

تطوير إسقاطات جيوديزية مناسبة لشكل المنطقة السورية

د. م. عبد الرزاق عجاج *

م. كمال يوسف **

د. م. معن حبيب ***

المُلخَص

يتناول البحث موضوع تطوير نموذج رياضي موحد وشامل لحساب الإسقاطات الجيوديزية بشروط المنطقة السورية ، على أساس النظرية العامة للإسقاطات، واستثمار هذا النموذج لحساب الإحداثيات المستوية وفق أنظمة الإسقاط التثابهيّة (الأسطوانية، المخروطية، السّمتية). تمّ تطوير النموذج بهدف تحسين علاقات الإسقاط من خلال رفع دقّة حساب الإحداثيات بما يتماشى مع دقّة الرّصد والقياس التي تؤمنها تقنيات القياس المعاصرة. صيغت، وصولاً لذلك، معادلات التحويل المباشر والتحويل العكسي لهذه الإسقاطات، إضافة إلى المتغيرات المتممة لها (تقارب خطوط الطول وعامل المقياس)، بأسلوب يناسب برمجتها على الحاسب والحصول من خلالها على دقة عالية في الحساب.

كما تناول البحث طرق وكيفية التفتيش عن أفضل الإسقاطات، من خلال التحكّم بقيم وتوزع التشوهات الخطية على كامل المنطقة السورية، وذلك عن طريق تغيير إحداثيات مركز الإسقاط وتعديل قيمة المقياس في هذه النقطة (مركز المنطقة المسقط)، باستخدام النموذج الرياضي المقترح. وخلص البحث إلى نتائج وتوصيات حول تطوير إدارة البيانات الإحداثية في القطر.

الكلمات المفتاحية: الإسقاطات الجيوديزية، الإحداثيات الجيوديزية، عامل المقياس، التشوهات الخطية، مركز الإسقاط

* أستاذ مساعد - قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

** مديرية الطبوغرافيا - وزارة الإسكان والتنمية العمرانية

*** أستاذ مساعد - جامعة البلقاء التطبيقية - الاردن

1. مقدمة

يضاف إلى ذلك الدقة المنخفضة في حساب الإسقاطات المرتبطة بهذه الجُمَل باعتبارها قديمة وُضعت لتكون سهلة الحساب بمساعدة التقنيات المتوفرة حينها . ومن الواقعي التفكير حالياً بتطويرها، على اعتبارها لم تعد تشكّل البيئة الإحداثية الأنسب لتمثيل البيانات المساحية المحليّة، إضافة إلى أنها لا تتماشى مع تطور تقانات الرصد والقياس والحساب المتاحة، ومعايير الدقة المعمول بها عالمياً.

3. الأهمية العلمية للبحث

تأتي أهمية البحث في تزامنه مع الحاجة والحديث عن تطوير الإطار الجيوديزي المرجعي السوري للبيانات المكانية. يطرح المشروع اليوم أهم المسائل العلمية - التقنية في الجيوديزيا على مستوى القطر، منها اعتماد إهليلج جديد وإسقاط جديد وبالتالي نظام إحداثي عام جديد أو المحافظة على الإسقاط الحالي المعتمد للأغراض المدنية وتحسين طرق استخدامه. كما أن تغير اعتبارات الأهمية ضمن المنطقة السورية أصبح يستوجب إعادة تقييم جُمَل الإحداثيات المستخدمة انطلاقاً من مفاهيم جديدة وموحدة لكامل المنطقة السورية.

4. أهداف ومنهجية البحث:

يهدف البحث إلى تطوير نموذج رياضي موحد وشامل لحساب الإسقاطات الجيوديزية بشروط المنطقة السوريّة، على أساس النّظرية العامة للإسقاطات، واستثمار هذا النّموذج لحساب الإسقاطات المستوية وفق أنظمة الإسقاط التّشابهية (الأسطوانية، المخروطية، السّمتية). وذلك بهدف تحسين علاقات الإسقاط من خلال رفع دقّة حساب الإحداثيات بما يتماشى مع دقّة الرّصد والقياس التي تؤمنها تقنيات القياس المعاصرة. وكذلك اقتراح طرق وكيفية التفتيش عن أفضل الإسقاطات، من خلال التحكّم بقيم وتوزع التّشوّهات الخطية على كامل

أنتجت تجربة استخدام نُظُم الإحداثيات لحل المسائل الجيوديزية المختلفة في معظم الدول ومنها سورية مجموعة من النّظُم المحليّة، الخاصة بمشاريع معينة، والعامّة لدولة أو مجموعة من الدول. رافق هذه التجربة حل مجموعة من المسائل أهمها اختيار أنسب نظام إحداثيات لمنطقة ما وحساب الإسقاطات وفق هذه النّظُم، وكذلك تحويل الإحداثيات فيما بين النّظُم المختلفة. وظهرت تبعاً لذلك مسائل تطوير هذه النّظُم تماشياً مع زيادة متطلبات الدقة التي واكبت ظهور تقانات متطورة في جمع واستثمار وإدارة البيانات المساحية. وتقوم، حالياً، معظم الدول ومنها سورية، بتطوير أنظمة الإحداثيات الخاصة بها وفق المعايير العالمية المعاصرة.

2. المشكلة العلمية ومبررات مشروع البحث

تستخدم في القطر حالياً مجموعة من أنظمة الإحداثيات المستوية لتمثيل جميع الأعمال والبيانات الجيوديزية والمساحية (العقارية والطوبوغرافية)، وتوفير الأساس المساحي للمشاريع الهندسية الضخمة وغيرها من الأغراض المختلفة. تنتج هذه النّظُم عن التمثيل المستوي للإهليلج وفق ثلاثة إسقاطات تشابهية conformal projections هي الأسطواني المعترض والمخروطي والستيريوغرافي [1]. تُشكّل هذه الجُمَل بمجمّلها بيئة الإحداثيات الحاملة لأعمالنا ومشاريعنا المساحية والهندسية. وُضعت كل من هذه الجُمَل في ظروف مختلفة وانطلقت من مجموعة اعتبارات محددة. تتناسب مع طبيعة الأعمال المنجزة وفق هذه الجملة أو تلك. لا شك أنّ لكل منها بعض المزايا وبالمقابل بعض العيوب. تتلخص الصعوبات الأساسية في التعامل مع هذه الجُمَل بأنّ أنظمة الإسقاط المختلفة وبالتالي أنظمة الإحداثيات المختلفة ينتج عنها توضعات جيومترية مختلفة. وهذا يؤدي إلى صعوبات في الاستثمار المشترك لبيانات الجهات المختلفة. خصوصاً عند استخدام نظم المعلومات الجغرافية والإشكاليات التي تظهر عند التحوّل المتبادل بين جُمَل الإحداثيات المحليّة والجملة العالميّة WGS84.

المنطقة السورية. باعتماد منهجية مقارنة قيم التشوهات الخطية للإسقاط المقترح مع الإسقاطات الحالية المعتمدة.

5. الدراسات المرجعية السابقة للبحث

- البحث [2] حيث تناول البحث نُظم الإسقاط المستخدمة في القطر. وعرض بشكل مفصل علاقات حساب المسألتين المباشرة والعكسية وتقارب خطوط الطول وعامل المقياس في الإسقاط الستيريوجرافي العقاري المطبق، كما أورد قيم التصحيحات الخطية والزاوية وتصحيح المساحات الواجب أخذها بعين الاعتبار وفق هذا الإسقاط
- البحث [3] وفيه تم عرض طرق تحسين النظام الستيريوجرافي الحالي بزيادة دقة معادلات حساب الإسقاط وحساب تقارب خطوط الطول وعامل المقياس وذلك عن طريق اقتراح تقنية الإسقاط المضاعف. تم بنتيجة ذلك تخفيض التشوهات الخطية في النقاط المحيطية بنسبة 32% مقارنة مع الإسقاط الحالي المعتمد، بسبب تغيير مركز الإسقاط وعامل المقياس عنده.

6. الإسقاطات التَّشابهية المستخدمة في سورية

تُمثَّل جميع البيانات المساحية في القطرحالياً وفق ثلاثة إسقاطات تشابهية هي:

1) إسقاط ميركاتور المستعرض STM:

يعتمد هذا الإسقاط إلهيلج هايفورد عام 1924، اعتمد عرض المنطقة (zone) ثلاث درجات طول $\Delta\lambda = 3^\circ$. كما أُضيفت ربع درجة على أطراف الحزوز (المغازل)، بحيث أصبح كلُّ حز يغطي ثلاث درجات ونصف، والمنطقة المشتركة بين الحزوز المتجاورة عرضها نصف درجة، تغطي سورية ثلاث مناطق الرابعة IV والخامسة V والسادسة VI. يُعيَّن لكلُّ منطقة من المناطق الثلاثة جملة إحداثيات ديكرتية خاصة بها [1]. اعتمد هذا الإسقاط زمن الوحدة بين سورية ومصر عام 1958. البيانات المستخدمة وفق نظام الإحداثيات المستوية لهذه الجملة خرائط صغيرة المقاييس.

2) إسقاط لامبيرت المخروطي:

يعتمد إسقاط لامبيرت المخروطي إلهيلج كلارك عام 1880 كسطح مرجعي، وسطح الإسقاط المخروطي القائم والقاطع للمنطقة السُّورية بخطي عرض: $\varphi_1 = 36.75 \text{ gr}$ و $\varphi_2 = 40.25 \text{ gr}$ ، حيث يكون التشوُّه عندهما معدوماً، وبينهما سالباً وخارجهما موجباً، أي $K=1$ على الخطَّين $N=174728 \text{ m}$ شمالاً وجنوباً عن المركز. المقياس على خط العرض الأوسط: $K_0 = 0.99962560$. نسبة التشوُّه الخطِّي الأعظمي على طرفي المنطقة السورية في الشَّمال والجنوب هي 1:2550، وذلك ضمن حدود دقَّة الأعمال التي أُنجزت بموجبه. أقرت هذه الجملة عام 1920. وأنجزت بموجبها خرائط صغيرة ومتوسطة المقاييس وكذلك نقاط شبكَّة التثليث من الدرجة الأولى،...).

3) الإسقاط الستيريوجرافي

يعتمد هذا الإسقاط إلهيلج كلارك 1880 سطحاً مرجعياً لحساب الإحداثيات الجيوديزية، نصف قطر الدائرة الأيزومترية 275 km، ومركزها مركز الإسقاط. يحيط بها من الطرفين منطقة التشوُّه الأصغري المحددة بدائرتين يزيد وينقص نصفي قطريهما عن نصف قطر دائرة التشوُّه المعدوم بمقدار 75 km. عامل مقياس الإسقاط في مركز المنطقة $K_0 = 0.9995314$. وضعت هذه الجملة بهدف توثيق الملكيات العقارية عام 1920. حُسبت إحداثيات نقاط الأساس المساحي وفق هذا الإسقاط، وأنجزت على أساسه المخططات العقارية [5]. إضافة لما أنجز من مخططات عقارية وطبوغرافية للمدن والتجمعات العمرانية، ومخططات وبيانات المشاريع الهندسية المختلفة.

4) هناك أيضاً جملة الإحداثيات العالمية WGS84 و

اسقاطها وفق إسقاط ميركاتور المعترض UTM: يتوقَّر وفقها صور فضائية وبيانات القياس والرَّصد الفضائي لبعض المشاريع، المنجزة باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS). مستخدمة حالياً من قبل كثير من الجهات العامة والخاصة التي تقتضي أعمالها التعامل مع هذه البيانات، لكن هذه الجملة غير معتمدة رسمياً.

نسبة طول يعنصرين خطيين على سطح الإهليلج وفي المستوي ds', ds على الترتيب:

$$K = \frac{ds'}{ds} \quad (3)$$

ترتبط العناصر الخطية لسطح الإهليلج والمستوي وفق العلاقاتين:

$$\left. \begin{aligned} ds^2 &= \rho^2 d\varphi^2 + v^2 \cos^2 \varphi d\lambda^2 \\ ds'^2 &= dE^2 + dN^2 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

يُمكن التعبير عن طول العنصر ds' بدلالة مساقطه على المحاور الإحداثية وفقاً للعلاقة (1)، عندها تُكتب المشتقات الكاملة [6]:

$$\left. \begin{aligned} dE &= \frac{\partial E}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial E}{\partial \lambda} d\lambda \\ dN &= \frac{\partial N}{\partial \varphi} d\varphi + \frac{\partial N}{\partial \lambda} d\lambda \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

لإنتقال من الإحداثيات الجيوديزية على الإهليلج إلى الإحداثيات الديكارتية في المستوي أُدخلت إحداثيات وسيطية هي الإحداثيات الإيزومترية. يُرمز لزاوية العرض الإيزومترية بالرمز ψ وتُكتب العلاقة الأولى في (4) بالشكل:

$$ds^2 = v^2 \cos^2 \varphi \left(\frac{\rho^2 \cdot d\varphi^2}{v^2 \cdot \cos^2 \varphi} + d\lambda^2 \right) \quad (6)$$

وتصبح بالتالي من الشكل:

$$ds^2 = r^2 (d\psi^2 + d\lambda^2) \quad (7)$$

يُكتب الشكل النهائي لعلاقة زاوية العرض الإيزومترية بدلالة زاوية العرض الجيوديزية [7]:

$$\psi = \ln \sqrt{\left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^e} \quad (8)$$

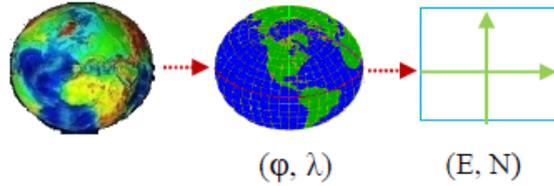
يُشكّل نظام الإحداثيات الإيزومترية (ψ, λ) على سطح الإهليلج شبكة من المربعات الصغيرة. الإحداثيات الديكارتية يُعبّر عنها كتتابع متعلقة بالإحداثيات الإيزومترية:

7. نُظّم إسقاط سطح الإهليلج على مستوي، المستخدمة لحل المسائل الجيوديزية:

يُعرّف نظام الإسقاط، بشكل عام، بلئنه علاقة وحيدة التعيين بين إحداثيات نقاط سطح الإهليلج المنسوبة إلى نقطة من سطحه (φ, λ) ونقاط المستوي المنسوبة إلى نقطة ما منه بالإحداثيات (E, N) . ويُعبّر عن هذه العلاقة بالشكل:

$$E = f_1(\varphi, \lambda), N = f_2(\varphi, \lambda) \quad (1)$$

يُتضح من العلاقات (1) بأنّ عدد نُظّم الإسقاط الممكنة لا نهائي. التابعان f_1 و f_2 يجب أن يكونا معرفين ومستمرين مع مشتقاتهما من الدرجة الأولى والثانية، وكذلك وحيدتي التعيين ومستقلّين في كافّة نقاط المنطقة المُراد إسقاطها [6].



الشكل (1): الإنتقال من السطح الإهليلجي للأرض إلى المستوي

يُمكن لكتابة العلاقات العكسية بين مجموعتي الإحداثيات من العلاقات (1) على الشكل التالي:

$$\varphi = f_3(E, N), \lambda = f_4(E, N) \quad (2)$$

تعبّر العلاقات (2) عن معادلات خطوط الطول وخطوط العرض.

لا تعطي عملية الإسقاط تمثيلاً واقعياً لسطح الأرض، حيث أننا سنحصل على تشوهات في المسقط، هذه التشوهات بشكل عام هي في الأطوال والمساحات والزوايا.

نحصل على مسقط ذي تشوهات معينة دون أخرى من خلال فرض بعض الشروط على التابعين f_1 و f_2 في العلاقات (1) والتابعين f_3 و f_4 في العلاقات (2).

في الكارتوغرافيا الرياضية تُستخدم عدّة معايير للتعبير عن التشوهات، فمثلاً تُستخدم علاقة المقياس الخطي المحلي للتعبير عن تشوه الأطوال.

$$\Delta N_k = (N_k - N_0) = \sum_{j=1}^n A_j P_1^{(j)} \quad (13)$$

نوع الإسقاط من مجموعة الإسقاطات A_j قيم العوامل تُحدّد هي توابع تغير الإحداثيات الجيوديزية $P_1^{(j)}$ التّشابهية. القيم $\Delta\psi$ و $\Delta\lambda$.

1.8 الإسقاط الإسطواني:

تُكتب العلاقات المحدّدة للعوامل A_j في الإسقاط الأسطواني وفق الآتي [9]:

$$A_1 = K_0 \frac{A}{V_0} \cos \varphi_0$$

$$A_2 = -\frac{A_1}{2} \sin \varphi_0$$

$$A_3 = \frac{A_1}{6} \cos^2 \varphi_0 (\tan^2 \varphi_0 - V_0^2)$$

$$A_4 = \frac{A_1}{24} \sin \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 (5 - \tan^2 \varphi_0 + 9\eta_0^2 + 4\eta_0^4) \quad (14)$$

$$A_5 = \frac{A_1}{120} \cos^4 \varphi_0 (5 - 18 \tan^2 \varphi_0 + \tan^4 \varphi_0 + 14\eta_0^2 - 58\eta_0^2 \tan^2 \varphi_0)$$

$$A_6 = \frac{A_1}{720} \sin \varphi_0 \cos^4 \varphi_0 (58 \tan^2 \varphi_0 - 61 - \tan^4 \varphi_0 - 270\eta_0^2 + 330\eta_0^2 \tan^2 \varphi_0)$$

$$A_7 = \frac{A_1}{5040} \cos^6 \varphi_0 (479 \tan^2 \varphi_0 - 61 - 179 \tan^4 \varphi_0 + \tan^6 \varphi_0)$$

$$A_8 = \frac{A_1}{40320} \sin \varphi_0 \cos^6 \varphi_0 (1385 - 3111 \tan^2 \varphi_0 + 543 \tan^4 \varphi_0 - \tan^6 \varphi_0)$$

في هذه المعادلات العامل K_0 هو مقياس الإسقاط في النقطة التي إحداثياتها (φ_0, λ_0) ، ويحافظ على قيمته على خط الطول الأوسط (المر من المبدأ) للمنطقة المسقط.

$$\left. \begin{aligned} E &= f_1(\psi, \lambda) \\ N &= f_2(\psi, \lambda) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

الإسقاط التّشابهي للإهليلج على مستوي يجب أن يحقق علاقات كوشي-ريمان [6]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial \lambda} &= -\frac{\partial N}{\partial \psi} \\ \frac{\partial N}{\partial \lambda} &= \frac{\partial E}{\partial \psi} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

باعتبار أنّ الشبكة الوسيطة الإيزومترية متعامدة على الإهليلج وفي المستوي، من العلاقة (3) مع الأخذ بعين الاعتبار العلاقة (7) تُكتب علاقتي المقياس الخطي وتقارب خطوط الطول بدلالة المشتقات الخاصة [8]:

المقياس الخطي K في أي نقطة يُكتب بالعلاقة:

$$K = \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial E}{\partial \psi}\right)^2 + \left(\frac{\partial N}{\partial \psi}\right)^2}}{v \cos \varphi} \quad (11)$$

استناداً لذلك، يمكن القول بأنّ المقياس غير متعلق بالإتجاه.

تقارب خطوط الطول θ هو الزاوية بين اتجاه شمال الخارطة والمماس لمسقط خط الطول في النقطة ويُعبّر عن ه بالعلاقة:

$$\tan \theta = \frac{\frac{\partial N}{\partial \psi}}{\frac{\partial E}{\partial \psi}} = \frac{\frac{\partial \lambda}{\partial N}}{\frac{\partial \lambda}{\partial E}} \quad (12)$$

إنّ التحويلات المباشرة والعكسية للإسقاطات التّشابهية، تفترض وضع معادلات تحليلية بين الإحداثيات الجيوديزية على كلّ من سطح الإهليلج (φ, λ) ، والديكارتية في المستوي (E, N) ، إذا عُرفت بعض الشروط الابتدائية للإسقاط في نقطة المبدأ (φ_0, λ_0) .

8. العلاقات الأساسية المحدّدة لنوع الإسقاط:

يتمّ الحصول على العلاقة المحدّدة لنوع الإسقاط : أسطواني، مخروطي أو سمّي، بالتبديل في العلاقات التي تعبّر عن مسقط خط الطول الأوسط في المستوي لكل من الإسقاطات الثلاث [9]، لتصبح من الشّكل:

2.8 الإسقاط المخروطي:

قيم العوامل A_j في العلاقات (14)، (15) و (16) تحدّد نوع الإسقاط التّشابهي من الأنواع الثلاث المذكورة.

في هذا الإسقاط تُكتب المعادلة المحدّدة لقيمة العوامل A_j بشكل علاقات مرتبطة، مهما تكن قيمة n بالشكل:

$$A_j = \frac{A_1}{j!} (-1)^{(j-1)} (\sin \varphi_0)^{(j-1)}, \quad (15)$$

9. التّحويل المباشر في الإسقاطات الجيوديزية:
التّحويل المباشر هو عمليّة الانتقال من الإحداثيات، الأطوال، الإتّجاهات والسموت على سطح الإهليلج، إلى الإحداثيات، الأطوال، الإتّجاهات والسموت في مستوي الإسقاط. يتمّ حساب الإحداثيات المستوية في مستوي الإسقاط وفق العلاقات التّالية:

حيث $(j = 1, 2, \dots, n)$. في هذه المعادلات يحافظ مقياس الإسقاط K_0 على قيمته على خط العرض الأوسط (المر من المبدأ) φ_0 . لا يوجد شروط على أبعاد المنطقة، لكن من أجل ضمان أحادية القيمة، يمكن فرض شرط أن تكون:

$$\Delta\varphi_{\max} = \Delta\lambda_{\max} < \pi$$

$$\left. \begin{aligned} N &= N_0 + \sum_{j=1}^n A_j P_j \\ E &= E_0 + \sum_{j=1}^n A_j Q_j \end{aligned} \right\} (17)$$

3.8 الإسقاط السمتي (الستيريوغرافي)

1. قيم العوامل A_j تحسب من العلاقات (14)، (15) و (16) بحسب نوع الإسقاط.

تُكتب ال علاقات المعيّنة للعوامل A_j في الإسقاط الستيريوغرافي وفق الآتي [9]:

2. القيم P_j و Q_j هي توابع تغيّر الإحداثيات $\Delta\lambda$ و $\Delta\psi$ حيث:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \Delta\psi, \quad \Delta\psi = \psi - \psi_0 \\ Q_1 &= \Delta\lambda, \quad \Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 \end{aligned} \right\} (18)$$

تُحسب زاوية العرض الإيزومترية بدلالة زاوية العرض

الجيوديزية بالعلاقة (8). أما القيم الأخرى يتمّ الحصول عليها من كثير الحدود، المُحقّق لعلاقات لابلاس:

$$\left. \begin{aligned} P_j &= P_{j-1} P_1 - Q_{j-1} Q_1 \\ Q_j &= P_{j-1} Q_1 + Q_{j-1} P_1 \end{aligned} \right\} (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (19)$$

3. اختيار القيم N_0 و E_0 أمر مهم جداً، إذا كان المطلوب إنشاء نظام إحداثيات مستوية محلي للمنطقة المدروسة، عندها يمكن اعتبار:

$$N_0 \approx E_0 > |\Delta N|_{\max} \approx |\Delta E|_{\max}$$

4. المقياس في مستوي الإسقاط يُكتب بالعلاقة:

$$K = \frac{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}{r} \quad (20)$$

5. تقارب خطوط الطول في مستوي الإسقاط:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= K_0 \frac{A}{V_0} \cos \varphi_0 \\ A_2 &= -\frac{A_1}{2} \sin \varphi_0 \\ A_3 &= \frac{A_1}{12} \cos^2 \varphi_0 (2 \tan^2 \varphi_0 - V_0^2) \\ A_4 &= \frac{A_1}{24} \sin \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 (2 - \tan^2 \varphi_0 + 6\eta_0^2 + 4\eta_0^4) \\ A_5 &= \frac{A_1}{240} \cos^4 \varphi_0 (2 - 11 \tan^2 \varphi_0 + 2 \tan^4 \varphi_0 + 12\eta_0^2 - 91\eta_0^2 \tan^2 \varphi_0) \\ A_6 &= \frac{A_1}{1440} \sin \varphi_0 \cos^4 \varphi_0 (26 \tan^2 \varphi_0 - 17 - 2 \tan^4 \varphi_0 - 270\eta_0^2 + 570\eta_0^2 \tan^2 \varphi_0) \\ A_7 &= \frac{A_1}{20160} \cos^6 \varphi_0 (180 \tan^2 \varphi_0 - 17 - 114 \tan^4 \varphi_0 + 4 \tan^6 \varphi_0) \\ A_8 &= \frac{A_1}{40320} \sin \varphi_0 \cos^6 \varphi_0 (62 - 192 \tan^2 \varphi_0 + 60 \tan^4 \varphi_0 - \tan^6 \varphi_0) \end{aligned} \right\} (16)$$

انطلاقاً من الشروط الابتدائية للإسقاط تُعطى أو تُفرض القيم λ_0, φ_0 أو E_0, N_0 وكذلك K_0 ، التي يتم اختيارها عند حساب التحويلات المباشر. دقة حساب التحويلات العكسي مكافئة لدقة حساب التحويلات المباشر، وفق نفس الإشتراطات الخاصة بأبعاد المنطقة المدروسة.

2. يُكتب المقياس في مستوي الإسقاط بالعلاقة:

$$K = \frac{1}{r \sqrt{m_1'^2 + m_2'^2}} \quad (27)$$

3. تقارب خطوط الطول في مستوي الإسقاط تأخذ الشكل:

$$\theta = \text{arctg} \left(\frac{m_1'}{m_2'} \right) \quad (28)$$

يتبين أن تقارب خطوط الطول غير مرتبط بقيمة K_0 . تُحسب العوامل m' وفق العلاقات الناتجة والمحققة لعلاقات كوشي-ريمان للمشتقات الخاصة، وباعتبار أن الإحداثيات الإيزومترية متعامدة على سطح الإهليلج:

$$\left. \begin{aligned} m_1' &= \sum_{j=1}^n j A_j' Q'_{(j-1)} \\ m_2' &= \sum_{j=1}^n j A_j' P'_{(j-1)} \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

تُحسب من العلاقات (14-16) قيم العوامل A_j ، لأي نوع من الإسقاطات الجيوديزية، التي تُعين معادلة خط الطول الأوسط في مستوي الإسقاط. في هذه الحالة يُكتب مقلوب

المعادلة (13) بالشكل: [9]

$$P_1 = \sum_{j=1}^n A_j' \Delta N_k^{(j)} \quad (30)$$

حيث يتم الحصول على قيم العوامل A_j' وفق قاعدة تحويل التوابع الأسية، وتكتب بالشكل:

$$A_1' = \frac{1}{A_1}$$

$$A_2' = -\frac{A_2}{A_1^3}$$

$$A_3' = \frac{1}{A_1^5} (2A_2^2 - A_1 A_3)$$

$$A_4' = \frac{1}{A_1^7} (5A_1 A_2 A_3 - A_1^2 A_4 - 5A_2^3)$$

$$\theta = \text{arc tan} \left(\frac{m_1}{m_2} \right) \quad (21)$$

من أجل افتراضات محددة لأبعاد المنطقة المدروسة من سطح الإهليلج ($\Delta\lambda < 12^\circ, \Delta\varphi < 12^\circ \cos\varphi$)، تُكتب العلاقات التالية الناتجة من المعادلات التفاضلية [9]:

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= -\sum_{j=1}^n j A_j Q_{(j-1)} \\ m_2 &= \sum_{j=1}^n j A_j Q P_{(j-1)} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

تُحسب قيمة المقياس في العلاقة (20) بخطأ أقل من $5 \cdot 10^{-8}$ ، وتقارب خطوط الطول وفق العلاقة (21) بخطأ أقل من 0.001^{cc} ، [8]. وتعتبر هذه الدقة كافية لحل كثير من المسائل الجيوديزية.

10. التحويلات العكسي للإسقاطات الجيوديزية:

التحويلات العكسي هو الانتقال من العناصر الخطية والزائوية في مستوي الإسقاط إلى العناصر الموافقة على الإهليلج: 1. تُحسب الإحداثيات الإيزومترية الإهليلجية انطلاقاً من الإحداثيات المستوية في مستوي الإسقاط [9]:

$$\left. \begin{aligned} \psi &= \psi_0 + \sum_{j=1}^n A_j' P_j' \\ \lambda &= \lambda_0 + \sum_{j=1}^n A_j' Q_j' \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

حيث:

$$\left. \begin{aligned} P_j' &= P_{j-1}' P_1' - Q_{j-1}' Q_1' \\ Q_j' &= P_{j-1}' Q_1' + Q_{j-1}' P_1' \\ P_1' &= (N - N_0), Q_1' = (E - E_0) \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

عندها تُحسب ψ_0 بالعلاقة:

$$\psi_0 = \ln \sqrt{\left(\frac{1 + \sin \varphi_0}{1 - \sin \varphi_0} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi_0}{1 + e \sin \varphi_0} \right)^e} \quad (25)$$

زاوية العرض الجيوديزية φ تُحسب بالعلاقة [9]:

$$\varphi = 2 \text{arctg} \left[\sqrt{\left(\frac{1 + e \sin \varphi}{1 - e \sin \varphi} \right)^e \cdot \exp \psi} \right] - \frac{\pi}{2} \quad (26)$$

التشابهية، حيث أنه من أجل $K_0 = 1$ يكون مقياس الإسقاط K في أي نقطة من المنطقة المسقط $K > 1$ [7, 9].

في الاستخدام العملي لا فرق أن يكون $K > 1$ أو $K < 1$ ، ما يؤدي إما إلى إنقاص أو زيادة طول مسقط الخط الجيوديزي بين نقطتين على الإهليلج، عند حسابه في مستوي الإسقاط. تُعتبر هنا القيمة المطلقة للتشوهات الخطية كمحدد أساسي، عندما يُمكن تخفيض قيم هذه التشوهات ضمن حدود كامل المنطقة المسقط، باعتماد قيمة المقياس $K_0 < 1$.

في حال $K_0 = 1$ ، يمكن أن نحصل من خلال

العلاقات السابقة، على الإسقاط الأسطواني المستعرض غوص- كريوغر (Gauss-Kruger)، وإسقاط لامبيرت المخروطي، وكذلك إسقاط روسيل شبه الستيريوغرافي، كحالات خاصة، بحيث تُحسب قيم العوامل A_j على التالي بالعلاقات (14) و(15) و(16). كما نحصل على إسقاط ميركاتور المستعرض العالمي Universal Transverse Mercator (UTM)، إذا اعتمدنا في العلاقات (14) المقياس الخطي في نقطة المبدأ $K_0 = 0.9996$ [10, 11]. إضافة لأهمية قيمة K_0 عند نقطة المبدأ، ترتبط قيم وتوزع التشوهات أيضاً بموقع هذه النقطة: في الإسقاط الإسطواني وكذلك في الإسقاط المخروطي يتم اعتبار إحداثيات نقطة المبدأ:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_0 &= \frac{1}{2}(\lambda_E + \lambda_W) \\ \varphi_0 &= \frac{1}{2}(\varphi_N + \varphi_S) \end{aligned} \right\} (32)$$

حيث النقاط E,W,N,S تقع على أطراف المنطقة من جهات الجنوب والشمال والغرب والشرق على الترتيب، أما في الإسقاط السمتي من الأفضل اعتماد النقطة التي إحداثياتها (φ_0, λ_0) مركز الدائرة الأقرب لمحيط (الحدود) المنطقة المسقط.

يتيح الحساب المسبق لقيمة K_0 إمكانية تقليل قيم التشوهات الخطية العظمى إلى النصف داخل المنطقة المدروسة، بالمقارنة مع التشوهات الخطية عند اختيار قيمة المقياس في مركز المنطقة $K_0 = 1$ ، في حالة إسقاط واحد لكامل المنطقة.

$$A'_5 = \frac{1}{A_1^9} (6A_1^2 A_2 A_4 + 3A_1^2 A_3^2 + 14A_2^4 - A_1^3 A_5 - 21A_1 A_2^2 A_3) \quad (31)$$

$$A'_6 = \frac{1}{A_1^{11}} (7A_1^3 A_2 A_5 + 7A_1^3 A_3 A_4 + 84A_1 A_2^3 A_3 - A_1^4 A_6 - 28A_1^2 A_2^2 A_4 - 28A_1^2 A_2 A_3^2 - 42A_5^2)$$

$$A'_7 = \frac{1}{A_1^{13}} (8A_1^4 A_2 A_6 + 8A_1^4 A_3 A_5 + 4A_1^4 A_2^4 + 120A_1^2 A_2^3 A_4 + 180A_1^2 A_2^2 A_3^2 + 132A_2^6 - A_1^5 A_7 - 36A_1^3 A_2^2 A_5 - 72A_1^3 A_2 A_3 A_4 - 12A_1^3 A_3^3 - 330A_1 A_2^4 A_3)$$

$$A'_8 = \frac{1}{A_1^{15}} (9A_1^5 A_2 A_7 - 429A_2^7 - A_1^6 A_8 - 45A_1^4 A_2^2 A_6 - 90A_1^4 A_2 A_3 A_5 - 45A_1^4 A_2 A_4^2 + 495A_1^3 A_2^2 A_3 A_4 + 36A_1^3 A_2^2 A_5 - 495A_1^2 A_2^3 A_4 + 165A_1^2 A_2 A_3^3 - 990A_1^2 A_2^2 A_3^2 + 1287A_1 A_2^5 A_3 - 45A_1^4 A_3^2 A_4 + 9A_1^5 A_3 A_6 + 9A_1^5 A_4 A_5)$$

تشكلا لعلاقات من (14) إلى (31) نموذج رياضي موحد لحساب الإسقاطات الجيوديزية التشابهية، وسنبين كيفية استخدامها بشروط المنطقة السورية.

11. التشوهات الخطية في الإسقاطات التشابهية

تدخل في العلاقات الواردة أعلاه لحساب قيم العوامل A_j قيمة مقياس الإسقاط K_0 في نقطة ما من سطح الإسقاط إحداثياتها (φ_0, λ_0) أو (E_0, N_0) ، هي نقطة المبدأ للسطح المُسقط.

تعديل قيمة K_0 في الإسقاطات التشابهية، ضمن حدود معينة، لا يغير ترتيب قيم الإنحاء الجيوديزي للإسقاط، وبالتالي لا يتغير ترتيب قيم التصحيحات الزاوية. وعليه فإن تحسين الإسقاطات الجيوديزية، يمكن تحقيقه فقط من خلال تعديل قيم وتوزع التشوهات الخطية داخل المنطقة المدروسة. وهذا ينطبق على كافة الإسقاطات الجيوديزية

خطي الطول $\lambda = 35^\circ 30'$ و $\lambda = 42^\circ 30'$

وخطي العرض $\varphi = 32^\circ 00'$ و $\varphi = 37^\circ 30'$

قبل البدء بدراسة اختيار إسقاطات مناسبة بشروط المنطقة السورية، وضعت بعض الإشتراطات و المحددات الواجب توفرها في أي إسقاط جديد وفق الآتي:

- كامل المنطقة السورية في جملة إحداثيات واحدة
- القيم المطلقة للتشوهات الخطية أصغرية:

المعدل الوسطي للتشوهات أقرب ما يمكن للصفر :

$$\Sigma \varepsilon / n = \min: (\varepsilon = K-1)$$

الإنحراف المعياري للتشوهات الخطية أصغري

$$\sigma_{\varepsilon \min} = \sqrt{\frac{\Sigma \varepsilon \varepsilon}{n-1}}$$

تجدر الإشارة إلى أن هذين الشرطين يعملان بشكل متعاكس، حيث أن تقليل قيم التشوهات يتطلب تخفيض أبعاد المنطقة المدروسة، والعكس بالعكس.

- أن تمرّ خطوط انعدام التشوه ما أمكن في مناطق النمو الحضري الواقعة على محيط المنطقة السورية ومراعاة اقتراب خطوط ما أمكن من باقي المدن والمناطق الحيوية.

كما وضعت الشروط الابتدائية والبحث وفق الآتي:

- ✓ اختيرت أربع نقاط محيطية هي E, W, S, N الشكل (3)، تمر منها خطوط الطول والعرض الموافقة لأصغر وأكبر قيم زوايا الطول والعرض λ_{\min} , λ_{\max} , φ_{\min} , φ_{\max} . واستقرت إحداثيات هذه النقاط، لدراسة قيم التشوهات عندها.

✓ وحسبت قيم أولية للإحداثيات الجيوديزية لمركز

المنطقة (φ_0, λ_0) وفق العلاقة (32).

- ✓ اعتبرت قيمة المقياس في المركز $K_0=1$ وحسبت قيم المقياس K في هذه النقاط المحيطية الأربعة للإسقاطات الثلاث وفق العلاقة (11). استخدمت في الحساب بارامترات الإهليلج الأرضي المعتمد في النظام الجيوديزي العالمي WGS-84.

لنفرض أن القيم العظمى للتشوهات الخطية K'_{\max} في النقاط الموافقة من الإسقاطات الثلاثة، للحصول على قيمة المحققة لأصغري قيم مطلقة للتشوهات الخطية في أيّ منه لابد من تحقق الشرط التالي [9]:

$$K'_{\max} - 1 = 1 - K_0$$

ومنه:

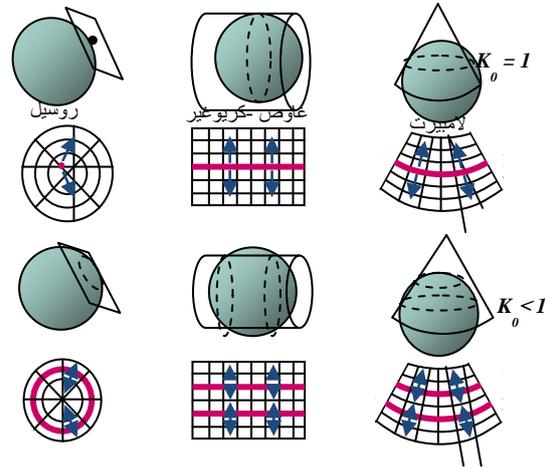
$$K_0 = \frac{2}{1 + K'_{\max}} \quad (33)$$

عندها، يمكن كتابة العلاقة التالية التي تصح لأي نقطة من المنطقة المدروسة:

$$K = K_0 K'_{\max} \quad (34)$$

من الأفضل اختيار قيمة المقياس الأقرب إلى الواحد، من القيم التي يتم الحصول عليها للإسقاطات الثلاث. في هذه الحالة ومن خلال العلاقة (33) يتم الحصول على الإسقاط الأكثر ملائمة، حيث ستكون القيم المطلقة للتشوهات الخطية أصغرية.

تصبح خطوط تساوي التشوه كما في الشكل (2):



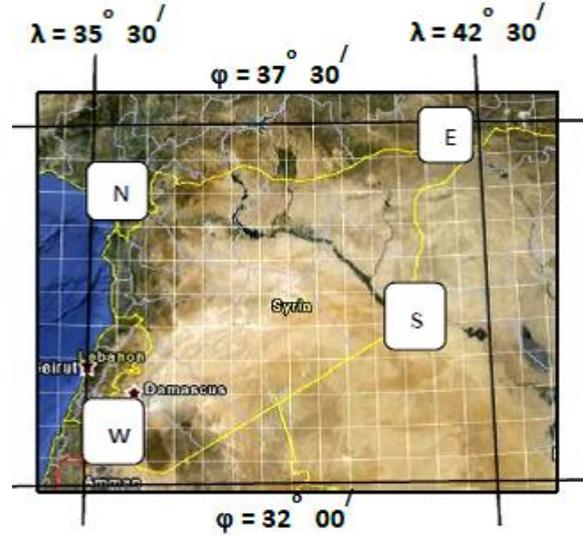
شكل (2): أنماط خطوط تساوي التشوهات الخطية واتجاهات تزايدها

12. طرق وكيفية دراسة الإسقاطات وفق شروط المنطقة السورية على أساس النموذج المقترح

تتوضع المنطقة السورية على الإهليلج الأرضي المعتمد عالمياً WGS-84 بين:

جدول (1): القيم العددية المستنتجة والمحسوبة بشروط المنطقة السورية

إحداثيات النقاط المحيطة والنقطة المركزية 0				
النقطة		deg.	min.	sec.
N	φ_N	36	54	0
	λ_N	36	0	0
S	φ_S	32	18	0
	λ_S	36	52	0
W	φ_W	32	42	0
	λ_W	35	35	0
E	φ_E	37	18	0
	λ_E	42	21	0
0	φ_0	34	48	0
	λ_0	38	58	0
المؤشرات العددية	نوع الإسقاط			
	الاسطواني	الستيريوغرافي	المخروطي	
k_0	1.0000000	1.0000000	1.0000000	
k_N	1.0008613	1.0007766	1.0006749	
k_S	1.0004823	1.0007084	1.0009388	
k_W	1.0012414	1.0009405	1.0006633	
k_E	1.0011085	1.0010463	1.0009584	
k'_{max}	1.0012414	1.0010463	1.0009584	
S (m)	1000	1000	1000	
S' (m)	1001.2414	1001.0463	1000.9584	
ds = S' - S	1.2414	1.0463	0.9584	
(ds/s)_{max}	1:810	1:960	1:1040	
$k'_0 = 2/(1+k'_{max})$	0.99937969	0.99947712	0.99952103	
k'_N	1.00024042	1.00025339	1.00019562	
k'_S	0.99986173	1.00018516	1.00045940	
k'_W	1.00062029	1.00041710	1.00018405	
k'_E	1.00048748	1.00052289	1.00047894	
$ k'_{max} $	1.00062029	1.00052289	1.00047894	
(ds/s)'_{max}	1.1610	1.1910	1.2090	



شكل (3): الموقع الجغرافي للمنطقة السورية على الإهليلج العالمي

✓ حسب الخطأ النسبي الأعظمي لتشوّه المسافات في الإسقاطات الثلاث، الناتجة وفق الإشتراطات الإبتدائية المذكورة وتبين أن أكبر خطأ نسبي وفق الإسقاط الأسطواني في النقطة W، حيث بلغ 1:810. وبلغت قيمته في النقطة E وفق الإسقاط المخروطي 1:1040، وكان في الإسقاط السمتي 1:960 أيضاً في النقطة E.

✓ استنتجت بعد ذلك، وفق العلاقة (33)، القيمة الأنسب للمقياس في مركز المنطقة K'_0 اعتماداً على القيمة الأكبر للمقياس K'_{max} في النقاط الأربع، من القيم التي حسبت وفق كل إسقاط.

✓ اعتمدت القيمة المستنتجة للمقياس K'_0 مع القيم الأولية لإحداثيات مركز المنطقة (φ_0, λ_0) في إعادة حساب قيم المقياس في النقاط المحيطة ذاتها وفق كل إسقاط على حده. وحسبت، بنفس الطريقة، قيمة الخطأ النسبي الأعظمي لتشوّه المسافات الموافقة.

الجدول (1) يبيّن القيم العددية المستنتجة والمحسوبة للبحث عن أفضل الإسقاطات وفق شروط المنطقة السورية كمنطقة واحدة على الإهليلج المعتمد في نظام الإحداثيات العالمي WGS-84.

لوحظ أنّ الخطأ النسبي في هذه النقاط انخفض إلى النصف، وأصبح في النقطة E وفق الإسقاط الاسطواني، بحدود 1:1610، وفي النقطة E في الإسقاط المخروطي 1:2090، وأصبح وفقاً للإسقاط السمتي 1:1910.

أي أنّ تغيير قيمة المقياس الخطي في مركز المنطقة، باستخدام العلاقة (33)، أدّى إلى تخفيض قيم التشوّهات الخطية الأعظمية، في النقاط الأبعد عن مركز المنطقة، إلى النصف.

للمساعدة في البحث بشكل فعّال ومرن عن أصغر قيم وأفضل توزّع للتشوهات على كامل المنطقة السورية، بحيث

هذه التشوهات على كامل المنطقة ، وفق الإسقاطات الثلاث المخروطية والسّمتية والأسطوانية.

تمّ التوصل ، على ضوء الإشرطات الموضوعية لدراسة أي إسقاط جديد للمنطقة، إلى اعتماد إحداثيات مركز المنطقة وقيمة مقياس الإسقاط لكل منها على الشكل التالي:

في الإسقاط الأسطواني: $K_0=0.9996$ ، وإحداثيات نقطة المبدأ: $\varphi_0 = 34^\circ 48' 00''$ ، $\lambda_0 = 38^\circ 38' 00''$

في الإسقاط السمتي $K_0=0.999658$ ، وإحداثيات 38° : $\varphi_0 = 34^\circ 48' 00''$ ، $\lambda_0 = 50^\circ 00''$

في الإسقاط المخروطي: $K_0=0.999730$ ، وإحداثيات نقطة المبدأ $\varphi_0 = 34^\circ 45' 00''$ ، $\lambda_0 = 38^\circ 48' 00''$

إلى أن تمّ التوصل إلى النتائج المبينة في الجدول (2)

يمكن تغيير إحداثيات مركز الإسقاط (φ_0, λ_0) وقيمة المقياس K_0 في المركز ، وتوسيع إمكانية بحث ودراسة أكبر عدد ممكن من الخيارات في تحريك وتوزيع خطوط الإيزوغرام في المنطقة السورية وفق المُحدّات الموضوعية مسبقاً، تمّ إعداد صفحة حساب مبرمجة (MS Excel©) لحساب التشوهات الخطية على كامل المنطقة السورية، على تقاطعات شبكة الإحداثيات الجيوديزية بقفزات متساوية $\Delta\lambda = 30'$ و $\Delta\varphi = 30'$

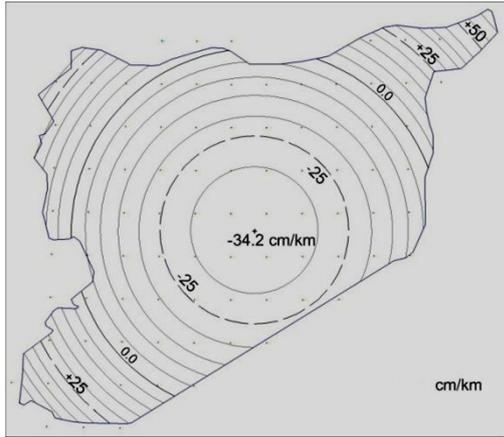
جرى بمساعدة البرنامج تغيير (تعديل) ال قيم φ_0, λ_0 و K_0 ، حول القيم الأولية المحسوبة، عدد كبير من المرات وحساب قيم التشوهات الخطية الموافقة بالعلاقة (20)، وتوزع

جدول (2): قيم التشوهات الخطية (cm/km) وفق الإسقاطات الثلاثة (الأسطواني، المخروطي، السمتي)

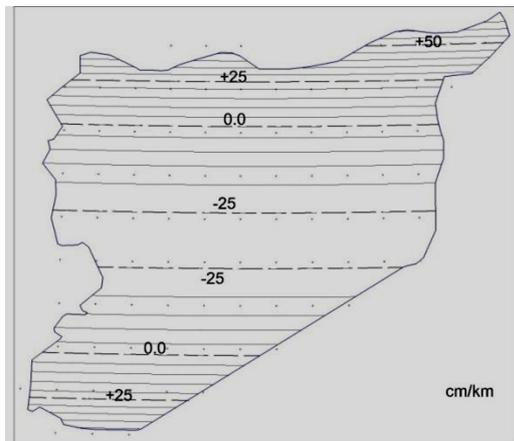
	φ	بعض القيم التوجيهية cm																
		λ	35 30	36 00	36 30	37 00	37 30	38 00	38 30	39 00	39 30	40 00	40 30	41 00	41 30	42 00		
الإسقاط الأسطواني	37 00					-27.5	-36.1	-39.8				-6	14.6	40.2	70.6			
	36 30			28.5	5	-13.6	-27.3	-36	-39.8	-38.7	-32.6	-21.5	-5.6	15.4	41.2			
	36 00			29.4	5.6	-13.3	-27.1	-36	-39.8	-38.7	-32.5	-21.3	-5.1	16.1				
	35 30			30.3	6.1	-13	-27	-35.9	-39.8	-38.6	-32.4	-21.1	-4.7	16.8				
	35 00			31.2	6.7	-12.6	-26.8	-35.9	-39.8	-38.6	-32.3	-20.8	-4.2	17.5				
	34 30			32.1	7.3	-12.3	-26.7	-35.8	-39.8	-38.6	-32.2	-20.6	-3.8	18.2			ϵ_{max}	70.6
	34 00			32.9	7.9	-12	-26.5	-35.8	-39.8	-38.6	-32.1	-20.4					ϵ_{mean}	-10.7
	33 30			33.8	8.4	-11.6	-26.3	-35.7	-39.8	-38.6							ϵ_{min}	-39.8
	33 00		65.7	34.6	9	-11.3	-26.2	-35.7									$\Sigma_{\epsilon\epsilon}$	75635
	32 30			35.5	9.5	-11											σ_{ϵ}	29.5

الإسقاط السمتي	37 00					11.4	6	3.1				16.4	26	38.2	52.8			
	36 30			28.2	15.2	4.7	-3.3	-8.8	-11.7	-12.1	-10	-5.4	1.7	11.4	23.6			
	36 00			17.5	4.4	-6.2	-14.3	-19.8	-22.7	-23.1	-21	-16.4	-9.2	0.6				
	35 30			10.6	-2.7	-13.3	-21.4	-26.9	-29.9	-30.3	-28.2	-23.5	-16.3	-6.5				
	35 00			7.4	-5.9	-16.6	-24.8	-30.3	-33.3	-33.8	-31.6	-26.9	-19.6	-9.7				
	34 30			8	-5.3	-16.1	-24.3	-29.9	-32.9	-33.4	-31.2	-26.5	-19.1	-9.2			ϵ_{max}	52.8
	34 00			12.5	-1	-11.8	-20.1	-25.7	-28.8	-29.2	-27	-22.3					ϵ_{mean}	-6.2
	33 30			20.7	7.1	-3.8	-12.1	-17.8	-20.8	-21.2							ϵ_{min}	-33.8
	33 00		49	32.7	19.1	8.1	-0.3	-6									$\Sigma_{\epsilon\epsilon}$	42044
	32 30			48.5	34.8	23.7											σ_{ϵ}	22.0

الإسقاط المخروطي	37 00					50.5	50.5	-26.1				50.5	50.5	50.5	50.5		
	36 30		19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8			
	36 00		-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2				
	35 30		-18.4	-18.4	-18.4	-18.4	-18.4	-18.4	-18.4	-18.4	-18.4	-18.4	-18.4				
	35 00		-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1				
	34 30		-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1	-26.1		ϵ_{max}	50.5	
	34 00		-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5		ϵ_{mean}	-2.6	
	33 30		-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4	-3.4		ϵ_{min}	-26.1	
	33 00	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1								Σ_{ϵ}	52054	
	32 30		49.1	49.1	49.1										σ_{ϵ}	24.5	



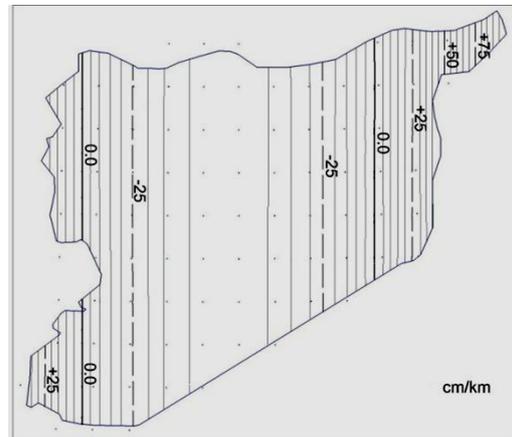
شكل (5): خطوط الإيزوغرام في الإسقاطات السمتية



شكل (6): خطوط الإيزوغرام وفق في الإسقاطات المخروطية

✓رسمت بعد ذلك خطوط الإيزوغرام اعتماداً على الإحداثيات المستوية وقيم التشوهات على تقاطعات شبكة الإحداثيات بتباعدات (intervals) ثابتة قيمتها ثلاثين دقيقة زاوية ستينية $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 30'$. نتجت الإحداثيات المستوية وقيم التشوهات عن الحساب وفق علاقات التحويل المباشر الواردة أعلاه.

تأخذ الأشكال المبينة أدناه خطوط تساوي التشوه (الإيزوغرام) وفق هذه الإسقاطات مقدرة بـ (cm/km):



شكل (4): شكل خطوط الإيزوغرام لتشوه المسافات في الإسقاطات الاسطوانية

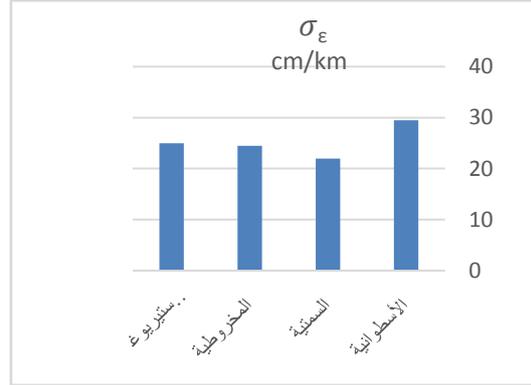
✓قورنت المؤشرات العددية للمعايير الموضوعية والتي تم الحصول عليها وفق النموذج المطور للإسقاطات الثلاث المدروسة، مع الإسقاط الستيريوغرافي المعمول به حالياً. أخذت مؤشرات الإسقاط الستيريوغرافي الحالي من [2].

جدول (3): مقارنة الإسقاطات المدروسة مع

الإسقاط الستيريوغرافي

	الاستوائية	السمتية	المخروطية	الستيريوغرافي
ϵ_{mean}	-10.7	-6.2	-2.6	-11.6
ϵ_{max}	70.6	52.8	50.5	53.6
ϵ_{min}	-39.8	-33.8	-26.1	-46.9
	29.5	22.0	24.5	25

✓ رسمت خطوط بيانية على أساس الإنحراف المعياري للتشوهات.



شكل (7): مقارنة الإنحراف المعياري للتشوهات

المؤشرات العددية في الجدول (1) المتمثلة في الخطأ النسبي الأعظمي للإسقاط هي مؤشرات توجيهية ولا تحافظ على ثباتها مع تغير إحداثيات مركز الإسقاط (λ_0, φ_0) وقيمة المقياس K_0 في المركز بسبب شكل المنطقة. ونجدها تتغير عند الأخذ بالإعتبار مؤشر الإنحراف المعياري لكامل المنطقة. حيث تتقدم الإسقاطات السمتية بشكل طفيف على الإسقاطات المخروطية والإسقاط الستيريوغرافي الحالي، وبشكل ملحوظ على الإسقاطات الأسطوانية (الشكل (7)).

ويعتبار أن هدف البحث هو تطوير طرق وكيفية التفتيش عن أفضل الإسقاطات، باستخدام النموذج المطور، وليس إيجاد الإسقاط الأمثل للمنطقة السورية، يكتفي البحث بتناول المؤشرات أعلاه.

الاستنتاجات والتوصيات

تضمن البحث طريقة مطوّرة لحساب الإسقاطات الجيوديزية التشابهية بشروط المنطقة السورية، من خلال علاقات موحدة لحساب التحويلات المباشرة والعكسية، وضعت على أساس النظرية العامة للإسقاطات الجيوديزية.

■ تُمكن العلاقات (14) - (31) من حساب الإحداثيات المستوية والجيوديزية، وكذلك عامل المقياس وتقارب خطوط الطول في أي نقطة ضمن المنطقة السورية بالدقة المطلوبة والكافية.

■ يقدم النموذج الرياضي المطور طرق وكيفية التفتيش عن أفضل الإسقاطات، عن طريق التحكم بقيم وتوزع التشوهات الخطية على كامل المنطقة السورية وفق معايير أفضل للإسقاطات.

■ يمكن تحسين نظام الإسقاط المعتمد حالياً للأغراض المختلفة، وذلك لتوفر باقعة واسعة من أنظمة الإسقاط البديلة التي تتوفر فيها الشروط الأساسية :

كامل المنطقة السورية ضمن جملة إحداثيات مستوية واحدة مع إمكانية تغيير مركز الإسقاط وعامل المقياس، يمكن تخفيض قيم التشوهات الخطية في النقاط الأبعد عن المركز، وذلك من اعتبارات جديدة لتوزع مناطق الأهمية ضمن المنطقة. إمكانية إدخال قيم إضافية على الإحداثيات المحسوبة لتجنب الإحداثيات السالبة اعتماد أنظمة إسقاط مناسبة لتطبيقات المقياس الكبيرة وربطها مع نظام الإسقاط الأساسي، من خلال أسلوب جديد في المعالجة والحساب تتوفر أنظمة الإحداثيات التي ترتبط بعلاقات رياضية صارمة بيئة إحداثية ملائمة للمشاريع الهندسية التي تستثمر باستخدام أنظمة المعلومات الجغرافية GIS.

■ تجدر الإشارة إلى أن موضوع إيجاد وضع إسقاط بديل أو الإبقاء على الإسقاط الحالي تتداخل فيه

المراجع

بالعربية:

1. د.م. نبيل الأشراف، نوبة المساحة المعمارية، جامعة دمشق، الطبعة الثانية للعام 2003.
2. م. ج. منصور شرابه، ندوة العلوم المساحية، دمشق، 1992.
3. د. م. معن اسماعيل حبيب، الإسقاط التَّشابهي المقترح في سورية وتطوير حزمة برامج على الحاسب الالكتروني لمسائل التحويل، القاهرة، 2000.
4. د.م. معن حبيب، د.م. أنور الصيفي، المساحة، جامعة دمشق، 2007 .
5. كميل دورافور، تقرير حول أعمال التثليث المنفذة في سوريا ولبنان، استوكهولم 1931 ، ترجمة د. م. عمر الخليل و م. ج. منصور شرابة.

بالروسية والإنكليزية:

6. Morozov V. P. CorseSphiroedal Geodesy .Moscow, Nidra,1979.
7. Bogaevsky L. M., Geodesy-Kartographic projections, Nedra, Moscow, 1992.
8. Podchyvalov V. P. – Universal Algoriphithm for conformal projections with reduction distortions .Novopolatsk, Geodezy, 1997.
9. Podchyvalov V. P. – Theoretical Bases for Formation Coordinate Environment for GIS .Novopolatsk, University publish, 1997.
10. Zacatov N. C. –Upper Geodesy, Moscow, Nidra,1976.
11. Bolshakov V. D, Lyvchouk G.P, – Spravachnik Geodezesta, Nedra, Moscow, 1975.
12. Vackhramieva L. A, Bogaevsky L. M, Kazacova Z.L. – Mathematic Cartography .Nedra, Moscow, 1997.
13. Meshereakov G. A. –Theoretic Bases of Mathematic Cartography .Nedra, Moscow, 1968.

مجموعة كبيرة من العوامل العلمية والتقنية

والاقتصادية، ولا بد من تناولها مجتمعة.

- لا حاجة للبحث عن علاقات تحويل بين أنظمة الإحداثيات المستوية المختلفة، الناتجة وفق نفس الشروط الإبتدائية (نقطة المبدأ، وعامل المقياس) المرتبطة بنفس الإهليلج، كعلاقات التحويل بين الإحداثيات الستيريوغرافية والأسطوانية والمخروطية. إذ يكفي في هذه الحالة استخدام علاقات الإسقاط العكسية من جملة الإحداثيات المستوية المنطلق إلى الإحداثيات الجيوديزية على الإهليلج، ومن ثم باستخدام علاقات الإسقاط المباشر وفق الإسقاط الهدف لنحصل على الإحداثيات المستوية وفق الجملة المطلوبة. دقة هذه التحويلات من دقة حساب المسألتين المباشرة والعكسية، أي أنها لا تتجاوز 0.001m ضمن حدود المنطقة السورية.
- يمكن استخدام النموذج الرياضي المقترح على أساس الخوارزمية العامة للإسقاطات الجيوديزية لتشكيل إسقاطات مركبة بشروط المنطقة السورية.
- أصبح من الضروري تكليف جهة عامة بإدارة البيانات الإحداثية في القطر، يكون من مهامها تطوير وتحديث الأساس الجيوديزي باستخدام أنظمة تحديد المواقع العالمي GPS. وكذلك اعتماد إطار مرجعي للبيانات المكانية، موحد ومعتمد من قبل كافة الجهات العامة. إضافة إلى إعداد وإدارة جداول بإحداثيات وبيانات جميع نقاط الأساس المساحي، يمكن من إعادة استخدام الإحداثيات للنقاط المرجعية للمشاريع، من قبل جهات أخرى ووفق جمل إحداثيات مناسبة لهذه المشاريع.
- عندها يمكن لهذا النموذج المطور أن يساهم، بعد مكاملته مع التحويلات بين أنظمة الإحداثيات المرتبطة بأكثر من إهليلج، في البرمجيات المناط بها، المساعدة في إدارة الإحداثيات. وفي هذا السياق سيكون من المهم وضع معايير ومواصفات وشروط فنية ونماذج لإنشاء النقاط وحل شبكات التثليث.

15. Feasibility Study on the Organisation and the Development of Land Administration in Syria- Final Report, Damascus, 2008.

14. Bogaevsky L. M., Theory of Kartographic projections of regular surfaces, zlatoyst, Moscow, 1999.

Development of Geodetic Projections for Syrian Region

* Dr. Abdurazzak Ajaj

** Eng. Kamal Youssef

*** Dr. Maan Habib

Abstract

This paper presents a methodology for development of a unified and comprehensive model for calculating geodetic projections, adapted to Syrian region. These projections are based on common conformal (cylindrical, azimuthal and conical) geodetic projections Theory. This aims to improve accuracy in calculating coordinates, to cope up with the available accuracy in measurements. Direct and indirect convergence and scale factor formulas were written in this context.

A case study was carried out to present methods of finding best fitting projections for the Syrian region. The presented methodology allows controlling of values of linear distortions by changing scale factors in origin point. We can also control distribution of distortions inside the studied region by changing the position of the origin point. This research yields some results and recommendations for spatial data management in the studied region.

Keywords: geodetic projections, geodetic coordinates, scale factor, linear distortions, point of origin.

* Associated Professor, Department of Topography, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.

** Directorate of Topography - Ministry of Housing and Urban Development

*** Associated Professor, Al-Balqa Applied University, Jordan.

