تطوير أنظمة إحداثيات محلية مرتبطة مع النظام الإحداثي العام للمشاريع الهندسية الكبيرة

م. كمال يوسف*

د.م. عبد الرزاق عجاج**

الملخص

يتناول البحث طرائق تطوير أنظمة إحداثيات مستوية محلية بموجب الإسقاطات التَّشابهية الشائعة (الأسطوانية، المخروطية، الستيريوغرافية)، مرتبطة مع بعضها البعض ومع نظام الإحداثيات العامَّة للقطر على أساس النظريَّة العامَّة للإسقاطات الجيوديزية. تمَّ دراسة ثلاث حالات لإنشاء أنظمة إحداثيات مستوية محلية لمشاريع هندسية لها توضُّعات جغرافية مختلفة (ممتدة باتجاه خطوط الطول، ممتدة باتجاه خطوط العرض، ممتدة على مساحات واسعة) على الإهليلج الأرضي في المنطقة السورية، من منظور الحد الأدنى للتشوهات الخطية، بحيث تُنجز الأعمال الجيوديزية لهذه المشاريع دون إدخال أي تصحيحات على القياسات الخطية عند الانتقال من الإهليلج إلى المستوي، وبالعكس، وإجراء الحسابات وفق تلك القياسات بالدقة المطلوبة والكافية.

الكلمات المفتاحية: الإسقاطات الجيوديزية، الإحداثيات المحلية، عامل المقياس، التشوهات الخطية، زاوية الطول، زاوية العرض

* مديرية الطبوغرافيا – وزارة الإسكان والتنمية العمرانية

** استاذ مساعد في قسم الطبوغرافيا – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق

1. مقدمة:

يشهد العالم ظهور وتطوُّر أدوات معاصرة في القياس والحساب في الجيوديزيا، وكذلك طرق وأساليب جديدة في جمع البيانات الخاصة بالمشاريع والمنشآت الهندسية. يقدم لنا هذا التطوُّر إمكانات جديدة في وضع قواعد البيانات المكانية الخاصة بهذه المنشآت والمشاريع، اللازمة لتطوير وتحسين طرق إدارتها ورفع كفاءة استثمارها. تلعب التقانات المناط بها تمثيل المعلومات المكانية للمشاريع الهندسية دوراً هاماً في ذلك. ولكي نحصل على موثوقية عالية في عملية التمثيل هذه، نحتاج إلى التوصيف الرياضي المناسب لاستخدامه في برمجيات هذه التقانات. تُمكِّن نُظم أو جُمل الإحداثيات (Coordinate Systems) من الوصول إلى دقة عالية في توصيف المعلومات المكانية التي يتم استخدامها في تقانات ونظم المعلومات الجغرافية GIS. أنظمة الإحداثيات هذه يجب أن تكون بسيطة وسهلة في الاستخدام العملي.

عَرفَت التجربة العالمية استخدام أنواع عديدة من جُمل الإحداثيات في الجيوديزيا [1,2]، وذلك بحسب الغرض منها وظروف استخدامها للأغراض العلمية والتقنية. من أهم النُظم التي لاتزال متداولة بشكل واسع: جملة الإحداثيات الجيوديزية (Geodetic Coordinate System)، جملة الإحداثيات الفراغية المتعامدة المركزية (Geocentric Coordinate System)، وجملة الإحداثيات المستوية المتعامدة (Plan Coordinate System).

تعتبر جملة الإحداثيات المستوية المتعامدة الأكثر استخداماً عند تنفيذ واستثمار المشاريع الهندسية المختلفة بسبب سهولة استخدامها من قبل المستثمرين غير المختصين (الجيوديزيين). يستلزم ذلك تمثيل نقاط من سطح الاهليلج في المستوي وفق قوانين رياضية محددة.

إنَّ تمثيل البيانات المساحية لمشروع هندسي ما وفق إحداثيات مستوية بموجب إسقاط معين يعني إجراء تصحيحات على القيم المقاسة عند الانتقال من الإحداثيات الجيوديزية على الإهليلج إلى الإحداثيات التربيعية المستوية وفق اسقاط محدد. تتناسب قيم التصحيحات مع التشوهات الناجمة عن الانتقال من سطح الاهليلج إلى المستوي. ترتبط قيم التشوهات بعدة عوامل منها مساحة المنطقة المسقطة من سطح الاهليلج إلى المستوي، وكذلك توضُّعها وامتدادها الجغرافي عليه، واختيار الشروط الابتدائية للإسقاط.

2. الدافع وراء البحث

ترتبط معظم المشاريع الاقتصادية الهامة في القطر بنقاط الأساس الجيوديزي (شبكة المثلثات) الممثَّلة بنظام الإحداثيات المستوية العامَّة (الستيريوغرافية). وتتوضَّع بعض هذه المشاريع على مساحات كبيرة من مرتبة مئات الكيلومترات المربَّعة، ويمتد بعضها الآخر بأطوال تصل إلى مئات الكيلومترات.

إنَّ ربط الأعمال الجيوديزية والمساحية لهذه المشاريع بنقاط الأساس الجيوديزي (شبكة المثلثات العامَّة) المتوفرة في مناطق هذه المشاريع وفق جملة الإحداثيات المستوية العامَّة، يعني ادخال تصحيحات على القيم المقاسة عند تمثيلها وفق جملة الإحداثيات العامَّة. أي أننا سنقوم بتشويه القياسات التي يتم انجازها حالياً، بدقة عالية باستخدام أجهزة القياس المعاصرة، لتنسجم مع دقة شبكة المثلثات العامَّة. وبالنتيجة تبقى دقة توضُّع نقاط التخديم الجيوديزي المُحدثة لهذه المشاريع محكومة بدقة نقاط الأساس الجيوديزي للقطر.

يؤثر في دقة إحداثيات نقاط الأساس الجيوديزي دقة تمثيل هذه النقاط وفق اسقاط محدد، حيث ينطلق اختيار الإسقاط

للمنطقة السورية من مفهوم الإسقاط الأمثل من وجهة نظر قيم وتوزع التشوهات الخطية على كامل المنطقة السورية.
يفي مثل هذا الإسقاط بمتطلبات الدقة لوضع الخرائط مختلفة المقاييس، وبعض الأعمال العقارية والطبوغرافية. إلا أنه لا يشكل، من وجهة نظرنا، الخيار الأفضل لتنفيذ المشاريع الممتدة، التي تتوضّع على مناطق ومساحات تتباين فيها قيم التشوهات الناتجة عن الإسقاط.
ومع تزايد متطلبات الدقة وفق المفاهيم الرقمية الحديثة، في ظل توفر امكانيات تحقيقها باستخدام تقانات وبرمجيات متطوُّرة للقياس والحساب، نرى أنه من الأفضل أن يتم تمثيل مثل هذه المشاريع الكبيرة وفق أنظمة إحداثيات مستوية محلية خاصة بموجب اسقاطات مناسبة لكل مشروع على حدى.
هذا الخيار يُمكِّننا من تحقيق أمرين: الأول هو تخفيض قيم التشوهات، الناجمة عن الإسقاط، في القياسات إلى الحد الذي يمكن معه اهمال التصحيحات الواجب إدخالها مقابل هذه التشوهات، في مرحلة التنفيذ. والثاني هو امكانية تجنب أحد المصادر الإضافية للأخطاء والذي يمكن ويتوجب تجنُّبه في مرحلة استثمار المشاريع، لأن المستثمر غالباً يجهل كيفية الأخذ بعين الاعتبار هذه التصحيحات.
كما يوفر إمكانية الربط مع جملة الإحداثيات العامَّة، ومن خلالها مع جمل الإحداثيات المحلية لمشاريع أخرى، بهدف الاستفادة الكاملة والفعَالة من جميع البيانات المساحية (الأرصاد، والقياسات، الإحداثيات) التي يتم جمعها، وتفادي تكرارها، لأن ذلك غير مبرر فنياً واقتصادياً.
يتزامن هذا مع البدء بتطوير أساس جيوديزي جديد في القطر، وما قد يرافقه من اختيار اسقاط جديد، وجملة إحداثيات تربيعية مستوية جديدة، وبالتالي تصبح إمكانية استخدام جُمل إحداثيات مستوية خاصة بمشاريع معينة، مرتبطة مع جملة الإحداثيات المستوية العامَّة أمرا لا يشكِّل صعوبة في ظل توفُّر تقانات الجيوماتية المعاصرة.

3. هدف البحث

يتناول البحث طرائق تطوير أنظمة إحداثيات مستوية محلية، خاصة للمشاريع الهندسية الضخمة، بموجب الإسقاطات التَّشابهية الشائعة (الأسطوانية، المخروطية، الستيريوغرافية)، مرتبطة مع نظام الإحداثيات العامَّة، على أساس النظريَّة العامَّة للإسقاطات الجيوديزية، انطلاقاً من مفهوم الإسقاط الأمثل من وجهة نظر الحد الأدنى من التشوهات الخطية على كامل المنطقة المدروسة.

4. استخدام أنظمة الإحداثيات المستوية في سورية

تنضوي التجربة السورية في استخدام أنظمة الإحداثيات (المستوية/التربيعية) في مجال الأعمال المساحية والمشاريع الهندسية، كما في معظم دول العالم، على مجموعة من أنظمة الإحداثيات المستوية العامَّة والمحلية، بحسب الغرض من هذه المنتجات [2,3,4,5]:
a) في **الأعمال العقارية** المنجزة تباعاً منذ عشرينات القرن الماضي، يستخدم نظام الإحداثيات العامَّة (X ،Y) بموجب الإسقاط الستيريوغرافي. البيانات العقارية، المتمثلة بنقاط الأساس الجيوديزي بجميع درجاته والمخططات العقارية بجميع المقاييس، المنجزة على كامل مساحة القطر تُمثَّل وفق مجموعة من القيم السالبة والموجبة للإحداثيات في هذا النظام. هناك أيضاً بعض المخططات والبيانات العقارية لبعض المناطق في محافظة طرطوس (مدينة طرطوس، الحميدية،...) التي أُنشِئت بموجب نظام إحداثيات محليّة (لازلنا نفتقر إلى المعطيات الكاملة حول هذا النظام)، حيث تُستثمر بيانات هذه المناطق وفق نظام الإحداثيات المحليّة إلى الآن، *ومن المنطقي أن يكون الفنيين في المصالح*

العقارية قد حاولوا وعملوا على تحويل هذه البيانات إلى نظام الإحداثيات العامَّة.

b) في أعمال إعداد **المخططات الطبوغرافية** للتجمعات العمرانية، والتي تُنجز بهدف إعداد المخططات التنظيمية لهذه التجمعات وكذلك المدن والمناطق الصناعية، يتم تمثيل البيانات الطبوغرافية استناداً لنقاط الأساس الجيوديزي العقاري وفق نظام الإحداثيات المستوية العامَّة، بموجب الإسقاط الستيريوغرافي. غير أنه وفي حالات خاصة يتم تمثيل وتوضيع بعض المشاريع في نظام الإحداثيات العام بشكل محلي، على اعتبار أن ربط نقاط الأساس الجيوديزي لهذه المشاريع غير محقق بشكل كامل. تُمثَّل مجموعة أخرى من المشاريع وفق نظام إحداثيات محلي افتراضي.

c) في **المشاريع الهندسية الطولية** (الخطية)، كمشاريع الطرق الدولية والعامَّة والسكك الحديدية بين المحافظات وكذلك المرتبطة مع الدول المجاورة، إضافة لخطوط النفط والغاز وخطوط التوتر العالي وأقنية الري ومشاريع استصلاح الأراضي الممتدة على أحواض الأنهار وغيرها. هذه المشاريع غالباً يتم تصميمها على خرائط وفق أنظمة إحداثيات متعامدة بموجب إسقاط لامبير المخروطي، غير أن تنفيذها واستثمارها يتم وفق نظام الإحداثيات التربيعية المستوية العامَّة بموجب الإسقاط الستيريوغرافي.

هناك أيضاً مشاريع منشآت هندسية يتم تمثيلها وفق أنظمة إحداثيات مستوية محلية افتراضية، غير مرتبطة مع بعضها البعض.

5. الطرائق العامَّة لتطوير الإسقاطات الجيوديزية:

اختيار نظام الإحداثيات لمنطقة ما هو عملية تدخل فيها مجموعة من العوامل لتحديد الخيار الأنسب، تراعى فيها إمكانية الاستخدام الواسع والفعَّال للتقانات الحاسوبية، كما في مرحلة دراسة واختيار الإسقاط الملائم لحل مسائل محدَّدة، كذلك في مرحلة الاستخدام العملي لهذا الإسقاط، مع إمكانية تبادل وتحويل البيانات برمجياً، بالدقَّة المطلوبة والكافية بين مختلف أنظمة الإحداثيات.

إنَّ المعايير المطلوب تحققها في أي بيئة إسقاط لأنظمة المعلومات الجغرافية، لا يمكن أن يحققها من الناحية العملية، أي نظام إسقاط واحد، ويمكن أن يحققها طيف واسع من الإسقاطات الَّتي تسمح بتعديل قيم التَّشوهات الخطّية ضمن المنطقة المدروسة.

الأسس النظريَّة المقدمة في البحثين [6,7] بيَّنت إمكانية تطوير اسقاطات جديدة بتشوهات أصغريّة وفق أي بارامترات يتم اختيارها من قبل المستخدم، وأنَّ الإسقاطات الجيوديزية الأكثر شيوعاً (الأسطواني، المخروطي، الستيريوغرافي) هي حالات خاصة وفق نظرية الإسقاط العامَّة. هذه الأنواع من الإسقاطات، تمَّت دراستها وفق اشتراطات محددة على كامل المنطقة السُّورية، على أساس الخوارزمية العامَّة للإسقاطات الجيوديزية التَّشابهية.

6. تتابع خطوات حساب الإحداثيات المستوية في الإسقاط المختار:

يُعبَّر عن الإحداثيات التربيعية المستوية انطلاقاً من الإحداثيات الجيوديزية (المنحنية) على الاهليلج الأرضي، في البحث [6] بالعلاقات:

$$E = E_0 + \sum_{j=1}^{n} A_j \, Q_j \qquad (1)$$

$$N = N_0 + \sum_{j=1}^{n} A_j \, P_j$$

حيث أنَّ:

- E_0, N_0 في هذه العلاقات هي إحداثيات مركز الإسقاط، يمكن حسابها أو فرضها مغايرة للصفر لتجنب القيم السالبة للإحداثيات بحسب كل حالة. اختيار القيم N_0 و E_0 أمر مهم جداً، إذا كان المطلوب إنشاء نظام

إحداثيات مستوية محلّي للمنطقة المدروسة، عندها يمكن اعتبار: $E_0 = N_0 = 0$

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

- المعاملات A_j تحدد نوع الإسقاط التَّشابهي من الأنواع الثلاثة الآنفة الذكر، يمكن الحصول على العلاقات المحددة لهذه العوامل في البحث [5,6].
- القيم P_j و Q_j هي توابع تغيّر الإحداثيات $\Delta\psi$ و $\Delta\lambda$، حيث: $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ $\Delta\psi = \psi - \psi_0$ ، $Q_1 = \Delta\lambda$ ، $P_1 = \Delta\psi$ ، بقية القيم يتم الحصول عليها من كثير الحدود (Polynom)، المحقق لعلاقات لابلاس:

$$P_j = P_{j-1}P_1 - Q_{j-1}Q_1$$
$$Q_j = P_{j-1}Q_1 + Q_{j-1}P_1 \quad (2)$$

حيث: ψ تعبِّر عن زاوية العرض الإيزومترية Isometric Latitude في النقطة المعتبرة، ψ_0 هي زاوية العرض الإيزومترية في مركز الإسقاط. λ زاوية الطول Longitude في النقطة المعتبرة، λ_0 زاوية الطول في مركز الإسقاط.

يُعبَّر عن زاوية العرض الإيزومترية بدلالة زاوية العرض الجيوديزية Latitude بالعلاقة:

$$\psi = \sqrt{\left(\frac{1+\sin\varphi}{1-\sin\varphi}\right)\left(\frac{1-e\sin\varphi}{1+e\sin\varphi}\right)^e} \quad (3)$$

φ - زاوية العرض الجيوديزية في النقطة المعتبرة،

e - اللامركزية الأولى للإهليلج

مقياس الإسقاط Scale Factor في أي نقطة من المنطقة المسقطة وفق أي من الإسقاطات الثلاث المذكورة يعبَّر عنه بالعلاقة:

$$K = \frac{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}{r} \quad (4)$$

القيم m_1 و m_2 وكذلك r يمكن حسابها بالعلاقات الواردة في البحث [6].

7. حساب الإحداثيات الإيزومترية انطلاقا من الإحداثيات المستوية:

يمكن التعبير عن العلاقات التي تمكِّن من حساب الإحداثيات الإيزومترية على سطح الإهليلج الأرضي انطلاقا من الإحداثيات التربيعية المستوية [6] وفق الآتي:

$$\psi = \psi_0 + \sum_{j=1}^{n} A'_j P'_j$$
$$\lambda = \lambda_0 + \sum_{j=1}^{n} A'_j Q'_j \quad (5)$$

حيث:

$$P'_j = P'_{j-1}P'_1 - Q'_{j-1}Q'_1$$
$$Q'_j = P'_{j-1}Q'_1 + Q'_{j-1}P'_1 \quad (6)$$

عند إجراء الحسابات يمكن اعتبار:

$P'_0 = 1,\ Q'_0 = 0$ وكذلك $P'_1 = (N - N_0)$ و $Q'_1 = (E - E_0)$.

زاوية العرض الإيزومترية لمركز نظام الإحداثيات التربيعية تحسب وفق العلاقة:

$$\psi_0 = \sqrt{\left(\frac{1+\sin\varphi_0}{1-\sin\varphi_0}\right)\left(\frac{1-e\sin\varphi_0}{1+e\sin\varphi_0}\right)^e} \quad (7)$$

زاوية العرض الجيوديزية φ تحسب بالعلاقة:

$$\varphi = 2arctg\left[\sqrt{\left(\frac{1+e\sin\varphi}{1-e\sin\varphi}\right)^e . exp\psi}\right] - \frac{\pi}{2} \quad (8)$$

المعاملات A'_j تحدد نوع الإسقاط التَّشابهي من الأنواع الثلاثة آنفة الذكر.

يمكن الحصول على العلاقات المحددة لهذه العوامل في البحث [6].

القيم φ_0, λ_0 أو E_0, N_0 وكذلك K_0، تعطى أو تفرض انطلاقاً من الشروط الابتدائية للإسقاط التي يتم اختيارها عند حساب التحويل المباشر.

8. التَّشوهات الخطّية في الإسقاطات التَّشابهية

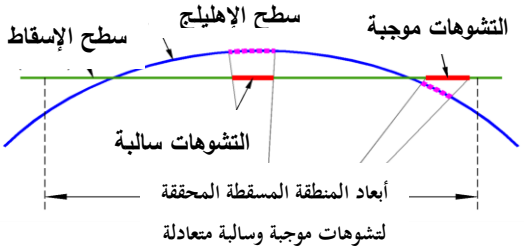
في العلاقات الواردة في [6] لحساب قيم العوامل A_j، الَّتي تُحدِّد طبيعة مسقط خط الطُّول الأوسط (meridian) في المستوي ونوع الإسقاط، تُدخَل قيمة عامل المقياس K_0 في نقطة ما من سطح الإسقاط إحداثياتها (φ_0, λ_0) أو (E_0, N_0)، هي نقطة مركز الإسقاط للسطح المُسقط، ويمر منها خط الطُّول الأوسط للمنطقة المدروسة.

في الحالة العامَّة $K_0 \neq 1$ في الإسقاط الستيريوغرافي وكذلك في الإسقاط الأسطواني المستعرض UTM، والإسقاط المخروطي [4,6,7]. يمكن تخفيض قيم التَّشوهات الخطّية ضمن المنطقة المدروسة باعتماد $K_0<1$.

تحسين الإسقاطات الجيوديزية، يمكن تحقيقه فقط من خلال تعديل قيم وتوزُّع التَّشوهات الخطّية داخل المنطقة المدروسة، وهذا ينطبق على كافة الإسقاطات التَّشابهية الشائعة.

في الاستخدام العملي للإسقاطات الجيوديزية لا فرق أن يكون $K > 1$ أو $K < 1$، ما يؤدي إمَّا إلى إنقاص أو زيادة (تمدُّد أو تقلُّص) طول مسقط المنحني الجيوديزي بين نقطتين على الإهليلج الشكل (1)، على اعتبار أنَّ هذا الطُّول يُحسب في مستوي الإسقاط.

تُعتبر القيمة المطلقة للتشوهات هنا الأمر الأساسي، عندها يُمكن تخفيض قيم التَّشوهات الخطّية ضمن حدود كامل المنطقة، باعتماد قيمة عامل المقياس في مركز المنطقة $K_0 < 1$، حيث أنَّه من أجل $K_0 = 1$ يكون $K > 1$.



الشكل (1): التَّشوهات الخطّية بالنسبة لمستوي الإسقاط

نحصل من خلال الخوارزمية العامَّة للإسقاط [8,9]، على الإسقاط الأسطواني المستعرض غوص– كريوغر (Gauss-Kruger cylindrical projection)، وإسقاط لامبيرت المخروطي (Lambert conical projection)، وكذلك إسقاط روسيل شبه الستيريوغرافي (Russell stereographic projection)، كحالات خاصة عندما تكون $K_0=1$. ونحصل على إسقاط ميركاتور المستعرض العالمي Universal Transverse Mercator (UTM)، باعتماد قيمة المقياس الخطي في المركز K_0 =0.9996.

بفرض وجود منطقة ما من سطح الإهليلج، يُراد إسقاطها على المستوي بالحد الأدنى من التَّشوهات الخطية، عندها يتمَّ بدايةً اختيار نقطة المركز الَّتي إحداثياتها (φ_0, λ_0)، وفي حال اعتمدت قيمة المقياس في هذه النقطة $K_0=1$، فمن الواضح أن التَّشوهات الخطّية العظمى الناتجة عن المقياس تكون [10,11]:

- في الإسقاط الأسطواني المستعرض، في النقطة الأبعد عن المركز $\Delta\lambda_{max}$
- في الإسقاط المخروطي، في النقطة الأبعد عن المركز $\Delta\varphi_{max}$
- في الإسقاط الستيريوغرافي، في النقطة الأبعد عن المركز التشوُّه الخطي يتزايد طرداً مع مربع البعد عن مركز الإسقاط.

لنفرض أنَّ القيم العظمى للتشوهات الخطّية K'_{max} في النُّقاط الموافقة من الإسقاطات الثَّلاثة، للحصول على قيمة K_0 المحققة لأفضل توزُّع للتشوهات الخطية في أي من هذه الإسقاطات لابد من تحقق الشرط [10,12]:

$$K_0 = \frac{2}{1 + K'_{max}} \qquad (9)$$

عندها يمكن كتابة العلاقة التَّالية الَّتي تصُح لأيّ نقطة من المنطقة المدروسة :

$$K = K_0 * K' \qquad (10)$$

السؤال المهم أيضاً كيف يمكن اختيار الإسقاط الأكثر ملاءمة للمنطقة المدروسة من الإسقاطات الثَّلاثة ؟

يؤخذ بعين الاعتبار في هذه الحالة عدَّة عوامل، وفق ما كان متعارف عليه سابقاً فقد كانت سهولة الخوارزمية للاستخدام العملي من أهم العوامل المحدِّدة لاختيار واستخدام إسقاط لمنطقة ما، أمَّا حالياً وفي ظل استخدام التقانات والبرمجيات الحديثة فإن هذا العامل بات غير أساسي. من الأفضل اختيار قيمة المقياس الأقرب إلى الواحد، من القيم K'_{max} الَّتي يتمَّ الحصول عليها وفق أي إسقاط من الإسقاطات الثلاثة، في هذه الحالة ومن خلال العلاقة (10) يتمَّ الحصول على الإسقاط الأكثر مُلاءمة، حيث تكون قيم التَّشوهات الخطّية على كامل المنطقة المدروسة أصغر ما يمكن (بالحد الأدنى).

في الإسقاط الأسطواني المستعرض وكذلك في الإسقاط المخروطي يتمَّ اعتبار :

$$\varphi_0 = \frac{1}{2}(\varphi_N + \varphi_S)$$
$$\lambda_0 = \frac{1}{2}(\lambda_E + \lambda_W) \qquad (11)$$

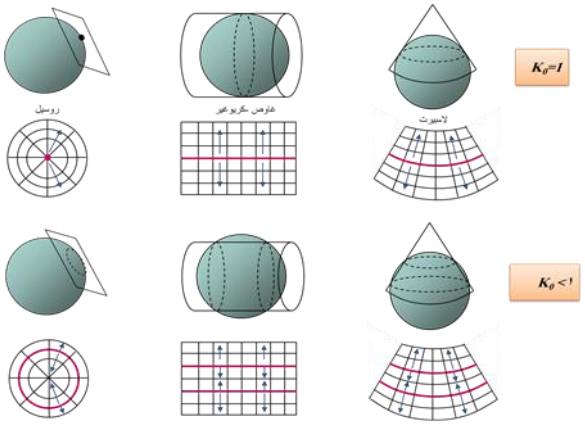
حيث φ_S ، φ_N قيم زاويتي العرض الموافقتين لأبعد نقاط المنطقة عن المركز جنوباً وشمالاً على التتالي. والقيمتين λ_E ، λ_W هما زاويتي الطول الموافقتين لأبعد نقاط المنطقة عن المركز غرباً وشرقًا على التتالي.

أما في الإسقاط الستيريوغرافي من الأفضل اعتماد النقطة الَّتي إحداثياتها (φ_0, λ_0) مركز الدائرة الأقرب لمحيط المنطقة المسقطة.

إنَّ الحساب المسبق لقيمة المقياس في مركز الإسقاط K_0 يتيح إمكانية تقليل قيم التَّشوهات الخطّية إلى النصف، بالمقارنة مع التَّشوهات الخطّية عند اختيار قيمة المقياس في مركز المنطقة $K_0 = 1$.

خطوط التشوُّه المعدوم (الإيزوغرام) واتجاهات تزايد التشوهات الخطية مبيَّنة في الشكل (2):

- في الإسقاط الأسطواني المستعرض خطين متناظرين بالنسبة لخط الطُّول (الزَّوال) الأساسي للمنطقة.
- في الإسقاط المخروطي خطين متناظرين بالنسبة لخط العرض الأوسط للمنطقة (المركزي).
- في الإسقاط الستيريوغرافي دائرة التشوُّه المعدوم، إحداثيات مركزه (N_0, E_0).



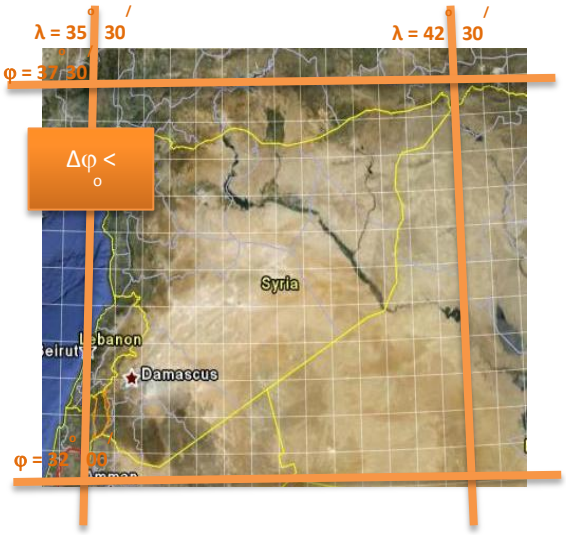
الشكل (2): أنماط خطوط الإيزوغرام واتجاهات تزايد التَّشوهات الخطية

9. أنظمة الإحداثيات التربيعية المستوية في الإسقاطات الجيوديزية:

تنطلق المبادئ الأساسية لاختيار جملة الإسقاط لمنطقة ما من الأهداف والمسائل الَّتي ستُحل بموجب هذا الإسقاط. في وقع الأمر هناك الكثير من المسائل المختلفة الَّتي يتطلب ويمكن حلّها من خلال معرفة شكل وأبعاد المنطقة على سطح الإهليلج، ووضع تصوُّر مسبق لطبيعة وتوزُّع والقيم العظمى للتشوهات الخطية، والدقَّة المطلوبة لتمثيل العناصر الجيومترية المختلفة.

انطلاقاً من هذه الاعتبارات تم دراسة إمكانية إنشاء نظام إحداثيات مستوية عام للمنطقة السُّورية بحيث تقع كامل المنطقة في نظام إحداثيات واحد، بحيث تتماشى دقَّة تمثيل العناصر الجيومترية مع معايير دقَّة القياسات والأرصاد الجيوديزية المعاصرة. تجدر الإشارة إلى أن الخطأ النسبي للقياسات الخطية بحدود 10^{-7} عندما تكون المسافات المقاسة بواسطة GPS بحدود 25km تحقق دقَّة في التوضُّع المتبادل للنقاط لا تتجاوز 0.0075m [8]، وبالتَّالي الخطأ الناجم عن الانتقال إلى مستوي الإسقاط يجب ألا يتجاوز القيمة النسبية 10^{-8}. مع الأخذ بعين الاعتبار ضرورة تحديث الأساس الجيوديزي باستخدام أجهزة التوضُّع العالمي GPS، يصبح من السهل إيجاد العلاقة بين نظام الإحداثيات المحلي والعالمي.

تتوضّع المنطقة السُّورية على حز واحد من ست درجات وعشرون دقيقة من الغرب وعشرون دقيقة من الشرق، وخمسة خطوط عرض، ويمتد شكل حدود المنطقة من الجنوب الغربي إلى الشَّمال الشرقي، بحيث يمكن اختيار مركز المنطقة، نقطة تقاطع خط العرض الأوسط للمنطقة $\varphi_0 = 34^o\ 48'$ وخط الطُّول الأوسط $\lambda_0 = 38^o\ 58'$.



الشكل (3): الموقع الجغرافي للمنطقة السُّورية على الإهليلج العالمي

بمساعدَّة النموذج المطوَّر في البحث [6]، اختبرت قيم التَّشوهات الخطّية العظمى على حدود المنطقة، وفق نفس الشُّروط للإسقاطات الثلاث: الإهليلج العالمي WGS-84، $K_0 = 1$ على خط الطُّول الأساس في إسقاط ميركاتور، وعلى خط العرض الأوسط في إسقاط لامبيرت وفي النقطة المركزية في الإسقاط الستيريوغرافي. فتبين أن الخطأ النسبي الأعظمي لتشوُّه المسافات متقارب للإسقاطات الثلاث، وقد بلغت أكبر قيمة وفق إسقاط ميركاتور 1:805. جرى تحسين هذه الإسقاطات عن طريق تعديل قيمة المقياس الخطي في مركز الإسقاط، بحيث تكون $K_0 < 1$ عندها أمكن الحصول على خطأ نسبي أعظمي لتشوُّه المسافات على حدود المنطقة السورية أقل من 1:2080 في الإسقاط المخروطي، و1:1610 وفق إسقاط ميركاتور، و1:1910 في الإسقاط السّتيريوغرافي. وضِعت بعض الاشتراطات منها أن تقع كامل المنطقة السورية ضمن نظام إحداثيات مستوية واحد، وأن يكون الانحراف المعياري للتشوهات أصغري، وأن تمر خطوط التشوه ما أمكن في مناطق النمو الحضري.

من خلال تحليل النتائج التي تم التوصل إليها في الجداول والرسوم البيانية ، كمؤشرات على قيم التشوهات، ومنحنيات تساوي التشوُّه التي تبيِّن توزع هذه التشوهات داخل المنطقة السورية، على ضوء الاشتراطات الموضوعة، أمكن القول أنَّ الإسقاط الستيريوغرافي وفق الشُّروط الابتدائية المفترضة التالية:

$K_0 = 0.999658$، $\lambda_0 = 38^o\ 50'$، $\varphi_0 = 34^o\ 48'$ هو إسقاط مناسب للمنطقة السُّورية، حيث قيم التَّشوهات الخطّية وفق هذا الإسقاط لا تتجاوز 52.8cm/km، والخطأ النسبي الأعظمي في تشوُّه المسافات الناجم عن الإسقاط بحدود 1:2000.

10. أنظمة الإحداثيات المحلية:

في الاستخدام العملي للإسقاطات الجيوديزية، يتطلب أحياناً تقليل التشوهات ضمن منطقة محددة للدراسة، على سبيل المثال، عندما يتطلب إنشاء شبكات جيوديزية لأغراض محددة، في هذه الحالة، فان إنشاء نظام إحداثيات مستوية، بسيط وسهل الاستخدام ويضمن الدقة العالية في حساب الإحداثيات، وبالحد الأدنى من حساب التصحيحات ضمن المنطقة المدروسة، هو أمر بالغ الأهمية، يستلزم ذلك وجود علاقات رياضية صارمة تربط هذا النظام مع غيره من أنظمة الإحداثيات العامَّة والمحلية.

لتكن المنطقة التي إحداثيات مركزها φ'', λ'' أو E'', N'' ، يتطلب أن يكون عامل المقياس $K'' = 1$ في نقطة ما من هذه المنطقة.

يمكن التعبير عن ذلك بالعلاقة:

$$K'' = K_0'' * K = 1 \qquad (12)$$

حيث: K عامل المقياس في مركز المنطقة محسوباً وفق الإسقاط العام المعتمد (لكامل المنطقة السورية).

نحصل على القيمة الخاصة لعامل المقياس في مركز المنطقة K_0'' المحقِّقة للشرط:

$$K_0'' = \frac{1}{K} \qquad (13)$$

عندما يتطلب تحويل الإحداثيات المستوية لنقاط الشبكة العامَّة $(E,\ N)$ في هذه المنطقة إلى الإحداثيات المحلية (E'', N'') يكفي استخدام المعادلات التالية [8]:

$$\left.\begin{aligned}\Delta E &= E - E_0\\ \Delta N &= N - N_0\end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

$$\left.\begin{aligned}\Delta E'' &= \Delta E\ \frac{K_0''}{K_0}\\ \Delta N'' &= \Delta N\ \frac{K_0''}{K_0}\end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

$$\left.\begin{aligned}E'' &= E_0 + \Delta E''\\ N'' &= N_0 + \Delta N''\end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

في هذه المعادلات K_0 هو عامل المقياس في النقطة المركزية لنظام الإسقاط العام المعتمد. اختيار نوع الإسقاط متعلق بشكل وأبعاد المنطقة المدروسة وفق ما ورد آنفاً. هذا التحويل بسيط ويمكن حسابه وفق الآلات الحاسبة العادية.

في حال تمَّ تعديل الشبكات الجيوديزية المنشأة في تلك المنطقة وحساب إحداثيات نقاطها وفق نظام الإحداثيات المحلي، يمكن تحويل هذه الإحداثيات إلى جملة الإحداثيات العامَّة وفق المعادلات [8]:

$$\left.\begin{aligned}\Delta E &= \frac{K_0}{K_0''}\Delta E\\ \Delta N &= \frac{K_0}{K_0''}\Delta N\end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

$$\left.\begin{aligned}E &= E_0 + \Delta E\\ N &= N_0 + \Delta N\end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

واستخدام الإحداثيات المحلية الناتجة في حل مختلف المسائل الجيوديزية والهندسية المختلفة في نظام الإحداثيات العام.

تجدر الإشارة إلى أن العلاقات (14) - (18) هي علاقات تحويل خطي ثنائي الأبعاد (2D Liner Conformal Transformation) بين جملتي الإحداثيات العامَّة والمحلية، بثلاث وسطاء تحويل (Parameters) هي: انسحابي محاور الإحداثيات E_0 و N_0 (Coordinate Translations)،

وعامل تغيُّر المقياس $\frac{K_0}{K_0''}$ (Scale Change).

لا يوجد في هذا التحويل دوران لمحاور الإحداثيات (Rotation).

في الأعمال الجيوديزية والمساحية للمدن ومواقع المنشآت الهندسية، مختلفة الأبعاد والأشكال، توضع اشتراطات دقة عالية لتوضُّع النقاط التفصيلية بالنسبة لبعضها البعض، ما يستوجب رفع دقة توضُّع نقاط الأساس الجيوديزي، حيث أنَّه من المفيد الحصول على لوائح بإحداثيات نقاط المشروع (بنك إحداثيات)، التي تضمن بدقة عالية، تطابق عناصر ونقاط مخطط الموقع مع ما يقابلها على الواقع.

اضافة إلى أنه من المجدي، اقتصادياً وفنياً أن تكون نقاط الأساس الجيوديزي وما يُبنى عليها من أعمال لاحقة، مكوّن أساسي وجزء من قاعدة البيانات (بنك المعلومات) المساحية العامَّة. ذلك ممكن في حال تم وضع نظام محلي للإحداثيات هو الأنسب لمدينة أو لموقع أو لمشروع، ومرتبط بعلاقات رياضية صارمة مع جملة الإحداثيات العامَّة.

الشرط الأساسي لتحقيق المُحَدَّدين السابقين، هو أن تكون أنظمة (جُمل) الإحداثيات المختلفة ناتجة كحالات خاصة من الخوارزمية العامَّة للإسقاطات الجيوديزية.

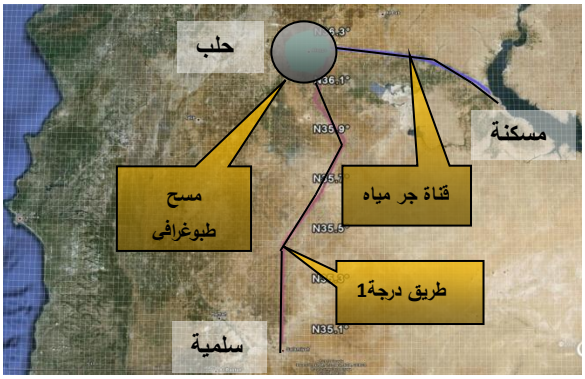
11. الحالة المدروسة

سنقوم بدراسة ثلاث حالات افتراضية لمشاريع مرتبطة بمدينة حلب. اختيرت بحيث يكون لها توضُّعات جغرافية مختلفة، هي:

مشروع مسح طبوغرافي للمدينة ومحيطها الحيوي، يتوضَّع هذا المشروع على رقعة جغرافية مساحتها بحدود 30,000 هكتار.

ومشروع إنشاء طريق درجة أولى بين مدينة سلمية في محافظة حماه ومدينة حلب، كمشروع ممتد (خطي) باتجاه شمال – جنوب بطول حوالي 150 km،

وكذلك مشروع إنشاء قناة جر مياه من نهر الفرات في منطقة مسكنة في إلى مدينة حلب كمشروع ممتد باتجاه شرق – غرب بطول 150 km، الشكل (4).



الشكل (4): مخطط التوضُّع الجغرافي للمشاريع الثلاث

المسألة الموضوعة هي: كيف يمكن أن تُنجز أعمال التخديم المساحي (شبكات الأساس الجيوديزي) المنشأة حديثاً لهذه المشاريع، بحيث تكون مرتبطة بنقاط الأساس الجيوديزي المحسوبة وفق جملة الإسقاط العامَّة للمنطقة السورية، والمقترحة سابقاً في البند 9 أن تكون جملة الإسقاط الستيريوغرافية على الإهليلج العالمي WGS-84، دون أن تتعرض العناصر الخطية لهذه الشبكات لأي تصحيحات جراء الانتقال من الإهليلج إلى المستوي.

للبدء بالدراسة وُضِعت **منهجية البحث** للحالات الثلاث، وجرى البحث لكل حالة على حدى وفق الآتي:

– تمّ تعيين النقاط المحيطية للمنطقة التي تمر منها خطوط الطُّول (Meridians) الموافقة لأصغر وأكبر قيم زوايا الطُّول، وخطوط العرض (Parallels) الموافقة لأصغر وأكبر قيم زوايا العرض $\lambda_{min}, \lambda_{max}, \varphi_{min}, \varphi_{max}$. واستقراء الإحداثيات الجيوديزية لهذه النُّقاط.

– حُسبت بعد ذلك القيَّم الأوليَّة للإحداثيات الجيوديزية $(\varphi_0'', \lambda_0'')$ لمركز المنطقة المتوضِّع عليها المشروع بالعلاقات (11)، على الإهليلج العالمي.

– اعتُبرت قيمة المقياس في مركز المنطقة المدروسة $K_0'' = 1$ وحُسبت قيم المقياس في النُّقاط المحيطية بموجب علاقة المقياس (4)، وبنفس الشروط الابتدائية المفترضة، وفق الإسقاطات الثلاث.

– استُنتجت بعد ذلك القيمة الأكبر للمقياس الخطي K''_{max}، من القيم الَّتي حسبت وفق كلِّ إسقاط، في النُّقاط المحيطية. استُخدمت في الحساب بارامترات الإهليلج الأرضي المعتمد في النظام الجيوديزي العالمي WGS-84.

– حُسبت بعد ذلك قيمة المقياس في مركز المنطقة K_0'' المحققة لأفضل توزُّع للتشوهات الخطية بالعلاقة (9) وفق الإسقاطات الثلاث.

– باعتماد القيمة الجديدة للمقياس K_0'' في مركز المنطقة المدروسة التي تم الحصول عليها، مع الإحداثيات الجيوديزية نفسها للمركز $(\varphi_0'', \lambda_0'')$، أعيد حساب قيم المقياس (التشوهات) في النقاط المحيطية، واستنتجت القيمة الأكبر K"max وفق كل إسقاط.

– حُسبت بعد ذلك قيم الخطأ النسبي الأعظمي لتشوُّه المسافات (dS/S)max في الإسقاطات الثلاث، الناتجة وفق الاشتراطات الابتدائية المذكورة، وتمت مقارنة النتائج.

النتائج:

<u>الحالة الأولى</u>: اختيار جملة إحداثيات محلية بغرض إعداد مخطط طبوغرافي لمدينة حلب، ضمن حدود المحلق الدائري الشمالي وطريق تحويلة دمشق – الرقة. نصف القطر الأعظمي للدائرة المحددة لمحيط منطقة مدينة حلب 20 km، الإحداثيات الجيوديزية لمركز المنطقة $\varphi_0'' = 36^0\ 12'$، $\lambda_0'' = 37^0\ 08'$، حُسبت القيمة العظمى لعامل المقياس في النقاط المحيطية الموافقة لأصغر وأكبر قيم زوايا الطُّول والعرض، لكل نوع من الإسقاطات الثلاثة. القيم العددية المفترضة والمحسوبة في هذه الحالة مبينة في الجدول (1).

الجدول (1): القيم العددية لاختيار أفضل اسقاط لمشروع مسح طبوغرافي لمدينة حلب

	نوع الإسقاط		
	الأسطواني	الستيريوغرافي	المخروطي
Kmax	1.000002767	1.000001348	1.0000027
K_0'' =2/(1+Kmax)	0.999998617	0.999999326	0.99999865
K"max	1.000001383	1.000000674	1.00000135
S	1000	1000	1000
S '	1000.001383	1000.000674	1000.00135
(dS/S)max	1:722000	**1:1400000**	1:742000

يتبيَّن من خلال الجدول (1) أن الخطأ النسبي لتشوه المسافات الناجم عن الانتقال من الإهليلج إلى المستوي وفق الإسقاط الستيريوغرافي لا يتجاوز 1:1400000 وهو أصغر بمرتين تقريباً من الخطأ النسبي وفق كل من الإسقاطين الأسطواني والمخروطي، وعليه فإن أفضل اسقاط للجملة المحلية هو الإسقاط الستيريوغرافي، ويمكن تنفيذ الأعمال الجيوديزية لمشروع المسح الطبوغرافي دون الأخذ بعين الاعتبار التشوهات الخطية الناجمة عن الإسقاط وفق الاشتراطات الموضوعة.

<u>الحالة الثانية</u>: إنشاء أساس مساحي لمشروع هندسي ممتد وهو عبارة عن قناة جر مياه من نهر الفرات في منطقة مسكنة، من نقطة إحداثياتها الجغرافية $\varphi = 36^0\ 05'$، $\lambda = 38^0\ 06'$، إلى مدينة حلب في نقطة إحداثياتها الجغرافية $\varphi = 36^0\ 13'$، $\lambda = 37^0\ 08'$. نُحدد على أساس العلاقات (11) مركز المنطقة المحددة لمسار خط القناه: $\varphi_0'' = 36^0\ 09'$، $\lambda_0'' = 37^0\ 37'$، $K_0'' = 1$. يتم حساب القيم العظمى للمقياس في النقاط المحيطية للمنطقة الموافقة لأصغر وأكبر قيم زوايا الطُّول والعرض، لكل نوع من الإسقاطات الثلاث. يبيِّن الجدول (2) القيم العددية المفترضة والمحسوبة وفق المعطيات الأوليَة لهذه الحالة.

الجدول (2): القيم العددية لاختيار الإسقاط الأنسب لمشروع قناة بين حلب ومسكنة

	نوع الإسقاط		
	الأسطواني	الستيريوغرافي	المخروطي
Kmax	1.000023341	1.000011998	1.00000065
$K_0'' = 2/(1+Kmax)$	0.99998833	0.999994001	0.99999968
K"max	1.00001167	1.000005999	1.00000032
S	1000	1000	1000
S '	1000.01167	1000.005999	1000.00032
(dS/S)max	1:85000	1:166000	**1:3000000**

نجد أنَّ الخطأ النسبي لتشوه المسافات عند الانتقال من الإهليلج إلى المستوي وفق الإسقاط المخروطي لا يتجاوز 1:3000000 وهو أصغر بمرتين تقريباً من الخطأ النسبي وفق الإسقاط الستيريوغرافي، وثلاث مرات وفق الإسقاط الأسطواني، نستنتج بناءً على ذلك بأنَّ أفضل إسقاط لمنطقة المشروع هو إسقاط لامبير المخروطي ويمكن إهمال التصحيحات الخطية الواجب ادخالها مقابل التشوهات الناتجة بسبب الاسقاط وفق الاشتراطات الموضوعة ، عند تنفيذ الأعمال الجيوديزية للمشروع.

<u>الحالة الثالثة</u>: إنشاء أساس جيوديزي لمشروع هندسي كإنشاء طريق مركزي درجة أولى من مدينة سلمية من نقطة إحداثياتها $\varphi = 35^0\ 00'$، $\lambda = 37^0\ 05'$، إلى مدينة حلب في نقطة إحداثياتها $\varphi = 36^0\ 13'$، $\lambda = 37^0\ 08'$، على أساس العلاقات (11) نحدد مركز المنطقة في النقطة $\varphi_0'' = 35^0\ 36'$، $\lambda_0'' = 37^0\ 06'$، $K_0'' = 1$. تُحسب القيم العظمى للمقياس في النقاط المحيطية الموافقة لأصغر وأكبر قيم زوايا الطُّول والعرض، لكل نوع من الإسقاطات وفق الاشتراطات الأولية الموضوعة.

الجدول (3): القيم العددية لاختيار الإسقاط الأنسب لمشروع طريق بين حلب وسلمية

	نوع الإسقاط		
	الأسطواني	الستيريوغرافي	المخروطي
Kmax	1.000000111	1.000027357	1.00005473
$K_0'' = 2/(1+Kmax)$	0.999999945	0.999986322	0.99997264
K"max	1.000000056	1.000013678	1.00002736
S	1000	1000	1000
S '	1000.000056	1000.013678	1000.02736
(dS/S)max	**1:18000000**	1:73000	1:36000

يتبيَّن من خلال الجدول (3) أن الخطأ النسبي لتشوه المسافات الناجم عن الانتقال من الإهليلج إلى المستوي وفق الإسقاط الأسطواني لا يتجاوز 1:18000000 وهو أصغر بعشرين مرة تقريباً من الخطأ النسبي وفق الإسقاط الستيريوغرافي، وأربعين مرة وفق الإسقاط المخروطي، وعليه فإن أفضل اسقاط للجملة المحلية هو الإسقاط الأسطواني المستعرض ويمكن تنفيذ الأعمال الجيوديزية للمشروع دون

الأخذ بعين الاعتبار التشوهات الخطية الناجمة عن الإسقاط واعتبار جملة الإحداثيات التربيعية المستوية الموافقة للإسقاط جملة محلية.

في مثل هذه المشاريع من الأفضل إنجاز الأعمال الجيوديزية الخاصة بها دون إسقاط تسهيلاً لاستثمارها، وحين يتطلب تمثيل هذه المشاريع وفق نظام إسقاط واحد، يتم ذلك من خلال التَّحويل وفق العلاقات السابقة.

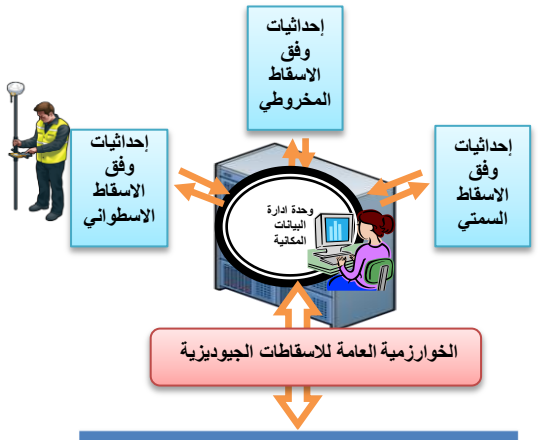
لتحقيق الربط مع الأساس الجيوديزي في الجملة العامَّة، يمكن حساب إحداثيات جميع النقاط المتوفرة في منطقة العمل ومحيطها المباشر التي ستستند إليها الأعمال الجيوديزية المحدثة وفق العلاقات (13) - (15). في هذه العلاقات K_0 هي مقياس الإسقاط في النقطة المركزية لنظام الإسقاط العام المعتمد. المقياس K_0'' في مركز المنطقة، وفق الجدول (1) يعتبر مساوياً القيمة 0.99999933 في الحالة الأولى، أو يعتبر مساوياً القيمة 0.99999968 وفق الجدول (2) في الحالة الثانية، أما في الحالة الثالثة فيعتبر مساوياً القيمة 0.99999945. بعد تعديل الشبكات الجيوديزية المحدثة في هذه المناطق وحساب إحداثيات نقاطها وفق نظام الإحداثيات المحلي، يمكن تحويل هذه الإحداثيات إلى جملة الإحداثيات العامَّة وفق المعادلات (16) و(17) واستخدام الإحداثيات الناتجة لحل مختلف المسائل الجيوديزية لاحقاً.

لتشكيل قائمة بإحداثيات نقاط المشروع (بنك إحداثيات) في جملة الإحداثيات المحلية، يُمكن:

– أن يتم وضع قيم خاصة لمركز المنطقة المحلية المدروسة $(\varphi_0'' \ , \ \lambda_0'')$ أو $(E_0'', \ N_0'')$، أمّا قيمة المقياس الخطي K_0'' يتم حسابها بالعلاقة (12) لنوع محدد من هذه الإسقاطات تبعاً لشكل المنطقة المراد اسقاطها، في هذه الحالة، تكون قيم التشوهات الخطية بالحد الأدنى الممكن، وتوزعها بأفضل طريقة ممكنة ضمن المنطقة.

– أو اعتماد البارامترات الأولية وهي إحداثيات مركز المنطقة المحلية $(\varphi_0'' \ , \ \lambda_0'')$ أو $(E_0'', \ N_0'')$ المتوافقة مع الجملة العامَّة (φ_0, λ_0) أو (E_0, N_0)، وقيمة المقياس K_0'' تحسب وفق العلاقة (12). يتم ذلك من خلال العلاقات (1) للحساب المباشر، وباعتماد العلاقات (5) للانتقال العكسي، في الحالتين المنوه عنهما سابقاً.

تجدر الإشارة إلى إمكانية الاستفادة من إحداثيات نقاط أي مشروع محسوبة وفق أي جملة إسقاط ونظام إحداثيات محلية، لاحقاً في المشاريع المجاورة من خلال حساب إحداثياتها وفق الإسقاطات الثَّلاثة ووفق نظام الإحداثيات العامَّة بالعلاقات السابقة، بحيث تشكَّل هذه الإحداثيات مع الإحداثيات الجيوديزية بنك إحداثيات للنقاط المرجعية بمختلف درجاتها. يتطلَّب ذلك وجود جهة عامة تشرف على إدارة هذه البيانات، **الشكل (5)**، عن طريق إعطاء إحداثيات للجهات الطالبة وفق جمل إحداثيات مناسبة لمشاريعها بحيث لا يترتب على الجهة المنفذة إجراء أي إسقاط للعناصر المقاسة، كما يتوجب على الجهة المشرفة وضع معايير ومواصفات وشروط ونماذج لإنشاء النُّقاط وحل الشَّبكات.



Catalog of Coordinates

PT	جيوديزية	اسطوانية	سمتية	مخروطية
-	---	---	---	----

الشكل (5): مخطط إدارة الإحداثيات

12. الاستنتاجات والتوصيات

كما يتضح في إطار الخوارزمية العامَّة للإسقاطات الجيوديزية، يوجد عدد غير محدود من التطبيقات والإمكانيات لتشكيل أنظمة إحداثيات مستوية محلية، مرتبطة مع بعضها ومع نظام الإحداثيات العام، على أساس الإسقاطات التَّشابهية الشائعة (الأسطوانية، المخروطية، الستيريوغرافية).

في أعمال إعداد المخططات الطُّبوغرافية للتجمعات السكنية، والَّتي تتطلَّب أن يتم إسقاط القياسات الخطّية على المستوي وفق نظام الإسقاط الستيريوغرافي، أي أن ذلك يحتمَّ إدخال تصحيحات على كافَّة الأطوال المقاسة في شبكات المثلثات والمضلعات. وبالنظر لبعض الأمور الأساسية المتعلقة بهذه المخططات والمتمثِّلة بالآتي:

1. المساحات الصَّغيرة نسبياً للمناطق (المشاريع) الَّتي يتمَّ اعداد مخططات لها أي أنَّ لكلِّ مشروع عامل إسقاط واحد لكامل المشروع.
2. المشاريع تستثمر بشكل منفصل (بشكل عام)، على سبيل المثال: مشروع في حمص منفصل في استخدامه عن مشروع في دير الزور، في حال استخدامهما بالمقياس الأساسي 1:1000 المنشأين بموجبه.
3. الأخطاء المرتكبة أثناء حساب عامل الإسقاط وبالتَّالي تحميل الأرصاد أخطاء إضافية
4. في مرحلة استثمار المشاريع: عدم معرفة المستثمر لهذه المخططات كيفية الأخذ بعين الاعتبار التصحيحات المدخلة سابقاً على القياسات، عند تعامله مع الإحداثيات المستوية لعناصر المخططات، ما يؤدي إلى عدم دقَّة في استثمار هذه المخططات.

في مثل هذه الأعمال وغيرها من المشاريع الهندسية التطبيقية، نرى أنه من المجدي فنياً واقتصادياً أن يتم إنجاز الأعمال الجيوديزية لها وفق أنظمة إحداثيات محلية مرتبطة مع نظام الإحداثيات العام، ومع بعضها البعض من خلاله، تمكِّن من إدارة بياناتها واستثمارها وفق أنظمة المعلومات الجغرافية.

a. في الأعمال العقارية: إن رقمنة دفاتر أرصاد المثلثات والمراصد (المضلعات) العقارية يوفر كمّاً كبيراً من البيانات المساحية العقارية التي تتيح إمكانية المساهمة في حل بعض مشاكل المناطق المتوقفة لأسباب جيوديزية من خلال حساب هذه المناطق وفق أنظمة إحداثيات محلية وربطها لاحقاً بالجملة العامَّة وفق مضمون هذا البحث. كما أن رقمنة دفاتر المسح التفصيلي إضافة لكونه يتيح إمكانية إعادة رسم المخططات العقارية استناداً للقياسات والأرصاد المنجزة، فذلك بالوقت نفسه يوفر البيانات الأساسية بالصيغة الإحداثية التي تشكل أساس لنظام معلومات جغرافي، وربطها بالمعلومات الوصفية، بحيث يمكن إدارتها واستثمارها بالصيغة المطلوبة. تساهم الفكرة المطروحة في هذا البحث في توسيع إمكانية رسم المخرجات العقارية وفق الاشتراطات المطلوبة.

b. يمكن تطبيق هذه الطريقة في البحث لإنشاء أنظمة إحداثيات محلية مرتبطة مع نظام الإحداثيات العامَّة لمشاريع هندسية ضخمة مثل المشاريع الممتدة، كخطوط النفط والغاز والطرق الدولية مع الدول المجاورة وغيرها التي تقع في أكثر من نظام إحداثيات عام. كما يمكن تطبيقه لمشاريع هندسية تتطلب دقة موضعية عالية في توضع نقاط الأساس الجيوديزي لها.

c. متابعةً لهذا البحث من المفيد تطوير أنظمة إحداثيات محلية بالحد الأدنى من التشوهات الخطية ومرتبطة مع نظام الإحداثيات العام، على أساس الإسقاطات المركَّبة من الإسقاطين الأسطواني والمخروطي، وذلك لدراسة المشاريع الممتدة ضمن جمل أسقاط وأنظمة إحداثيات مختلفة.

المراجع

1. Zakatov P. S., Corse High Geodesy, Moscow, Nidra,1976.
2. أ. د. م. نبيل الأشرف، نوطة المساحة المعمارية، مطبوعات جامعة دمشق، الطبعة الثانية للعام 2003.
3. أ. د. م. سامح جزماتي، المساحة والجيوديزيا، مطبوعات جامعة حلب، 1967.
4. م. منصور شرابه، جمل الإسقاط المستخدمة في سورية ندوة العلوم المساحية، دمشق، 1992.
5. د. م. معن حبيب، د. م. أنور الصيفي، المساحة، مطبوعات جامعة دمشق، 2007.
6. م. كمال يوسف، د. م. معن حبيب، د. م. عبد الرزاق عجاج، اقتراح نموذج رياضي موحد للإسقاطات الجيوديزية في سورية، بحث لدرجة الماجستير، جامعة دمشق، 2012.
7. د. م. معن اسماعيل حبيب، الإسقاط التَّشابهي المقترح في سورية وتطوير حزمة برامج على الحاسب الالكتروني لمسائل التحويل، اطروحة لدرجة الدكتوراه، القاهرة، 2000.
8. Podshyvalov V. P. – Universal Algorithm for conformal projections with reduction distortions .Novopolatsk,Geodezy,1997.
9. Bogaevsky L. M., Geodetic-Cartographic projections, Nedra, Moscow, 1992
10. Podshyvalov V. P. – Theoretical Background for Formation Coordinate Environment for GIS .Novopolatsk, University publish, 1998.
11. Morozov V. P. Corse Spheroidal Geodesy, Moscow, Nidra,1979.
12. Huryeu Y. Podshyvalov V. P. – Automated Designe of Coordinate Systems for Long Liner Objects. Novopolatsk, 2007.

Development of local plan coordinate systems connected to general coordinate system for Large Engineering Projects

*** Eng. Kamal Youssef** **** Dr. Abdurazak Ajaj**

Abstract

This paper presents methods of development plan coordinate systems, based on common conformal geodetic projections (cylindrical, conical, and stereographic). These systems could be with each other and with General coordinate system. A case study was carried out to show how to create coordinate systems for large Engineering projects, that have different geographic locations in Syrian area on Earth Ellipsoid (long liner objects with Parallel direction, long liner objects with Meridian direction, wide area position). The methodology presented allows creating coordinate systems for these three cases with minimal distortions and required accuracy of calculations.

Keywords: Geodetic projections, local plane coordinates, scale factor, liner distortions, longitude, latitude.

* Directorate of Topography - Ministry of Housing and Urban Development

** Department of Topography - Faculty of civil Eng. – Damascus University

Referenses

1. Zakatov P. S., Corse High Geodesy, Moscow, Nidra,1976.
2. Al Ashraf N. Architecture Surveying, Damascus University, 2nd edition, 2003.
3. Djazmaty S. Geodesy & Surveying, Aleppo University, 1992.
4. Sharabe M., surveying Sciences Symposium, Damascus, 1992.
5. Habib M., Al Saify A, Surveying, Damascus University, 2007.
6. Youssef K., Habib M., Ajaj A., Proposal of Unified Algorithm for Geodetic Projections in Syria, Damascus University, 2012.
7. Habib M. Conformal projection Proposed for Syria and Development baggage program , Cairo, 2000.
8. Podshyvalov V. P. – Universal Algoriphithm for conformal projections with reduction distortions .Novopolatsk, Geodezy,1997.
9. Bogaevsky L. M., Geodetic-Kartographic projections, Nedra, Moscow, 1992.
10. Podshyvalov V. P. – Theoretical Background for Formation Coordinate Environment for GIS, .Novopolatsk, University publish, 1998.
11. Morozov V. P. Corse Sphiroedal Geodesy, Moscow, Nidra,1979.
12. Huryeu Y. Podshyvalov V. P. – Automated Designe of Coordinate Systems for Long Liner Objects. Novopolatsk, 2007.