التشويه في المساقط وأنظمة إحداثيتها

د. سبهان عرب حمادة الطائي
معهد إعداد المعلمات - الموصل

تاريخ تسليم البحث : 2010/6/13 ؛ تاريخ قبول النشر : 2011/5/5

ملخص البحث :

لقد أكسبتنا فترة العمل بتدريس مادة الجغرافيا وأداتها الخارطة الكثير من المعرفة للتعامل مع الكتاب الجغرافي المقر في مدارسنا في عملية العرض على الطلبة وما تمثله الخارطة لسطح الأرض والفعاليات البشرية المرتبطة بالإمكانات التي تدرسها الجغرافية من وصف وتمثيل لهذه الإمكانات على الخارطة . هذه الظواهر المتعددة وبشكل تأملي يمر عبر لغة بصرية لذا يتطلب الإلمام لعمل خريطة لأي موقع من العالم لابد من اختيار أو انتخاب مسقط ما، علماًبأن عملية الاختيار هذه لا تخلو من وجود التشويهات في (الاتجاه ، المساحة،الزاوية) في عملية التسقيط والرسم، ولحصر التشويهات الناتجة من عملية التسقيط على السطح المستوي من السطح الطبيعي ذي الأبعاد الثلاثة وظهور الخارطة المرغوب فيها وحصر أقل ما يمكن من التشويهات على السطح المستوي ذي البعدين ، مما يدفع الكارتوكرافي أن يبني إختياره لمسقط من المساقط الجغرافية المعروفة .

فعند إنتخاب المسقط يتطلب الإلمام بمعرفة الموقع الجغرافي والفلكي للقطر المراد رسم وتسقيط خريطته مع ظهور التشويهات المقبولة في العمل الكارتوكرافي ، ومعرفة الإحداثيات المستخدمة بالعمل للتوصل إلى إنجاز ذلك العمل . وإتقان استخدام الإحداثيات المعروفة (الكارتيزية أو القطبية) ودرجة الدقة بتطبيق العلاقات الرياضية ذات العلاقة بذلك المسقط ودرجة تمثيل الإحداثيات على الخريطة . ومن ثم العلاقة بين محاور الإحداثيات المستوية والإحداثيات الجغرافية وتدويرها لأجل تحديد موقع أي نقطة على سطح الأرض ذات الشكل الكروي.

فالخرائط ذات المقاييس الصغيرة والأعمال التي تتطلب الدقة العالية ، وتحديد الخرائط ذات المقاييس الكبيرة ومعرفة الأسباب التي تجعل الإحداثيات الجغرافية غير كافية لذلك .

ومن الضروري معرفة تأثير الإشارة السالبة في الإحداثيات ومعالجتها والاعتماد على الصفر اللا واقعي لكي يكون العمل ملائماً من الاعتماد هذا المسقط للعمل والغرض المطلوب منه .. مما دفعني لتقديم هذا العمل المتواضع خدمةً لأهل العلم والذي يسأل المعرفة خدمةً لبلدنا الجريح ... ونسأل الله الموفقية .

Distortion in the Projections and the Systems of Coordinates

Dr. Sbhan Arab Hmada Altaee
Teacher institute/Nineveh

Abstract:

We acquire in our work a great deal of our own work and specialty, that's to say , in Geography. It gives us knowledge to deal with the syllabus itself and how to deal with the syllabus and the map , since the latter represents the activities of human beings related the abilities which can be shown on the map itself . these frequent phenomena come throughout visual language ,thus , it requires full-undress taunting of any location in the word to make any map for any part of world, We have to select aspecific projection and its area and angel in the process of the projection and the drawing it self .To limit this distortion that happens as a result of the process of projection on the natural area in those three dimensions , and the appearance of the wanted map and limiting and reducing what can be reduced of these distortions which can be seen on the plain area which has two dimensions .

This process urges the cartography to construct his choice, depending on the choice of the projection for any known geographical area .In choosing any projection , we have to be aware of knowing this geographical or astronomical location for the country itself . and choosing the suitable projection with the appearance of those projections in the work itself .He should be aware of , also , the used coordinates in the work itself to achieve his own aim , He should , also , be aware of the accuracy in using those coordinates as known by)polar , Cartesian (and the accuracy in applying the mathematical relationship which has something to do with the projection itself and the number of these coordinate on the map .

He must be aware of the relationship axes of the plain and area the geographical area and moving it for deciding and pointing to any point on the earth which has a global shape .Maps which has small sizes are not enough to make or achieve accuracy and know reasons of the exact geographical coordinates .

Its necessary to know the negative sign in the coordinates and cure it, starting from the scratch to be suitable for serving this purpose .

What urges me to make this simple work is to serve my countrymen and the people around me and to my county .

مساقط الخرائط Maps Projections :

يتم رسم الخرائط بنقل الظاهرات الجغرافية في سطح الأرض على لوحة مستوية بمقياس معين . وتتم هذه العملية أولاً بتحديد نقاط أساسية على سطح الأرض ومعرفة مواقعها بالنسبة لخطوط الطول ودوائر العرض الجغرافية[1].

فتعد معرفة شبكة خطوط الطول ودوائر العرض وحساباتها من الأمور الأساسية في فهم خصائص الإسقاط ، ومن ثم القيام بحسابات المساقط ، لأن المساقط لا تعني إلا برسم هذه الشبكة ، لذلك واجه راسمو الخرائط في البدء مشكلة كيفية تمثيل السطح الكروي ذي ثلاثة أبعاد إلى السطح المستوي ببعدين والمتمثل في الخارطة .

لهذا كان لابد من التفكير بأسلوب يدعو إلى ابتكار طريقة لنقل معالم السطح الكروي إلى السطح المستوي ، وسميت هذه الطريقة بطريقة الإسقاط ويسمى الشكل الناتج عن طريقة الإسقاط بالمسقط (Projection) الذي يعني (هو طريقة تنظيم شبكة خطوط الطول ودوائر العرض على لوحة مستوية) ، أي هو نظام معين يتم تمثيل سطح الأرض على سطح لوحة مستوية ، أو تحويل شكل ثلاثي الأبعاد وغير المنتظم إلى السطح المستوي للخارطة الثنائية الأبعاد ... وهناك أهداف تهدف المساقط إلى تحقيقها وهي :-

1. الشكل الصحيح : أي إدراك مدى تشويه هذه الأشكال في الخارطة المرسومة على سطحٍ مستو، وتسمى فئة المساقط التي تهدف إلى تحقيق الشكل الصحيح عند رسم أي جزء من سطح الأرض ب(مساقط الشكل الصحيح).

(1) د.أحمد نجم الدين فليجة ، الجغرافية العملية والخرائط ،1976، ط 3 ، جامعة بغداد ، ص 92.

2. المساحة الصحيحة : تلك الخرائط التي ترسم لكي تبين التوزيعات المكانية للظاهرة الجغرافية وترسم هذه الخرائط على مساقط تؤلف نسميها (مساقط المساحة المستوية).
3. الاتجاهات الصحيحة : لإظهار النطاقات الممتدة عرضياً التي تدرس توزيع العوامل ذات الأهمية في العلاقات العالمية ، وتسمى فئة المساقط التي تعرض الانحرافات الصحيحة (أو زوايا السمت) بمساقط الاتجاهات الصحيحة أو (المساقط السمتية)[*] .
4. المسافات الصحيحة : وهنا ينبغي أن يكون المقياس واحداً عند أي نقطة في جميع الاتجاهات،وهذا مكن حينما تتقاطع خطوط الطول ودوائر العرض في زوايا قائمة فقط[1].

مرجعية المكان: Georeferening

إن للمحتوى الموقعي بيانات مكانية ذات طبيعة فريدة والتي نميزها عن البيانات الأخرى . وإن هذه البيانات تظهر بأنماط معقدة وغير منظمة ، والسوأل : ما هي الطرق المتوفرة لتحديد الموقع ؟ طالما أن الأرض هي مجال ثابت تقريباً فإن نظام المرجعية العالمية مبني أساساً على الإحداثيات الخاصة بالفضاء ، وإن الإحداثيات الجغرافية هي التي تحدد الموقع بواسطة خطوط الطول ودوائر العرض التي تقاس بالدرجات والدقائق والثواني ، لأن أصل النظام الجوي هو تقاطع خط الطول مع الزوال الأول لخط كرينج فبالنسبة لدوائر العرض يحدد خط الإستواء بدرجة (Φ)° والقطب الشمالي (+90°) والقطب الجنوبي (-90°). إن تقاطعات كل المستويات لدوائر العرض على الكرة الأرضية تدعى بالمتوازيات وإن كل أنصاف الدوائر من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي تدعى بخطوط الزوال ، أما خطوط الطول فتقاس إلى الشرق من خط الطول الرئيسي (Meridian) ودرجته (°O) فهي تزداد إلى أن تصل (+180°) وإلى الغرب من خط الطول الرئيسي (Meridian) وإن خطوط التوازي وخطوط الزوال تشكل شبكة الإحداثيات العالمية . ولغرض تحديد موقع ما يتم قياس خط عرضه (Φ) وخط طوله (λ) من مركز الكرة إلى الموقع على سطح الأرض . أي أن خط العرض الجغرافي لنقطة ما (Φ) يتم تحديده بزاويا في المستوى الزوالي واقعة بين خط الإستواء والخط الواصل بين مركز الأرض إلى تلك النقطة في الكرة الأرضية ويعرف خط الطول الجغرافي (λ) بالزاوية التي في المستوى الاستوائي والواقعة بين زوال كرينج وخط زوال النقطة المعينة . ويمكن تحديد أي نقطة بواسطة الإحداثيات

(*) السمت : هي الزاوية اللأفقية المقاسة من الشمال (360)°والمقدرة مع اتجاه عقرب الساعة ، بينما يقاس السمت المغناطيسي من الشمال المغناطيسي .

(1)D.H.maling,"Coordinate Systems And Map Projection ",Geochilip and son limited,London ,1973,PP.20-25.

الجغرافية (Coordinate Geography) والتي هي مجموعة خطوط الطول ودوائر العرض المارة على سطح الأرض بإتباع الخطوات التالية:

1) تحديد قيمة الدرجات الفاصلة بين أي خط طول ، والذي يليه على الخارطة وقيمتها عادةً ما تكون ثابتة على أي خارطة وهي حاصل طرح قيمتي أي خطين متتاليين من خطوط الطول على الخارطة (ف ط).
2) قياس المساحة الفاصلة بين أي خط طول والذي يليه على الخارطة(C .M)(ف م).
3) استخراج قيمة أقرب خط طول للنقطة مع ملاحظة ضرورة أخذ قيمة خط الطول الذي يقع على يسار النقطة إذا كانت القيم شرق خط كرينج ، وبالمثل أخذ قيمة خط الطول الذي يقع على يمين النقطة إذا كانت القيم غربي خط كرينج (ق ط) ..

قياس مقدار إبتعاد النقطة عن أقرب خط طول ((سم).(ب س)). وبعد ذلك يتحدد خط طول النقطة بمعلومية العلاقة التالية :

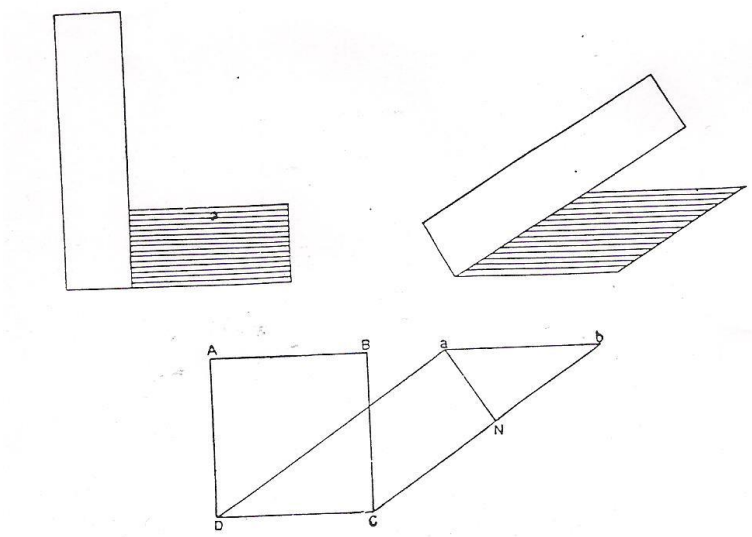
خط طول النقطة على الخارطة = ق ط + { ب س / ف م } * ف ط[1].

التشويه : Distortion

عند اختيار المسقط وتنفيذه يجب أن نعتبر ونفكر بالغرض الذي تستخدم فيه الخارطة، لأن في علم الهندسة يقر بأن الأحجام والأشكال هما اعتبارين أساسيين . وما تهدف إليه الرسوم الهندسية لا ينطبق بالتمام على شكل الأرض التي تعتمده الخارطة لتوضيح شكل الأرض بالشكل الصحيح بما يحدد على مقياس الرسم ومن أجل ذلك ما يوضح الشكل (1) للشكل الهندسي وما يشوبه من تشويه مع اختلاف في الشكل الهندسي ، فكيف الحال لطبيعة السطح المتمثل فيه الأبعاد الثلاثية ، ففي حالة تسقيطه على سطح مستوي يتمثل فيه البعدين فلا بد من ظهور التشويه ويحدد هذا التشويه من الغرض الذي رسمت به تلك الخارطة حسب نوعية المسقط المختار لذلك العمل[2].

(1)د.نجيب عبد الرحمن الزيدي، د.حسين مجاهد مسعود ،علم الخرائط ،الأردن – عمان – دار اليازوري،2005، ص 216- 215.

(2)Charles H.Deetz And Oscars. Adams "Elemsnt Of Map Projection",Greenwood press pubishers Newyork ,1969,PP:22-23 .



عن : Charles P: 23

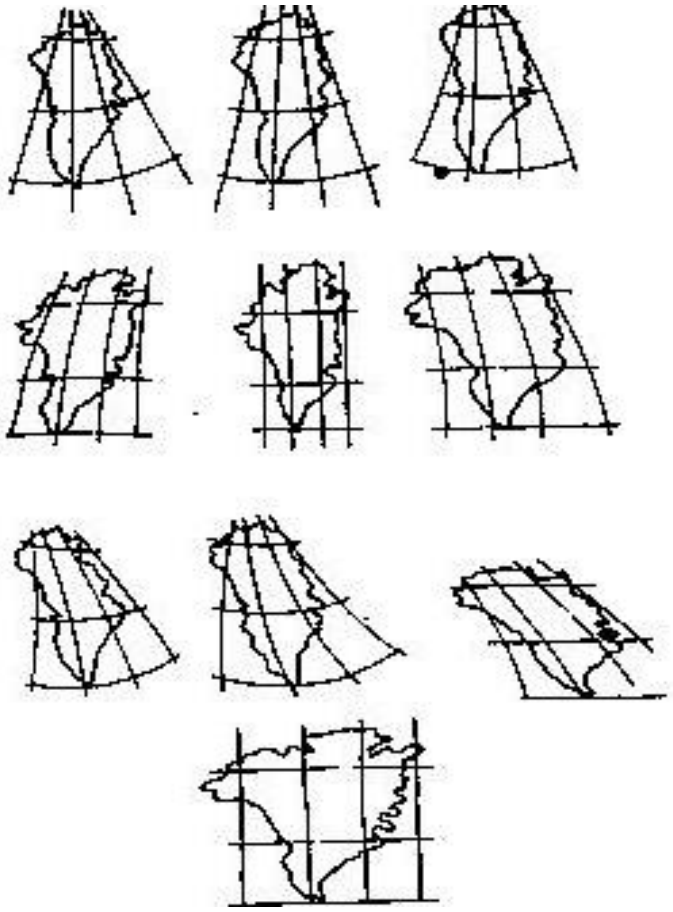
الشكل (1)

التشويه في المساقط : Distortion Of Projections

يعرف التشويه (Distortion) على انه (مقدار اختلاف شكل أي منطقة على الخارطة عن نظيره على الطبيعة) . ومن الناحية العملية لا بد أن تحتوي كل خارطة على قدر من التشويه كما في الشكل رقم (1) .. وبصفة عامة يمكن القول أن التشويه محدود في الخرائط الكبيرة المقياس (25000:1) فأكبر ، وكبير في الخرائط الصغيرة المقياس .. ومن المفيد جداً معرفة مقدار هذا التشويه ومناطق تواجده لتحاش الوقوع في الخطأ عند استعمال الخرائط واختيار خرائط الأساس لتمثيل ظاهرات مختلفة . ومن الصعب أن تستوعب ذاكرة شخص خصائص بضع مئات من المساقط لتحديد مقدار التشويه ، ومع ذلك فقد حدد (تاينر Tyner) عدة أسس ينبغي أن يضعها الكارتوكرافي في ذهنه قبل استعمال واختيار خرائط الأساس ، ويمكن على ضوئها وضع تصور لمقدار التشويه الحادث في الخارطة وهي :

1. أن المقياس الحقيقي لا يكون إلا على نموذج للكرة الأرضية .
2. تقطع خطوط الطول أي خط من خطوط العرض بمسافات متساوية .
3. دوائر العرض دائماً متوازية .
4. تتناقص المسافات بين خطوط الطول باتجاه القطبين .
5. تتقاطع خطوط الطول مع دوائر العرض بزوايا قائمة .
6. تقطع دوائر العرض خطوط الطول بمسافات متساوية .
7. المساحات المحصورة بين خطي من دوائر العرض والتي يصنعها أي خطين من خطوط الطول متساوية .

وإذا افتقدت الخارطة أي خاصية من الخصائص المذكورة فإنها تعد خارطة مشوهة .. ولأجل توضيح فكرة التشوه على جزيرة كرينلاند المرسومة بعشرة مساقط كل منها يحقق خاصية ، فيمكن ملاحظة الاختلاف بأشكال الجزيرة من مسقط لآخر مع العلم أن أي منها لا يمثل نظيره على الأرض تمثيلاً تاماً كما في الشكل رقم (2) [1].



عن :عودة ص 58

الشكل (2) يوضح فكرة التشوه على جزيرة كرينلاند

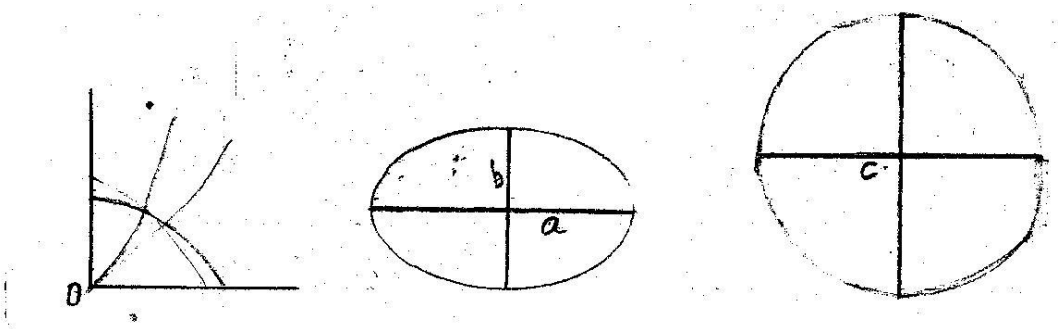
التشويه في المساقط وأنظمة إحداثيتها

تحصل التشويهات بجميع أنواع المساقط وذلك لعدم الانتظام الواضح بسطح الأرض مما أوجب شيوع ثلاثة مصطلحات عامة لتعطي الصفة المقبولة لعملية الدراسات ، وتتمثل الأهمية

(1) د.عودةسميح أحمد ، المدخل إلى طرق استعمال الخرائط وأساليب إنشائها الفنية ،الأردن – عمان ، 1990، ص 59-57.

بمعرفتها ودرجة اختلاف كل مصطلح بما يمثله من سطح الأرض لدراسة مساقط الخرائط الجغرافية :

1) **الجيود Goid** : يمثل سطحاً منتظماً نظراً لاختلاف توزيع الكتل والكثافات على سطح وفي باطن الأرض . وبذلك فإن جميع الأرصاد تكون إما منسوبة إلى هذا السطح أو مُسقطة عليه . أما لحساب القياسات وتعيين الإحداثيات للنقط الثابتة على سطح الأرض "فرضت الحاجة بإفتراض" سطح أخر له صفات هندسية حتى يمكن ربط هذه العناصر به رياضياً .
2) **السفرويد Spheroid** : قطع ناقص مستوي يدور حول محور الأرض الأصغر دورة كاملة ويعرف بالسفرويد Spheroid. وقد أخذ هذا القطع الناقص بحيث تقع نقطة المركز في مركز الأرض والمحور الرأسي ينطبق على محور دوران الأرض . وبما أن الإحداثيات القطبية والإحداثيات المتعامدة تستخدم لتعيين مواقع على سطح الأرض ... إذن لابد أن تنسب إلى سطح هندسي محدد ، وقد اختير (السفرويد) لهذا الغرض وهو أقرب الأشكال إلى (الجيود)، لعدم ملائمة الجيود لأنه سطح طبيعي غير منتظم ، بينما نجد السفرويد (Spheroid) سطحاً رياضياً (surface .Math).
3) **الكروي** : شكلاً هندسياً منتظماًتبعد فيه جميع النقاط الواقعة على المحيط بمسافات متساوية البعد عن المركز فالخط الواصل بين أية نقطة من النقاط الواقعة على المحيط ومركز الكرة يعرف بنصف القطر . كما في الشكل (3) [1].



عن :علي شكري،ص5

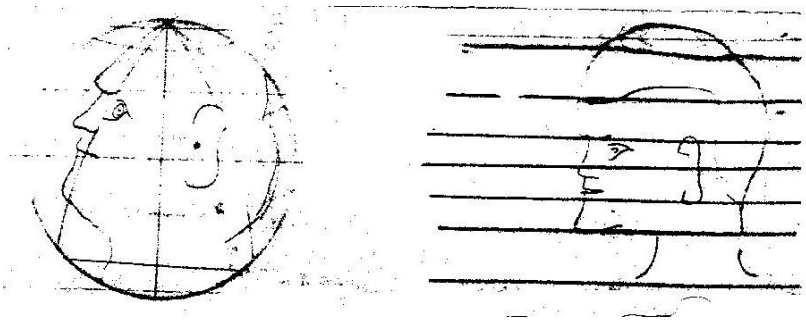
شكل (3)

الأشكال الثلاثة للمصطلحات

فإن هذه المصطلحات الآنفة الذكر تعطي بداية المعرفة من حصول عدم تماثل أو تطابق بين السطح الكروي والسطح المستوي مما يكون له الأثر الكبير في عملية بناء المساقط ، مما

(1) د.علي شكري ، د.محمود حسني ، د.محمد رشاد مصطفى ، المساحة الجيوديسية ، منشأة المعارف بالاسكندرية ،مصر –1980–ص 5–6 .

يؤدي إلى ظهور تشويه نتيجة لعدم التماثل بين السطح المنتظم والسطح غير المنتظم . فاختيار المسقط الملائم ولو نظرياً قد يساعد من تقريب الهيئة التي سوف يظهر بها المسقط وحصر نمط التشويهات في عملية البناء والإسقاط على السطح المستوي . ولإدراك نمط التشويهات وتخطيطاتها ما تبدو صورة لوجه إنسان والتشويه الناتج من عملية الإسقاط في مسقطين منتخبين من اجل تقريبها لإدراك المبتدأ بعلم الخرائط (Cartography) وهما مسقط ميركيتور والمسقط الإتجاهي الصحيح (pro.ortho.) .. كما في الشكل (4).



شكل (4)

أما الأقرب إدراكاً بحدوث التشويه من جراء العمليات التحويلية ما محدد في الشكل (3) ما بين شكل الجيود والقطع الناقص(الاهليج Ellipse) والكروي[1].. لذا أصبح من الضروري الاتجاه إلى استخدام أنظمة الإحداثيات وبعض العمليات الرياضية والجبرية للتوصل إلى توقيع ((تسقيط)) نقاط التقاطع وحصر التشويهات بأقل ما يمكن في عملية بناء المسقط الملائم وربط النقاط لكي تظهر شبكة دوائر العرض وخطوط الطول وبأطوالها المقيسة وزواياها الحقيقية إلى ورقة مستوية ((الخريطة))لذا اتجه تفكير المهتمين بعلم الخرائط إلى طرق مختلفة في إسقاط شبكة دوائر العرض وخطوط الطول على السطح المستوي . واعتبار المسألة الرئيسية هنا التوصل لنظام يحدد المجال بين دوائر العرض وخطوط الطول ليعطي مدى الموازنة المقبولة في الشكل والمساحة وتحديد درجة التشويه ، لكن إذا ارتفعت درجة التشويه حينئذٍ وتنتقده عين الإنسان نتيجة لإدراكه ، فعدم الوضوح بهذا العمل وذلك لابتعاده عن الموازنة المقبولة التي تبنى بموجبها المساقط[2].

(1)Mei-Ling,"The Role Projections, InModren MapDesin", Cartography, Vol.18, 1981No: 2, p. 185.

(2) Arthur H.Robinson,"Anew Map Projections:Its Development and characteristics" International year bookof cartography, Vol.14,1974,P.150 .

إذن فأهمية اختيار المسقط الملائم تحتاج إلى اختيار ذكي لما يتحقق بعملية الاختيار الأمور المحددة من أجل حصر أدنى درجات التشوه في عملية الإسقاط التي تبنيها أنظمة الإحداثيات القطبية والمتعامدة . فمن الممكن اختيار إسقاطٍ ما وحصر مشاكل التشويهات التي قد تحدث من مسقط لآخر سواء كانت المنظورة منها وغير المنظورة .

أنظمة الإحداثيات Coordinate System :

أنظمة الإحداثيات المستخدمة في تثبيت مواقع النقاط على السطح المستوي والكروي .. فإذا فرضنا شكل الأرض كروياً ، فإننا سوف نؤكد على الإحداثيات السينية والصادية وذلك باعتبار نصف قطر الكرة الأرضية واحداً في جميع الاتجاهات . هذا ما ينطبق على جميع المساقط الاتجاهية ما عدا المسقط الصحيح (Azimuthal Orthographic Pro) .

1. أنظمة الإحداثيات على السطح المستوي

Coordinate Reference Systems On The Plane

لقيام الإنسان بأي عمل لا يخلو من مشاكل ، والمشاكل العملية التي ترافق العمل في علم الخرائط Cartography ، فمن الممكن تخطيها باستخدام أنظمة الإحداثيات على السطح المستوي هي المستعملة في المساحة والخرائط ، لذا تعد المعرفة الرياضية أساساً لدراسة مساقط الخرائط ولتخطي هذه المشاكل . من المعروف أن قيم الإحداثيات طريقة ملائمة لتحديد موقع النقطة في الفراغ (X,Y,Z) ويمكن استعمالها في تحديد الموقع على سطح ذي بعدين (X,Y) مثل تحديد موقع نقطة ما على ورق المربعات(Graph paper)وهذه الطريقة يمكن استخدامها في الخرائط لتحديد موقع أية نقطة على أساس نظام شبكة المربعات (Grid Reference). أما موقع النقطة في نظام الإحداثيات المستعمل على السطح الكروي – ذي الأبعاد الثلاثة – فإنه يتحدد بدوائر العرض والطول، وهو ما يطلق عليه أسم نظام الإحداثيات الجغرافي (Geographical Coordinate Systems) . وبالإضافة إلى ما يوفره نظام الإحداثيات من مرجع مهم تحدد على ضوئه مواقع النقاط ، فإنه يستعمل كطريقة ملائمة لحل كثير من المشاكل الهندسية .

والهندسة الإحداثية (Coordinate Geometry) واسطة مهمة لدراسة نظريات الإسقاط ،وبدونها يصبح من المستحيل عملياً تخطي الأساس الوصفية للهندسة الكروية (Spherical Geometry) وهندسة الإحداثيات المستوية (Plane Coordinate Geometry) عادةً تدرس أنواع المنحنيات التي تتشكل على سطح المخروط إذا قطع بسطح مستوي . ونتيجة لهذا التقاطع يحدث لدينا قطاعين مهمين وهما القطع الناقص (Ellipse) والدائرة (Circle) ، وهما ذات أهمية أساسية في دراسة التشويه على المساقط.

إن اختيار التمثيل على السطح المستوي ينحصر في :

1) نظام الإحداثيات الكارتيزية المتعامدة المستوي(Plane Cartesian Coordinates)

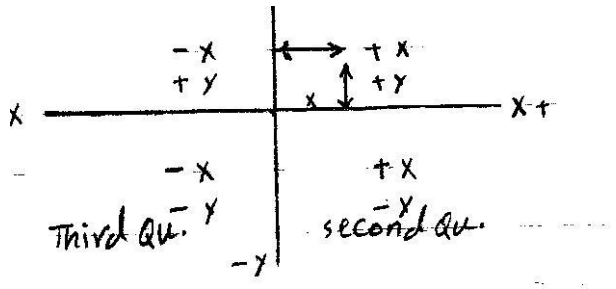
2) نظام الإحداثيات القطبي (الدائري) المستوي (Plane Polar Coordinate) [1]

1) نظام الإحداثيات الكارتيزية المتعامدة المستوي :

يستخدم بصورة عامة ، لجميع أنظمة الإحداثيات المستوية وطريقة القياسات الخطية Linear Measurement باتجاهين من نقطة تقاطع محورين مثبتين مسبقاً ، وهما المحور السيني والمحور الصادي. فذلك يكون لدينا مجموعتين من الخطوط المتقاطعة لتشكل الشبكة . لذا يجب أن يتوفر ما يلي:

1. التمييز بين كل من المجموعتين عن الأخرى .
2. يجب أن يقطع أي خط من مجموعة معينة كل خط من خطوط المجموعة الأخرى في نقطة واحدة .
3. لا تتقاطع خطوط المجموعة الواحدة إطلاقاً.

لذلك فإن هذا النظام يمكن أن يتركب من خطوط مستقيمة أو منحنيات تتقاطع بزاوية ذات مقدار معين .ولكن هناك قيمة معينة إذا كانت خطوط المجموعتين مستقيمة وتتقاطع بزاوية قائمة وهذه القيمة تتمثل في ورق المربعات الاعتيادية . وفي نظام الإحداثيات المتعامدة المطبوعة على الخرائط والتي يطلق عليها الإحداثيات المتعامدة(Rectangular Coordinates) والذي هو اختصار لما يسمى بنظام الإحداثيات الكارتيزية المتعامدة المستوي (Plan Rectangular Cartesian Coordinated Systems)أما العلاقة بين الموقع والإشارة يمكن ملاحظتها في الشكل (5).



عن : Maling P.19

شكل (5)

(1) J.A.steers M.A ,"An Interoduction to the study of Map Projections:,University of London Prees ITD,1970,P.235 .

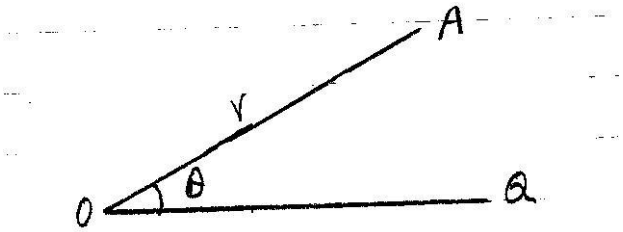
أما جداول الإحداثيات المستعملة في تركيب المساقط والتي يكون فيها وحدات القياس منسوبة إلى نصف قطر الأرض فإنها تحمل أهمية عملية خاصة.. ولكي نميز بين مواقع النقاط بالنسبة إلى الربع الذي تقع عليه فقد استعمل نظام الإشارات المختلفة كما في الشكل (3). وكل ربع يمكن إعطاؤه رقماً يمثل موقعه على أساس اتجاه دوران عقرب الساعة .. لذا فإن الإشارات المستعملة في كل ربع تكون كالأتي :

الربع الأول : X+Y,+ الربع الثالث : X−Y,−

الربع الثاني : X+Y , − الربع الرابع : X−Y , +[1]

2) **نظام الإحداثيات القطبي (الدائري)المستوي:**Plane Polar Coordinate System

في هذا النظام تحدد الموقع بالمسافة والزاوية .. كما في الشكل (6).



عن العبادي : ص84

شكل (6)

نظام الإحداثيات القطبي المستوي (المسافة ، الزاوية)

وبما أن نقطة O تعتبر مركز النظام ، وهي نقطة تقاطع المحورين ، فإن موقع A تحدد بالإشارة إلى المسافة OA والزاوية QOA

$rA = O$ (1 - 0)

$\theta = < QOA$ (2 - 0)

لذلك فإن قيمة إحداثيات نقطة A تساوي r θ .إن اتجاه قياس الزاوية θ يعتمد على الغرض من استخدام نظام الإحداثيات القطبي المستوي .ففي علم الرياضيات θ+ هي الزاوية المقاسة عكس اتجاه عقرب الساعة من الخط الرئيسيOQ(Initial Line) . أما في الملاحة والمساحة والخرائط فإن قياس الزاوية θ يتم عادةً باتجاه عقرب الساعة . ذلك لأن الاتجاه على سطح الأرض يقاس باتجاه عقرب الساعة من القطب الشمالي أو منأي نقطة تؤخذ كأساس (Reference Object) ، ولكن المشكلة تبرز للوجود في حالة استخدام الآلات الحاسبة الإلكترونية لأن برامج الحاسبات توضح بالأسس الرياضية .. لذا يجب أن تأخذ بنظر الاعتبار وضعية اتجاه قياس الزاوية في استخدام الطرق الإلكترونية[2].

(1) D.H. Maling ,"Coordinate System And Map Projections",Op.ct,PP.18-19 .

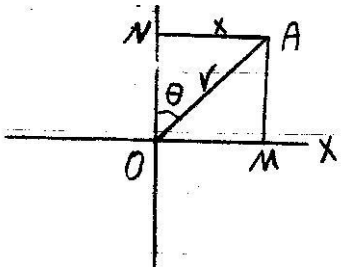
(2) د.خضر العبادي ،الكارتوكرافي (مساقط الخرائط)،مطابع SIMA ،قرنسا،1980 ، ص72-71 .

2. التحويل من نظام الإحداثيات القطبي إلى نظام الإحداثيات المتعامدة وبالعكس :

Trans Formation Form Polar Rectangular Coordinates And Vice Versa

يتضح من الشكل (7) العلاقة بين قيمة إحداثيات نقطة A على النظامين وإن قيمة إحداثيات نقطة A على شبكة المربعات يمكن التعبير عنها كالأتي :

(X ,Y) وذلك بالإشارة إلى نقطة الأصل O والمحورين OX و OY



عن : Maling P.24

شكل (7)

أنظمة الإحداثيتين القطبية والمتعامدة

وعند تطبيق النظام القطبي على نظام المربعات، فإن نقطة الأصل O ستصبح مشتركة، ويتفق الخط الرئيسي مع المحور العمودي Y . وبالنتيجة فإن قيمة إحداثيات النقطة A في النظام القطبي يمكن تحويلها إلى نظام شبكة المربعات وبما أن قيمة إحداثياتها في النظام القطبي :rO

وأن

$r = OA$

و

$\theta = < YOA$

و

$X = AN = OM$

و

$MA = NO = Y$

لذلك يمكن استنتاج العلاقات التالية من المثلث AON

$$X = r.\sin\theta \qquad (3 - 0)$$

$$y = r.\cos\theta \qquad (4 - 0)$$

وأما تحويل نظام الإحداثيات المتعامدة إلى نظام القطبي فيمكن أن يتم باستخدام العلاقات التالية :

$$\tan\theta = \frac{x}{y} \qquad (5 - 0)$$

$$r = y \cdot \sec\theta \qquad (6 - 0)$$

$$r = x \cdot \sec\theta \qquad (7 - 0)$$

$$r^2 = x^2 + y^2 \qquad (8 - 0)$$

$$\sin\theta = \frac{x}{r} \qquad (9 - 0)$$

$$\cos\theta = \frac{y}{r} \qquad (10 - 0)$$

ويلاحظ هنا التعبيرات الرياضية قد بُنيت على أساس افتراض قياس زاوية θ باتجاه عقرب الساعة من اتجاه الشمال ، أما التعبيرات الرياضية الصرفة فأنها تجري كالأتي:

$$\angle AOX = 90^\circ \theta \qquad (11 - 0)$$ [1]

3. نظام الإحداثيات على السطح الكروي :

Coordinate Refence System On The Sphere

يفترض في دراسة المساقط ، أن الأرض كرة (Sphere) . لأن درجة تسطح أو الفرق بين المحورين الأفقي والعمودي يمكن تجاهله وبالتالي فإن الهندسة الكروية تلعب دوراً مهماً في دراسة المساقط .. ومن الخصائص المهمة للكرة الأتي :

1. أن سطح الأرض يبتعد عن مركزها في كل الاتجاهات بنفس المقدار (R=6371 km.1) وهذا يعني أن نصف قطرها ثابت .
2. إذا مس سطح مستوى سطح الكرة عند أية نقطة ، فإن العمود القائم من نقطة التماس يمر بمركز الكرة .
3. يمكن تحديد المسافة بين أية نقطتين على سطح الكرة بالزاوية المقابلة (الزاوية المركزية Central Angle) أو بطول القوس الفاصل بينهما .هذا وإن أهم نظام إحداثيات كروي مستعمل هو نظام الإحداثيات الجغرافي المستخدم في دراسة المساقط .

4. نظام الإحداثيات الجغرافي : Geographical Coordinates System

بالرغم من تعدد أنظمة الإحداثيات التي يمكن استخدامها على السطح الكروي فإن نظام الإحداثيات الجغرافية يبقى أهمها وأكثرها استعمالاً . ذلك لأن دوائر العرض والطول هما المتغيران الوحيدان في تحديد موقع أية نقطة . أما البعد الثالث (Z) فإنه ثابت المقدار (R =Z) "من المعروف" أن خط الاستواء يمثل دائرة عرض صفر وخط كرينج يمثل خط طول صفر ، فإن نقطة

(1)D.H.Maling ,"Coordinate System And Map Projections",OP.CT,PP.23-24 .

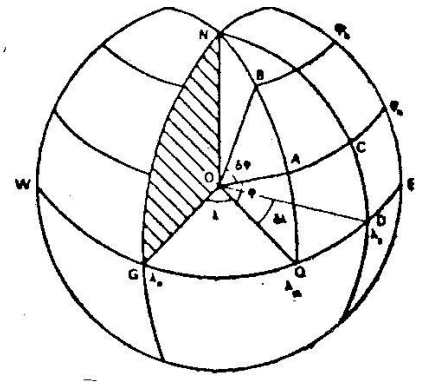
تقاطعهما ستمثل مركز النظام . وهذه النقطة ذات إحداثيات جغرافية $(o\Phi, \lambda_o)$. على إن مواقع النقاط الأخرى تتحدد بالمتغيرين الأساسين (λ, ϕ) ، باعتبار (λ) تمثل خط الطول وأن (ϕ) تمثل دائرة العرض .ولما كانت خطوط الطول تمتد شرق وغرب خط طول صفر ، لذلك أعطيت الإشارة$(+\lambda)$ للخطوط الواقعة شرق λ_o , و $(-\lambda)$ للخطوط الواقعة إلى الغرب منه. وأما دوائرالعرض فإن $(+\phi)$ تشير إلى الدوائر الشمالية و $(-\phi)$ للدوائر الجنوبية لخط الاستواء$(o\Phi)$.

وبذلك فإن تحديد الفرق بين اي دائرتي عرض يكون كالأتي :

$$\Delta\phi = \phi a \mp \phi b \qquad (12-0)$$

فإذا كانت نقطتي $(A\ ,\ B)$ كما في الشكل (8) وفي نفس الاتجاه بالنسبة لدائرة $(o\Phi)$ فإن الفرق بينهما :

$$\Delta\phi = \phi b - \phi a \qquad (13-0)$$



عن العبادي :ص93

شكل (8)

دوائر العرض في الشمال والجنوب وخطوط الطول

أما إذا كانتا في اتجاهين مختلفين بالنسبة لخط الاستواء فإن الفرق بينهما :

$$\Delta\phi = \phi a + \phi b \qquad (14-0)$$

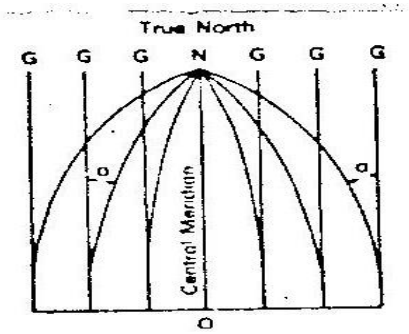
وبنفس الطريقة يمكن حساب فرق الدرجات الطولية بين أية نقطتين على خطي طول مختلفين بالنسبة إلى خط الطول صفر (λ_o) . وباستخدام المتغيرين (λ, ϕ) يمكن تحديد موقع أي نقطة بالنسبة للنقاط الأخرى على سطح الكرة في حالة الاتفاق على نقطة الصفر .

5. العلاقة بين محاور الإحداثيات المستوي والإحداثيات الجغرافية :

Relationships Between The Plane Rectangular Coordinate And The Geographical Coordinates :

بما أن المحور السيني (X) يأخذ الاتجاه شرق – غرب ، والمحور الصادي (Y) يأخذ الاتجاه شمال – جنوب في نظام الإحداثيات المستوية ، فإن الأول يتفق إلى حدٍ ما مع (λ) والثاني

مع (ϕ) .. أو ما يسمى شرقاً وشمالاً (*Easting And Northing*) في نظام الإحداثيات الجغرافية . وفي حالة تمثيل دوائر العرض وخطوط الطول بخطوط مستقيمة ومتقاطعة عمودياً على المساقط فإن الشرق والشمال الجغرافي يتفق مع (*x* , *y*) على التوالي . إلا أن خطوط الطول عبارة عن خطوط تحيط بالكرة الأرضية وتتجمع عند نقطة القطبين ، ولذلك لابد من وجود تفاوت بين الشمال الحقيقي (*True North*) الذي يمثله خطوط الطول وشمال شبكة المربعات (*Grid North*) ولا يتفقان إلا في حالة واحدة وهي شمال خط الطول الرئيسي (*Central Meridian*) وشمال خط شبكة المربعات المنطبق عليه كما في الشكل (*9*) واختلاف الشمال الحقيقي عن شمال خطوط شبكة المربعات (*Angular Discrepancy*) تمثل الزاوية (*a*) الفاصلة بين خط شبكة المربعات وخط الطول .



عن العبادي : ص*82*

شكل (9)

يوضح الاختلاف بين شمال شبكة المربعات واتجاه دوائر الطول

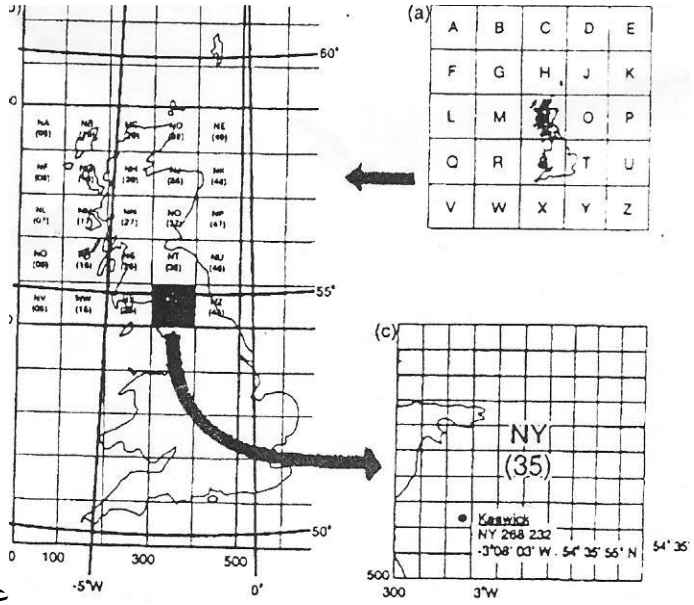
وهذه الزاوية تختلف باختلاف المواقع ونوعية المسقط وتسمى (Gridconvergence) وتستخدم درجات الطول والعرض لتحديد موقع أي نقطة على سطح الأرض الكروية ، وهو ما يطلق عليه اسم الإحداثيات الجغرافية . وهذه تساعد كذلك في تحديد مواقع النقاط في الخرائط ذات المقاييس الصغيرة جداً وللأعمال التي لا تتطلب دقة عالية .

أما في الخرائط ذات المقاييس الكبيرة وفي الأعمال الهندسية فأن الإحداثيات الجغرافية غير كافية للأسباب التالية :

1. طول دوائر العرض يقل كلما اتجهنا نحو الأقطاب ، وذلك يعرقل إمكانية تصور المسافات الأرضية بسهولة.
2. لحساب المسافات نحتاج لعمليات رياضية معقدة نسبياً.
3. رسم مناطق صغيرة جداً في خارطة واحدة قد لا تمتد أكثر من بضع دقائق أو ثوانٍ يربط عمليات الربط وسهولة تحديد المواقع .لذلك استخدمت شبكة المربعات على الخرائط الطبوغرافية بالمقاييس المتوسطة والكبيرة.

ويتم تحديد موقع أي نقطة بالإشارة إلى قيم إحداثياتها السينية والصادية بالأمتار شرق وغرب نقطة الصفر (Grid Origin) إن مشكلة الإحداثيات السالبة الإشارة التي تنتج من تقاطع محور الإحداثيات في وسط المنطقة المراد رسم خارطتها ، وما يترتب عليها من تعقيدات ، دفع نحو استخدام الصفر اللا واقعي (False Origin) والذي يوضع عادةً في جنوب غرب المنطقة. وبذلك تكون كل الإحداثيات موجبة الإشارة كما سيكون النظام موحداً[1].

وأن معظم دول العالم قد حددت مواقعها فلكياً بتقاويم ترفق مع الأطالس الحديثة ، وبناءاً على ذلك قدمت نظام إحداثيات لأغراض الإشارة والحساب الثابتين كما في الشكل (*10*) ، ففي المملكة المتحدة هناك ما يعرف بالنظام البريطاني أو ما يعرف بنظام شبكة الخطوط الوطني ويرتبط بالإحداثيات الكارتيزية، فتبين الخارطة (*10-B*) كيف أن بريطانيا مغطاة بشبكة مربعات تبلغ (*100*كم) ، وأن هذه المربعات هي تصفية لشبكة المربعات ذات (*500*كم) كما في الشكل (*10-A*)[2].



عن: *Kraak P:80*

شكل (10)

فخلاصة ما تقدم هدفنا من هذه الدراسة توضيح ما هو المسقط الجغرافي مع وجود التشويهات بالرغم من بنائه اعتماداً على العلاقات الرياضية الدقيقة العائدة لكل مسقط في سبيل

(1) د.خضر العبادي ،الكارتوكرافي (مساقط الخرائط)،مصدر سابق ، ص 82–93 .

(2)M.J.Kraak AndF.J.Ormeling,"Cartography Visualization Of Spatial Data,First Publishers,London,1996,P.80 .

تحقيق الأغراض المحددة لذلك . لذا نقترح أن تكون هناك دورات تطويرية أو تنشيطية لمن له علاقة بتدريس مادة الجغرافيا وأداتها الخارطة الذي يمثل وسيلة الإيضاح لهذه المادة ..

لأن لاحظنا وجود بعض الصعوبات تبرز أمام بعض المدرسين والمدرسات ذات الاختصاصات البعيدة عن هذه المادة.

المصادر المعتمدة :

1. أحمد نجم الدين فليجة، الجغرافية العملية والخرائط._ ط3._بغداد : جامعة بغداد ،1976 .
2. خضر العبادي ،الكارتوكرافي (مساقط الخرائط)._ فرنسا :مطابع SIMA،1980.
3. علي شكري ، د.محمود حسني ،محمد رشاد مصطفى ، المساحة الجيوديسية._ مصر :منشأة المعارف بالإسكندرية ,1980.
4. عودة سميح أحمد ، المدخل إلى طرق استعمال الخرائط وأساليب إنشائها الفنية. الأردن، 1990.
5. نجيب عبد الرحمن الزيدي،حسين مجاهد مسعود ،علم الخرائط .الاردن: دار اليازوري، 2005 .
6. Charles H. Deetz And Oscars. Adams" Element Of Map Projection" Newyork:Greenwood press, Pubishers,1969 .
7. D.H. Maling ,"Coordinate Systems And Map Projection ", Geochilip and son limited ,1973 .
8. J.A.steers M.A ,"An Interoduction to the study of Map Projections:, University of London Prees ITD,1970 .
9. M.J.Kraak And F.J. Ormeling, "Cartography Visualization Of Spatial Data._ London: First Publishers, ,1996 .

المجلات الدورية :

10. Arthur H. Robinson," A new Map Projections :Its Development and characteristics" International year book of cartography, Vol.14,1974.
11. Mei-Ling," The Role Projections, In Modern Map Desin", Cartography, Vol.18, No:2,1981