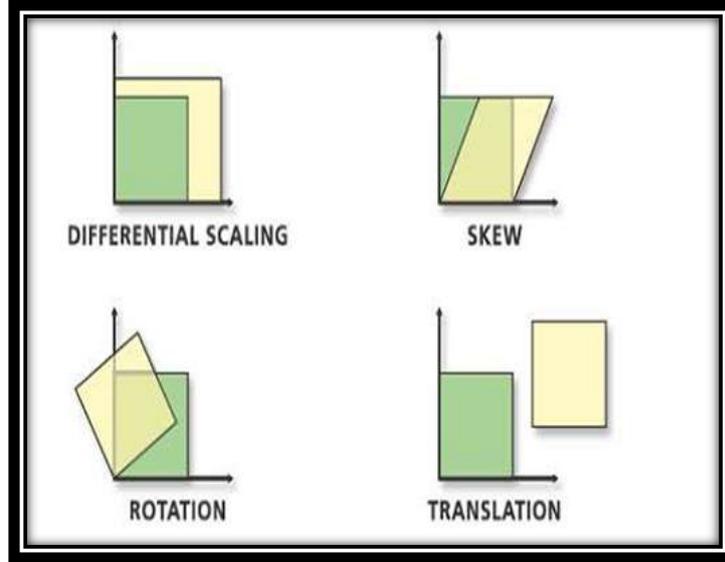
$$S = \frac{a}{\cos \theta} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad (5-3)$$



الشكل (3): خصائص التحويل بين نظامي الاحداثيات

2-2 تحويل أفينيثائي الأبعاد 2D AFFINE TRANSFORMATION [2]

هو تحويل خطي يُعَيَّن بست معاملات ويختلف بشكل طفيف عن تحويل HELMERT المعين بأربع بارامترات، لكن في تحويل AFFINE يوجد معامل مقياس لكل محور (X, Y)، ويستخدم هذا التحويل كثيراً في المساحة التصويرية من أجل التوجيه الداخلي، وكما في التحويل التشابهي أيضاً يوجد في تحويل AFFINE انزياحين عن المركز في كل محور ودوران، بالإضافة إلى تصحيح زاوي صغير للانحراف (SkewAngle) نتيجة عدم تعامد المحاور. وهذه الخصائص تحتاج ست معاملات لحل النموذج الرياضي للتحويل وبالتالي نحتاج ثلاثة نقاط مرجعية على الأقل معلومة الاحداثيات في النظامين.



الشكل (4): يوضح عناصر تحويل AFFINE

• يعطى النموذج الرياضي لتحويل AFFINE كما يلي [7,8]:

$$X + v_x = ax + by + C \quad \text{حيث أن } T_x \text{ الانزياح على المحور } X$$

$$Y + v_y = dx + ey + f(7-3) \quad \text{حيث أن } T_y \text{ الانزياح على المحور } Y$$

• والشكل المصفوفاتي للمعادلات السابقة وبإدخال أكثر من ثلاث نقاط في حساب التحويل وليكن أربع نقاط:

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \\ X_4 \\ Y_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{X_1} \\ v_{Y_1} \\ v_{X_2} \\ v_{Y_2} \\ v_{X_3} \\ v_{Y_3} \\ v_{X_4} \\ v_{Y_4} \end{bmatrix} \quad \text{حيث أن:} \quad (8-3)$$

وبعد اجراء التعديل بحسب كل من الدوران والمقياس على المحورين كمايلي:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{d}{a} \Rightarrow S_x = \frac{a}{\cos \theta} \quad \text{الدوران}$$

$$\frac{k \cos \theta - \sin \theta}{k \sin \theta + \cos \theta} = \frac{b}{e} \Rightarrow S_y = \frac{b}{k \cos \theta - \sin \theta} (9-3)$$

حيث أن: $k = \tan(\text{Skew Angle})$ [8].

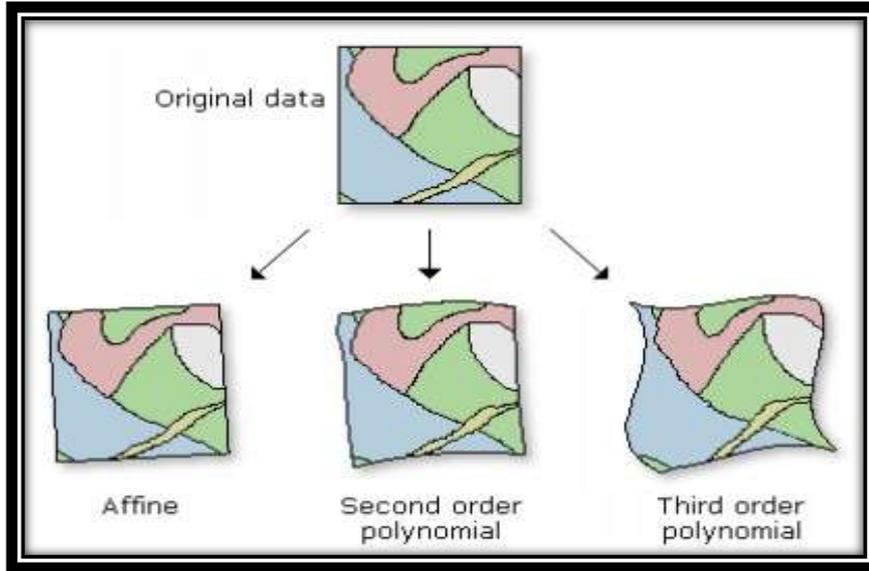
2D Polynomial

3-2 تحويل باستخدام متعدد الحدود من الدرجة الثانية

order²TRANSFORMATION

هو تحويل لا خطي يربط بين نظامي الإحداثيات من خلال الانزياح على المحورين والدوران وتغيرات مختلفة

على المقياس، والتابع الرياضي لهذا النموذج يمكن أن يحتوي عدد كبير من الحدود، ويستخدم بشكل عام في الربط المكاني لصور الأقمار الصناعية غير المصححة والصور الجوية (Georeferenced) لتلائم طبقة البيانات الشعاعية (VectorData) وذلك بتمديد الصور ومطها فوق طبقة البيانات الأكثر دقة [5,6].



الشكل (5): يوضح الفرق بين تحويلات متعدد الحدود المختلفة الدرجات

يعطى النموذج الرياضي لتحويل 2^{order} Polynomial كما يلي:

$$X + v_x = T_x + a_1 x + a_2 y + a_3 x^2 + a_4 xy + a_5 y^2 \quad (10-3)$$

$$Y + v_y = T_y + b_1 x + b_2 y + b_3 x^2 + b_4 xy + b_5 y^2$$

من المعادلات السابقة لدينا 12 معامل ل يتم حساب نموذج التحويل وبالتالي نحتاج ستة نقاط مرجعية على

الأقل معلومة الاحداثيات في النظامين.

3-3 حل معاملات التحويلات وتقييمها

كل نموذج تحويل يتطلب حد أدنى من النقاط المرجعية (2 نقطة لتحويل هيلمرت، 3 نقاط لتحويل فايني، 6 نقاط لمتعدد الحدود من الدرجة الثانية، 9 نقاط لمتعدد الحدود من الدرجة الثالثة) من أجل تعيين معاملات التحويل، وكلما زاد عدد النقاط أمكننا استخدام كل من الرواسب (الفروق بين الاحداثيات المرجعية والاحداثيات الناتجة عن التحويل) وخطأ الجذر التربيعي للتحويل **RMSE** في تقييم نتائج التحويل بشكل أفضل. وبحسب خطأ **RMSE** كما يلي [4]:

$$RESX_i = X_i - \hat{X}_i, RESY_i = Y_i - \hat{Y}_i, RES_i = \sqrt{(RESX_i^2 + RESY_i^2)} \quad (11-3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (RES_i)^2} \quad (12-3)$$

حيث أن: $X_i, Y_i, \hat{X}_i, \hat{Y}_i$ هي الاحداثيات المرجعية والمحسوبة للنقاط من التحويل على التوالي. في التحويلات الثلاث سيتم حل المعاملات باستخدام طريقة التريبعات الصغرى كما يلي:

$$X = (A^T P A)^{-1} (A^T P L) \quad (13-3)$$

X : مصفوفة المجاهيل (معاملات التحويل)

V : مصفوفة التصحيحات

A : مصفوفة الشكل

L : مصفوفة القياسات (احداثيات النقاط المرجعية)

P: مصفوفة أوزان القياسات (دقة احداثيات النقاط المرجعية) [8] .

3-4 اقتراح حل منهجي من أجل ربط الشبكة المحلية في جوية دريوس بالشبكة العقارية العامة

- 1 إيجاد (الأساس الجيوديزي من أجل ربط الشبكة المحلية) وهو نقاط المثلثات المشتركة بين الجملة المحلية والعامة والتي قامت فرقة المثلثات بربطها بالجملة العقارية وإيجاد دقاتر الأرصاد الحقلية لها اذا وجدت من أجل إعادة حساب إحداثياتها العامة باستخدام طريقة التربيغات الصغرى.
- 2 تجميع القياسات الحقلية لشبكة المثلثات التي قام بها الفريق المسح الفرنسي بتطبيقها في حساب احداثيات الشبكة خلال الأعوام (1932-1942-1947).
- 3 ضبط وحساب نقاط الشبكة كبلوك واحد باستخدام البرنامج، اعتمادا على الأساس الجيوديزي للشبكة والقياسات الحقلية نفسها، واستبعاد الأغلاط منها وتحليل دقتها وموثوقيتها.
- 4 باعتبار أن شبكة المثلثات غير متجانسة الدقة فيما بينها لعدة عوامل نذكر اهمها (تم تكثيفها على ثلاث مراحل زمنية بأقل النقاط المشتركة فيما بينها، استخدام أجهزة مساحية مختلفة الدقة في كل فترة، عدم وجود قياسات حقلية تربط بين بداية ونهاية الشبكة من أجل ضبطها كبلوك واحد، أخطاء بشرية في المعالجة الرياضية، حساب احداثيات كل نقطة بشكل منعزل عن الأخرى) لذلك يجب تقسيم منطقة شبكة المثلثات إلى قطاعات تراعي العوامل السابقة ويكون فيها قيم الرواسب الناتجة من فروق الاحداثيات بعد التحويل أقل ما يمكن (20 cm) >
- 5 تطبيق نماذج التحويلات الثلاث على نقاط قطاعات الشبكة وتقييم النتائج واختيار النموذج الأفضل .
- 6 التحقق من نتائج التحويل وذلك بمقارنة المسافات المحسوبة من الاحداثيات المحولة مع المسافات المقاسة والموجودة في دقاتر الأرصاد الحقلية لنقاط المضلعات، أو من خلال رصد الإحداثيات العامة لكتلة بناء موجودة في المخططات العقارية المسوحة بإحداثيات محلية ومقارنة الفروق نتيجة التحويل.
- 7 وضع برنامج حاسوبي يقوم بعملية التحويل بين الجملتين المحلية والعامة.

النتائج والمناقشة

1 إيجاد الأساس الجيوديزي المعتمد من أجل ربط الشبكة المحلية

- ❖ من أجل ربط الشبكة لأبد من البحث فيها عن نقاط المثلثات المربوطة بالجملة العامة والمحسوبة من قبل مكتب المثلثات من أجل اعتمادها كأساس جيوديزي في حساب الإحداثيات العامة لباقي نقاط الشبكة وبعد البحث في مكتب المثلثات وجدنا النقطتين التاليتين:
- 1 (Δ3) 1587: وهي نقطة مثلثات رئيسية في شبكة المثلثات في عامي (1932/1942) وتم ربطها بالجملة العامة وحسابها من قبل مكتب المثلثات (محسوبة مسبقاً) وغير موجودة حالياً
- 2 (J13) 1608: وهي نقطة مثلثات رئيسية في شبكة المثلثات في عام 1947 وتم ربطها بالجملة العامة وحسابها من قبل مكتب المثلثات (محسوبة مسبقاً) وموجودة بحالة جيدة حالياً.
- ❖ في عام 1983 قامت فرقة المثلثات بربط النقاط الموجودة في المنطقة والتي حافظت على موقعها بالجملة العامة العقارية باستخدام قياسات زاوية باتجاه نقاط جيوديزية مختلفة الدرجات والنقاط هي: (J5, J9, J11) والجدول التالي يوضح القياسات:

جدول (1): قياسات الاتجاهات بين النقاط

J5	سينيال الروادي (درجة 1)	0
	1524	116.3914
	قبة مقام الأربعين (درجة 1)	126.2814
	1595	159.1983
	1632	205.407
J11	سينيال السلطان يعقوب (درجة 1)	0
	6782	111.7095
	J9	240.2801
	1595/رودكو	393.5428
	1921	144.4493
J9	سينيال الروادي (درجة 1)	0
	1524	112.2945
	1595	150.8845
	6782	237.711
	1606	394.8245

تم ادخال القياسات في البرنامج وحسبت إحداثيات النقاط السابقة باستخدام البرنامج وضبطها باستخدام التريبعات الصغرى والجدول التالي يوضح نتائج التعديل:

جدول (2): نتائج التعديل والخطأ المتوسط التريبع للشبكة

Total# of Unknown Points:	3
Total# of Points:	15
Total# of Observations:	15
Degree of Freedom:	6
Confidence Interval:	95%
Number# of Iterations:	3
Chi Square Value:	2.538503891
Chi Square Standard Table Value:	12.6126071
Goodness of Fit Test:	Passes at the 5% Level
Standard Deviation of Unit Weight:	0.650449062

جدول (3) يوضح احداثيات النقاط بعد التعديل والخطأ المتوسطة التريبعية لها

Point# 3	Easting (m)	Northing (m)	StdDev(X) (m)	StdDev(Y) (m)	StdDev(XY) (m)
J5	-269863.715	159026.673	0.053	0.023	0.058
J11	-269596.1589	159406.409	0.011	0.010	0.0155
J9	-269132.6718	159316.624	0.032	0.010	0.0345

نلاحظ من الجدول السابق أن دقة قياس النقاط السابقة جيدة والأخطاء المتوسطة التربيعية لها صغيرة لذلك سوف نعتمدها إضافة للنقطتين (J3) & (Δ3) 1608 كأساس جيوديزي في حساب الإحداثيات العامة لباقي نقاط الشبكة المحلية.

4-2 ضبط وحساب احداثيات نقاط الشبكة كيلوك واحد باستخدام التربيغات الصغرى:

تم ادخال جميع القياسات الحقلية الموجودة في دفاتر الرصد للشبكة "كانت دقة قراءة الجهاز 100cc" والمتضمنة القياسات الزاوية بين نقاط المثلثات في عام 1942، وتوسع الشبكة في عام 1947 في البرنامج وافترضنا أن الخطأ المتوسط التربيغ للقياس 50cc باستثناء أرصاد النقطة (J10) لم نعثر على أرصادها، وتم ضبطها كيلوك واحد اعتماداً على الأساس الجيوديزي الموضح مسبقاً. كانت النتائج بعد حذف بعض القياسات التي تحتوي أغلاط كمايلي:

جدول (4) : نتائج ضبط شبكة المثلثات

Total# of Unknown Points:	19
Total# of Points:	33
Total# of Observations:	131
Degree of Freedom:	67
Confidence Interval:	95%
Number# of Iterations:	3
Chi Square Value:	73.15363871
Chi Square Standard Table Value:	87.13187196
Goodness of Fit Test:	Passes at the 5% Level
Standard Deviation of Unit Weight:	1.044914041

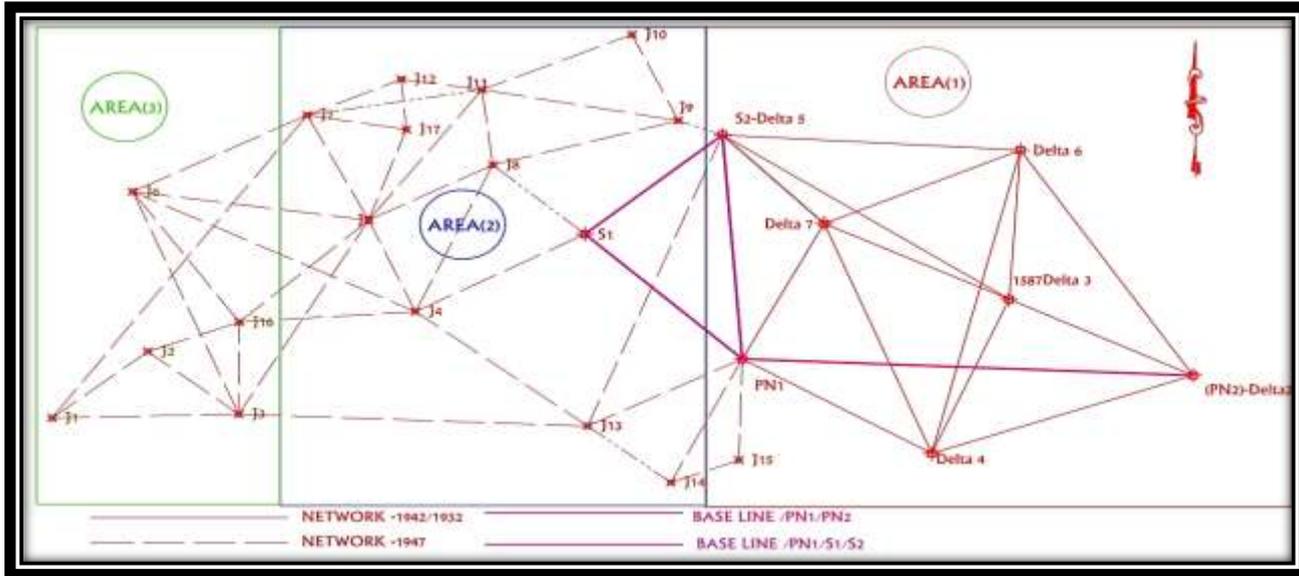
جدول (5): احداثيات نقاط شبكة المثلثات بعد التعديل والأخطاء المتوسطة التربيغ لها

Point#	19	Easting	Northing	StdDev(X)	StdDev(Y)	StdDev(XY)
PN1		-268981.636	158622.286	0.056	0.058	0.081
S1		-269353.071	158986.052	0.046	0.041	0.062
S2		-269028.450	159274.823	0.069	0.034	0.077
J14		-269150.144	158262.424	0.095	0.058	0.112
J15		-268989.548	158327.790	0.089	0.080	0.120
J1		-270611.637	158450.457	0.177	0.118	0.202
J4		-269753.420	158760.123	0.045	0.048	0.066
J8		-269570.856	159187.530	0.026	0.038	0.046
J7		-270009.177	159332.518	0.048	0.048	0.068
J12		-269786.672	159436.795	0.066	0.055	0.086
J16		-270169.347	158729.480	0.093	0.069	0.116
J17		-269775.065	159290.489	0.058	0.117	0.131
J3		-270170.604	158461.515	0.096	0.091	0.132
J2		-270385.239	158643.926	0.102	0.080	0.129
J6		-270421.102	159109.534	0.106	0.070	0.127
6		-268325.045	159230.592	0.066	0.087	0.110
7		-268788.076	159016.497	0.062	0.050	0.080
4		-268534.182	158347.143	0.091	0.092	0.129
PN2		-267917.113	158574.353	0.133	0.098	0.165

من الجدول السابق نجد أن الأخطاء المتوسطة التربيعية للنقاط جيدة ولا تتجاوز (20cm) باعتبار لا يوجد قانس مسافات الكتروني في تلك الفترة، لذلك سيتم اعتمادها كنقاط مرجعية من الشبكة العقارية في حساب بارمترات التحويل.

3-4: تقسيم الشبكة إلى قطاعات وإيجاد معاملات التحويلات الثلاث وتقييمها:

تم تقسيم منطقة شبكة المثلثات إلى ثلاثة قطاعات مشتركة فيما بينها بمجموعة نقاط مثلثات انطلاقاً من ثلاثة معايير اساسية، **المعيار الأول** يأخذ بعين الاعتبار تجانس نقاط الشبكة في كل قطاع (الفترة الزمنية للقياس نفسها، تجانس في دقة القياسات، وجود أرصاد مشتركة بين النقاط وغيرها من العوامل التي تؤثر على تجانس النقاط)، أما **المعيار الثاني** فهو تجنب الحصول على تداخل العقارات مع المناطق العقارية المجاورة نتيجة انزياح ودوران الشبكة بعد اجراء التحويل، واعتمدنا في تقييم ذلك على تحليل قيم الرواسب الناتجة من فروق الاحداثيات بعد التحويل، حيث نتج لدينا عند اجراء تحويل لكامل نقاط الشبكة مع بعضها (دون تقسيم) وراسب قيمتها عند النقطة (PN2) في أقصى شرق الشبكة 81cm، وعند النقطة (J6) في أقصى الغرب كانت قيمة الراسب 88cm، وهي راسب كبيرة ناتجة عن ضعف دقة نقاط الشبكة المحلية وعدم التجانس فيما بينها. وبالتالي سيؤدي ذلك لتداخلات مع المناطق العقارية المجاورة في أطراف الشبكة. أما **المعيار الثالث** فهو وجود نقاط مشتركة بين القطاعات المتجاورة تجنباً لحصول اختلاف في حساب الاحداثيات الناتجة عن عملية التحويل وفقاً لمعاملات التحويل الخاصة بكل قطاع عند الحدود العقارية المشتركة. بناءً على المعايير السابقة تم تقسيم الشبكة إلى القطاعات الثلاث والشكل التالي يوضح الحدود المشتركة فيما بينها



الشكل (7): تقسيم منطقة شبكة المثلثات إلى ثلاثة قطاعات

جدول (6): احداثيات النقاط المرجعية في الجملة المحلية والجملة العامة

SECTION	POINTS	LOCAL COORDINATE		GENERAL COORDINATE	
		x	y	X	Y
1	S1	347.34	387.68	-269353.07	158986.05
	S2/DET5	650.82	76.52	-269028.45	159274.82
	J13\1608	-212.08	356.18	-269346.86	158426.88
	PN.1	0.00	0.00	-268981.64	158622.29

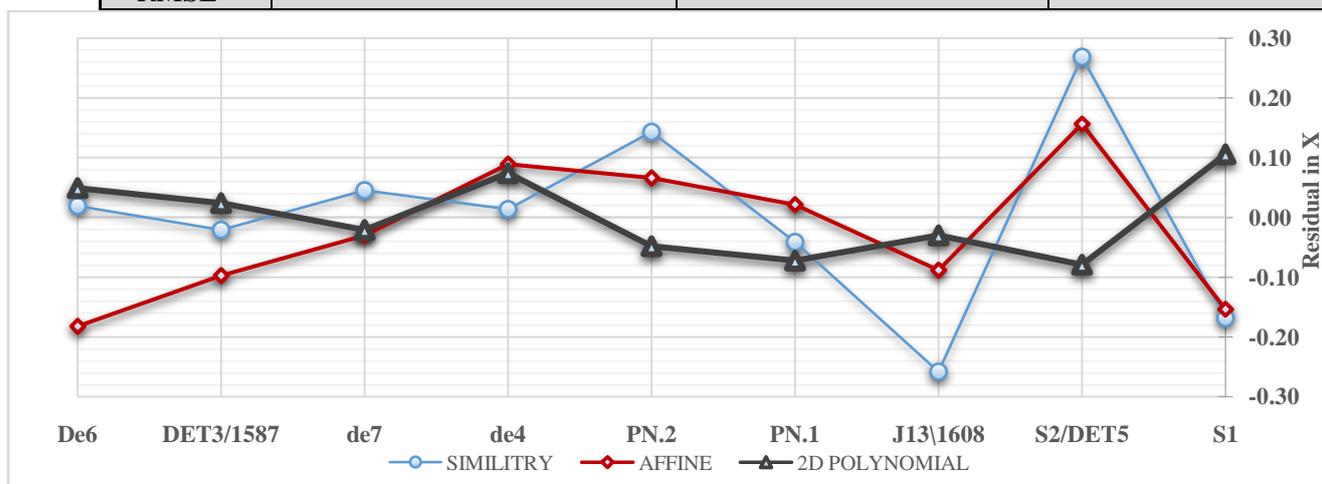
	PN.2	0.00	-1066.44	-267917.11	158574.35
	de4	-254.94	-459.76	-268534.18	158347.14
	de7	402.80	-175.72	-268788.08	159016.50
	DET3/1587	202.34	-622.46	-268351.29	158796.36
	De6	637.83	-629.11	-268325.04	159230.59
2	J4	102.78	777.91	-269753.42	158760.12
	J5	364.59	900.66	-269863.72	159026.67
	J7	663.82	1060.06	-270009.18	159332.52
	J8	538.94	614.74	-269570.86	159187.53
	J9	687.75	182.27	-269132.67	159316.62
	J11	756.64	650.22	-269596.16	159406.41
	J12	778.30	842.20	-269786.67	159436.80
	J14	-367.60	152.06	-269150.14	158262.42
	J15	-295.02	-5.54	-268989.55	158327.79
3	J17	632.29	823.89	-269775.06	159290.49
	J1	-246.70	1623.69	-270611.64	158450.46
	J2	-42.75	1406.16	-270385.24	158643.93
	J6	422.05	1463.25	-270421.10	159109.53
	J16	52.94	1193.51	-270169.35	158729.48

❖ تم حل معاملات التحويل الثلاث برمجياً بناءً على إحداثيات النقاط المرجعية وباستخدام التربييعات الصغرى وحسبت الرواسب للنقاط في كل قطاع مع خطأ الجذر التربيعي للرواسب RMSE والجداول التالية توضح النتائج:

جدول (7): قيم معاملات التحويلات الثلاث والرواسب الناتجة في القطاع الأول

المقارنة بين بارامترات ونتائج التحويلات الثلاث للقطاع الأول من الشبكة							
Similarity Transform		Affine Transform			Polynomial Transform		
Parameters	value	Parameters	value	Parameters	value	Parameter s	value
a	0.04493	a	0.0452	a1	0.04505	b1	0.9979
b	0.99803	b	-0.9982	a2	-0.99834	b2	0.0449
		d	0.9977	a3	0.00000	b3	0.0000
		e	0.0448	a4	0.00000	b4	0.0000
Tx(m)	-268981.59	Tx(m)	268981.66	a5	0.00000	b5	0.0000
Ty(m)	158622.25	Ty(m)	158622.27	Tx(m)	-268981.71	Ty(m)	158622.38
Rotation(Gr)	97.1357	Rotation(Gr)	97.1165				
Scale	0.99904	Scale X	0.99870				
		Scale Y	0.99917				
		Skew(Gr)	-0.0269				
POINTS	SIMILITRY		AFFINE		POLYNOMIAL		
	Residual X(m)	Residual Y(m)	Residual X(m)	Residual Y(m)	Residual X(m)	Residual Y(m)	

S1	-0.17	-0.27	-0.15	-0.13	0.11	0.06
S2/DET5	0.27	-0.40	0.16	-0.19	-0.08	0.04
J13\1608	-0.26	0.29	-0.09	0.23	-0.03	-0.12
PN.1	-0.04	0.04	0.02	0.01	-0.07	0.09
PN.2	0.14	0.03	0.07	-0.13	-0.05	-0.03
de4	0.01	-0.01	0.09	-0.18	0.07	-0.01
de7	0.05	0.14	-0.03	0.24	-0.02	-0.11
DET3/1587	-0.02	0.14	-0.10	0.11	0.02	0.04
De6	0.02	0.04	-0.18	0.17	0.05	0.09
RMSE=	0.248		0.200		0.097	



الشكل (8): المنحنيات البيانية للرواسب الناتجة عن التحويلات الثلاث في القطاع الأول

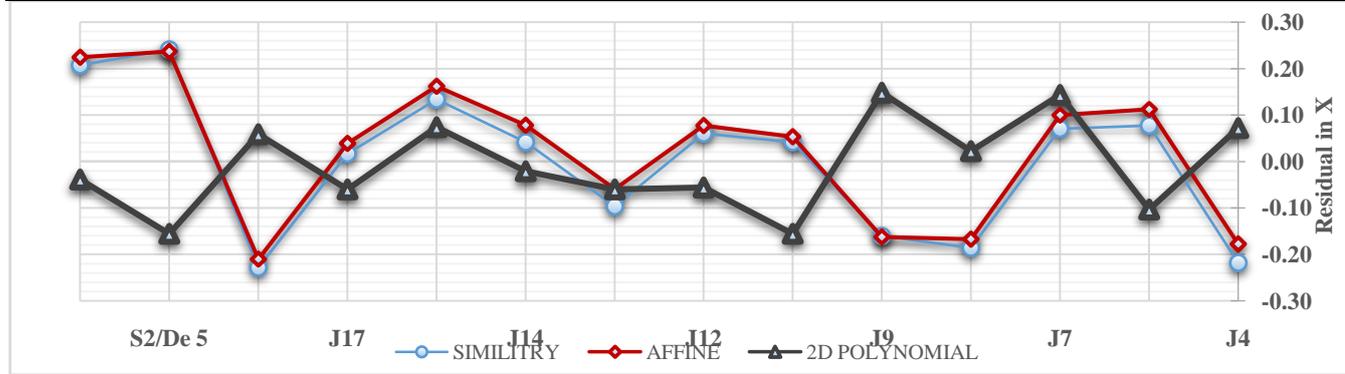
معاملات التحويلات الثلاث في القطاع الثاني: ❖

جدول (8): قيم معاملات التحويلات الثلاثة والرواسب الناتجة في القطاع الثاني

جدول المقارنة بين بارامترات ونتائج التحويلات الثلاث للقطاع الثاني من الشبكة

SIMILITRY		Affine Transform		Polynomial Transform			
Parameters	value	Parameters	value	Parameters	value	Parameters	value
a	0.0453038	a	0.0453	a1	0.04522	b1	0.9973
b	0.9976	b	-0.9976	a2	-0.99874	b2	0.0450
		d	0.9974	a3	0.00000	b3	0.0000
		e	0.0455	a4	0.00000	b4	0.0000
Tx(m)	-268981.84	Tx(m)	-268981.86	a5	0.00000	b5	0.0000
Ty(m)	158622.23	Ty(m)	158622.17	Tx(m)	-268981.71	Ty(m)	158622.21
Rotation(Gr)	97.1108	Rotation(Gr)	97.1080				
Scale	0.99859	Scale X	0.99843				
		Scale Y	0.99864				
		Skew(Gr)	0.0096				
POINTS	SIMILITRY		AFFINE		2D POLYNOMIAL		
	Residual X(m)	Residual Y(m)	Residual X(m)	Residual Y(m)	Residual X(m)	Residual Y(m)	
J4	-0.22	0.12	-0.18	0.07	0.07	-0.09	
J5	0.08	-0.06	0.11	-0.10	-0.10	0.11	

J7	0.07	0.06	0.10	0.05	0.14	0.09
J8	-0.19	-0.18	-0.17	-0.13	0.02	0.14
J9	-0.16	0.06	-0.16	0.20	0.15	-0.09
J11	0.04	-0.08	0.05	0.00	-0.16	0.10
J12	0.06	0.00	0.08	0.05	-0.06	0.08
J13\1608	-0.10	0.08	-0.06	0.04	-0.06	-0.04
J14	0.04	0.01	0.08	-0.01	-0.02	0.09
J15	0.13	0.11	0.16	0.13	0.07	-0.04
J17	0.02	0.18	0.04	0.21	-0.06	-0.14
S1	-0.23	-0.24	-0.21	-0.18	0.06	0.15
S2/De 5	0.24	-0.11	0.24	0.04	-0.16	0.09
PN.1	0.21	0.05	0.22	0.12	-0.04	-0.09
RMSE=	0.187		0.188		0.130	



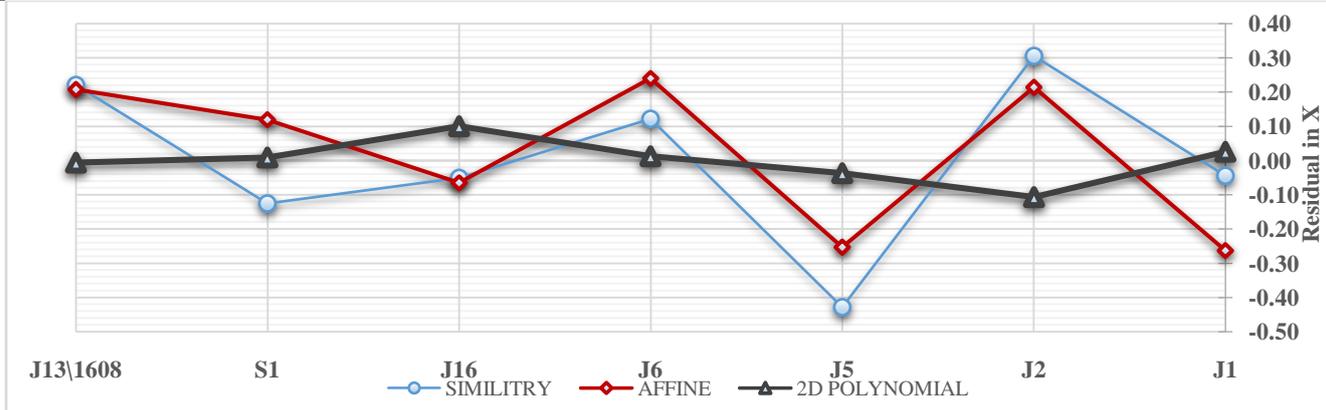
الشكل (9): المنحنيات البيانية للرواسب الناتجة عن التحويلات الثلاث في القطاع الثاني

معاملات التحويلات الثلاث في القطاع الثالث: ❖

جدول (9): قيم معاملات التحويلات الثلاث والرواسب الناتجة في القطاع الثالث

جدول المقارنة بين بارامترات ونتائج التحويلات الثلاث للقطاع الأخير من الشبكة							
Similarity Transform		Affine Transform		Polynomial Transform			
Parameters	value	Parameters	value	Parameters	value	Parameters	value
a	0.04562	a	0.0452	a1	0.04535	b1	0.9973
b	0.99639	b	-0.9962	a2	-0.99966	b2	0.0458
		d	0.9966	a3	0.00000	b3	0.0000
		e	0.0457	a4	0.00000	b4	0.0000
Tx(m)	-268981.59	Tx(m)	-268982.65	a5	0.00000	b5	0.0000
Ty(m)	158622.25	Ty(m)	158622.09	Tx(m)	-268981.10	Ty(m)	158622.12
Rotation(Gr)	97.0872	Rotation(Gr)	97.1178				
Scale	0.99743	Scale X	0.99765				
		Scale Y	0.99729				
		Skew(Gr)	0.0362				
ANALYSIS OF RESIDUALS OF COMPUTATION (Section 3)							
POINTS	SIMILITRY		AFFINE		2D POLYNOMIAL		
	Residual X(m)	Residual Y(m)	Residual X(m)	Residual Y(m)	Residual X(m)	Residual Y(m)	

J1	-0.04	-0.04	-0.26	-0.01	0.03	0.01
J2	0.31	0.14	0.21	0.14	-0.11	-0.05
J5	-0.43	0.08	-0.25	0.03	-0.04	-0.02
J6	0.12	0.02	0.24	-0.10	0.01	0.01
J16	-0.05	0.05	-0.07	0.05	0.10	0.05
S1	-0.12	0.05	0.12	0.06	0.01	0.00
J13\1608	0.22	-0.29	0.21	-0.13	-0.01	0.00
RMSE=	0.261		0.224		0.065	



الشكل (10): المنحنيات البيانية للرواسب الناتجة عن التحويلات الثلاث في القطاع الثالث

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال النتائج الموجودة في الجداول السابقة نجد أن تحويل متعدد الحدود من الدرجة الثانية هو الأفضل، حيث كان خطأ الجذر التربيعي للتحويل أقل ما يمكن وقيم رواسب احداثيات النقاط في القطاعات الثلاث كانت الأقل ولم تتجاوز 15 cm، وبينت المنحنيات البيانية للرواسب الناتجة عن هذا التحويل خطوط متجانسة الشكل مقارنة بباقي التحويلات، لذلك سيتم اعتماد معاملات التحويل متعدد الحدود من الدرجة الثانية في تحويل احداثيات نقطة المثلاث 10 ونقاط مسالك المضلعات في منطقة جوبة دريوس العقارية من أجل ربط الاحداثيات المحلية للشبكة العقارية بالشبكة العامة. تم وضع برنامج اعتماداً على معاملات التحويل متعدد الحدود لتحويل الاحداثيات المحلية للنقاط الناتجة عن المعاملات العقارية والمشاريع الهندسية. تم مقارنة الفروقات بين المسافات المحسوبة من خلال احداثيات النقاط المحولة والمسافات المقاسة في دفاتر الرصد لأغلب نقاط المضلعات في منطقة جوبة دريوس العقارية، حيث تراوحت الفروقات ضمن المجال المسموح [0-15CM]. تم رصد الزوايا الأربعة لفندق صلنفة وحساب إحداثياتها والفروق بينها وبين الاحداثيات الناتجة عن تحويل إحداثياتها المحلية والتي تم استقراءها من المخططات العقارية وكانت النتائج أيضاً ضمن الحدود المسموحة، والجدول التالي يوضح الفروقات:

جدول(10):الفروقات بين احداثيات النقاط المرصودة والإحداثيات المحولة

point	احداثيات محولة		احداثيات مرصودة		الفروقات	
	X	Y	x	y	ΔX	ΔY
1	-268565.07	158897.09	-268564.95	158897.17	0.12	0.08
2	-268528.5	158909.45	-268528.45	158909.42	0.05	-0.03
3	-268520.58	158885.7	-268520.71	158885.74	-0.13	0.04
4	-268557.15	158873.45	-268557.04	158873.53	0.11	0.08

وأخيراً ومما استعرضناه سابقاً وبناءً على النتائج والاستنتاجات نوصي بما يلي:

- ✓ تحويل المنطقة إلى مكتب الرسم القلميفي مديرية المصالح العقارية وذلك لإعادة تنزيل نقاط العقارات اعتماداً على احداثيات مرصد المضلعات ونقاط المثلثات المحولة إلى الجملة العامة.
- ✓ اعادة رسم المخططات العقارية للمنطقة ومقارنتها مع المخططات العقارية للمناطق المجاورة من أجل التأكد من عدم حصول أي تداخلات فيما بينها وبالتالي صحة معاملات التحويل المحسوبة.
- ✓ استخدام برنامج التحويل من أجل تحويل المرصودونقاط افراز العقارات الجديدة (احداثياتها محلية وغير مربوطة بنقاط مسالك المضلعات التي تم تحويل إحداثياتها).
- ✓ بما ان التحويل اعتمد على نقاط موجودة مسبقاً في المنطقة مع قياساتها الحقلية وهي لاتغطي كافة أنحاء المنطقة العقارية، لذلك يمكن أن ينتج بعض الرواسب الكبيرة (تتجاوز الحد المسموح) بين الإحداثيات المرصودة من قبل فرق الإعادة بعد تحويل المنطقة قلمياًوالإحداثيات المحولة، في هذه الحالات الخاصة يتم حل المشكلة من خلال إضافة احداثيات النقاط المرصودة بالجملة العامة كنقاط مرجعية إلى ملف التحويل واستخراج معاملات التحويل الجديدة.

المراجع

- [1] Deakin, R. E (2004). *Co-ordinate Transformations in Surveying and Mapping*. Lecture Notes on Geospatial Science, RMIT.
- [2] Maria A. Brovelli*, Marco Minghini. " *Georeferencing old maps: a polynomial-based approach for Como historical cadastres.*" *e-Perimetron*, (Vol. 7, No. 3, 2012)
- [3] ODUMOSU, J. O*; AJAYI, O. G. " *OMPATIVE ANALYSIS OF SOME 2-D TRANSFORMATION MODELS FOR THIRD ORDER ACCURACY PLANIMETRIC MAPPING.*" *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, (March 2001 Issue 4)
- [4] WOLF, P. R; GHILANI, C.D. *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc. 2006, 611.
- [5] Chen W, Hill C (2005) Evaluation procedure for coordinate transformation. *Journal of Surveying Engineering*
- [6] Kampmann, G., 1996 New Adjustment Techniques for the Determination of Transformation Parameters for Cadastral and Engineering Purposes. *Geomatica*, Vol. 50, No. 1: 27-34.
- [7] Balletti, C. (2006). *Georeference in the analysis of the geometric content of early maps.* *ePerimetron*1 (1): 32-42.
- [8] Tsenkov T, Gospodinov S (2002) Determination of 2D-tectonic deformations using affine transformation. *Zeitschrift für Vermessungswesen*.