المحاضرة الرابعة

شبكة الاحداثيات #
الاحداثيات الجغرافية و الجيوديسية
انظمة الاسقاط

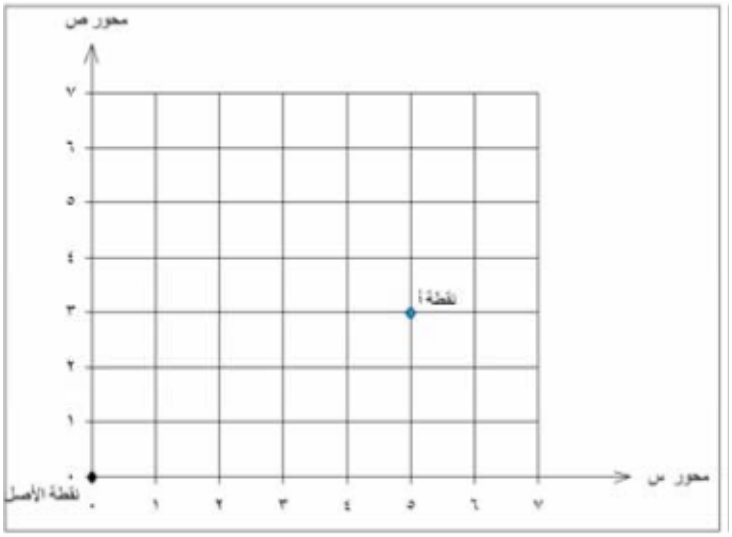
شبكة الاحداثيات

مقدمة :

الإحداثيات هي القيم العددية التي بواسطتها يتم تحديد موقع أي نقطة أو معلم في إطار معين .أبسط أنواع الإحداثيات هي قيم (س،ص) التي نستخدمها في الرسم البياني البسيط ، فعندما ، نقول أن النقطة أ تقع في (٥ ، ٣) فيدل ذلك علي موقع هذه النقطة يبعد ٥ وحدات (سنتيمترات) علي المحور الأفقي س كما يبعد ٣ وحدات (سنتيمترات) علي المحور الرأسي ص . وبالطبع فلن توجد أية نقطة أخري تقع في نفس هذه الإحداثيات (٥، ٣) وإلا انطبقت علي النقطة أ ذاتها، أي أن هذه الإحداثيات قد حددت بدقة موقع النقطة أ في إطار ورقة الرسم البياني .وإذا فحصنا هذا النوع من الإحداثيات نجده يتكون من ٣ عناصر محددة له :

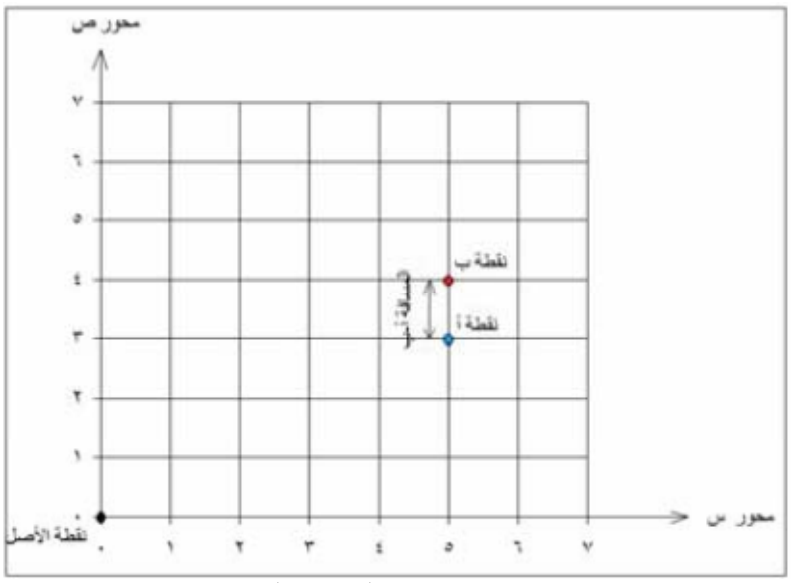
١. وجود نقطة أصل أو نقطة صفر يبدأ منها القياس .
٢. وجود محور أول (س) مقسم الي وحدات يتم القياس بها .
٣. وجود محور ثاني (ص) عمودي علي المحور الأول وهو أيضا مقسم الي وحدات يتم القياس بها .

وهذا النظام من نظم الإحداثيات البسيطة يسمي نظام إحداثيات مستوية حيث أنه محدد أو مرسوم علي سطح مستوي (الورقة) ، كما أنه يسمي نظام إحداثيات ثنائية الأبعاد حيث أنه يتطلب قيمتين أو رقمين أو بعدين فقط (وهما س،ص) لتحديد موقع أي نقطة علي الورقة.



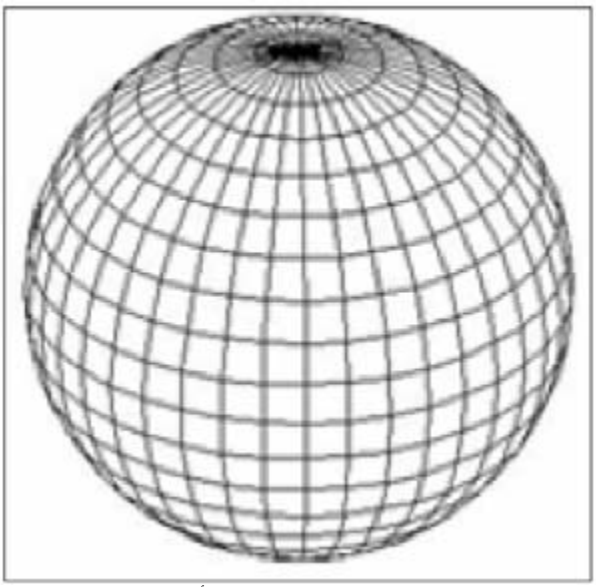
الاحداثيات المستوية البسيطة

وتنبع أهمية أي نظام إحداثيات من أنه بالإضافة للتحديد الدقيق لموقع أي نقطة في إطاره فأنه يسمح بمعرفة المواقع النسبية بين النقاط بمجرد معرفة قيم الإحداثيات وبدون توقيع أو رسم النقاط علي الورقة .فعلي سبيل المثال عندما نعرف أن إحداثيات نقطة أ هي (٥ ، ٣) ، وإحداثيات نقطة ب هي (٥ ، ٤) فندرك أن نقطة أ تقع أفقيا علي نفس الخط مع نقطة ب (حيث أن لهما نفس قيمة الإحداثي س) بينما نقطة ب تقع أعلي من نقطة أ (حيث أن قيمة الإحداثي ص للنقطة ب أكبر من قيمة الإحداثي ص للنقطة أ) . كما أن معرفة إحداثيات نقطتين يسمح لنا أيضا بحساب قيمة المسافة بينهما ، فعلي سبيل المثال فأن المسافة بين نقطة أ (٥ ، ٣) و نقطة ب (٥ ، ٤) ستكون ١ سنتيمتر حيث أن كلا النقطتين يقعان علي نفس الإحداثي س بينما يفصلهما ، سنتيمتر واحد فقط علي الإحداثي ص.



تطبيقات الاحداثيات المستوية البسيطة

الأرض عبارة عن كرة (أو بالتحديد شكل شبه كروي) أي أنها مجسم وليس سطح مستوي مثل ورقة الرسم البياني ، لذلك لا يمكن استخدام نظام الإحداثيات المستوية البسيطة في تحديد مواقع المعالم الجغرافية علي سطح الأرض . ومن هنا بدأ علماء الجغرافيا و الخرائط منذ مئات السنين في تطوير نظم إحداثيات أخري تصلح لتحديد المواقع علي سطح الأرض الكروي ، ومن أشهر هذه النظم نظام الإحداثيات الجغرافية والذي يسمي أيضا نظام الإحداثيات الكروية (بسبب أنه يمثل المواقع علي الكرة) كما يسمي بنظام الإحداثيات المنحنية (حيث أنه لا يمكن رسم شبكة من الخطوط المستقيمة علي سطح الأرض المجسم، ولكنها ستكون خطوط منحنية) وأيضا يسمي بنظام الإحداثيات الزاوية (حيث أن قيم الإحداثيات ذاتها ستكون زوايا وليست مسافات) . وتجدر الإشارة الي نظام الإحداثيات الجغرافية هو نظام ثلاثي الأبعاد حيث أن موقع أي نقطة علي سطح الأرض سيتحدد من خلال ثلاثة قيم أو أبعاد ، اثنين منهم يعبران عن الموقع الأفقي للنقطة علي سطح الأرض (الكرة) بينما سيكون البعد الثالث هو قيمة ارتفاع هذه النقطة عن سطح الأرض، وسينحصر هذا الفصل في شرح الإحداثيات الجغرافية الأفقية فقط .



الشكل الكروي المفترض للأرض

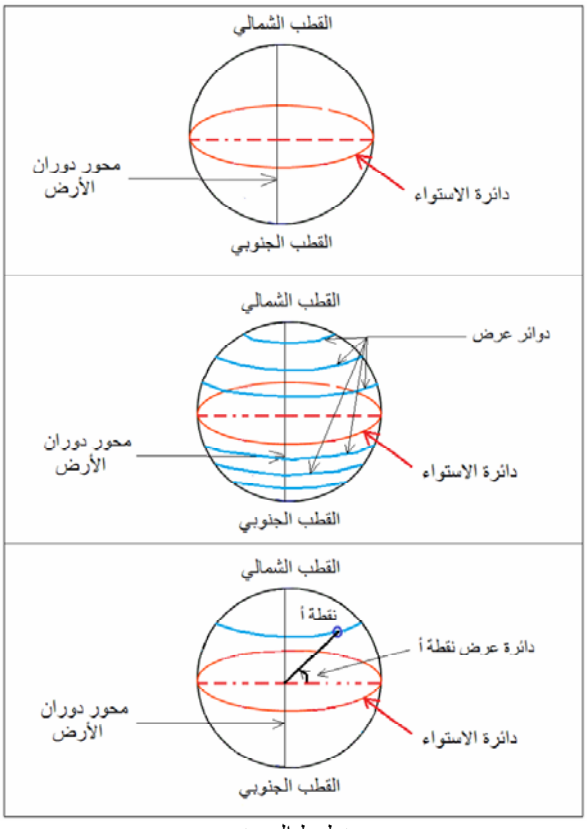
نظام الإحداثيات الجغرافية

منذ قرون مضت أبتكر العلماء طريقة لتمثيل موقع أي نقطة علي سطح الأرض (باعتبار أن الأرض كرة)، وكانت أولي خطوات تعريف هذا النظام اعتبار أن مركز الأرض (مركز الكرة) هو نقطة الأصل أو نقطة الصفر التي منها سيبدأ قياس أو تحديد الإحداثيات .وفي ثاني الخطوات بدأ وضع المحورين الذين سيحددان قياس كلا الإحداثيين والذين أطلق عليهما اسم دوائر العرض و خطوط الطول.

دوائر العرض

تم اتخاذ المحور الأساسي الأفقي هو تلك الدائرة العظمي(أي التي تمر بمركز الأرض) والتي تقع في منتصف المسافة بين القطبين الشمالي و الجنوبي وسميت **بدائرة الاستواء** ، وهي التي يطلق عليها البعض كلمة " خط الاستواء " لكنها في الحقيقة دائرة و ليست خطا .ثم تم تقسيم الكرة إلي ١٨٠ قسما متساويا ورسم علي الأرض دوائر صغري وهمية (الدائرة الصغرى هي التي لا تمر بمركز الأرض) توازي دائرة الاستواء الأساسية . تسمى هذه الدوائر بخطوط العرض وتوجد ٩٠ دائرة عرض شمال دائرة الاستواء وأيضا ٩٠ دائرة عرض جنوبه .ويتم ترقيم دائرة الاستواء بالرقم صفر ودائرة العرض المجاور لها من جهة الشمال ١° شمال ثم ٢° شمال الى ٩٠ ° شمال وبنفس الطريقة للدوائر الواقعة جنوب دائرة الاستواء .

زاوية العرض لأي نقطة علي سطح الأرض هي الزاوية عند مركز الدائرة (أي مركز الأرض) و ضلعها الأساسي يمر في مستوي الاستواء و الضلع الآخر يمر في دائرة العرض لهذه النقطة (غالبا يرمز لزاوية العرض بالرمز اللاتيني ϕ الذي ينطق فاي) أي أن هذا النوع من الإحداثيات يعبر عن قيمة زاوية وليس قيمة مسافة مثل الإحداثيات المستوية البسيطة في الرسم البياني علي قطعة من الورق.



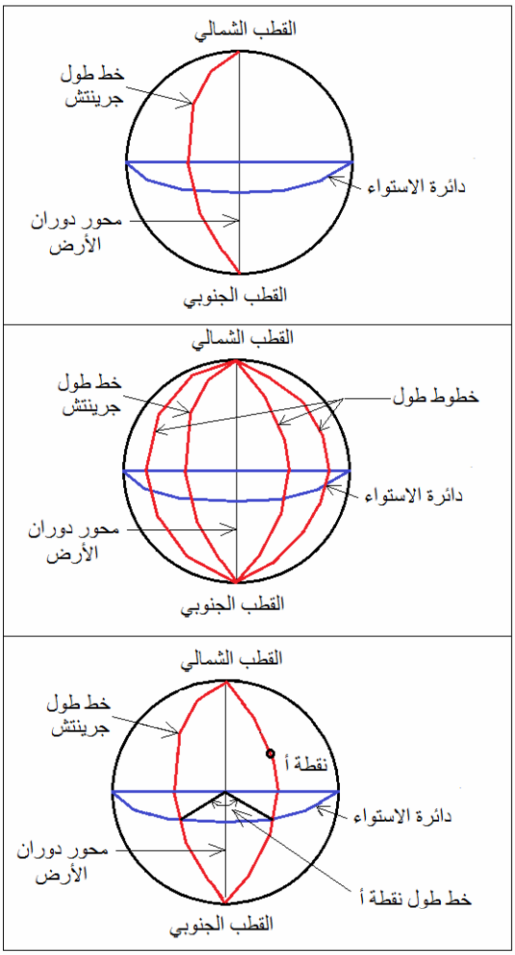
خطوط العرض

خطوط الطول

لتقسيم الأرض الي شبكة في الاتجاه العمودي علي دائرة الاستواء يلزمنا أولا تحديد مرجع أساسي لكي يبدأ منه التقسيم أو القياس .ففي دوائر العرض لا توجد إلا دائرة واحدة عظمي) أي تمر بمركز الأرض (وتقسم الأرض الي نصفين متساويين ألا وهي دائرة الاستواء، بينما في الاتجاه العمودي ستوجد مئات الدوائر التي يمكنها أن تقسم الأرض الي نصفين متساويين والسؤال الآن هو أي دائرة عمودية سيتم اعتبارها" صفر "الترقيم أو القياس . مع بداية عصر الحضارة الأوروبية الحديثة ، وفي ذلك الوقت كان أشهر معلم جغرافي هو المرصد الجغرافي الواقع في قرية أسمها جرينتش بالقرب من مدينة لندن الانجليزية ، أعتمد علماء الجغرافيا الأوربيين علي أن الدائرة الرأسية التي تمر بهذا المكان ستكون هي الدائرة الأساسية أو الدائرة رقم صفر من الدوائر الرأسية علي

سطح الأرض ، وأطلقوا عليها اسم" خط جرينتش." تم تقسيم الأرض في الاتجاه العمودي علي مستوي دائرة الاستواء الي ٣٦٠ خطا كلا منهم يصل بين القطب الشمالي و القطب الجنوبي، وأطلق علي هذه الخطوط اسم "خطوط الطول Longitude". وجدير بالذكر أن خطوط الطول ليست دوائر وليست خطوط أيضا ، ففي حقيقة الأمر فكل خط منهم هو نصف دائرة وليس خطا مستقيما . وبإتباع نفس طريقة ترقيم دوائر العرض فقد تم ترقيم خط طول جرينتش (خط الطول الأساسي) بالرقم صفر وخط الطول المجاور له من جهة الشرق ١° شرقا ....إلي ١٨٠° شرقا ، وبنفس الطريقة لخطوط الطول الواقعة غرب خط جرينتش من ١° غربا الى ١٨٠° غربا.

خط الطول لأي نقطة علي سطح الأرض هي الزاوية عند مركز الدائرة (أي مركز الأرض) المحصورة بين خط طول جرينتش و خط الطول المار بهذه النقطة (وغالبا يرمز لخط الطول بالرمز اللاتيني λ والذي ينطق لامدا) .



خطوط الطول

وحدات الإحداثيات الجغرافية

توجد عدة نظم للوحدات المستخدمة في التعبير عن خطوط الطول و دوائر العرض أشهرها نظام الوحدات الستيني ، وفيه يتم تقسم الدائرة الكاملة إلي ٣٦٠ درجة (رمز الدرجة هو °) ثم تقسم الدرجة إلي ٦٠ جزء كلا منهم يسمي الدقيقة (رمز الدقيقة هو ') ثم لاحقا تقسم الدقيقة الواحدة إلي ٦٠ جزء يسمي الواحد منهم بالثانية (رمز الثانية هو ") .

و كمثال فأن خط الطول 52.3" 45' 30° ق يعني أن موقع هذه النقطة عند ٣٠ درجة و ٤٥ دقيقة و ٥٢.٣ ثانية شرق خط طول جرينتش (أي في نصف الكرة الشرقي)، حيث أن خطوط الطول أما تقع شرق خط طول جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف ق أو E) أو تقع غرب جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف غ أو W). أما بالنسبة لدوائر العرض فتكون أما شمال دائرة الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ش أو N) أو جنوب خط الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ج أو S). وكمثال فأن دائرة العرض 26.5" 13' 42° ش تدل عني أن موقع هذه النقطة عند ٤٢ درجة و ١٣ دقيقة و ٢٦.٥ ثانية شمال دائرة الاستواء (أي في نصف الكرة الشمالي).

يمكن تحويل وحدات قياس الإحداثيات الجغرافية بسهولة، فمثلا إذا أردنا أن نحول قيمة خط الطول 52.3" 45' 30° ق الي وحدات الدرجات فقط:

الدرجة = ٦٠ دقيقة

الدقيقة = ٦٠ ثانية

أي أن:

الدرجة = ٦٠ × ٦٠ = ٣٦٠٠ ثانية

لتحويل الثواني الي درجات نقسم علي ٣٦٠٠، ولتحويل الدقائق الي درجات نقسم علي ٦٠، ثم نجمع القيم الثلاثة معا:

الإحداثي بالدرجات = (قيمة الثواني ÷ ٣٦٠٠) + (قيم الدقائق ÷ ٦٠) + قيمة الدرجات

أي أن:

خط الطول = (٥٢.٣" ÷ ٣٦٠٠) + (٤٥' ÷ ٦٠) + ٣٠°

= ٠.٠١٤٦١١° + ٠.٧٥° + ٣٠°

= ٣٠.٧٦٤٦١١°

<u>شكل الأرض وإحداثيات الخرائط</u>

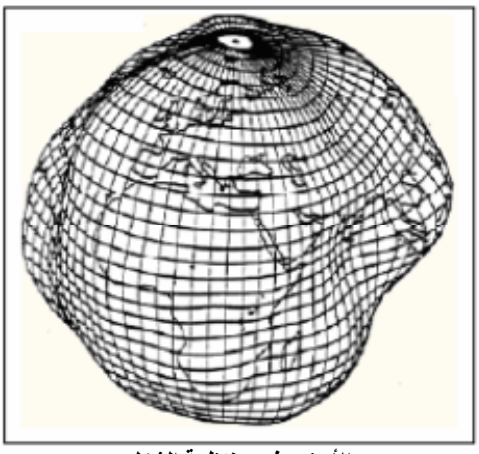
منذ القرن الثاني قبل الميلاد أكتشف العلماء أن الأرض كرة وليست قرص يطفو فوق سطح الماء كما كان معتقدا قبل ذلك .وفي عام ١٦٨٦ م صاغ العالم الشهير اسحق نيوتن نظريته عن أن خصائص كوكب الأرض تدل علي أنه جسم " شبه كروي " وأنه غير تام الاستدارة وتلا ذلك قيام أكاديمية العلوم الفرنسية في عام ١٧٣٥ بعمل بعض القياسات الميدانية والتي أثبتت بشكل عملي أن الأرض مفلطحة عند القطبين وليست كروية الشكل تماما . ومع بداية القرن التاسع عشر الميلادي و من خلال إجراء القياسات الدقيقة تم تقدير أن نصف قطر الأرض عند دائرة الاستواء يبلغ ٦٣٧٨ كيلومتر بينما يبلغ نصف القطر في اتجاه القطبين ٦٣٥٧ كيلومتر ، أي أن الفرق بينهما يبلغ ٢١ كيلومتر تقريبا ، مما يدل علي أن الأرض ليست كروية تماما (وإلا كان نصفي القطر متساويين). في حقيقة الأمر فأن كوكب الأرض يتميز بأنه غير منتظم الشكل ، إلا أن علماء المساحة و الخرائط وبما أن مساحة المحيطات و البحار تشكل حوالي ٧٠ ٪ من مساحة الأرض فإن شكل الأرض يكاد يكون هو الشكل المتوسط لسطح الماء ، و اذا قمنا بمد هذا السطح تحت اليابسة لنحصل على شكل متكامل فإن هذا الشكل سيكون أقرب ما يكون للشكل الحقيقي للأرض . و تم اطلاق اسم الجيويد أو الجيوئيد Geoid على هذا الشكل الافتراضي . و لكن طبقا لمبدأ نيوتن السابق فأن شكل هذا الجيويد لن يكون منتظما لان سطح الجيويد يتعامد مع اتجاه قوة الجاذبية الارضية و أيضا يخضع لقوة الطرد المركزية الناتجة عن دوران الأرض حول محورها ، و

كلا القوتين تختلفان من مكان لأخر على سطح الأرض بسبب عدم توزيع الكثافة بشكل منتظم . و بذلك نجد أن الجيويد هو الشكل الحقيقي للأرض إلا أنه شكل معقد أيضا و يصعب تمثيله بمعادلات رياضية تمكننا من رسم الخرائط و تحديد المواقع عليه .

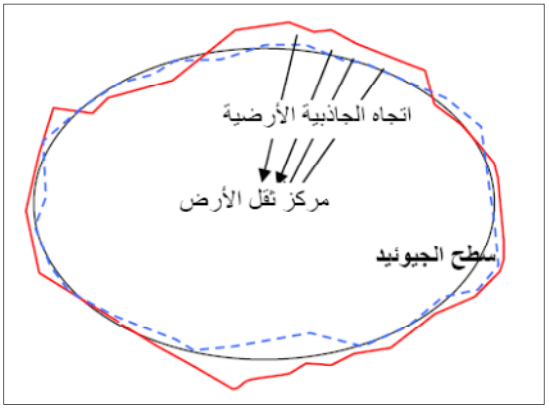
لتعقد الجيويد و صعوبة تمثيله بمعادلات رياضية اتجه العلماء الى البحث عن أقرب الاشكال الهندسية المعروفة و قد وجدوا أن" أقرب " الأشكال الهندسية للشكل الحقيقي للأرض هو الشكل البيضاوي أو ما يطلق عليه الاليبسويد Ellipsoid حيث أنه شكل منبعج عند القطبين ويتميز أن له محورين غير متساويين .وهذه الحقيقة هامة جدا في علم الخرائط حيث أن الخريطة هي تمثيل مصغر لسطح الأرض مما يتطلب معرفة شكل الأرض الحقيقي كي يمكن تمثيلها علي الخريطة ، كما أن حسابات الخرائط تعتمد علي معرفة خصائص شكل الأرض.

يمكن اعتبار الأرض عبارة عن كرة في الخرائط صغيرة المقياس (التي تغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض) حيث أن الفرق بين شكل الأرض الحقيقي و شكل الكرة لن يكون ذا تأثير ملموس علي هذا النوع من الخرائط التي لا تتطلب دقة عالية .بينما لا يمكن قبول الشكل الكروي للأرض عند تطوير خرائط كبيرة المقياس (لمساحات صغيرة من سطح الأرض) لأنها خرائط تحتاج دقة عالية ويتم الاعتماد عليها في قياس المسافات و المساحات .في مثل هذه الخرائط يتم الاعتماد (في حسابات الخرائط) علي أن الأرض شكل بيضاوي وليست كرة ، ومن ثم تكتب خصائص هذا الشكل البيضاوي المستخدم علي الخريطة كأحد عناصر الأساس الرياضي لها.

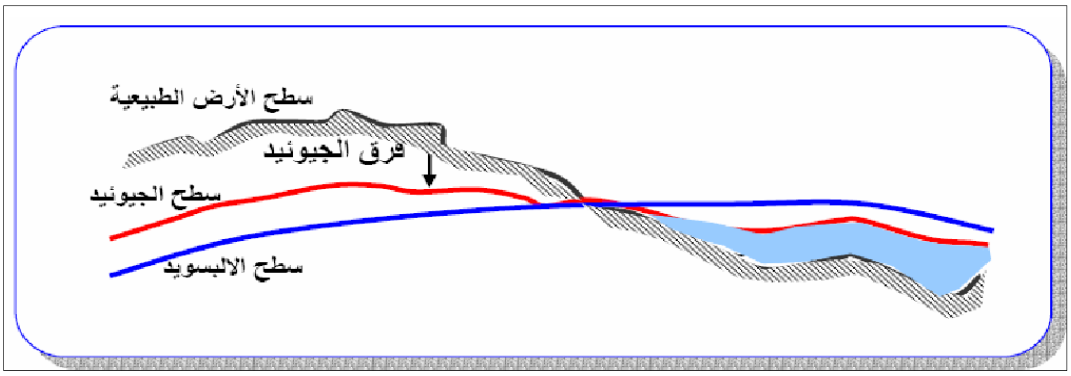
تم ابتكار نظام آخر من الإحداثيات يشابه تماما نظام الإحداثيات الجغرافية (خطوط الطول و دوائر العرض) إلا أنه يستخدم الشكل البيضاوي كأساس لتمثيل الأرض ، وسميت هذه الإحداثيات بالإحداثيات الجيوديسية وتتكون من دوائر العرض الجيوديسية و خطوط الطول الجيوديسية .وهذا النوع من الإحداثيات هو المستخدم في الخرائط ذات مقاييس الرسم الكبيرة ، فهو أكثر دقة لتمثيل المعالم الجغرافية في المناطق صغيرة المساحة .



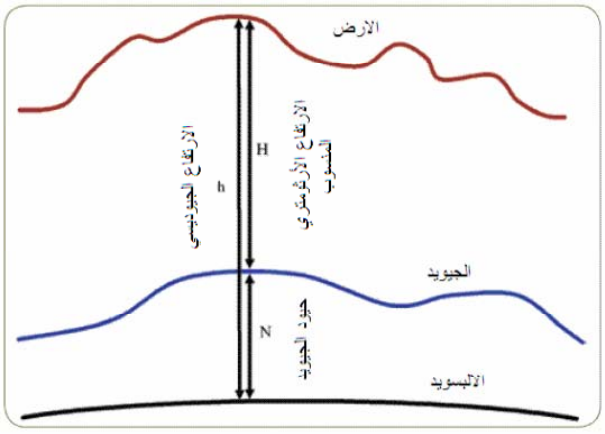
الأرض غير منتظمة الشكل



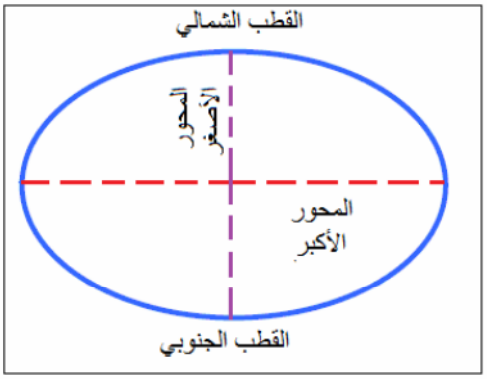
الجيويد السطح الحقيقي للأرض



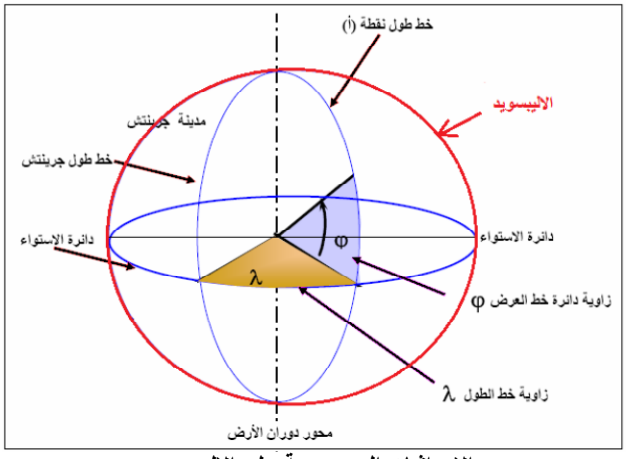
العلاقة بين الجيويد و الاليبسويد



العلاقة بين الجيويد و الاليبسويد



الاليبسويد



الإحداثيات الجيوديسية علي الاليبسويد

المراجع الجغرافية/الجيوديسية Datum

كانت كل دولة عند بدء إقامة الهيكل الجيوديسي أو المساحي لها بغرض البدء في إنتاج الخرائط غالبا ما تختار أحدث اليبسويد – في ذلك الوقت – لتتخذه السطح المرجعي لنظام خرائطها . فإذا ظهر بعد عدة سنوات اليبسويد آخر لم يكن ممكنا – لأسباب تقنية و مادية – أن تقوم هذه الدولة بتغيير السطح المرجعي لها و إعادة إنتاج و طباعة كل خرائطها من جديد . لكن ما هو المرجع ؟ من المعروف أن أي اليبسويد يكون أقرب ما يمكن لتمثيل سطح الأرض علي المستوي العالمي ، أي أن الفروق بينه وبين الجيويد تختلف من مكان لمكان علي سطح الأرض لكنها أقل ما يمكن علي المستوي العالمي .لكن كل دولة عندما تعتمد اليبسويد معين تريد أن يكون الفرق بينه و بين الجيويد أقل ما يمكن في حدودها و لا تهتم إن كانت هذه الفروق كبيرة في مناطق أخرى من العالم . لذلك كانت كل دولة تلجأ لتعديل وضع الاليبسويد المرجعي قليلا لكي يحقق الهدف .

وفي هذه الحالة – أي بعد إجراء هذا التعديل البسيط – فلم يعد هذا الاليبسويد كما كان في الاصل لكنه صار في وضع مختلف ، و هنا نطلق عليه اسم مرجع أو مرجع جيوديسي أو مرجع وطني

A geodetic Datum, a local datum, orsimply a datum

أي أن المرجع الوطني لأي دولة ما هو إلا اليبسويد عالمي قد تم تعديل وضعه بصورة أو بآخري ليناسب هذه الدولة ويكون أقرب تمثيلا لشكل الجيويد (الشكل الحقيق للأرض) عند هذه الدولة . كما يجب الإشارة إلي أنه كلما قلت الفروق بين المرجع الوطني لدولة ما و الجيويد كلما زادت دقة الخرائط المرسومة اعتمادا علي هذا المرجع. ويعرض الجدول التالي بعضا من نماذج اليبسويد .

بعض نماذج الاليبسويد المستخدمة عالميا

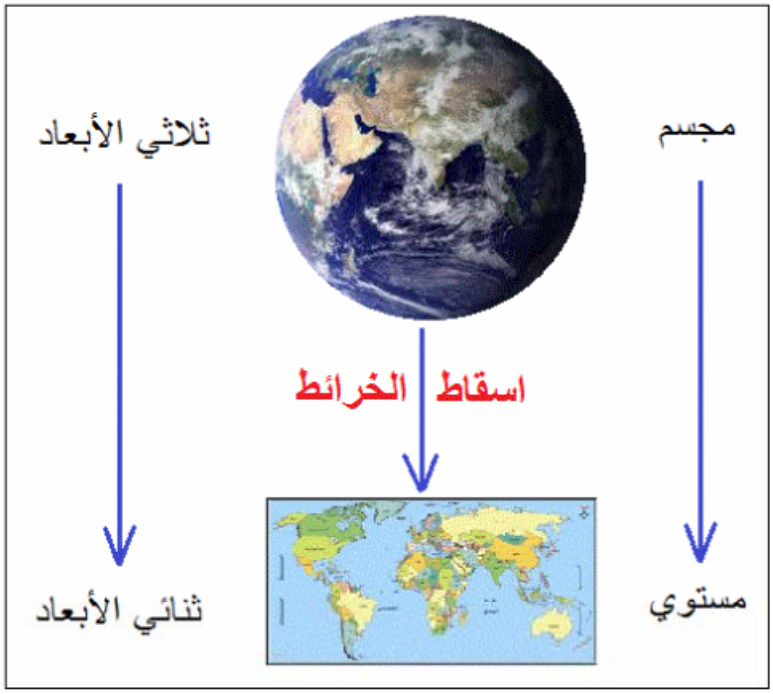
اسم الاليبسويد	نصف المحور الأكبر a بالمتر	نصف المحور الأصغر b بالمتر	الدولة التي تستخدمه
Helmert 1906	٦٣٧٨٢٠٠	٦٣٥٦٨١٨	مصر
Clarcke 1866	٦٣٧٨٢٧٤	٦٣٥٦٦٥١	أمريكا الشمالية
Bassel 1841	٦٣٧٧٣٩٧	٦٣٥٦٠٧٩	وسط أوروبا
Airy 1830	٦٣٧٧٥٦٣	٦٣٥٦٢٥٧	بريطانيا
WGS72	٦٣٧٨١٣٥	٦٣٥٦٧٥٠	عالمي
WGS84	٦٣٧٨١٣٧	٦٣٥٦٧٥٢	عالمي

المراجع التي تحدثنا عنها الآن هي ما يمكن أن نطلق عليها اسم المراجع الافقية Horizontal Datum و هي الخاصة بتحديد المواقع في المستوى الأفقي . أما عند التعامل مع الإحداثيات في المستوى الرأسي (أي الارتفاعات) فأننا نحتاج الى نوع أخر من المراجع هي المراجع الرأسية Vertical Datum . و يعد الجيويد هو المرجع الرأسي المعتمد في العديد من دول العالم ، أي لتحديد هذا المرجع نحتاج لتحديد النقطة التي يكون عندها متوسط سطح البحر يساوي صفر . ويمكن أن نقول أن المرجع الرأسي هو قيمة متوسط سطح البحر ، و لكل دولة نقطة مرجعية لمتوسط سطح البحر .

إسقاط الخرائط

مقدمة

الأرض عبارة عن جسم شبه كروي يحتاج لثلاثة أبعاد أو قيم أو إحداثيات للتحديد الدقيق لموقع أي نقطة علي هذا المجسم ، بينما نجد علي الجانب الآخر أن الخريطة عبارة عن سطح مستوي ولا يحتاج إلا لبعدين أو إحداثيين فقط لتحديد موقع أي نقطة عليها . والسؤال الذي يتبادر للأذهان هو : كيف يمكن تمثيل هذه الكرة أو هذا الشكل البيضاوي (الأرض) علي سطح مستوي (الخريطة) لتكون الخريطة تمثيلا دقيقا مصغرا لسطح الأرض و معالمها ؟ وكيف يمكن تحويل الإحداثيات الثلاثية لأي نقطة علي الأرض الي إحداثيات ثنائية علي الخريطة ؟ تكمن إجابة هذا السؤال في" إسقاط الخرائط" .



إسقاط الخرائط

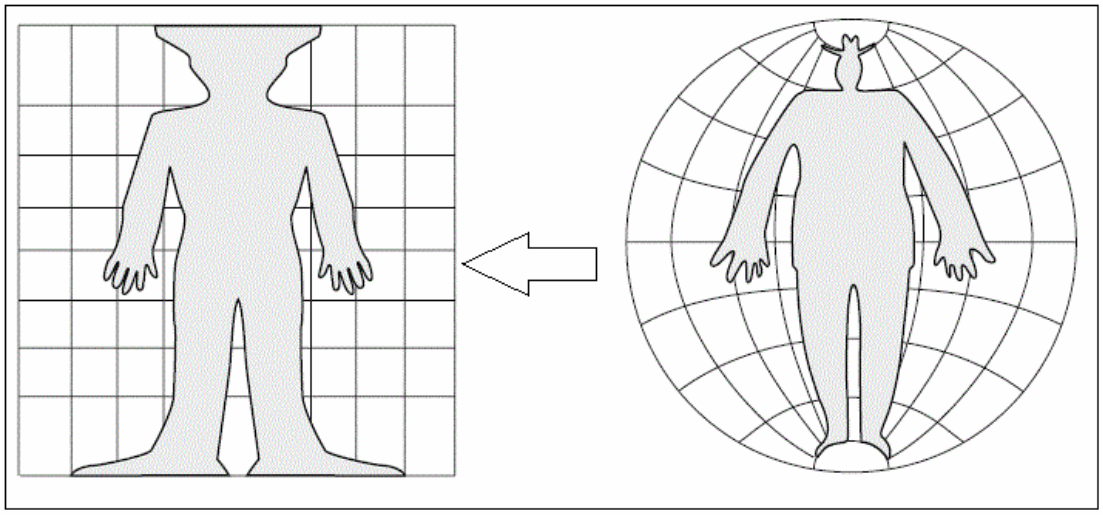
إسقاط الخرائط

إسقاط الخرائط عبارة عن طرق و معادلات رياضية تهدف الي تحويل إحداثيات المواقع الحقيقية الموجودة علي سطح الأرض الي إحداثيات مناظرة لها علي الخريطة بهدف إعداد الخريطة لتمثل الواقع الحقيقي بكل دقة وان كان بصورة مصغرة .وأولي الصعوبات التي تواجه طرق إسقاط الخرائط أنه لا يمكن تمثيل) رسم (الشكل المجسم الحقيقي للأرض علي سطح مستوي بصورة تامة التماثل .فلكي يكون التماثل تاما (١٠٠%) يجب أن تتحقق ثلاثة شروط هندسية وهي:

١. تمثل المسافات علي الخريطة ما يقابلها علي الطبيعة تماما .
٢. تمثل المساحات علي الخريطة ما يقابلها علي الطبيعة تماما .
٣. تمثل الاتجاهات علي الخريطة ما يقابلها علي الطبيعة تماما .

ولا توجد أيه طريقة رياضية تحقق هذه الشروط الثلاثة معا ، ومن ثم فأن هناك عشرات من مساقط الخرائط (طرق إسقاط الخرائط) و لكلا منها مميزات و استخدامات محددة ، والشكل الناتج علي الخريطة من تطبيق طريقة الإسقاط يسمي" مسقط " . وبصفة عامة فلا توجد طريقة إسقاط إلا و بها " تشوه"، أي جزء بسيط من عدم التطابق أو عدم التماثل بين ما هو علي الخريطة و ما هو علي الطبيعة .

وتجدر الإشارة الي أن الخرائط كبيرة المقياس جدا (المخططات التي تمثل أجزاء صغيرة جدا من سطح الأرض مثل مشروع هندسي أو جزء من حي داخل مدينة) لا تحتاج لإسقاط الخرائط حيث أننا نفترض أن هذا الجزء الصغير جدا من الأرض هو سطح مستوي ولن يكون لكروية الأرض أي تأثير به، ومن ثم يمكننا رسم القياسات الميدانية مباشرة علي هذه المخططات .



مفهوم التشوه في إسقاط الخرائط

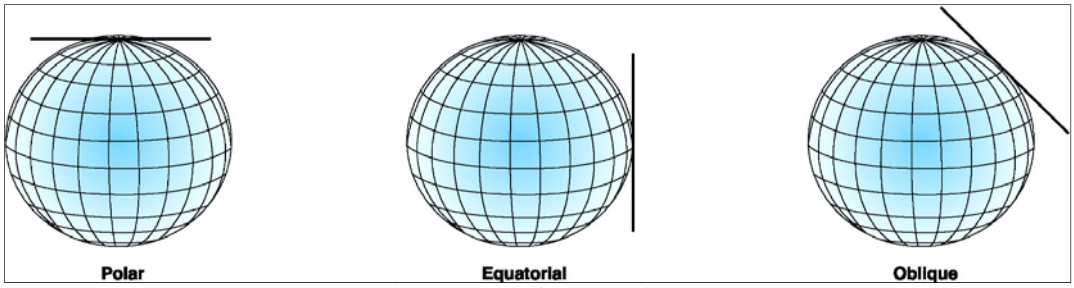
أنواع مساقط الخرائط

فلنتخيل أن هناك مصدر ضوئي مشع موجود في مكان ما علي سطح الأرض وأن هناك لوحة مستوية (أي الخريطة) موجودة بحيث أن مصدر الضوء هذا سيلقي ظلالا للمعالم الجغرافية علي هذه اللوحة المستوية ، وهذه الظلال هي ما سيتم رسمه علي الخريطة .طبقا لموضع المصدر الضوئي (هل هو عند أحد قطبي الأرض أم عند دائرة الاستواء أم في مكان آخر) فستكون لدينا نماذج مختلفة لما سيظهر علي اللوحة المستوية ، أي سيكون لدينا عدد من المساقط .أيضا إذا تغير موضع اللوحة المستوية ذاتها (هل هي عند القطبين أم عند دائرة الاستواء .... الخ) سينتج أنواع أخري من مساقط الخرائط .والآن نتخيل أننا بدلا من أن نضع اللوحة المستوية بشكلها كما هي سنقوم بلفها كاسطوانة حول سطح الأرض ، أو بلفها كمخروط حول الأرض ، وبالتالي سيكون لدينا أنواع أخري من طرق تمثيل معالم سطح الأرض علي هذه اللوحة في وضعها الجديد .وبناءا علي ذلك فتوجد عشرات من أنواع و طرق إسقاط الخرائط ، وأيضا توجد عده تقسيمات أو عدة تصنيفات لهذه الأنواع المختلفة.

التقسيم المعتمد علي شكل لوحة الإسقاط :

١. مساقط مستوية أو اتجاهية Planner

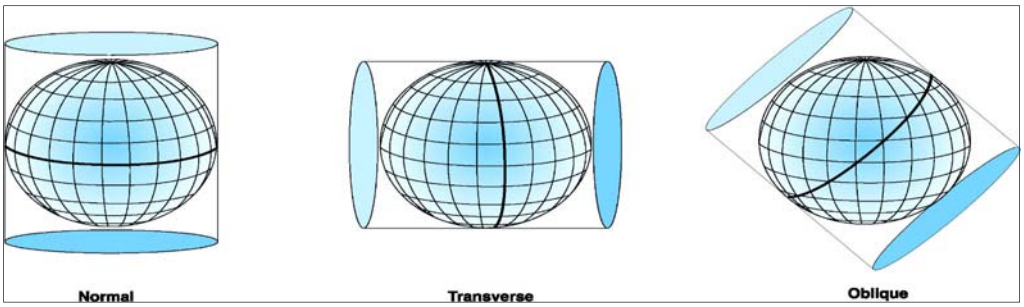
ويمكن تسميتها بالمرتسمات الأفقية ، ويستعمل لوضعها سطح إسقاط مساعد هو السطح الأفقي أو لوح الارتسام. ويمكن أن تكون هذه المرتسمات عادية أو قطبية وذلك عندما تمس لوحة الارتسام نقطة القطب ، وبشكل تكون فيه عمودية على محور القطبين . ويمكن أن تكون المرتسمات المستوية (الأفقية) إما استوائية، أو معترضة.



المساقط المستوية المائلة ، الاستوائية ، القطبية

٢. مساقط اسطوانية (Cylindrical)

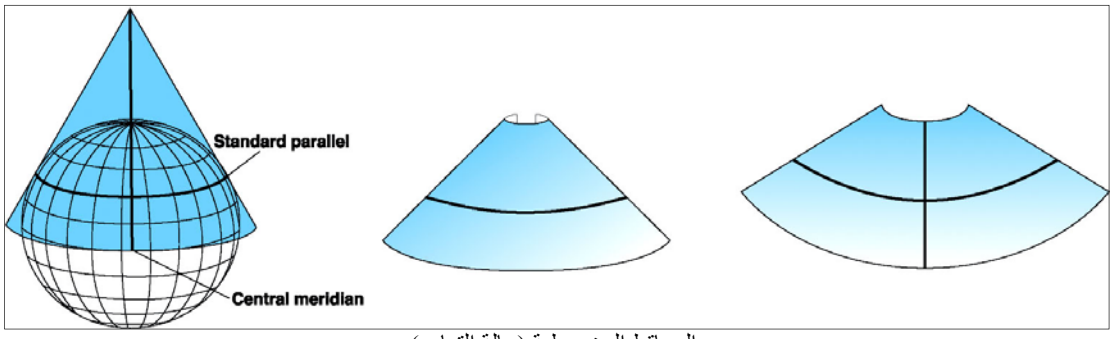
وهي المرتسمات التي ينتقل فيها سطح الأرض إلى سطح اسطوانة تلبس الكرة الأرضية بشكل مماس أو قاطع. ويمكن أن يكون المرتسم الاسطواني عادي، أو معترض، أو مائل.



المساقط الاسطوانية المائلة و المستعرضة و الطبيعية

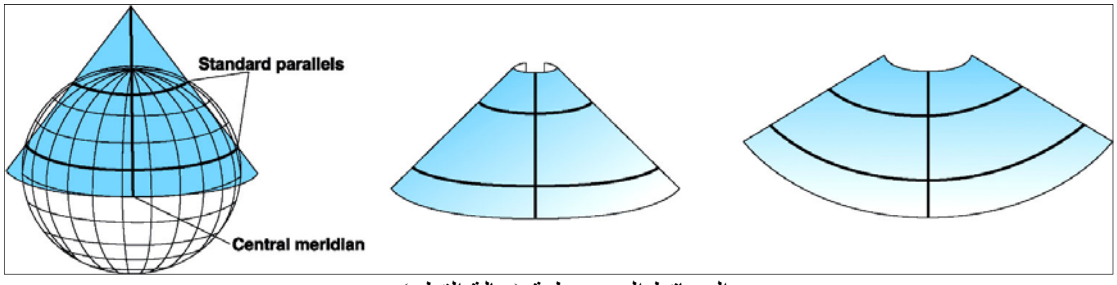
٣. **مساقط مخروطية Conic**

وهي مرتسمات يستخدم فيها سطح المخروط كوسيلة نشر مساعدة عند نقل سطح الأرض إلى السطح المستوي وتكون المرتسمات المخروطية إما عادية، أو معترضة (استوائية)، أو مرتسمات مخروطية مائلة . يمكن أن يكون المرتسم المخروطي مماساً وذلك حين يمس سطح المخروط (سطح الكرة)، وفيه ينعدم التشويه على طول دائرة التماس:



المساقط المخروطية (حالة التماس)

وقد يكون قاطعاً وفيه ينعدم التشويه على طول دائرتي القطع:



المساقط المخروطية (حالة القطع)

التقسيم المعتمد علي وضع لوحة الإسقاط :

كلما تغير وضع لوحة الإسقاط (سواء كانت مستوية أم اسطوانة أم مخروط فهل ستكون عمودية أم أفقية أم مائلة علي سطح الأرض) كلما نتج أنواع مختلفة من المساقط:

١. مساقط عادية Normal حيث لا يكون سطح الإسقاط مائلا علي سطح الأرض .
٢. مساقط مستعرضة Transverse حيث يكون سطح الإسقاط مائلا بزاوية ٩٠ درجة علي سطح الأرض .
٣. مساقط مائلة Oblique حيث يكون سطح الإسقاط مائلا بأي زاوية علي سطح الأرض .

التقسيم المعتمد علي الخصائص الهندسية للمسقط:
لا يوجد إسقاط يمكنه المحافظة علي التطابق التام بين كل الخصائص الهندسية للمعالم الجغرافية الموجودة علي سطح الأرض وما يقابلها علي الخريطة، وفي هذا الصدد توجد عدة أنواع من المساقط:

١. مساقط تحافظ علي الاتجاهات و الأشكال Conformal وتسمي أيضا بالمساقط - التشابهية حيث أن الزوايا ستظهر بحقيقتها تماما (أي ستظهر شبكة الإحداثيات الجغرافية من دوائر عرض و خطوط طول - متعامدة علي الخريطة) .
٢. مساقط تحافظ علي المساحات Equal-Area وتسمي أيضا بالمساقط التكافؤية .
٣. مساقط تحافظ علي المسافات Equal-Distance .

التقسيم المعتمد علي وضع مصدر الضوء:
بناءا علي موضع مصدر الضوء الذي سيسقط علي الأرض ليتم تمثيلها علي الخريطة فتوجد عدة أنواع من المساقط:

١. مساقط مركزية Centrographic حيث يكون مصدر الضوء في مركز الأرض .
٢. مساقط سطحية Stereographic حيث يكون مصدر الضوء علي سطح الأرض .
٣. مساقط خارجية Scenographic حيث يكون مصدر الضوء خارج الأرض .
٤. مساقط عمودية Orthographic حيث يكون مصدر الضوء علي مسافة بعيدة جدا (تقريبا ما لا نهاية) من الأرض مما يجعل الِأشعة الساقطة علي الأرض متوازية وعمودية علي سطح الأرض.

التقسيم المعتمد علي المنطقة الجغرافية علي المسقط:
بناءا علي المنطقة التي سيتم تمثيلها علي المسقط (أي الخريطة) توجد عدة أنواع من المساقط:

١. مساقط خاصة برسم العالم.
٢. مساقط خاصة برسم نصف الكرة الأرضية.
٣. مساقط خاصة برسم قارة أو إقليم.

وغالبا فأن أي طريقة إسقاط تحمل خاصيتين من الخصائص السابقة ويكون اسم الطريقة معبرا عن مواصفاتها ، فنقول مثلا المسقط المخروطي متساوي المساحات (أي أن اللوحة عبارة عن مخروط والمسقط الناتج يحافظ علي التطابق والتماثل التام في المساحات) ومثلا المسقط الاتجاهي متساوي المسافات (أي أن لوحة الإسقاط عبارة عن مستوي والمسقط الناتج يحافظ علي التطابق التام في المسافات) . وبعض المساقط يحمل اسم العالم الذي قام بابتكار طريقة الإسقاط هذه، كأن نقول مسقط ميريكاتور نسبة للعالم الشهير ميريكاتور.

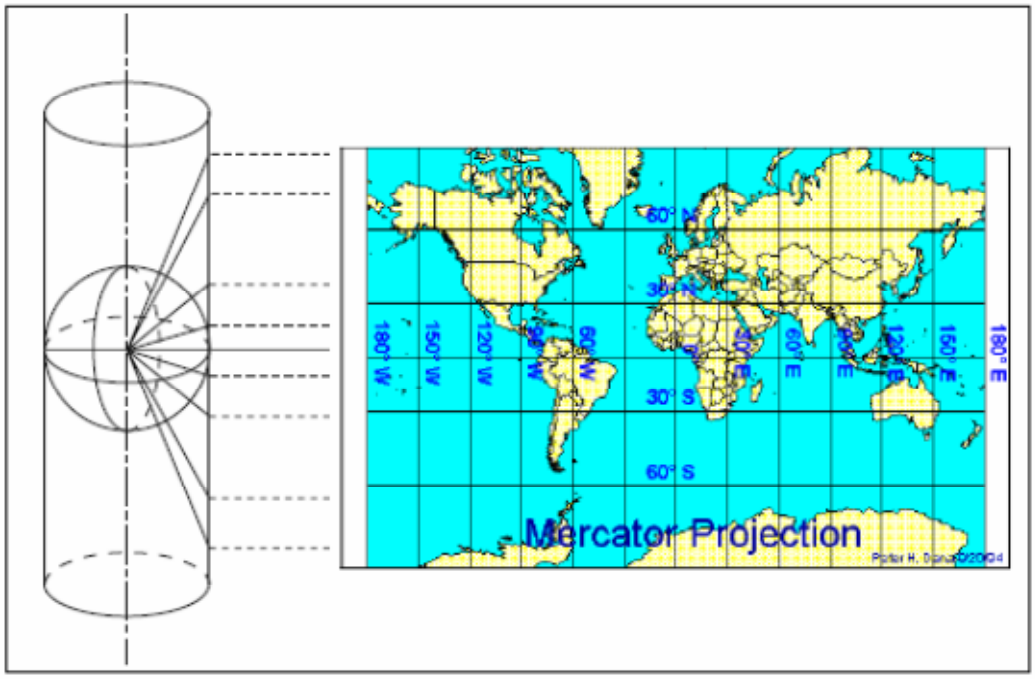
<u>اختيار مسقط لخريطة</u>
لوجود أنواع عدة من مساقط الخريطة فأن اختيار المسقط المناسب لخريطة معينة يجب أن يتم بدقة و عناية حتى تفي الخريطة الناتجة بالأهداف و الخصائص المطلوبة .ومن ثم يجب علي الكارتوجرافي أن يلم بمواصفات المساقط و كيفية المفاضلة و الاختبار بينهم.
للمفاضلة بين أنواع المساقط طبقا لنوع لوحة) أو سطح (الإسقاط فأن المساقط الاسطوانية تكون أكثر ملائمة للمناطق الاستوائية بينما تكون المساقط المخروطية أكثر مناسبة للمناطق الواقعة بين الاستواء و القطب، أما للمناطق القطبية فأن المساقط الاتجاهية تكون هي الأمثل. كما يعتمد اختيار المسقط الملائم علي الغرض الذي من أجله سيتم إنشاء الخريطة، فخرائط التوزيعات ذات مقاييس الرسم الصغيرة) أي تغطي مساحات كبيرة من سطح الأرض (يجب أن تمثل علي مساقط متساوية المساحات .أما إن كان الهدف من الخريطة هو قياس الاتجاهات و الزوايا) مثل الخرائط الملاحية (فيجب أن يكون مسقطها من النوع الذي ينتج عنه تطابق و تماثل تام في الاتجاهات، وأيضا تستخدم المساقط الاتجاهية متساوية المسافات للخرائط التي سيتم الاعتماد عليها في قياس المسافات علي سطح الأرض .أما الخرائط الأطلسية التي تعني بإبراز الشكل المجسم للأرض وتختص بدراسة الأرض ككل فأن المسقط المستوي أو الاتجاهي يكون هو الأفضل لها.
أيضا يلعب شكل المنطقة الجغرافية المطلوب إسقاطها دورا مهما في تحديد طريقة الإسقاط المناسبة، فكمثال نختار طريقة إسقاط مستوية إذا كانت شكل المنطقة شبه دائري و طريقة إسقاط اسطوانية للمناطق شبه المستطيلة و طريقة إسقاط مخروطية للمناطق شبه المثلثيه.

بعض أنواع مساقط الخرائط

في الجزء التالي سنستعرض وبصورة مبسطة أهم نماذج الاسقاط الشهيرة :

مسقط ميريكاتور Mercator Projection

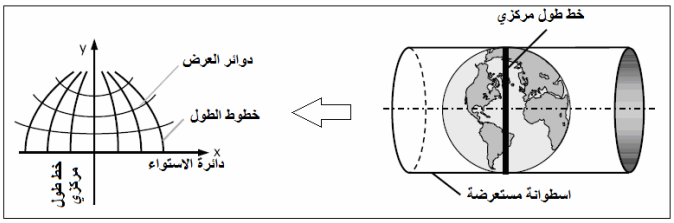
هو مسقط أسطواني يحقق شرط أن خطوط الطول و دوائر العرض تتقاطع في زوايا قائمة تماما. و يكون المقياس صحيحا عند دائرة الاستواء أو عند دائرتي عرض قياسيتين على مسافات متساوية من الاستواء . و غالبا يستخدم هذا المسقط في الخرائط البحرية .

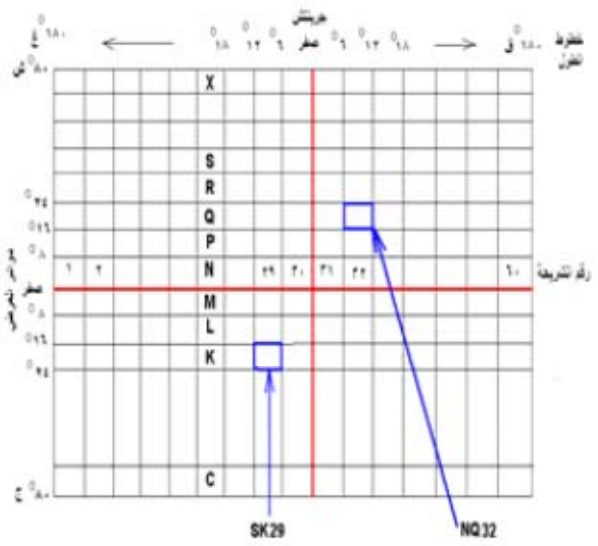


مسقط ميريكاتور

مسقط ميريكاتور المستعرض Transverse Mercator Projection

ينتج هذا المسقط من إسقاط الأرض على اسطوانة تمسها عند خط طول مركزي central meridian و غالبا يستخدم هذا المسقط للمناطق التي تمتد في اتجاه شمال – جنوب اكبر من امتدادها في اتجاه شرق – غرب . يزداد التشوه (في المقياس و المسافة و المساحة) كلما ابتعدنا عن خط الطول المركزي ، و لذلك نلجأ الى فكرة الشرائح عند استخدام هذا المسقط حيث يكون عرض الشريحة الواحدة – في اتجاه الشرق – ثلاثة أو اربعة درجات من خطوط الطول بحيث لا يكون مقدار التشوه كبيرا عند أطراف الشريحة التي يقع خط طولها المركزي في منتصفها . مسقط ميريكاتور المستعرض مستخدم في خرائط الكثير من دول العالم مثل مصر و بريطانيا .





مسقط ميريكاتور المستعرض

مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي Universal Transverse Mercator Projection

يعد هذا المسقط أشهر انواع مساقط الخرائط على المستوى العالمي و يرمز له اختصارا بأحرف UTM ، و هو من المساقط التي تحافظ على المساحات . أيضا لانه يعتمد على فكرة تقسيم الآرض الى شرائح صغيرة فأن التشوه يكون بسيطا مما يجعل هذا المسقط مناسبا للخرائط كبيرة المقياس . كما زادت أهميته في السنوات الاخيرة بسبب أنه أحد المساقط المستخدمة في اجهزة تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع GPS .

و يتكون المسقط من عدد من النقاط تشمل :

- يعتمد مسقط UTM على ايجاد طريقة لرسم خرائط العالم كله و ذلك عن طريق تقسيم الأرض الى ٦٠ شريحة Zones كلا منها يغطي ٦ درجات من خطوط الطول بحيث يكون لكل شريحة مسقط UTM له خط طول مركزي central meridian يقع في مركز هذه الشريحة .
- تمتد شرائح مسقط UTM من دائرة العرض ٨٠ جنوبا الى دائرة العرض ٨٤ شمالا .
- ترقم الشرائح من ١ الى ٦٠ بدءا من خط الطول ١٨٠ غرب ، بحيث تمتد الشريحة الأولى من ١٨٠ غرب الى ١٧٤ غرب و يكون خط طولها المركزي central meridian عند ١٧٧ غرب .
- تقسم كل شريحة طولية الى مربعات كل ٨ درجات من دوائر العرض .
- يكون هناك حرف خاص كاسم لكل مربع من هذه المربعات ، و تبدا الحروف من حرف C جنوبا الى حرف X شمالا مع استبعاد حرفي I و O (لقرب الشبه بينهما و بين الارقام الانكليزية) .

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2	3	4	5	6	-	7	8	9	10	11	-	12	13	14	15	16

- يكون معامل المقياس scale factor مساويا ٠,٩٩٩٦ عند خط الطول المركزي ، بحيث مع ازدياد التشوه كلما بعدنا عن خط الطول المركزي فان أقصى قيمة لمعامل القياس عند أطراف الشريحة ستكون ١,٠٠٠٩٧ عند خط الاستواء أو ١,٠٠٠٢٩ عند دائرة عرض ٤٥ ش .

لتحديد رقم شريحة UTM لأي موقع جغرافي :

$$\text{ترتيب الحرف} = \left(\frac{\text{دائرة العرض} + ٨٠}{٨} \right) + ١$$

المعادلة السابقة لحالة ان الموقع الجغرافي يقع شمال دائرة الاستواء ، اما إن كان الموقع يقع جنوب خط الاستواء فيتم استخدام معادلة أخرى هي :

ترتيب الحرف = (دائرة العرض - ٨٠) ÷ ٨

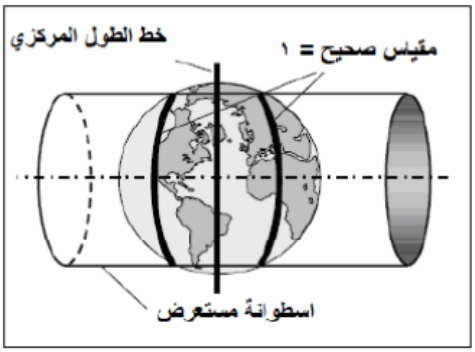
و لحساب رقم الشريحة :

$$\text{رقم الشريحة} = \left(\frac{\text{خط الطول}}{٦} \right) + ٣١$$

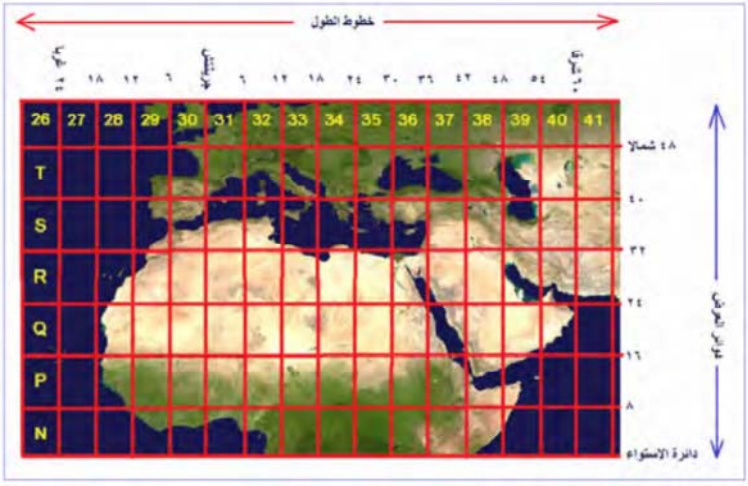
المعادلة السابقة لحالة ان الموقع الجغرافي يقع شرق جرينتش ، أما إن كان الموقع يقع غرب جرينتش فيتم استخدام معادلة أخرى هي :

رقم الشريحة = (خط الطول ÷ ٦) - ٣٠

على ان يتم في كلتا المعادلتين اخذ الرقم الصحيح للناتج و دون تقريب .



شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي



شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض للدول العربية

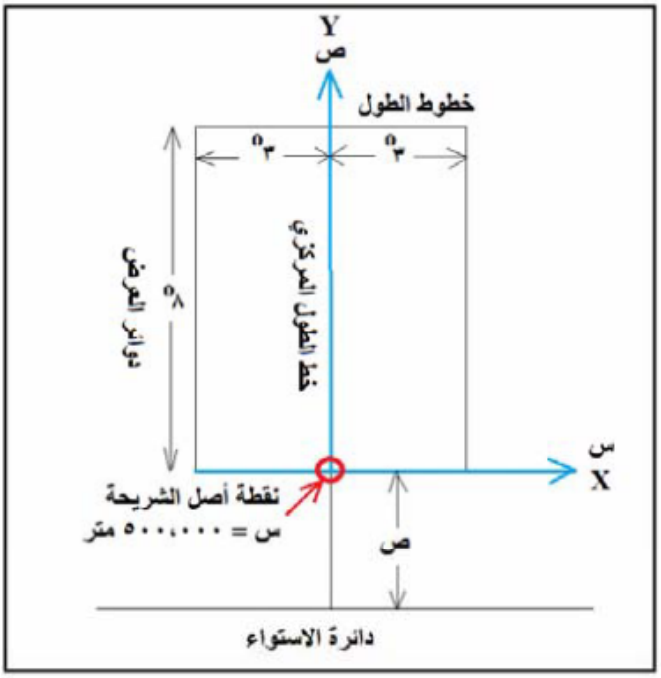
يتكون نظام الإحداثيات المسقطة في UTM :

- نقطة الأصل (صفر ، صفر) للشريحة تقع في تقاطع خط الطول المركزي للشريحة دائرة الاستواء.

الإحداثي السيني X في اتجاه الشرق .

الإحداثي الصادي Y في اتجاه الشمال .

- تكون قيم الإحداثيين السيني و الصادي بوحدات الأمتار .
- حتى لا نحصل علي قيم إحداثيات سالبة فيتم فرض قيمة إحداثيات شرقية زائفة False Easting لنقطة الأصل بقيمة (٥٠٠،٠٠٠ متر) لذلك فأن الإحداثي السيني لا يزيد عن ٦ خانات من الأرقام.
- لا تعطي أي قيمة إحداثيات شمالية زائفة لنقطة الأصل ، أي أن قيمة الصفر في اتجاه الشمال تكون بالفعل عند دائرة الاستواء (وبذلك فأن الإحداثي الصادي قد يصل إلي ٧ خانات).



الاحداثيات المترية في نظام ميريكاتور المستعرض

مثال :

حدد رقم شريحة UTM التي تقع عند خط الطول ``17 `10 °39 شرقا و دائرة العرض ``55 `29 °21 شمالا ؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:

خط الطول = (٣٦٠٠/١٧) + (٦٠/١٠) + ٣٩ = ٣٩.١٧١ درجة

دائرة العرض = (٣٦٠٠/٥٥) + (٦٠/٢٩) + ٢١ = ٢١.٤٩٩ درجة

ثانيا: لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = ((دائرة العرض + ٨٠) ÷ ٨) + ١

= ((٢١.٤٩٩ + ٨٠) ÷ ٨) + ١

= (١٠١.٤٩٩ ÷ ٨) + ١ = ١٢.٧ + ١ = ١٣.٧

أي الحرف رقم ١٣ (مع إلغاء الكسر الناتج).

الحرف رقم ١٣ في الحروف الانجليزية (بدءا من حرف C مع استبعاد حرفي I, O) هو: **Q**

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2	3	4	5	6	-	7	8	9	10	11	-	12	13	14	15	16

ثالثا: لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = (خط الطول ÷ ٦) + ٣١

= (٣٩.١٧١ ÷ ٦) + ٣١

= ٦.٥ + ٣١ = ٣٧.٥

أي أنها الشريحة رقم **٣٧** (مع إلغاء الكسر الناتج).

إذن:

رقم شريحة UTM لمدينة جدة هو : **Q37**

رابعا: وبما أن جدة تقع شمال دائرة الاستواء (لاحظ دائرة العرض لجدة حيث بها الحرف "ش") فنضيف حرف N الي رقم الشريحة ليصبح: **NQ37**

المرجع

- Dawod, Gomaa M., 2014, Science of Geomatics (in Arabic), Holy Makkah, Saudi Arabia.