

نظام إسقاط جديد متساوي المساحات لخرائط شبه الجزيرة العربية

نصر الصحاف، وعبدالله القرني، وحسن محمد بيلاني

قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود

ص ب ٨٠٠، الرياض ١١٤٢١، المملكة العربية السعودية

hbilani@ksu.edu.sa

(قدم للنشر في ١٤٣٥/٢/٥هـ؛ وقبل للنشر في ١٤٣٥/٦/٨هـ)

الكلمات المفتاحية: إسقاط، خرائط السعودية، خرائط شبه الجزيرة العربية.

ملخص البحث. إن من معايير اختيار نظام إسقاط لأي خريطة ما يرتبط بالمواصفات الهندسية للمنطقة المصورة كالموقع الجغرافي والأبعاد والشكل واتجاه الامتداد. كما أن هناك معايير كارتوغرافية والتي تتعلق بموضوع الخريطة والهدف منها. فبعض مواضيع الخرائط يتطلب شرط المحافظة على المساحات أو الزوايا، وقد ازدادت أهمية هذا المعيار بعد انتشار نظم المعلومات الجغرافية GIS. في جميع خرائط المملكة على اختلاف محتواها، لم يلحظ هذا المعيار أو ذلك، وقد استخدم الإسقاطان: Lambert و UTM، وهما إسقاطان مطابقان أي يحافظان على الزوايا فقط. يهدف هذا البحث للوصول إلى خرائط دقيقة، مبنية على أساس اختيار أمثل لنظم الإسقاط المكافئة (متساوية المساحات)، والتي تتناسب مع شكل وامتداد منطقة شبه الجزيرة العربية، بالإضافة لموضوع الخريطة، كما تلبي احتياج نظم المعلومات الجغرافية التي تتعامل مع المواضيع المرتبطة بالمساحات. في هذا البحث تم إجراء دراسة تجريبية على الإسقاطات المخروطية والأسطوانية متساوية المساحات بوضعياتها المختلفة، مع تطبيق الإسقاط المزدوج بالوضعيات المائلة، وقد تم التوصل إلى أفضل نموذج من هذه الإسقاطات، ملائم لخرائط شبه الجزيرة العربية، بتشوهات أصغر.

(١) المقدمة

المعلومات المكانية لعناصر الطبقة الغرضية، وهو ما يعني تحديداً نظام الإسقاط. وهناك عدة معايير لاختيار الإسقاط في أي خريطة. من هذه المعايير ما يرتبط بالمواصفات الهندسية للمنطقة المصورة كالموقع الجغرافي

يمكن اعتبار أن أي خريطة تتألف من عنصرين رئيسيين هما: طبقة الهيكل الرياضي Base map layer وطبقة غرضية Thematic layer. تؤمن طبقة الهيكل الرياضي

الخريطة، ويلبي احتياج نظم المعلومات الجغرافية التي تتعامل مع المواضيع المرتبطة بالمساحات.

(٣) الإسقاطات بالوضعية القائمة

سنبحث هنا في تطبيق أفضل نموذج إسقاط مخروطي مكافئ (متساوي المساحات) بالوضعية القائمة، وذلك باعتبار أن الإسقاط الأسطواني بهذه الوضعية لا يناسب موقع شبه الجزيرة العربية بالنسبة لخط الاستواء. وللوصول للنموذج الأمثل من الإسقاط المخروطي، سنعتبر أن سطح المخروط قاطع لسطح الإهليلج عند أفضل وضعية لخطي العرض الأساسيين Standard Parallels.

إن أفضل وضعية لخطي العرض الأساسيين يمكن استنتاجها تحليلياً، وهذا سيؤدي لمعادلات معقدة، أو تجريبياً وهو الأفضل. مبدأ الحل يعتمد على اختيار خطي عرض أساسيين φ_1 و φ_2 يبعدان بعداً متساوياً عن خط العرض الوسط φ_c بمقدار درجة واحدة. ثم نحسب قيمة التشوه عند نقاط عديدة موزعة بشكل متجانس ضمن حدود منطقة شبه الجزيرة العربية (نقاط تقاطع خطوط الطول والعرض) (الشكل رقم ٢)، ونحسب الانحراف المعياري للتشوهات عند كل هذه النقاط. ثم نبدأ بزيادة بعد الخططين الأساسيين عن φ_c درجة فدرجة، ونحسب بكل مرة قيم التشوهات في النقاط المذكورة. وسنختار في النهاية الحل الأمثل وفق مؤشر الانحراف المعياري، الذي يعبر عن توزيع

والأبعاد والشكل واتجاه الامتداد. فمثلاً الإسقاطات المائلة تعطي أفضل الحلول بالنسبة للمناطق ذات الامتداد المائل، وهذا ما يلاحظ في امتداد شكل منطقة شبه الجزيرة العربية (الشكل رقم ١). ومن المعايير أيضاً ما يسمى بالمعايير الكارتوغرافية والتي تتعلق بموضوع الخريطة والهدف منها. فبعض مواضيع الخرائط يتطلب شرط المحافظة على المساحات أو الزوايا، وقد ازدادت أهمية هذا المعيار بعد انتشار نظم المعلومات الجغرافية وهي النظم التي تعتبر وسيلة فعالة لبيان نتائج التحليل المكاني. أما هدف الخريطة فقد يكون في بعض الحالات هو الحاكم في اختيار الإسقاط بصرف النظر عن محتوى الخريطة كما في خرائط الملاحة البحرية مثلاً، التي تتطلب تحقيق شرط أساسي فيها هو المحافظة على استقامة خط اللوكسدروم Loxodrome، وبالتالي ضرورة اختيار إسقاط ميركاتور Mercator.

في جميع خرائط المملكة على اختلاف محتواها، لم يلحظ هذا المعيار أو ذلك، وقد استخدم الإسقاطان: Lambert و UTM، وهما إسقاطان مطابقان أي يحافظان على الزوايا فقط.

(٢) هدف البحث

يهدف هذا البحث للوصول إلى خرائط دقيقة، مبنية على أساس اختيار أمثل لنظام إسقاط مكافئ (متساوي المساحات)، الذي يتناسب مع شكل وامتداد منطقة شبه الجزيرة العربية، بالإضافة لموضوع

(٤) الإسقاطات بالوضعية المائلة

إن نظم الإسقاط القائمة تناسب المناطق الممتدة بجوار خط الاستواء أو حسب خط عرض ما. ولكن في حالة كون المنطقة ممتدة حسب اتجاه مائل، فإن الخط الأوسط لامتداد المنطقة إما أن ينطبق مع دائرة عظمى، وعندئذ نلجأ لاستخدام نظم الإسقاط الأسطوانية المائلة، أو أن ينطبق مع خط عرض مائل، وعندها نلجأ لاستخدام نظم الإسقاط المخروطية المائلة. وفي هذه النظم يعتمد سطح الكرة بدلاً من سطح الإهليلج، وهذه تعتبر قاعدة عامة في نظم الإسقاط المائلة، وذلك من أجل تطبيق علاقات الهندسة الكروية بسهولة. ولهذه الإسقاطات شبكة خطوط طول وعرض مائلة مشابهة للشبكة الطبيعية، إلا أنها منسوبة لقطب مائل بدلاً من القطب الجغرافي.

(٤،١) إسقاط سطح الإهليلج على سطح الكرة

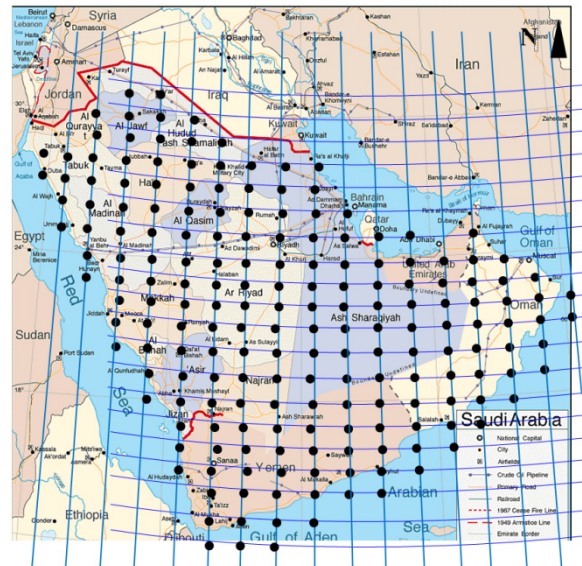
(Bilani, 2009)

في معظم طرق تمثيل سطح الإهليلج على سطح الكرة يفترض بأن مستوى الاستواء في الإهليلج وفي الكرة منطبقان وأن مركزيهما أيضاً منطبقان. كما أن خطوط العرض على سطح الإهليلج ترسم خطوط عرض أيضاً على سطح الكرة، وأن خط الطول الأساسي على كل منهما يقع في نفس مستوى مبدأ الإحداثيات. أما خطوط الطول الأخرى فهي متناسبة فيما بينها على السطحين (سنعتبر في تجارب البحث أن

التشوهات على كافة امتداد المنطقة، كما يعبر عن مقدار تباين هذه التشوهات، وهذا لا يظهر في المؤشرات الإحصائية الأخرى.



الشكل رقم (١). طبيعة امتداد منطقة شبه الجزيرة العربية.



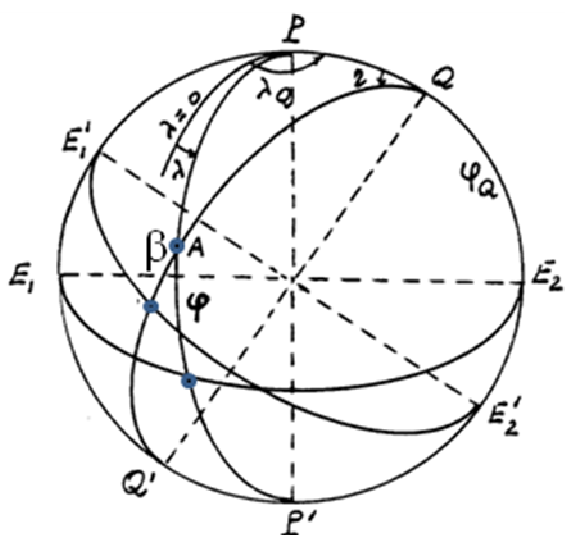
الشكل رقم (٢). عينة النقاط التي حسبت عندها التشوهات ضمن تجارب البحث.

السابقة. لنطبق على خط القطبين PP' دوراناً ما ليصبح بالوضعية QQ' (الشكل رقم ٣). إن المستوى العمودي على QQ' يقطع الكرة حسب دائرة عظمى $E_1'E_2'$ ، تمثل خط استواء جديد بالنسبة للمحور QQ' ، يسمى بخط الاستواء المائل. ونحصل بذلك على نظام إحداثيات جديد (β, η) يمكن أن ننسب إليه نقاط الكرة.

إذا اعتبرنا أن (ϕ_Q'', λ_Q'') هي الإحداثيات الجغرافية للقطب المائل Q و (ϕ'', λ'') الإحداثيات الجغرافية لنقطة A على الكرة و (β, η) إحداثيات هذه النقطة في النظام المائل، فيمكننا أن نكتب من المثلث الكروي PQA العلاقات التالية (QIHE, 2000):

$$\sin \beta = \sin \phi'' \sin \phi_Q'' + \cos \phi'' \cos \phi_Q'' \cos(\lambda_Q'' - \lambda'') \quad (6)$$

$$\tan(360^\circ - \eta) = \frac{\cos \phi'' \sin(\lambda'' - \lambda_Q'')}{\sin \phi'' \cos \phi_Q'' - \cos \phi'' \sin \phi_Q'' \cos(\lambda'' - \lambda_Q'')} \quad (7)$$



الشكل رقم (٣). العلاقة بين القطب الجغرافي والقطب المائل.

ثابت التناسب يساوي الواحد)، هذا يعني أن مسقط شبكة الإهليلج هو شبكة متعامدة أيضاً على الكرة. في حالة الإسقاط المكافئ (متساوي المساحات) للإهليلج على الكرة نرسم للإحداثيات الكروية β و ϕ'' وبالتالى:

$$\lambda'' = \lambda \quad (1)$$

$$\sin \phi'' = \frac{a^2(1-e^2)}{R_E^2} \left(\sin \phi + \frac{2}{3}e^2 \sin^3 \phi + \frac{3}{5}e^4 \sin^5 \phi + \frac{4}{7}e^6 \sin^7 \phi + \dots \right) \quad (2)$$

$$n_1 = \frac{R_E \cos \phi''}{N \cos \phi} \quad (3)$$

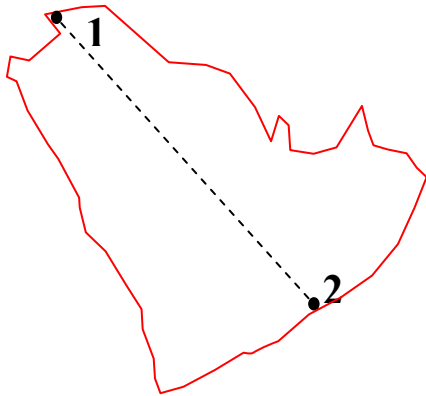
$$m_1 = \frac{1}{n_1} \quad (4)$$

حيث n_1 و m_1 هي قيم مقياس خطوط الطول وخطوط العرض بالترتيب. في كافة الإسقاطات المكافئة تستخدم كرة بنصف قطر R_E بحسب اعتماداً على تساوي مساحة سطح الإهليلج مع سطح الكرة:

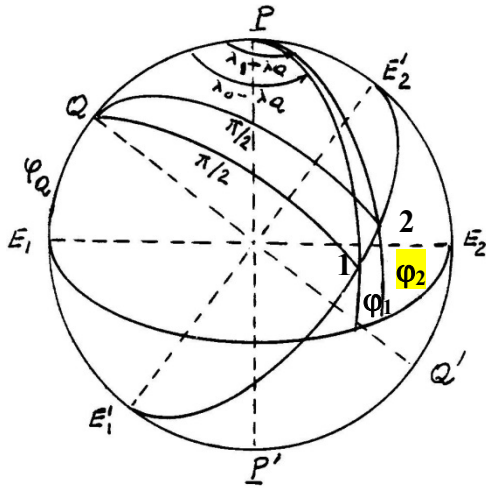
$$R_E^2 = a^2(1-e^2) \left(1 + \frac{2}{3}e^2 + \frac{3}{5}e^4 + \frac{4}{7}e^6 + \dots \right) \quad (5)$$

(٤, ٢) الإحداثيات الكروية المائلة

لنعتبر كرة ذات نصف قطر مساو للواحد، وعليها مجموعة خطوط الطول وخطوط العرض التي تعرف الإحداثيات الجغرافية (ϕ'', λ'') ، الناتجة من عملية إسقاط سطح الإهليلج على الكرة من الفقرة



الشكل رقم (٤). تحديد اتجاه ميل الأسطوانة.



الشكل رقم (٥). تحديد موقع القطب للأسطوانة المائلة.

(٤, ٣, ٢) حالة المخروط المائل

يتحدد موقع القطب المائل من خلال تحديد قوس يحاكي امتداد المنطقة، ويتم ذلك بشكل مباشر من الخريطة باختيار ثلاث نقاط (النقاط ٠ و ١ و ٢ في الشكل رقم ٦)، وتطبق بعد ذلك المعادلات (10) و (11) و (12) لحساب إحداثيات القطب.

(٤, ٣) تحديد القطب المائل

(٤, ٣, ١) حالة الأسطوانة المائلة

يعتمد تحديد القطب Q بالنسبة لحالة الأسطوانة المائلة، على أساس كون القطب نقطة تبعد بمقدار 90° عن الاستواء المائل، والذي يجب أن ينطبق مع الدائرة العظمى المارة بأطول امتداد للمنطقة. وبالتالي يتحدد موقع القطب المائل من خلال تحديد أطول امتداد للمنطقة، ويتم ذلك بشكل مباشر من الخريطة باختيار نقطتين في الطرفين البعيدين (النقطتان ١ و ٢ في الشكل رقم ٤). بعد ذلك يمكن تطبيق المعادلتين (8) و (9) لحساب إحداثيات القطب. ونشير هنا إلى أنه ليس من الضروري إسقاط النقطتين ١ و ٢ على الكرة قبل تطبيق المعادلتين (8) و (9) وذلك بسبب أن اختيار هاتين النقطتين يتم بشكل تقديري من الخريطة، الأمر الذي يبرر تجاهل الفرق بين الإحداثيات على الإهليلج والإحداثيات على الكرة عند حساب إحداثيات القطب المائل. من الشكل رقم (٥) يمكن استنتاج معادلات حساب إحداثيات القطب المائل Q كالاتي (Bilani, 2009):

$$\tan \lambda_Q'' = \frac{\cos \lambda_2 \tan \phi_1 - \cos \lambda_1 \tan \phi_2}{\sin \lambda_1 \tan \phi_2 - \sin \lambda_2 \tan \phi_1} \quad (8)$$

$$\tan \phi_Q'' = -c \tan \phi_2 \cos(\lambda_Q - \lambda_2) \quad (9)$$

بعد أن حددت إحداثيات Q يمكننا تحويل الإحداثيات الجغرافية (ϕ'', λ'') لنقطة ما على الكرة إلى النظام المائل (β, η) باستخدام العلاقتين (6) و (7).

(٤, ٤) الإسقاطات المكافئة المائلة

تستخدم في الإسقاطات المائلة نفس علاقات الإسقاطات القائمة ولكن بمتحولات (β, η) بدلاً من (ϕ'', λ'') .

(٤, ٤, ١) الإسقاط الأسطواني المكافئ المائل**Oblique Equivalent Cylindrical Projection**

يقوم مبدأ هذه النظم على شرط التكافؤ، أي ثبات قيمة المقياس المحلي المساحي، وغالباً يعتبر مساوياً للواحد (Bogayevcky, 1992):

$$\mu_s = 1 \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} x &= R_E \cos \beta_k \eta \\ y &= R_E \sec \beta_k \sin \beta \\ \mu_{s_2} &= m_2 \cdot n_2 = 1 \\ n_2 &= \cos \beta_k \sec \beta \quad , \quad m_2 = \frac{1}{n_2} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

(٤, ٤, ٢) الإسقاط المخروطي المكافئ المائل**Oblique Equivalent Conical Projection**

المعادلات العامة لهذه الإسقاطات تعطى كالاتي

(Bogayevcky, 1992):

$$\left. \begin{aligned} x &= \rho \sin \delta \\ y &= q - \rho \cos \delta \\ \delta &= \alpha \eta \quad , \quad q = \rho^* \\ \rho^2 &= \frac{2}{\alpha} (C - S) \\ \alpha \quad , \quad C &= \text{const.} \\ n_2 &= \frac{\alpha \rho}{R_E \cos \beta} \quad , \quad m_2 = \frac{1}{n_2} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

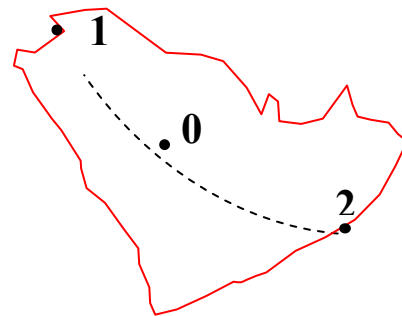
ومن الشكل رقم (٧) يمكن استنتاج معادلات حساب إحداثيات القطب المائل Q على أساس أن للنقاط 0, 1, 2 بعد متساو z عن القطب Q:

$$\tan \lambda_Q'' = \frac{\cos \phi_1 \cos \lambda_1 (1-f) + f \cos \phi_0 \cos \lambda_0 - \cos \phi_2 \cos \lambda_2}{\cos \phi_1 \sin \lambda_1 (f-1) - f \cos \phi_0 \sin \lambda_0 + \cos \phi_2 \sin \lambda_2} \quad (10)$$

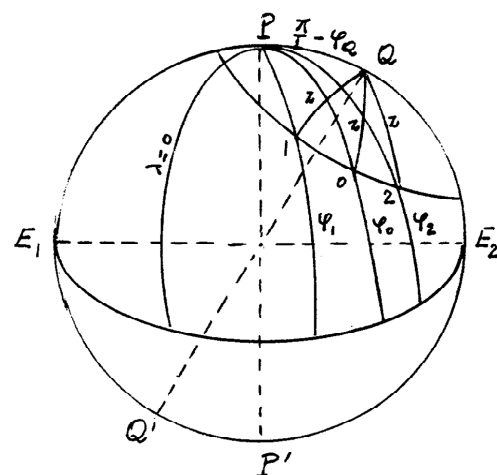
$$\tan \phi_Q'' = \frac{\cos \phi_1 \cos(\lambda_0 - \lambda_1) - \cos \phi_2 \cos(\lambda_0 - \lambda_2)}{\sin \phi_2 - \sin \phi_1} \quad (11)$$

حيث

$$f = \frac{\sin \phi_1 - \sin \phi_2}{\sin \phi_1 - \sin \phi_0} \quad (12)$$



الشكل رقم (٦). تحديد اتجاه ميل المخروط.



الشكل رقم (٧). تحديد موقع القطب للمخروط المائل.

$$\tan \tau = \frac{\cos \phi'' \sin(\lambda'' - \lambda_Q'')}{\sin \phi'' \cos \phi_Q'' - \cos \phi'' \sin \phi_Q'' \cos(\lambda'' - \lambda_Q'')} \quad (18)$$

ومن ثم علاقات تحويل الإحداثيات:

$$\begin{cases} X = x \cos \tau + y \sin \tau \\ Y = -x \sin \tau + y \cos \tau \end{cases} \quad (19)$$

$$\alpha = \frac{r_1^2 - r_2^2}{2R_E (\sin \beta_2 - \sin \beta_1)} \quad (16)$$

$$c = \frac{\alpha \rho_1^2}{2R_E^2} + \sin \beta_1 = \frac{\alpha \rho_2^2}{2R_E^2} + \sin \beta_2 \quad (17)$$

(٤،٥) توجيه نظام الإحداثيات في المستوى

من المفضل تعريف الإحداثيات المستوية في المستوى المماس للماسرة للكرة بنظام إحداثيات OXY، بحيث يكون المحور OY مماساً لخط الطول المار من O ومتجهاً نحو القطب الجغرافي P، والمحور OX عمودياً عليه ومتجهاً نحو الشرق (الشكل رقم ٨)، بدلاً من النظام oxy الموجه باتجاه القطب المائل Q. فإذا رمزنا بالرمز τ للزاوية بين المحور OY الموجه نحو القطب الشمالي P والمحور الموجه للقطب Q مقاسة اعتباراً من OY وباتجاه اليمين، فالزاوية τ يمكن حسابها من المثلث الكروي OPQ، فنجد:

(٥) الحسابات والنتائج

(٥،١) السطح المرجعي Reference surface (QIHE, 2000)

في هذا البحث سنستخدم نموذج الإهليلج الدوراني Hayford نظراً لاستخدامه سطحاً مرجعياً في المملكة العربية السعودية، وعناصره هي:

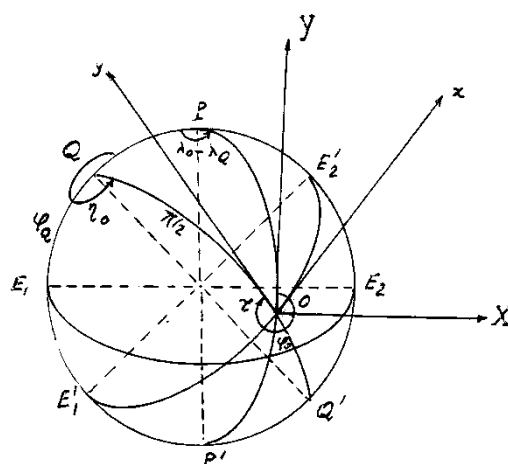
$$\begin{aligned} a &= 6378388 \text{ m} \\ b &= 6356912 \text{ m} \\ f &= 1:297.00 \end{aligned}$$

علماء أن استخدام أي نموذج آخر لا يؤثر على منهجية البحث.

(٥،٢) الإسقاط المخروطي المكافئ (متساوي

المساحات) بالوضعية القائمة

بعد إجراء الحسابات على خطوط عرض أساسية Standard Parallels مختلفة، تبين أن اختيار خطي العرض الأساسيين ١٧ و ٢٩ يؤدي إلى أفضل نظام إسقاط مخروطي مكافئ من حيث قيمة الانحراف المعياري للتشوهات (الشكلان رقما ٩ و ١٠).



الشكل رقم (٨). توجيه نظام الإحداثيات.

(٥,٣) الإسقاطات بالوضعية المائلة

(٥,٣,١) إسقاط سطح الإهليلج على سطح كروي

بتطبيق المعادلات الواردة في الفقرة (٥,١) على نقاط التجارب في الشكل رقم (٢) نحصل على الانحراف المعياري للتشوهات σ . النتائج كما في الجدول رقم (١).

الجدول رقم (١). نتائج التجارب.

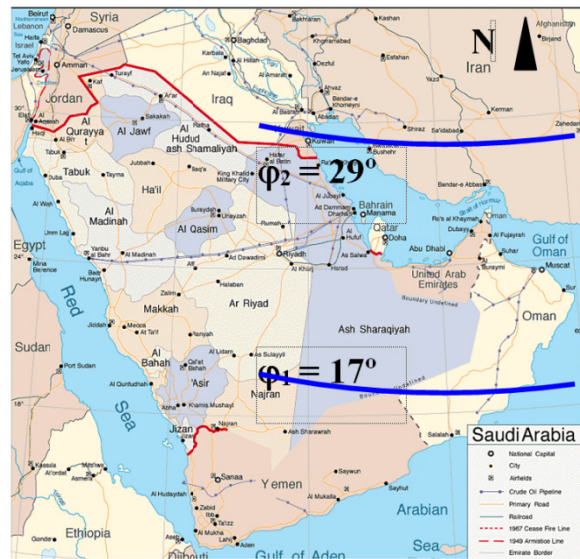
| التشوهات عند نقاط شبكة خطوط الطول والعرض ضمن حدود منطقة شبه الجزيرة العربية الناجمة عن عملية إسقاط سطح الإهليلج على الكرة | | |
|---|-----------|----------|
| 0.000185496 | (m_1-1) | σ |
| 0.000184882 | (n_1-1) | |

(٥,٣,٢) تحديد القطب المائل (حالة الأسطوانة)

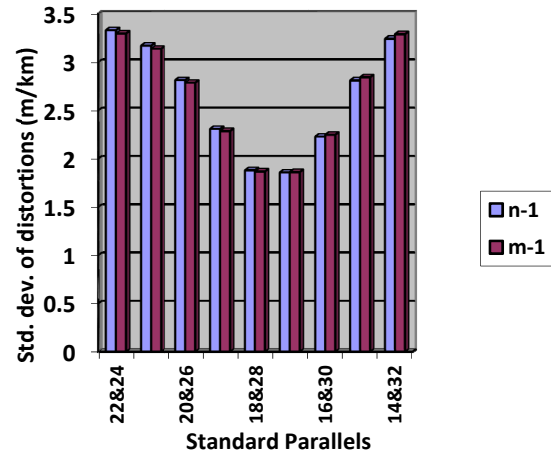
باختيار أطول امتداد للمنطقة المتمثل بالنقطتين ١ و ٢ في الشكل رقم (٤) وتطبيق المعادلتين (8) و (9) حصلنا على إحداثيات القطب المائل Q الميمنة في الجدول رقم (٢). بعد ذلك بتطبيق المعادلتين (6) و (7) نحسب الإحداثيات المائلة (β, η) لكافة نقاط التجارب، والتي على أساسها تجري حسابات الإسقاطات الأسطوانية المائلة.

الجدول رقم (٢). إحداثيات نقاط توجيه الأسطوانة والقطب المائل.

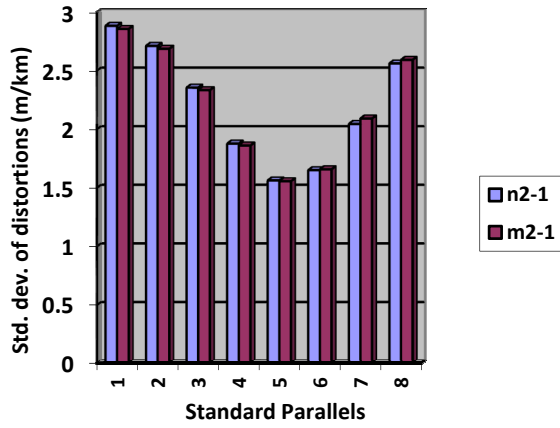
| Point | ϕ | λ |
|----------------|--------------|--------------|
| 1 | 30° | 38° |
| 2 | 16° | 52° |
| Oblique pole Q | 38°.23325856 | 155°.0567487 |



الشكل رقم (٩). اختيار الحالة الأفضل لوضعية خطي العرض الأساسيين للإسقاط المخروطي المكافئ (متساوي المسافات).



الشكل رقم (١٠). العلاقة بين موقع خطي العرض الأساسيين والانحراف المعياري للتشوهات الناتجة في الإسقاط المخروطي المكافئ بالوضعية القائمة (n) مقياس خطوط العرض، و m مقياس خطوط الطول).



الشكل رقم (١١). العلاقة بين موقع خطي العرض الأساسي والانحراف المعياري للتشوهات الناتجة في الإسقاط الأسطواني المكافئ المائل n2 تشوهات خطوط العرض المائلة، و m2 تشوهات خطوط الطول المائلة).

(٥,٣,٣) تحديد القطب المائل (حالة المخروط)

عند اختيار أقرب منحني يحاكي امتداد المنطقة والممثل بالنقاط ٠ و ١ و ٢ في الشكل رقم (٦) وتطبيق المعادلات (10) و (11) و (12) يمكن حساب إحداثيات القطب المائل Q المبينة في الجدول رقم (٣). ثم تطبق المعادلتان (6) و (7) لحساب الإحداثيات المائلة (β, η) لكافة نقاط التجارب كما في الحالة السابقة.

الجدول رقم (٣). إحداثيات نقاط توجيه المخروط والقطب المائل.

| Point | ϕ | λ |
|----------------|-----------|-----------|
| O | 23° | 45° |
| 1 | 30° | 38° |
| 2 | 17° | 53° |
| Oblique pole Q | 45°.68278 | 81°.66935 |

(٥,٣,٤) الإسقاط الأسطواني المكافئ المائل

شملت الدراسة هنا تشوهات خطوط الطول وخطوط العرض باعتبارهما مختلفان، إلا أن النتائج بينت أن قيم التشوهات متقاربة كما يبين الشكل رقم (١١)، وأن أفضل وضعية لخطي العرض الأساسي هما على بعد $\pm 5^\circ$ عن الاستواء المائل.

(٥,٣,٥) الإسقاط المخروطي المكافئ المائل

هنا تبين أيضاً أن أفضل النتائج يمكن الحصول عليها عند اختيار خطي عرض أساسيين يبعدان عن خط الاستواء المائل $\pm 5^\circ$ (الشكل رقم ١٢ و ١٣).



الشكل رقم (١٢). اختيار الحالة الأفضل لوضعية خطي العرض الأساسي للإسقاط المخروطي المكافئ المائل.

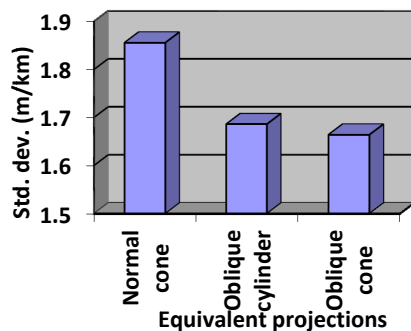
الكرة على السطح الثاني. الجدول رقم (٤) يبين
حصيلة تشوهات الإسقاطات المزدوجة المكافئة.

الجدول رقم (٤). نتائج الإسقاطات المزدوجة.

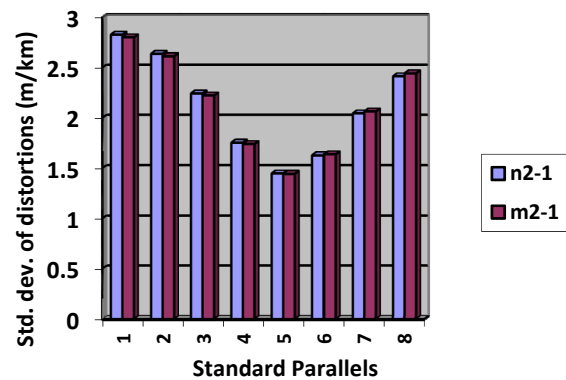
| الانحراف المعياري σ^* | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| لقيم التشوهات في الإسقاطات المزدوجة | |
| 0.001686 | الأسطواني المكافئ المائل |
| 0.001664 | المخروطي المكافئ المائل |

(٦) تحليل النتائج

بمقارنة قيم الانحراف المعياري للتشوهات الناتجة
في كافة الإسقاطات المكافئة: المخروطي القائم
والأسطواني المائل والمخروطي المائل، مع اعتبار أفضل
حالاتها، أي اختيار خطي عرض مائلين أساسيين
يعدان عن خط الاستواء المائل بمقدار 5° ، نجد الآتي
(الشكل رقم ١٤).



الشكل رقم (١٤). مقارنة قيم الانحراف المعياري للتشوهات في
كافة الإسقاطات المكافئة (المخروطي القائم
والأسطواني المائل والمخروطي المائل).



الشكل رقم (١٣). العلاقة بين بعد خطي العرض الأساسيين
المائلين عن الخط الأوسط بالدرجات والقيمة
العظمى للتشوهات الناتجة في الإسقاط
المخروطي المكافئ المائل (n2) تشوهات
خطوط العرض المائلة، و m2 تشوهات
خطوط الطول المائلة).

(٦، ٣، ٥) القيم النهائية لتشوهات الإسقاطات المائلة

إن القيم النهائية لتشوهات الإسقاطات المائلة
هي حصيلة التشوهات في إسقاط الإهليلج على الكرة
بالإضافة إلى تشوهات إسقاط الكرة على أسطوانة
مائلة أو مخروط مائل، أي أن قيم المقياس n^* أو m^*
النهائية تحسب كالتالي (Bogayevcky, 1992):

$$n^* = n_1 \cdot n_2 \quad (20)$$

$$m^* = m_1 \cdot m_2 \quad (21)$$

حيث n_1 و m_1 قيم التشوهات لمرحلة إسقاط الإهليلج
على الكرة، و n_2 و m_2 قيم التشوهات لمرحلة إسقاط

الجزيرة العربية التي يشترط فيها المحافظة على المساحات.

المراجع

- BILANI H.** *Geometrical and Analytical Methods For Map Projections*. King Saud University Publications. 2009.
- BOGAYEVCKY L.M. and VAKHRAMYEVA L.A.** *Geodezya. Kartographicheckeye proekty*. Nedra. Moscow. 293p. 1992.
- Liffe Jonathan.** *Datums and Map Projections for remote sensing, GIS and surveying*. New York. 2000.
- QIHE, JOHN P. SNYDER and WALDO R. TOBLER.** *Map Projection Transformation, principles and applications*. Taylor & Francis. New York. 2000.

(٧) الاستنتاجات والتوصيات

يعتبر الإسقاط المخروطي المائل هو الأفضل حسب مؤشر الانحراف المعياري للتشوهات. وباعتبار أن الهدف هو الحصول على خريطة ذات دقة جيدة في جميع نقاط المنطقة فإن مؤشر الانحراف المعياري للتشوهات يعتبر هو الأساس عند اختيار الإسقاط. لذلك ينصح باستخدام الإسقاط المخروطي المائل Equivalent Oblique Conical Projection مع اختيار خطي عرض مائلين أساسيين Standard Parallels يبعدان عن الخط الأوسط مقدار 5° ، لخرائط شبه

A New Equivalent Projection for the Arabian Peninsula Maps

Nasr Alsahhaf, Abdullah Algarni and Hasan Bilani

*Civil Engineering Department, College of Engineering, King Saud University,
P.O. Box 800, Riyadh 11421, Saudi Arabia
hbilani@ksu.edu.sa*

(Received 05/02/1435H.; accepted for publication 08/06/1435H.)

Keywords: Projection, KSA maps, Arabian Peninsula maps.

Abstract. Any map consists of two essential elements: a base-map layer; and a thematic-map layer. The base map layer is responsible for geo-referencing criterion required by thematic maps. This shows a need for a solid definition to map projections.

Generally, whenever a projection is to be selected, some criteria are to be considered. These criteria can be classified into two groups. The first group includes geometrical specifications of the region to be mapped, such as shape, dimension, extension and geographic location. The second group includes cartographical specifications, such as, subject and aim of the map. These considerations became more important after the appearance of Geographic Information Systems (GIS). The above criteria are not considered in the maps of the Kingdom of Saudi Arabia (KSA), where Conical Lambert Projection and Universal Transverse Mercator (UTM) Projections are used. These two projections preserve angles only. Therefore, there is a need for a projection, which preserves area considering the above criteria.

In this research, several experimental studies are applied on Oblique Double Equivalent Projections. As a result, a new equivalent projection with minimum distortions has been developed.