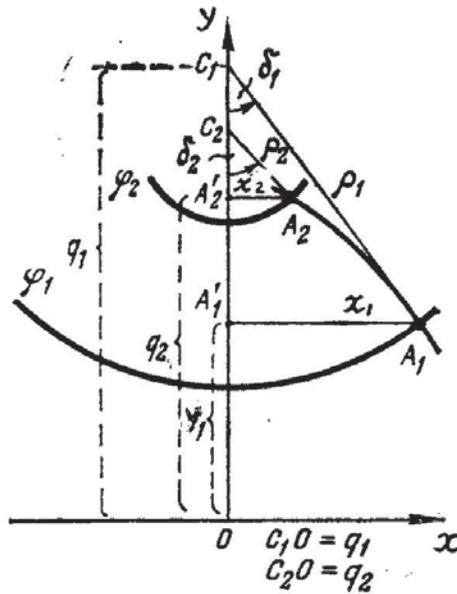


أنظمة الإسقاط نصف المخروطية

(١٠, ١) العلاقات العامة لأنظمة الإسقاط نصف المخروطية في هذه الإسقاطات ترسم خطوط العرض بشكل أقواس دوائر غير متمركزة، تقع مراكزها على المستقيم الذي يمثل مرتسم خط الطول الأوسط. خطوط الطول مرتسمها منحنيات متناظرة بالنسبة لخط الطول الأوسط. الشكل رقم (١١٩) يوضح مرتسم الشبكة منسوبة لجملة محاور متعامدة.



الشكل رقم (١١٩). شبكة الإسقاط نصف مخروطي.

في هذه الأنظمة، كما في المخروطية، تستخدم جملة الإحداثيات الكروية القطبية. تعطى الزاوية القطبية δ ونصف القطر القطبي ρ بالعلاقات التالية:

$$(10,1) \quad \begin{cases} \delta = F(\varphi, \lambda) \\ \rho = f_1(\varphi) \end{cases}$$

وتعطى الإحداثيات التربيعية المستوية بالعلاقات:

$$(10,2) \quad \begin{cases} x = \rho \sin \delta \\ y = q - \rho \cos \delta \end{cases}$$

فمن حيث الشكل نلاحظ أن هذه العلاقات هي نفسها في أنظمة الإسقاط شبه المخروطية. ولكن هنا قيمة q غير ثابتة، وهي تابعة لـ φ بالعلاقة:

$$(10,3) \quad q = f_2(\varphi)$$

وهي تمثل بالشكل بعد كل من C_1 ، C_2 عن 0.

يمكن أن تكون الشبكة في هذه الإسقاطات متعامدة، وذلك بفرض شرط التعامد على العلاقات التفاضلية لها (هذا النوع منها لا يستخدم حالياً).

حسب (1.35) لدينا العلاقة $\tan \epsilon = \frac{-f}{h}$ التي فيها يمكن حساب انحراف

زاوية تقاطع خطوط الشبكة، عن 90° . لنوجد عناصر هذه العلاقة باعتبار (1.16) و(1.29) و(10,2):

$$(10,4) \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial x}{\partial \varphi} = \frac{d\rho}{d\varphi} \sin \delta + \rho \cos \delta \frac{\partial \delta}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial x}{\partial \lambda} = \rho \cos \delta \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \\ \frac{\partial y}{\partial \varphi} = \frac{dq}{d\varphi} - \frac{d\rho}{d\varphi} \cos \delta + \rho \sin \delta \frac{\partial \delta}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial y}{\partial \lambda} = \rho \sin \delta \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \end{array} \right.$$

إذا نستنتج قيم f , h مباشرة ومن ثم نحسب $\tan \varepsilon$:

$$(10,5) \quad \left\{ \begin{array}{l} f = \rho \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \left(\frac{dq}{d\varphi} \sin \delta + \rho \frac{\partial \delta}{\partial \varphi} \right) \\ h = -\rho \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \left(\frac{dq}{d\varphi} \cos \delta - \frac{d\rho}{d\varphi} \right) \\ \tan \varepsilon = \frac{\frac{dq}{d\varphi} \sin \delta + \rho \frac{\partial \delta}{\partial \varphi}}{\frac{dq}{d\varphi} \cos \delta - \frac{d\rho}{d\varphi}} \end{array} \right.$$

$$(10,6) \quad g = \rho^2 \left(\frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \right)^2, \quad n \frac{\rho \partial \delta}{r \partial \lambda}$$

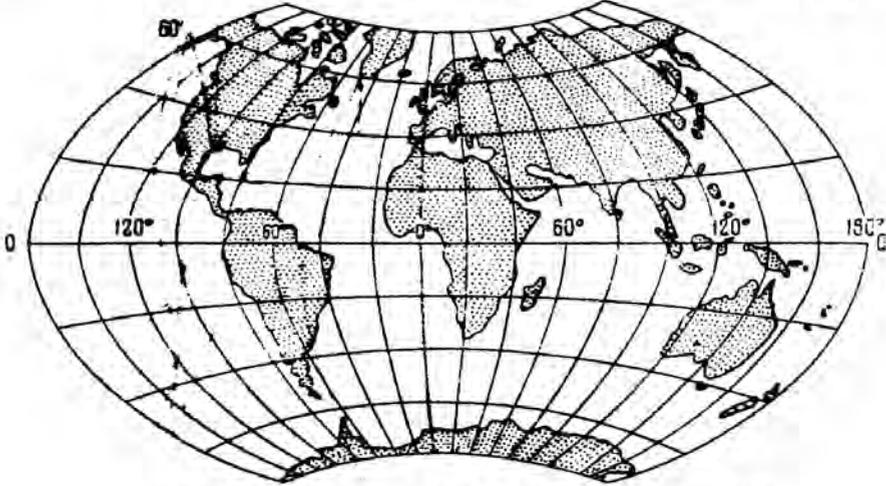
$$(10,7) \quad \mu_s = \frac{h}{Mr} = \rho \frac{\partial \delta}{\partial \lambda} \frac{\frac{dq}{d\varphi} \cos \delta - \frac{d\rho}{d\varphi}}{Mr}$$

$$(10,8) \quad m = \frac{\mu_s}{n} \sec \varepsilon = \frac{\frac{dq}{d\varphi} \cos \delta - \frac{d\rho}{d\varphi}}{M} \sec \varepsilon$$

$$(10,9) \quad \tan \frac{\omega}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m^2 + n^2 - 2\mu_s}{\mu_s}}$$

$$(10,10) \quad \left\{ \begin{array}{l} a = \frac{A+B}{2}, \quad b = \frac{A-B}{2} \\ A = \sqrt{m^2 + n^2 + 2\mu_s}, \quad B = \sqrt{m^2 + n^2 - 2\mu_s} \end{array} \right.$$

بالنسبة لنوع التشوهات، يمكن الحصول على أنظمة إسقاط نصف مخروطية مطابقة أو مكافئة أو متساوية المسافات. المطابقة والمكافئة منها قليلة الاستخدام. يبين الشكل رقم (١٢٠) أحد نماذج هذه الإسقاطات.



الشكل رقم (١٢٠). شبكة الإسقاط النصف مخروطي لخارطة العالم.

(١٠، ٢) نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط [٥]

من بين أنظمة الإسقاط نصف المخروطية، يعتبر نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط النموذج الأكثر استخداماً. وللحصول عليه تفرض شروط أخرى بالإضافة للشروط العامة. الشرط الأول هو أن نصف القطر القطبي لمرسم أي خط عرض يساوي طول عامد المخروط الماس للإهليلج حسب هذا الموازي. أي أن:

$$\rho = Nc \tan \varphi \quad (10.11)$$

ومن ثم فإن مرسم أي موازي يحافظ على الطول الحقيقي، أي أن $n = 1$.

هذا الشرط يمكن هندسياً بيانه في الشكل رقم (١٢١).

الشرط الثاني هو المحافظة على طول خط الطول الأوسط أي :

$$m_0 = 1$$

فمن الشرط الأول وباعتبار (١,٧٩) نجد :

$$n = \frac{\rho \partial \delta}{r \partial \lambda} = 1$$

$$(١٠,١٢) \quad \partial \delta = \frac{r}{\rho} \partial \lambda$$

بالتكامل بالنسبة لـ λ نحصل على :

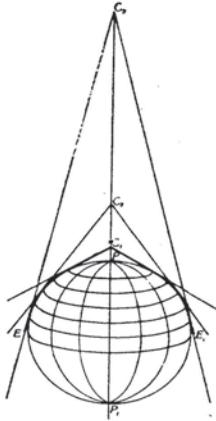
$$(١٠,١٣) \quad \delta = \frac{r}{\rho} \lambda + F(\varphi)$$

إن ثابت التكامل $F(\varphi)$ يساوي الصفر استناداً إلى الشرط $\delta = 0$ عندما

$$\lambda = 0$$

إذاً

$$(١٠,١٤) \quad \delta = \frac{r}{\rho} \lambda$$



الشكل رقم (١٢١). مبدأ نظام الإسقاط النصف مخروطي البسيط.

وبتعويض قيمة $r = N \cos \varphi$ و ρ من (١٠,١١) نحصل على:

$$(١٠,١٥) \quad \delta = \lambda \sin \varphi$$

حسب الشرط الثاني $m_0 = 1$ يمكن تحديد q :

$$(١٠,١٦) \quad q = \rho + S = N c \tan \varphi + S$$

حيث S طول قوس من خط الطول بين الاستواء والموازي φ .
ومن ثم يمكن إيجاد معادلات نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط بالشكل

التالي:

$$(١٠,١٧) \quad \begin{cases} \delta = \lambda \sin \varphi \\ \rho = N c \tan \varphi \\ q = N c \tan \varphi + S \\ x = N c \tan \varphi \sin \delta = N c \tan \varphi \sin(\lambda \sin \varphi) \\ y = S + N c \tan \varphi [1 - \cos(\lambda \cos \varphi)] \end{cases}$$

لحساب تشوه تعامد الشبكة نعود للعلاقة (١,٨٠) ونحسب التفاضلات الجزئية

فيها:

$$(١٠,١٨) \quad \begin{cases} \frac{d\rho}{d\varphi} = -M - N c \tan^2 \varphi, \quad \frac{dq}{d\varphi} = -N c \tan^2 \varphi, \quad \frac{\partial \delta}{\partial \varphi} = \lambda \cos \varphi \\ \tan \varepsilon = -\frac{-N c \tan^2 \varphi \sin \delta + N \lambda c \tan \varphi \cos \varphi}{-N c \tan^2 \varphi \cos \delta + M + N c \tan^2 \varphi} \\ \tan \varepsilon = \frac{\lambda \sin \varphi - \sin \delta}{\frac{M}{N} \tan^2 \varphi + 1 - \cos \delta} = -\frac{\delta - \sin \delta}{\frac{M}{N} \tan^2 \varphi + 2 \sin^2 \frac{\delta}{2}} \end{cases}$$

الآن وباعتبار (١,٨٠) يمكن حساب المقياس المحلي المساحي:

$$\mu_s = N \cos \varphi \frac{(-N c \tan^2 \varphi \cos \delta + M + N c \tan^2 \varphi)}{M r}$$

$$(10,19) \quad \mu_s = 1 + 2 \frac{N}{M} c \tan^2 \varphi \sin^2 \frac{\delta}{2}$$

ويكون المقياس المحلي الخطي حسب خطوط الطول:

$$(10,20) \quad m = \left(1 + 2 \frac{N}{M} c \tan^2 \varphi \sin^2 \frac{\delta}{2} \right) \sec \varepsilon$$

$$(10,21) \quad \tan \frac{\omega}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m^2 + 1 - 2\mu_s}{\mu_s}}$$

نستنتج من هذه العلاقات بأن التشوهات في نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط، تتعلق بزاوية العرض φ وزاوية الطول λ . إن خطوط تساوي التشوهات، لها شكل منحنيات معقدة متطاولة حسب خط الطول الأوسط. لذلك يوصى باستخدام هذا الإسقاط للمناطق الممتدة حسب خط طول. سلبية هذا الإسقاط هي أن مرتسم خطوط العرض لها انحناء كبير خاصة في العروض العليا، وأيضاً زيادة كبيرة في التشوهات كلما ابتعدنا عن خط الطول الأوسط. بجوار خط الطول الأوسط التشوهات تزداد ببطء. فمثلاً من أجل نطاق أو قطاع بعرض 30° فإن:

$$v_m = v_{\mu} \leq 3,4\% , \omega \leq 2^\circ$$

أما في نقطة تقاطع خط الاستواء مع خط الطول $90^\circ = \lambda$ (في المرتسم)

فإن:

$$v_m = v_p = 123\% , \quad \omega = 44^\circ , \quad 9$$

نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط اعتمد كأساس لإصدار خارطة العالم الدولية بمقياس (1:1000 000). يستخدم هذا الإسقاط في الولايات المتحدة الأمريكية

لوضع الخرائط الطبوغرافية، لذلك أحياناً يسمى هذا الإسقاط بنظام الإسقاط الأمريكي.

يمكن استخدام هذا الإسقاط لتصوير المناطق الضيقة (قطاعات طولية) التي لا يتجاوز عرضها ست درجات، أي أن زاوية الطول المقاسة من الخط الأوسط $|\lambda| \leq 3^\circ$. في هذه الحالة يمكن استنتاج علاقات نظام الإسقاط بطرق النشر بسلاسل، مع اعتبار أن الشبكة ضمن المجال المذكور متعامدة (ε لا تتجاوز "2)، ومن ثم يمكن قبول العلاقة التالية لحساب المقياس المحلي (الفقرة ٤.٨.٢):

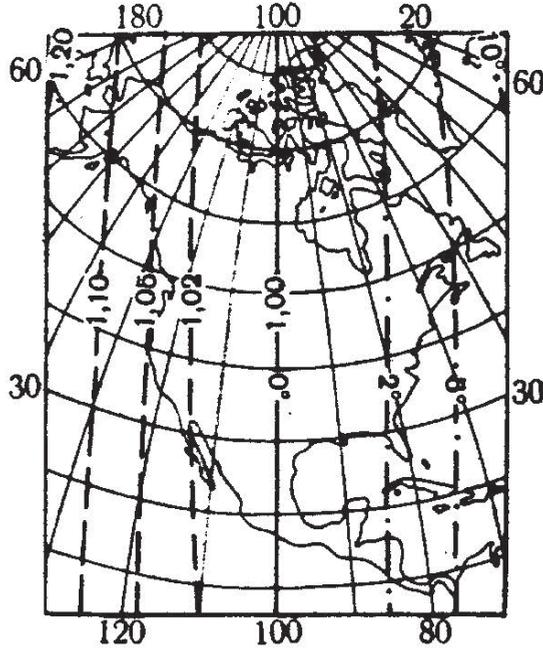
$$(١٠,٢٢) \quad \mu_s = m = 1 + 0,000152 (\lambda^0)^2 \cos^2 \varphi$$

$$(١٠,٢٣) \quad \omega' = 0',52 (\lambda^0)^2 \cos^2 \varphi$$

التشوهات في هذا الإسقاط تزداد بالابتعاد عن خط الطول الأوسط وبنقصان زاوية العرض φ . التشوهات الأعظمية تكون عند التقاء خطي الطول الطرفين مع خط الاستواء (في المرسم) حيث تبلغ قيمها:

$$v_m = v_p = 0,14\% \quad , \quad \omega' = 4',7$$

يبين الشكل رقم (١٢٢) مرسم الشبكة مع خطوط تساوي التشوهات الزاوية والطولية (المساحية $m = \mu_s$).



الشكل رقم (١٢٢). نظام الإسقاط الأمريكي.

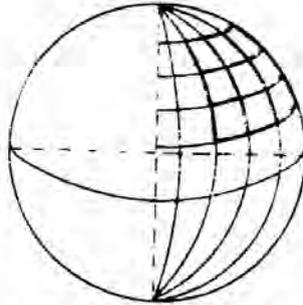
(١٠,٣) نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط المعدل

إن فكرة إصدار خارطة العالم الدولية، ظهرت في نهاية القرن التاسع عشر. ففي عام (١٩٠٩م) وفي المؤتمر الجغرافي العالمي المنعقد في لندن، تم تحديد مقياس هذه الخريطة (1:1000 000)، ونظام الإسقاط: نصف المخروطي البسيط المعدل، ونظام تقسيم هذه الخريطة إلى لوحات قياسية. لندرس الآن هذا النظام.

نظام الإسقاط النصف مخروطي المعدل عبارة عن كثير وجوه، ينطبق مع سطح الإهليلج الدوراني. تنشأ هذه السطوح من تقسيم سطح الإهليلج بخطوط الطول وخطوط العرض إلى اشكال شبه منحرف. كل شبه منحرف يصور على لوحة مستقلة

وبنظام إسقاط موحد (الشكل رقم ١٢٣). أبعاد هذه اللوحات قياسية، وقد تم اعتماد، $\Delta\varphi = 4^\circ$ ، $\Delta\lambda = 6^\circ$ للمناطق الواقعة بين خط الاستواء وخط العرض 60° . تتضاعف الأبعاد $\Delta\lambda$ من خط العرض 60° إلى 76° لتصبح 12° . تصبح قيمة $\Delta\lambda = 24^\circ$ في المنطقة الواقعة فوق خط العرض 76° . وتم اعتماد نظام ترميز موحد، حيث استخدمت الأحرف الأبجدية (A,B,C.....) للدلالة على ترتيب النطاق بدءاً من الاستواء. واستخدمت الأرقام العربية (١،٢،٣،...) للدلالة على ترتيب القطاع بدءاً من خط الطول 180° بالنسبة لخط (غرينتش)، وباتجاه دوران الأرض حول محورها، فمثلاً لوحة الخارطة التي تحوي مدينة القاهرة رمزها (H - 36). أما بالنسبة للوحات ذات الأبعاد المضاعفة في العروض العليا فترمز بنفس الطريقة مع ذكر رقمين أو أربعة للدلالة على امتداد اللوحة $\Delta\lambda$. فمثلاً اللوحة (P- 39,40) هي بالنطاق P وتغطي القطاعين ٤٠، ٣٩.

نظام الإسقاط يعتمد على أساس أن خطي الطول $2^\circ \pm$ بالنسبة لخط الطول الأوسط في كل قطاع، يرسمان بدون تشوهات، أي $m = 1$ (في العروض العليا $4^\circ \pm$ ، $8^\circ \pm$). يرسم كل من خطي العرض الطرفين بدون تشوهات، ومن ثم هما في المرتسم أقواس دوائر نصف قطر كل منهما $\rho = Nc \tan \varphi$. إذاً $n_N = n_s = 1$. أما باقي خطوط العرض فهي عبارة عن منحنيات تصل بين النقاط الناتجة عن تقسيم خطوط الطول إلى أقسام متساوية. تم اعتماد تباعد خطوط الشبكة مساوياً لـ 1° طولاً وعرضاً، و 2° أو 4° طولاً في العروض العليا. إذاً كل لوحات خرائط المقياس (1:1000 000) تحوي خمسة خطوط عرض وسبعة خطوط طول.



الشكل رقم (١٢٣). مبدأ نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط المعدل.

إذا عدنا الآن للمجموعة (١٠,١٧) ونشرنا المقادير $\cos\delta, \sin\delta$ بسلاسل:

$$\sin(\lambda \sin\varphi) = \lambda \sin\varphi - \frac{\lambda^3 \sin^3 \varphi}{6} + \frac{\lambda^5 \sin^5 \varphi}{120} - \dots$$

$$\cos(\lambda \sin\varphi) = 1 - \frac{\lambda^2 \sin^2 \varphi}{2} + \frac{\lambda^4 \sin^4 \varphi}{24} - \dots$$

فإن الإحداثيات التربيعية x, y وباعتبار أن $\lambda \leq 3^\circ$ يمكن حسابها بالعلاقات

التالية:

$$(10.24) \quad \begin{cases} x = \lambda N \cos\varphi - \frac{\lambda^3}{6} \sin^2 \varphi \cos\varphi - \dots \\ y = S + \frac{\lambda^2}{2} N \sin\varphi \cos\varphi - \dots \end{cases}$$

نحصل على المقياس المحلي m من العلاقة (١٠,٢٢) بعد اعتبار شرط أن

$$m = 1 \text{ عند } \lambda = \pm 2^\circ$$

$$(10.25) \quad m = 1 + 0.0001523[\lambda^2 - 4] \cos^2 \varphi$$

وتكون التشوهات حسب خطوط الطول الطرفية $\lambda = \pm 3^\circ$:

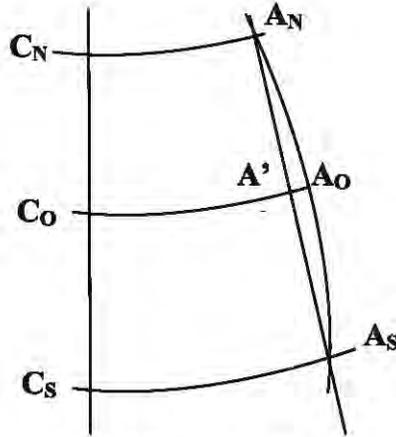
$$v_n = +0.076\% \cos^2 \varphi$$

ومن أجل خط الطول الأوسط $\lambda = 0^\circ$

$$m_0 = 1 - 0.000601 \cos^2 \varphi$$

$$v_{m_0} = -0.061\% \cos^2 \varphi$$

وتصبح مرتسمات خطوط الطول المنحنية في نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط مستقيمت. وباعتبار أن $n_N = n_S = 1$ فإن n لخطوط العرض الوسطى ستكون أقل من الواحد. والقيمة الأصغرية ستكون حسب الطول الأوسط φ_0 . فحسب (الشكل رقم ١٢٤):



الشكل رقم (١٢٤). حساب المقياس في الإسقاط نصف المخروطي البسيط المعدل.

(١٠,٢٦)

$$m_0 = 1 - \frac{A'_0 A_0}{C_0 A_0}$$

ويمكننا اعتبار أن:

$$C_0 A'_0 = \frac{1}{2}(C_N A_N + C_s A_s)$$

$$A_0 A'_0 = C_0 A_0 - \frac{1}{2}(C_N A_N + C_s A_s)$$

$$A_0 A'_0 = [N_0 \cos \varphi_0 - \frac{1}{2}(N_N \cos \varphi_N + N_s \cos \varphi_s)] \lambda$$

ولكن بما أن $\varphi_N - \varphi_s = 4^\circ$ فيمكن قبول المساواة التالية :

$$N_N = N_0 = N_s$$

إذا بالتعويض والإصلاح نحصل على العلاقة :

$$A_0 A'_0 = \lambda N_0 \cos \varphi_0 (1 - \cos \frac{\varphi_N - \varphi_s}{2})$$

وينشر المقدار $\cos \frac{\Delta \varphi}{2}$ واعتبار الحدود للدرجة الثانية وإهمال الباقي نحصل

على :

$$(10,27) \quad A_0 A'_0 = \frac{\lambda (\Delta \varphi)^2}{8} N_0 \cos \varphi_0 = C_0 A_0 \frac{(\Delta \varphi)^2}{8}$$

والعلاقة (10,26) تأخذ الشكل التالي :

$$(10,28) \quad n_0 = 1 - 0.0001523 \frac{(\Delta \varphi^0)^2}{4}$$

بالنسبة للخارطة ذات المقياس (1:1000 000) تبلغ التشوهات n_0 في كل لوحة

القيمة :

$$v_{n_0} = -0.06\%$$

يمكن اعتبار المقياس المحلي حسب خطوط الطول وخطوط العرض حدي ، لأن

الشبكة تعتبر متعامدة عملياً.

نحصل من (10,25) و (10,28) على المقياس المحلي المساحي حسب خط

العرض الأوسط :

$$(١٠,٢٩) \quad \mu_s = 1 + 0.0001523 [(\lambda^{02} - 4) \cos^2 \varphi_0 - \frac{(\Delta\varphi^0)^2}{4}]$$

ويعطى التشوه الأعظمي للزوايا بالعلاقة التالية :

$$(١٠,٣٠) \quad \begin{aligned} \omega'_N &= \omega'_s = 0'.52 [(\lambda^0)^2 - 4] \cos^2 \varphi \\ \omega'_0 &= 0'.52 \{ [(\lambda^0)^2 - 4] \cos^2 \varphi + \frac{(\Delta\varphi)^2}{4} \} \end{aligned}$$

إذاً تصبح معادلات هذا الإسقاط على الشكل التالي :

$$(١٠,٣١) \quad \left\{ \begin{aligned} x &= \lambda N \cos \varphi - \frac{\lambda^3}{6} N \cos \varphi \sin^2 \varphi \\ y &= \frac{\lambda^2}{2} N \cos \varphi \sin \varphi \\ m &= 1 + 0.0001523 (\lambda^{02} - 4) \cos^2 \varphi \\ n_N &= N_s = 1 \\ n_0 &= 1 - 0.0001523 \frac{(\Delta\varphi^0)^2}{4} \\ \mu_s &= 1 + 0.0001523 (\lambda^{02} - 4) \cos^2 \varphi \\ \mu_{s_0} &= 1 + 0.0001523 [(\lambda^{02} - 4) \cos^2 \varphi_0 - \frac{(\Delta\varphi^0)^2}{4}] \\ \omega'_N &= \omega'_s = 0'.52 (\lambda^{02} - 4) \cos^2 \varphi \\ \omega'_0 &= 0'.52 [(\lambda^{02} - 4) \cos^2 \varphi_0 - \frac{(\Delta\varphi^0)^2}{4}] \end{aligned} \right.$$

إن ميزة هذا الإسقاط هي صغر قيم التشوهات. فبالنسبة لأي لوحة من لوحات الخارطة ذات المقياس (1:1000 000)، لا تتجاوز تشوهات الأطوال قيمة 0,10%، والمساحات 0,15%، والزوايا 5'، وتعتبر هذه القيم عملياً غير ملحوظة.

أما سلبية هذا نظام الإسقاط فهي ظهور انفصال (تمزق) عند وصل أربع لوحات متجاورة كما يبين الشكل رقم (١٢٥). هذا الانفصال الزاوي الذي نعبر عنه بـ δ ، يساوي الزيادة الكروية في الشبه المنحرف الكروي.

$$\delta = \Delta\lambda \Delta\varphi \cos\varphi$$

وباعتبار $\Delta\varphi = 4^\circ$ ، $\Delta\lambda = 6^\circ$ فإن:

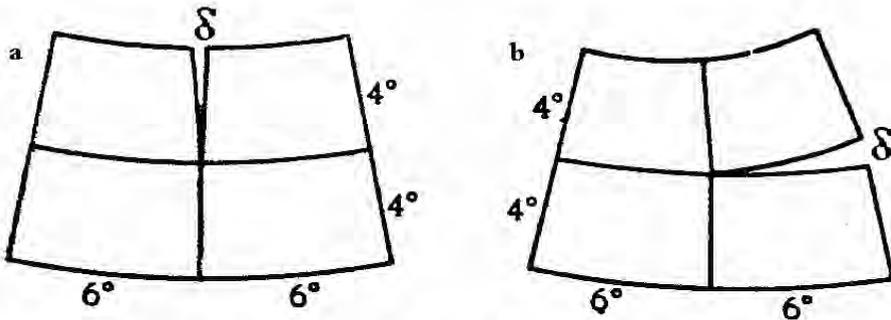
$$\delta = 25',15 \cos\varphi \quad (10,32)$$

أما الانفصال الخطي بالنسبة للحالة a:

$$\overline{\delta_{mm}} = 3,25 \cos\varphi \quad (10,33)$$

وبالنسبة للحالة b:

$$\overline{\delta_{mm}} \approx 4,85 \cos\varphi \quad (10,34)$$

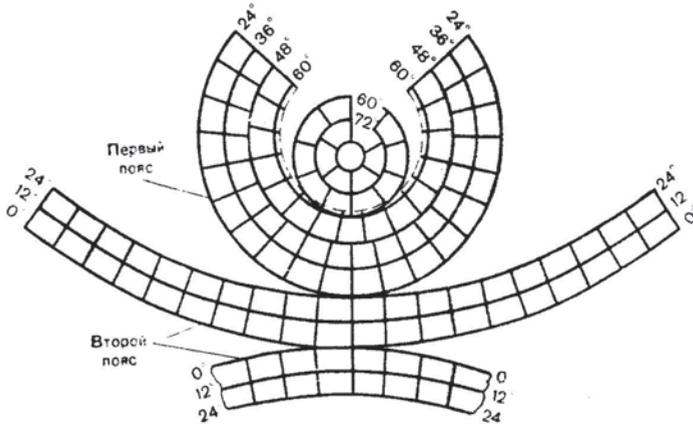


الشكل رقم (١٢٥). الانفصال في نظام الإسقاط نصف المخروطي البسيط المعدل.

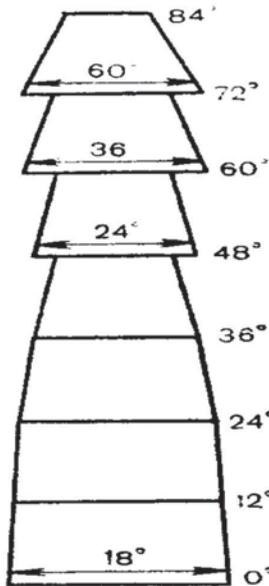
(٤, ١٠) نظام الإسقاط العالمي لخرائط المقياس 1: 2500 000

لإصدار خارطة العالم (World Map) بمقياس (1: 2500 000)، تم اعتماد نظام موحد لأبعاد لوحات هذه الخارطة ولنظام الإسقاط المستخدم فيها. من حيث محتوى الخريطة، فهي تصنف كخارطة جغرافية عامة، وتم إصدارها بمقياس وترتيب وإخراج موحد. وهذا يشمل بالطبع المصطلحات الكارتوغرافية. هذه الخارطة تعتبر الأساس لإصدار خرائط خاصة (موضوعية) للمناطق ذات الامتداد الواسع.

إن وحدة القياس والترتيب والإخراج تتطلب استخدام أساس رياضي (نظام إسقاط) موحد ومناسب ذي تشوهات صغيرة. يستدعي هذا الاعتبار استخدام نظام إسقاط كثير الوجوه. ولكن بالمقابل سيؤدي ذلك إلى وضع غير مرغوب في حال وصل عدة لوحات متجاورة (ظهور انفصالات). لذلك تم اعتماد نظام الإسقاط المجزأ المخروطي، حيث تم تقسيم سطح الأرض إلى ست مناطق اثنتان منها قطبيتان بين 0° , $\pm 24^{\circ}$ ، واثنتان محصورتان بين 0° , $\pm 90^{\circ}$ ، واثنتان بين 24° , $\pm 64^{\circ}$ (الشكلان رقما ١٢٦ و١٢٧). لوحات الخارطة في المنطقتين $90^{\circ} \pm \rightarrow 60^{\circ} \pm$ تصدر بنظام إسقاط سمتي متساوي المسافات حسب خطوط الطول. إن اللوحات في المنطقة $64^{\circ} \pm \rightarrow 24^{\circ} \pm$ هي بنظام إسقاط مخروطي متساوي المسافات حسب خطوط الطول. أما لوحات المنطقة $24^{\circ} \pm \rightarrow 0^{\circ}$ فهي بنظام إسقاط مخروطي آخر (ذو ثوابت مختلفة عن الأول) وأيضاً بنفس طبيعة توزيع التشوهات.



الشكل رقم (١٢٦). مبدأ الإسقاط العالمي لخرائط المقياس 1:2500 000.



الشكل رقم (١٢٧). تقسيم اللوحات في الإسقاط العالمي لخرائط المقياس 1:2500 000.

بالنسبة لأبعاد اللوحات، اعتبرت حسب خطوط الطول (أي $\Delta\varphi$ في كل لوحة) مساوية لـ 12^0 . أما حسب خطوط العرض ($\Delta\lambda$) فهي تابعة لقيمة φ وذلك حسب الشكل رقم (١٢٦). إن علاقات نظام الإسقاط للمنطقة $\pm 60 \rightarrow \pm 90$ هي نفس العلاقات المستخدمة في نظام الإسقاط السمتي ذي الشبكة المتساوية المسافات، ولكن يعتبر هنا المقياس المحلي الخطي m ثابتاً ويساوي $m=0,99$ ، بدلاً من $m=1$. ومن ثم تصبح العلاقات بالشكل التالي:

$$(١٠,٣٥) \quad \begin{cases} x=\rho \sin \delta , & y=\rho \cos \delta \\ m=0,99 , & n=\frac{\rho}{r} \\ \mu_s=m.n \\ \sin\left(\frac{\omega}{2}\right)=(n-0,99)/(n+0,99) \end{cases}$$

إن اختيار القيمة $m=0,99$ سيؤدي إلى أن $n=1$ عند خط العرض $\pm 76^0$ ، أي أن $\varphi_k = \pm 76^0$ تعتبر الدائرة القاطعة لسطح الإهليلج. التشوهات الأعظمية ستكون عند خط العرض $\varphi = \pm 60^0$ حيث تبلغ القيم التالية:

$$v_n = +3.7\%$$

$$v_{\mu_s} = 2.6\%$$

$$\omega = 2^0.6$$

أما علاقات نظام الإسقاط للمناطق الأخرى فهي علاقات نظام الإسقاط المخروطي القاطع ذي الشبكة المتساوية التباعد:

$$(10,36) \left\{ \begin{array}{l} x = \rho \sin \delta, y = q - \rho \cos \delta \\ \rho = C - S, \delta = \alpha \lambda \\ m = 1, n = \mu_s = \frac{\alpha \rho}{r} \\ \tan(45^\circ + \frac{\omega}{4}) = \sqrt{n} \\ \alpha = (r_1 - r_2) / (S_2 - S_1) \\ C = S_1 + \frac{r_1}{\alpha} = S_2 + \frac{r_2}{\alpha} \end{array} \right.$$

بالنسبة للمنطقة $0 \rightarrow \pm 24^\circ$ ، فإن خطي العرض الأساسيين هما $\varphi_1 = \pm 4^\circ$

و $\varphi_2 = \pm 21^\circ$. ومن ثم التشوهات الأعظمية في مجال هذه المنطقة هي :

$$v_n = v_{\mu_s} \leq 1\%$$

$$\omega \leq 0^\circ.7$$

أما المنطقة الأخرى $\varphi_1 = \pm 32^\circ$ و $\varphi_2 = \pm 54^\circ$. والتشوهات الأعظمية :

$$v_n = v_{\mu_s} = -3.9\%$$

$$\omega = 2^\circ.2$$