یەکێتی ئەندازیارانی کوردستان
لقی سلێمانی

نبذة عن الجيوماتكس

والفرق بين

الجيويد والألبسويد والداتم

About Geomatics

And the difference between

Geoide, Ellipsoid, and Datum

باسێکی پێشکەشکراو بۆ
یەکێتی ئەندازیارانی کوردستان – لقی سلێمانی

ئەندازیار
صديق عزيز بهاءالدين
ژمارەی پێناس 2115

2023 ز

بابەتە سەرەكييەكانى ئەم باسە :

الموضوع ..... الصفحة

- نبذة عن الجيوماتكس Geomatics 2
- شكل الارض 4
- أنواع الارتفاعات 6
- الجيويد Geoide 9
- الالبسيود Ellipsoid 12
- الداتم أو المرجع Geoditic Datum 22
- أول نمذجة للجيويد الجذبي في العراق
  Local Gravimetric Geoid Modelling 25
- المصادر والمراجع 26

نبذة عن
الجيوماتكس Geomatics :

الجيوماتكس Geomatics اسم مركب من كلمتين :

(1) geo وتعني الأرض والجغرافيا.

(2) matique أو matics بمعنى الحساب والمعلوماتية.

تعود أصول تسمية الجيوماتكس إلى نهاية الستينات من القرن الماضي حيث قام الباحث الفرنسي (برناردي بيبسون) باستعمال لفظ الجيوماتكس.

ثم أستعمل مصطلح الجيوماتكس من قبل جامعة لافال في كندا في أوائل الثمانينيات.

هندسة الجيوماتيكس Geomatics هي هندسة المساحة الرقمية أو الهندسة الطبوغرافية الإلكترونية بسائر فروعها. فهي هندسة المساحة التقليدية مدعومة بنظم المعلومات الجغرافية (المكانية) GIS ، وأجهزة الاستشعار عن بعد ونظم تحديد المواقع العالمي GPS.

وبذلك فهو الهندسة الأساسية لكل العلوم المرتبطة بالعمران والمكان والتي تعتمد على البيانات العمرانية، مثل المساحة والاستشعار عن بعد والخرائط الجوية ونظم المعلومات الجغرافية (المكانية).

فهو علم وتقنية تجميع وتحليل وتفسير وتوزيع واستخدام المعلومات الجغرافية، ويضم داخله مجموعة من التخصصات التي يمكن جمعها معاً بهدف تطوير صورة تفصيلية مفهومة عن العالم الطبيعي ومكاننا به. وهذه التخصصات تشمل: المساحة، الخرائط، الاستشعار عن بعد، والنظام العالمي لتحديد المواقع GPS، ونظم المعلومات الجغرافية GIS .

فالجيوماتكس مسؤل عن كل ما يتعلق بالحصول على جمع، وعرض، وإدارة، واستخدام المعلومات الخاصة بارتباط علوم الأرض والهندسة الفراغية لمساندة أعمال المساحة الطبوغرافية والاستشعار عن بعد باستخدام مزيج من التقنيات التقليدية ونظام GPS الفضائي لتحديد المواقع بالإضافة إلى تكنولوجيا المسح بالليزر Laser Scanner لخدمة قائمة طويلة من المشروعات الهامة في جميع مجالات الهندسة.

ويشمل تخصص هندسة الجيوماتكس ونظم المعلومات الجغرافية استخدام الأقمار الصناعية في نواح عديدة مثل الاتصالات، واستطلاعات المناخ والبيئة، واستكشاف الفضاء والأرض، واستعمال التقنيات الحديثة، والحاسوب وبرمجياته في جمع المعلومات وتحليلها، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

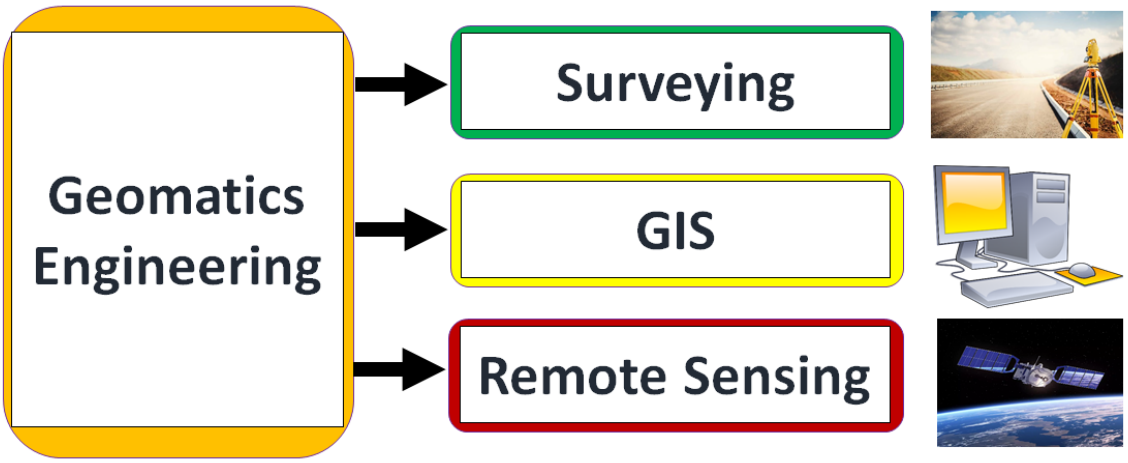
ويضم هذا التخصص قاعدة عريضة من التخصصات الفرعية التي تنصب في الهندسة المدنية وتطبيقاتها.

وهندسة الجيوماتكس تعطي لدارسها معرفة جيولوجية المنطقة من خلال قياس اتجاه خط المضرب وزاوية واتجاه الميل وسمك ونوع التكوين الصخري من أجل التخطيط

الإستراتيجى السليم لتنفيذ المشاريع الهندسية، وتحديد مسار الطرق المختلفة، وتحديد مواقع المقالع والمحاجر والمناجم، وأعمال رفع وتخطيط المدن الأثرية، ومشاريع الأنفاق، وتحديد مواقع الآبار، وسمك الطبقات الحاوية على الماء، وتطوير ظروف الموقع الإنشائي والمحافظة على المنشآت الحيوية، وتحديد مواقع السدود لخزن المياه.

فهو باختصار شديد علم متطور بإستمرار قائم بحد ذاته، يناقش ويبحث المعلومات الحيزية والمساحية والعمرانية بأساليب متقدمة ومتطورة، ويرتبط بشكل كبير مع علم المساحة التقليدية، فكلاهما يعد شريكاً ومُكملاً للآخر.

Geomatics Engineering Discipline



هندسة الجيوماتكس يخوض في مجالات العمل أدناه :

- المساحة الأرضية.
- المساحة الجيوديسية والنظام العالمي لتحديد المواقع GPS.
- المساحة التصويرية الرقمية والمساحة التصويرية الدقيقة.
- المساحة العقارية والإنشائية.
- أنظمة المعلومات الجغرافية GIS .
- الاستشعار عن بعد وتحليل الصور والبيانات الرقمية.
- علم الخرائط والرقمية.
- تكنولوجيا المعلومات وإدارة المعلومات.

شكل الارض :

نظراً لأن علم المساحة هو علم القياسات الأرضية فلابد أن نتعرف على شكل الكرة الارضية.

تعتبر الأرض ذات شكل شبه كروي مفلطح أو بيضاوي، وليس كروياً بشكل كامل، لذا فإن محيط الأرض وقطرها يختلفان بحسب الموقع على الكرة الأرضية.

فبدلاً من أن يكون المحيط متساوٍ في جميع المناطق، فإن قطبي الأرض يكونان قريبان قليلاً من بعضهما، كما أنهما مسطحان قليلاً، مما يؤدي إلى بروز خفيف في الأرض عند منطقة خط الإستواء أو ما يسمى بالتفلطح الاستوائي (The equatorial bulge) ، وبالتالي فإن محيط وقطر الكرة الأرضية يكون أكبر في تلك المنطقة، ولا يكون شكل الكرة الأرضية كروياً بشكل تام.

عرف الناس منذ حوالي 2000 سنة أن الأرض مستديرة، فقام الإغريق بقياس الظلال، ودراسة النجوم لمعرفة المزيد حول شكل الأرض، كما استخدموا الرياضيات لمعرفة محيطها، ولتحديد إلى أيّ مدى هي كروية الأرض، فلاحظوا الظل المستدير لها والمنعكس على سطح القمر خلال الخسوف.

فقد تم اكتشاف كروية الأرض منذ عهود سحيقة إلى أن جاء نيوتن وأجرى دراساته حول الجاذبية الأرضية.

أما اليوم فاستطاع العلماء تحديد قياسات شكل، وجاذبية، ودوران الأرض، باستخدام نظام تحديد المواقع وغيرها من الأدوات، بالإضافة إلى تحليل الصور المأخوذة من الفضاء بواسطة الأقمار الصناعية ورواد الفضاء، والتي تُظهر انحناء جوانب الأرض، ولكن على الرغم من أنّ الأرض مستديرة فإنها ليست مستديرة بشكل كامل، فقطبيها مسطّحان قليلاً، وشكلها يتغير تغيّراً طفيفاً من حين لآخر وباستمرار.

ولفهم وتمثيل شكل الأرض بصورة أدق ظهر ما يعرف بالجيويد (Geoid)، وهو يمثل الشكل الحقيقي للكرة الأرضية.. ففي البداية تم اعتماد الجيويد للتعبير عن سطح الأرض بدلاً من السطح الفيزيائي المعقد.. فالجيويد : هو السطح الذي تتساوى فيه شدة الجاذبية الأرضية من كل نقطة من نقاطه، ويعرف أنه السطح المعبر عن منسوب سطح البحر كما لو كان ممتداً داخل تضاريس الأرض.

الجيويد شكل غير هندسي يصعب التعبير عنه رياضياً فاستبدله العلماء بما يعرف بالإليبسويد (Ellipsoid) : وهو أقرب شكل رياضي هندسي لشكل الكرة الأرضية وهو على شكل قطع ناقص دوراني؛ واستبدله العلماء بالجيويد لأن الفرق بينهما بسيط.

ما يميزه هو نسبة التفلطح (&) أو (f) :

$$\& = (a - b) / a$$

حيث a هو القطر الكبير للقطع و b هو القطر الصغير.

وقد قام عدد من العلماء بحساب نسبة التفلطح بدءاً من (دالومبير) الذي وجد أن :

$$\& = 1 / 334$$

إلى أن جاء (كراسوفسكي) الذي وجد أن :

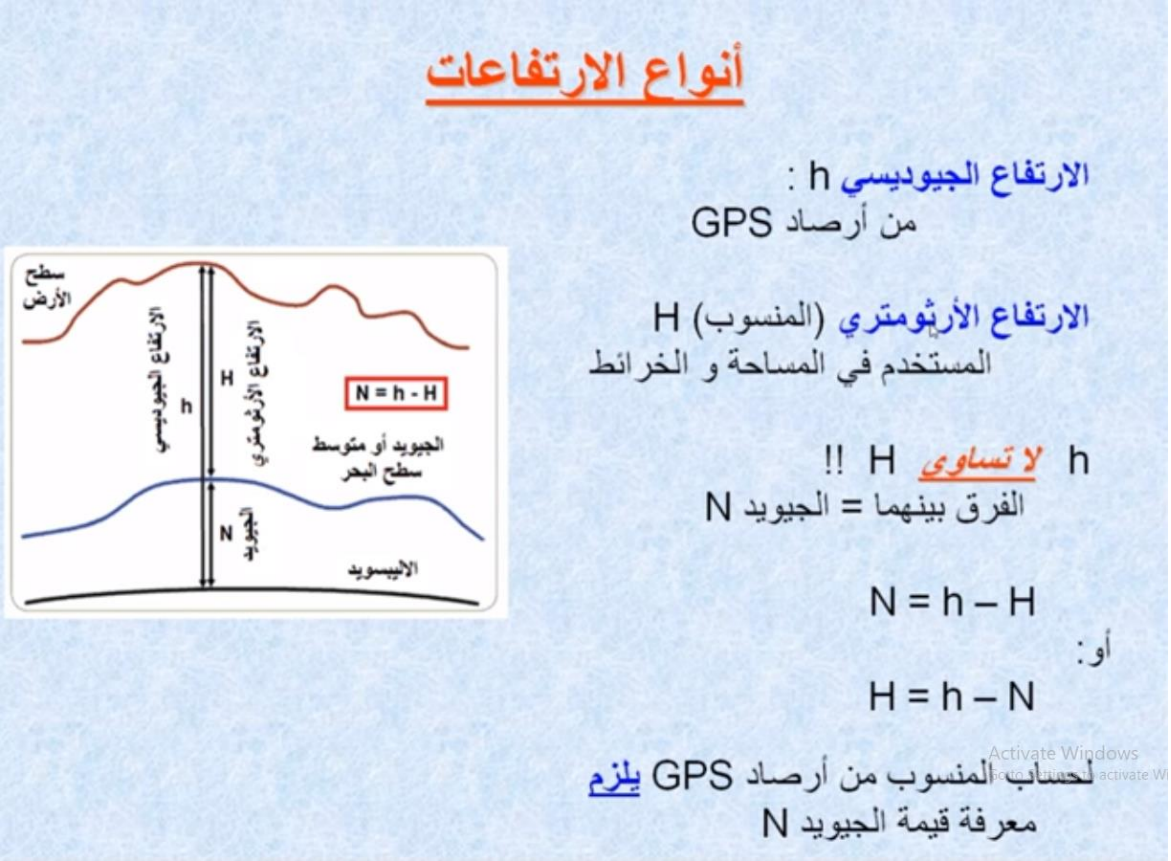
$$\& = 1 / 298.3$$

فبهذا لدينا الشكل الحقيقي للأرض التي نعيش عليها ونجري القياسات عليها (الجيويد) لكنه لا يصلح للحسابات وإسقاط الخرائط؛ ولدينا سطح رياضي منتظم (الإلبيسويد) يصلح للحسابات والخرائط لكنه غير موجود فعلياً في الطبيعة ولا نستطيع القياس عليه.. لذلك تم إيجاد وحساب الطريقة المناسبة لتحويل القياسات المساحية التي تمت على الأرض (الجيويد) إلى ما يناظرها على الإلبيسويد حتى يمكن إنشاء الخرائط الدقيقة .

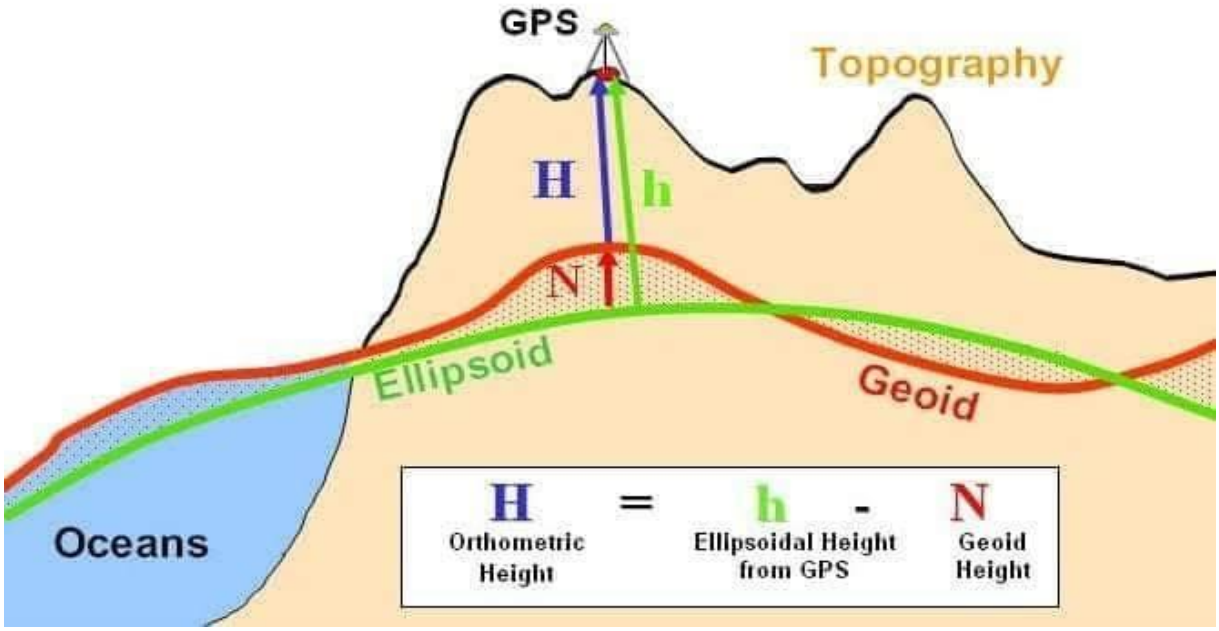
بعد بروز هندسة الجيوماتكس ومع بداية عصر المعلومات وتطور تقنية الحاسب في القرن الحادي والعشرين يمكن الآن تحويل الخرائط إلى صور رقمية وإرسالها وتحديثها بسهولة عبر الأقمار الصناعية. وأصبح الحصول على خرائط دقيقة للعالم الآن أكثر سهولة من أي وقت مضى.

أنواع الارتفاعات:

توجد عدة مراجع لقياس الإرتفاعات والتي بدورها تحدد أنواع الارتفاعات.
فاذا تم اتخاذ متوسط منسوب سطح البحر كمرجع فالناتج سيكون ارتفاعا من النوع الارثومتري Orthometric Height والذي نطلق عليه بصفة عامة كلمة المنسوب، وهو المستخدم في الخرائط الطوبوغرافية في معظم الدول.



أما إذا اعتمدنا سطح الالبسويد كمرجع فإن نوع الارتفاع الذي نحصل عليه يسمى الارتفاع الجيوديسي Geodetic Height وهذا هو نوع الارتفاعات الناتج من أرصاد GPS مثلا.



لقياس الارتفاعات في منطقة شاسعة – وخاصة في الأعمال التي لا تتطلب دقة عالية – من الممكن استخدام أرصاد GPS لانها أسرع وأسهل وأرخص تكلفة، لكن يجب في هذه الحالة تحويل نوع الارتفاع الجيوديسي الى المنسوب حتى يتفق مع الخرائط القديمة لهذه المنطقة أو مع خرائط الدولة بصفة عامة.

هنا لابد من وجود نموذج (جيويد) يسمح بالتحويل بين كلا نوعي الارتفاعات.

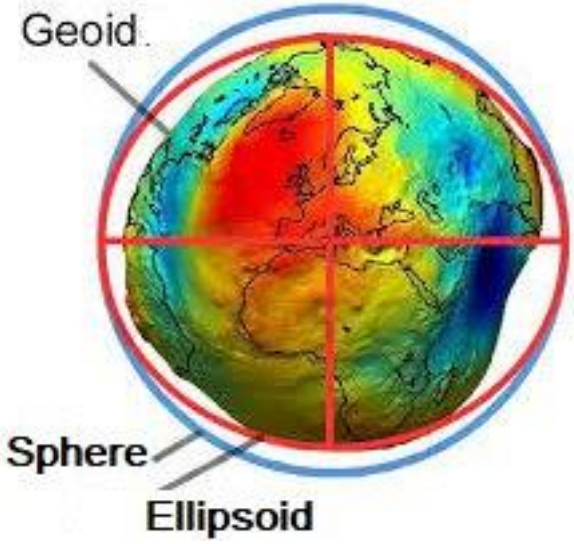
الجيويد Geoide :

Geoide هو مصطلح يسمح بوصف المظهر النظري للأرض .

يهدف هذا العلم الرياضي إلى تحديد حجم وشكل الكرة الأرضية لبناء الخرائط المناسبة. وبالتالي فإن الجيويد عبارة عن هيئة ذات شكل كروي تقريبًا تظهر تسطيحًا طفيفًا في نهايتيها. هذا التقلص القطبي مع اتساع نطاقه الاستوائي يرجع إلى تأثيرات الجاذبية وقوة الطرد المركزي المتولدة بحركة الدوران على محورها.

فالجيويد سطح غير منتظم يمثل الشكل الحقيقي للأرض التي نعيش عليها، وأقرب ملاءمة لمعدل مستوى سطح البحر. وهو السطح الذي تتساوى فيه شدة الجاذبية الأرضية من كل نقطة من نقاطه، ويعرف أنه السطح المعبر عن منسوب سطح البحر كما لو كان ممتداً داخل تضاريس الأرض.

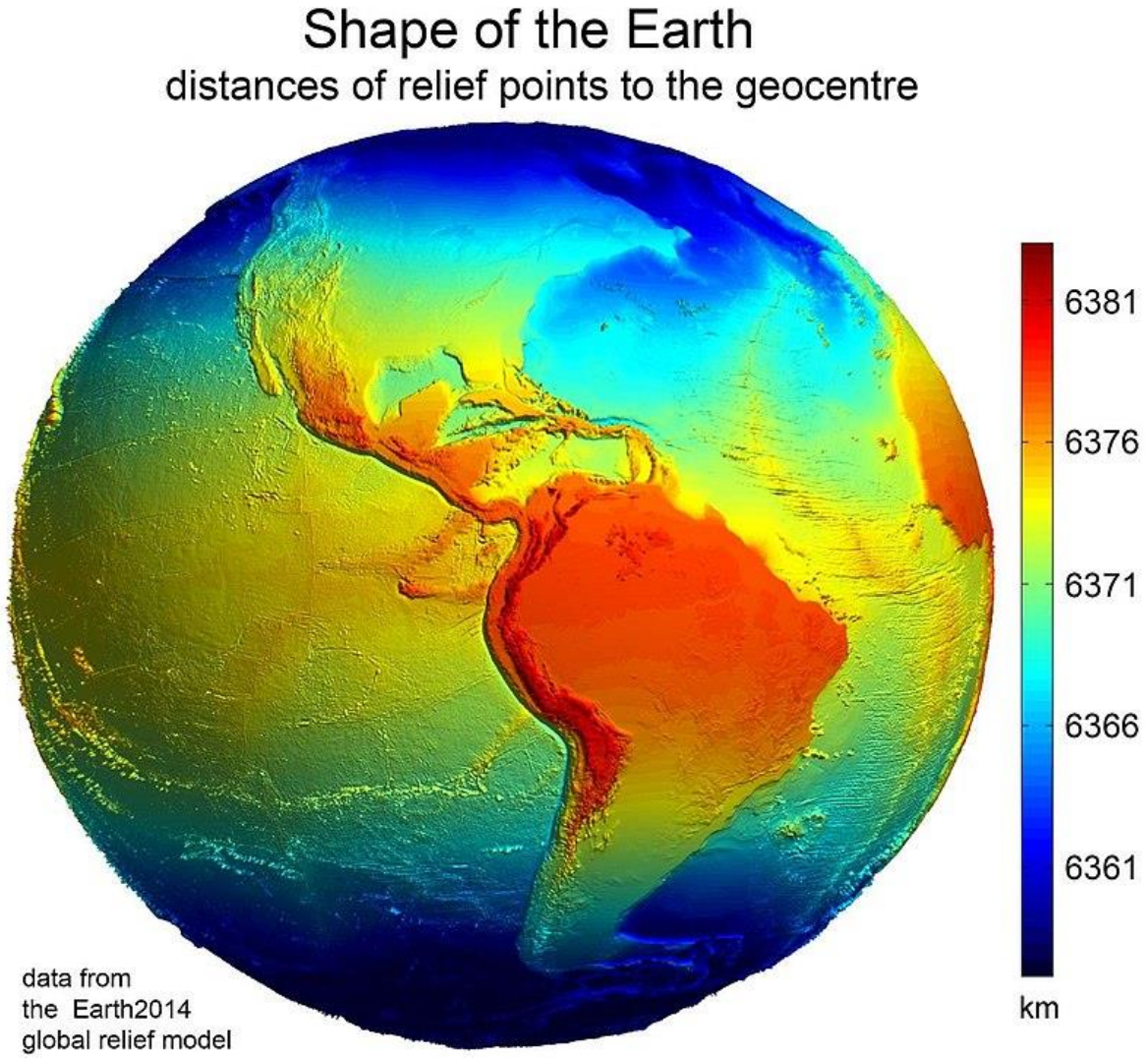
ولتمثيل أي منطقة على خريطة فإننا نقيس علي الأرض الحقيقية والتي يمكن أن نعبر عنها بسطح الجيويد. المشكلة أن هذا السطح غير منتظم و شديد التعرج وليس له معادلات حسابية أو قوانين رياضية لوصف سطحه، وبالتالي إسقاطه على الخرائط حتى تعبر عن تضاريس الأرض بدقة غير ممكنة.. لذلك كان الحل هو استخدام أي نموذج رياضي معروف في أعمال إنشاء الخرائط، له معادلات رياضية لوصفه، وهنا لابد من وجود طريقة للتحويل بين الجيويد وهذا السطح الرياضي المفترض نظريا (المسمي الالبسويد).



Oblate Spheroid

لا يمكن القياس مباشرة على الالبسويد لأنه غير موجود في الطبيعة، فهو سطح نظري مفترض كأقرب الاشكال الهندسية للجيويد أو الارض الحقيقية.. أما السطح الطوبوغرافي للأرض فهو في حقيقته هو الجيويد نفسه إذا لم نأخذ في الاعتبار إرتفاعات الجبال

والمنخفضات الموجودة، أي أن الجيويد هو تبسيط للسطح الطوبوغرافي للأرض، وبالتالي فهو غير منتظم وليس له معادلات رياضية لوصفه وإجراء الحسابات عليه.

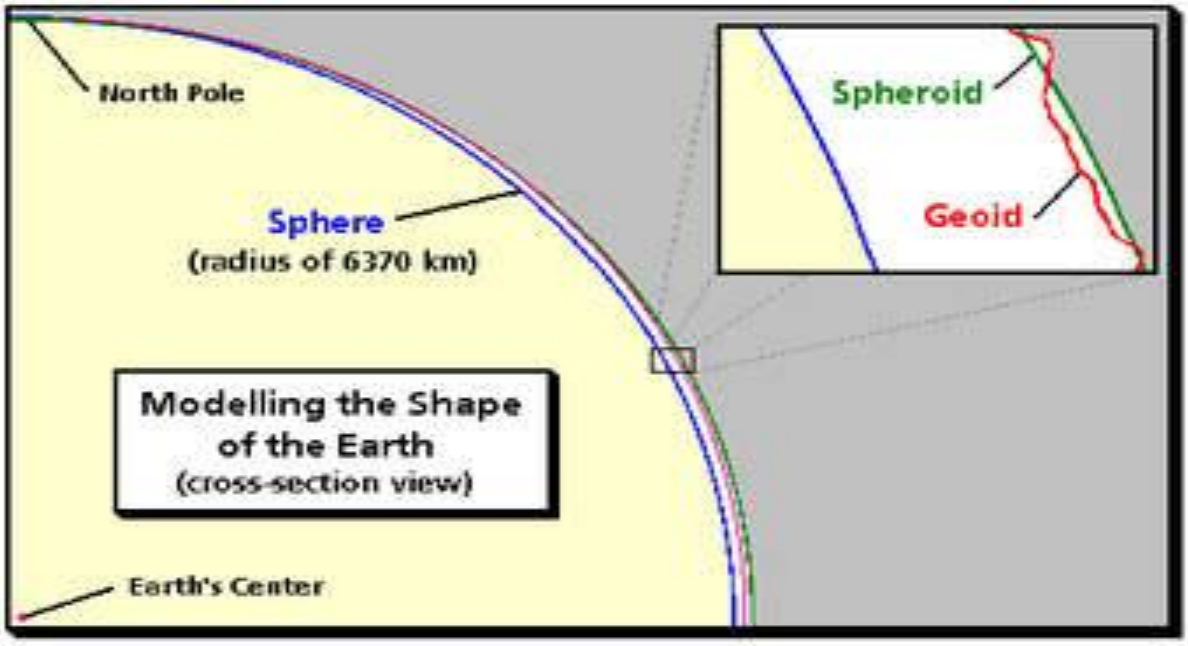


شكل الأرض ..
إختلاف أنصاف أقطار الأرض في أماكن مختلفة من على سطحها..

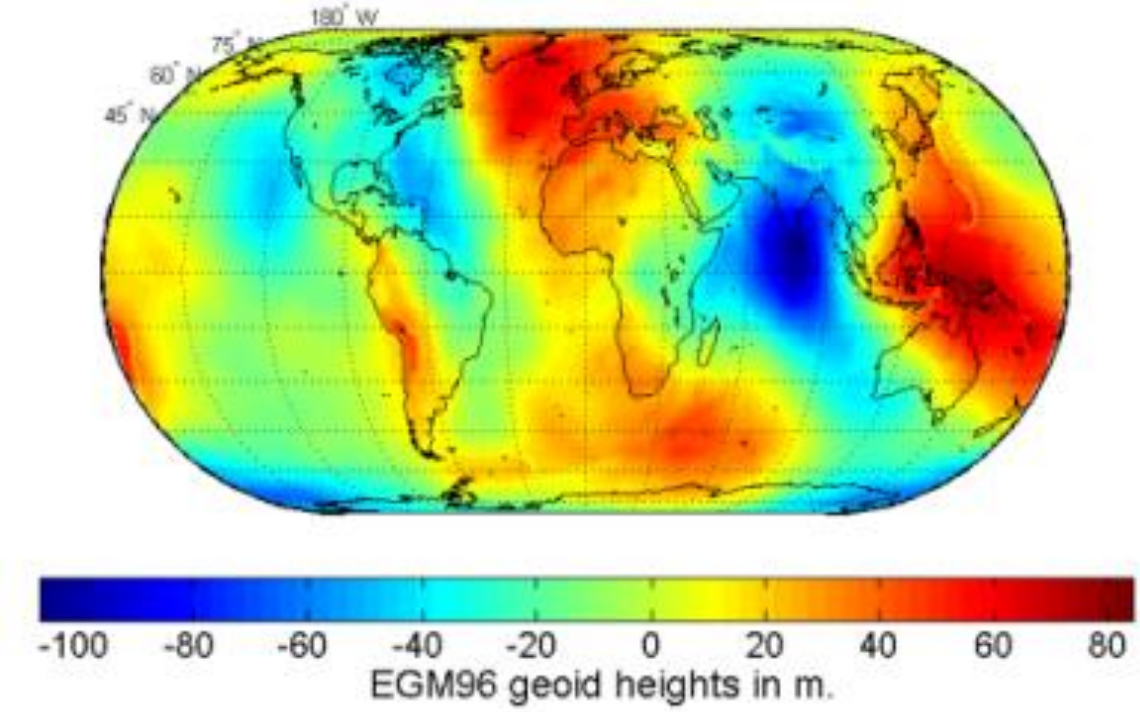
فالمشكلة تبسيطا هي ما يلي : لدينا الشكل الحقيقي للأرض التي نعيش عليها ونجري القياسات عليها وهو (الجيويد)، لكنه لا يصلح للحسابات واسقاط الخرائط..

ولدينا سطح رياضي منتظم وهو (الالبسويد) يصلح للحسابات والخرائط، لكنه غير موجود فعليا في الطبيعة ولا نستطيع القياس عليه.

لذلك لابد من طريقة لتحويل القياسات المساحية التي تمت على الأرض (الجيويد) إلى ما يناظرها على (الالبسويد)، حتى يمكن إنشاء الخرائط الدقيقة.

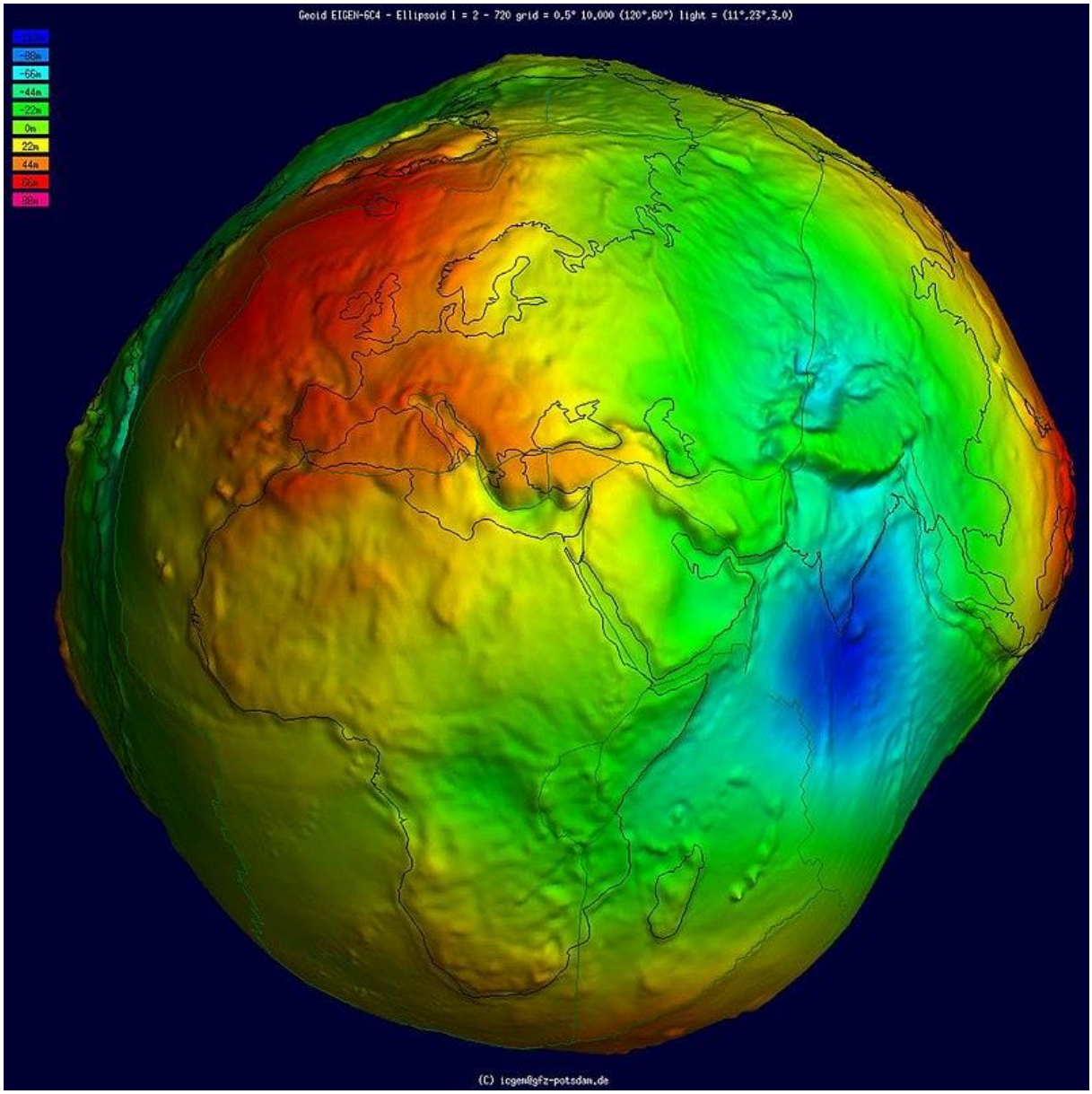


الحد الأقصى لقيمة N هو (+80 م) ، بالقرب من غينيا الجديدة في جبال الأنديز ، جنوب غرب المحيط الهندي.



أعلى وأخفض نقطة جيويد على الأرض

أما الحد الأدنى لقيمة N هو (-105 م) في سريلانكا ، بالقرب من بورتوريكو وغرب كاليفورنيا والقارة القطبية الجنوبية.



الشكل الحقيقي للأرض
الحد الأقصى والحد الأدنى لقيمة N على الأرض

الالبسيود Ellipsoid :

الاهليج أو الالبسويد أو مجسم القطع الناقص أو الشكل البيضاوي (كلها مترادفات)، هو بصفة عامة نموذج لتمثيل حجم وشكل كوكب الأرض.

كما قلنا فالجيويد شكل غير هندسي يصعب التعبير عنه رياضياً فاستبدله العلماء بما يعرف بالإليبسويد (Ellipsoid) وهو أقرب شكل رياضي هندسي لشكل الكرة الأرضية وهو على شكل قطع ناقص دوراني.

فالالبسويد عبارة عن كرة مضغوطة من عند القطبين مما يقلل نصف القطر القطبي عن نصف القطر الاستوائي . ويتعرف اللالبسويد بنصف القطر الاكبر ونصف القطر الاصغر (الاستوائي و القطبي).

فالالبسويد يحاول الإجابة عن سؤال: ما هو شكل الأرض طالما أنها ليست كرة كاملة الاستدارة؟ وإذا كان شكل الأرض هو الشكل البيضاوي فما هو حجم هذه البيضة؟ هل هي كبيرة أم صغيرة أم متوسطة؟ ولكي نجيب علي هذا السؤال فيجب أن نعرف قيمة عنصرين يحددان حجم هذه البيضة (أو حجم الاهليج):

(1) قيمة نصف المحور الأكبر (a) المحور المار بخط الاستواء.

(2) قيمة نصف المحور الأصغر (b) المحور المار بالقطبين.

فإذا حددنا هاتين القيمتين سنحدد شكل وحجم الاهليج المطلوب استخدامه فيما بعد في عملية إنشاء الخرائط.

أيضا يمكن تحديد قيمة نصف المحور الأكبر (a) وتحديد معامل التفلطح flattening بدلا من تحديد قيمة نصف المحور الأصغر (b) ، فمعامل التفلطح نسميه (f) ويمكن حسابه من هذه المعادلة:

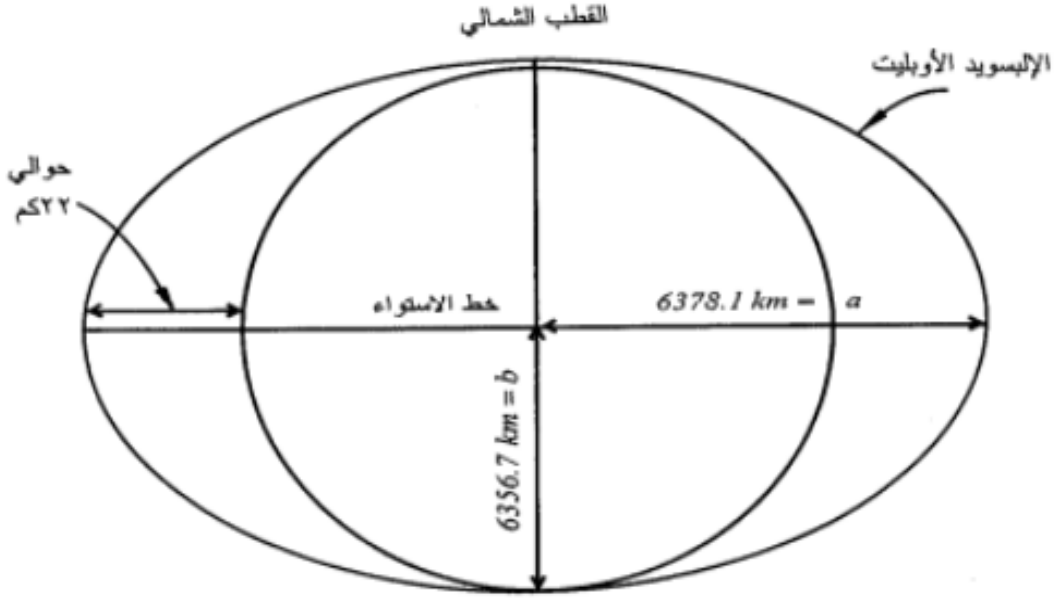
$$f = (a - b)$$

أي يمكننا استخدام قيم (a) و (b) أو قيم (a) و (f) لتحديد حجم الاهليج.

ويتميز شكل الأليبسويد بعدة خصائص:

1- سهولة إجراء الحسابات على سطحه (حيث أنه شكل هندسي معروف).

2- لا يختلف سطح الأليبسويد الرياضي عن سطح الجيويد كثيرا (أكبر فرق بين كلاهما لا يتعدى 100 متر فقط، بينما أن الفرق بين الجيويد والكرة يصل إلي 21 كيلومتر تقريباً).



قيمة (a) و (b) ، والفرق بينهما.

ولكي يتم حساب أي من هاتين القيمتين يقوم العلماء بتجميع قياسات مساحية (مسافات، وزوايا، وأرصاد فلكية، وأرصاد جاذبية أرضية،... الخ) تم قياسها في مناطق متعددة من الأرض كلها، ثم إدخال هذه البيانات في برنامج كمبيوتر يحسب قيمة (a) و (b)، أو قيمة (a) و (f).

وطبعا لحاجتنا لقياسات من الأرض كلها فإن من يقوم بهذه الحسابات هي الجهات العلمية الدولية المتخصصة في المساحة، وليس الأفراد العاديين.

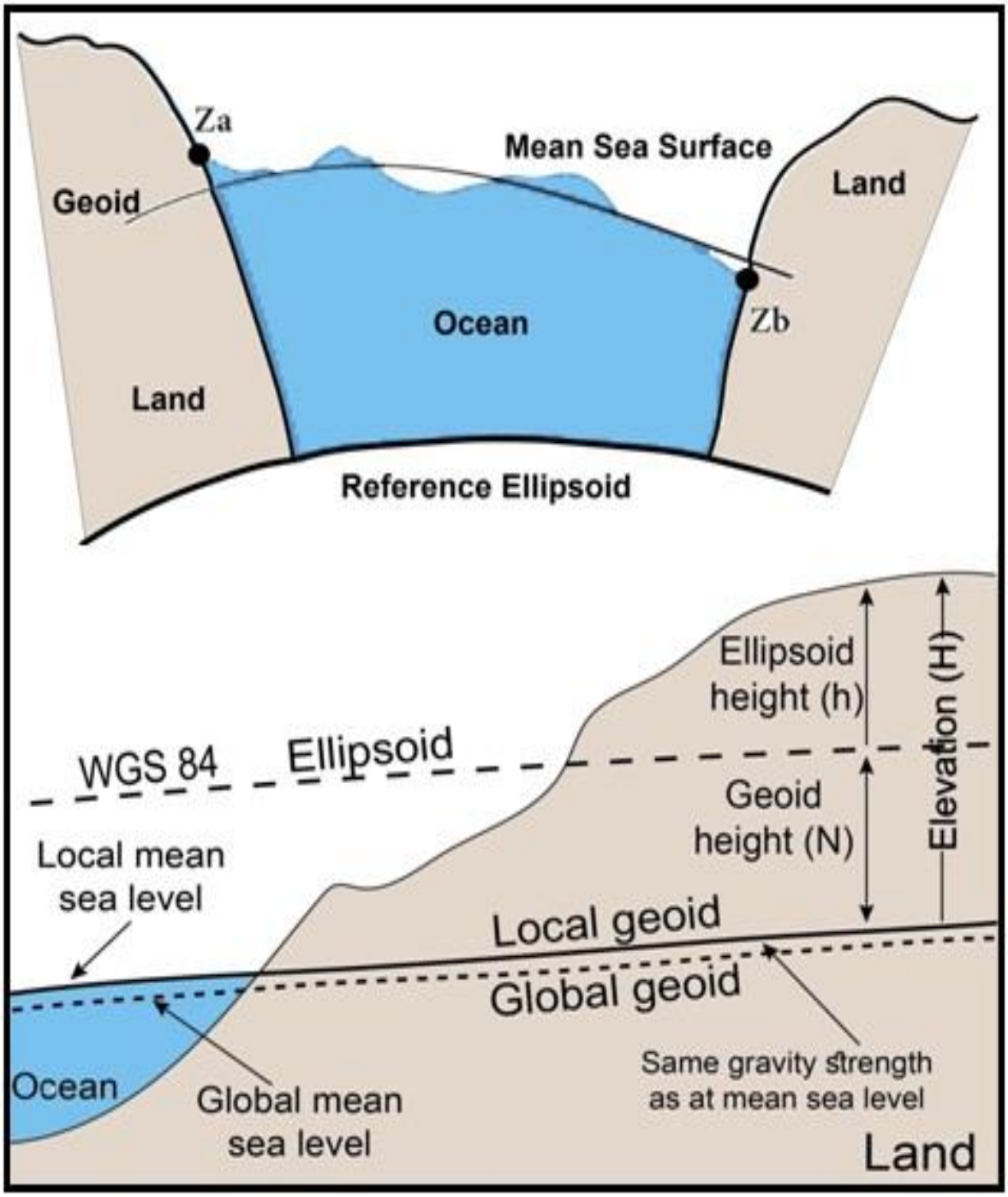
تأتي المشكلة التالية في حالة قيامنا بحساب قيم (a) و (b) ثم حصولنا علي قياسات مساحية جديدة أو حديثة.. فإذا حسبنا قيم (a) و (b) مرة ثانية فستكون مختلفة عن المرة الأولى، وربما تكون أدق منها.. من هنا جاءت فكرة وجود أكثر من أهليج .

كمثال، العالم (كلارك) حسب قيم (a) و (b) في عام (1880م) وأطلق إسمه على هذا الإهليج.

ثم أتى عالم آخر إسمه (هلمرت)، وحسب قيم (a) و (b) في عام (1906م)، فأطلق هو أيضا إسمه على هذا الاهليج الثاني.. وهكذا .

ثم بدأت الهيئة الدولية للجيوديسيا في حساب إهليج توصي باستخدامه في كل دول العالم ليكون موحدا، فظهر الاهليج العالمي (WGS72)..

وأخيرا ظهر أحدث إهليج عالمي وهو (WGS84). هذا الإهليج يمكن اعتباره أدق نموذج الأهليجات بحيث يمثل شكل وحجم كوكب الأرض، وأوصت الهيئة العالمية بأن يكون هذا الاهليج هو المعتمد للعالم كله.



أتت شهرة إهليج (WGS84) من أن أمريكا عندما طورت تقنية GPS إعتمدت نموذج الاهليج (WGS84) في قياس أي إحداثيات بواسطة هذه التقنية، أي أن أية إحداثيات موقع تقاس بأجهزة (الجي بي إس) تكون معتمدة على هذا الاهليج.

وهنا تبرز المشكلة الثانية..

فإذا كانت دولة قد إعتمدت نموذج إهليج قديم في إنتاج خرائطها ثم ظهر نموذج أدق منه، فهل تغير كل خرائطها..؟ بالطبع لا، لأنها ستكون عملية مكلفة مادية بشدة.

وكيف ستستفيد دولة من قياسات (الجي بي إس) طالما أن هذه الإحداثيات تعتمد على إهليج (WGS84) المختلف عن إهليج خرائط هذه الدولة؟

قام علماء المساحة بدراسة هذه المشكلة ووجدوا حلها كالتالي، إذا أمكننا تحديد العلاقة بين إهليجين مختلفين فإننا نستطيع تحويل الإحداثيات المقاسة على أحدهما إلى القيم المناظرة لها على الاهليج الآخر. وبالدراسة وجد العلماء أن العلاقة بين أي إهليجين تتمثل في 7 عناصر أو 7 متغيرات:

أولا:

هل مركزي الاهليجين منطبقين، أم أحدهما يبتعد عن مركز الآخر؟

وما قيمة هذا الابتعاد أو هذا الفرق بين المركزين؟

ولقياس الفرق يجب تجزئته إلي 3 مركبات في اتجاهات المحاور الثلاثة : محور س ، محور ص (المحورين الأفقيين) ، ومحور ع (المحور الرأسي)، أي X, Y, and Z axis .

فإذا كان هناك فرق أو ابتعاد بين مركزي الاهليجين فيجب تحديد القيم الثلاثة (للمحاور الثلاثة) التي تصف هذا الفرق، وهذه هي ما نطلق عليه معاملات الابتعاد أو Translation Parameters: dX , dY, and dZ

ثانيا:

هل محاور الاهليجين متوازية أم أن محاور أحدهما مائلة عن محاور الاهليج الثاني؟

وما قيمة هذا الميل بين المحاور الثلاثة لكل أهليج X, Y, Z axis عن المحاور الثلاثة للاهليج الآخر؟ لذلك يجب معرفة قيمة 3 زوايا لميل محاور الأول عن الثاني.

وهذه هي ما نطلق عليها معاملات الدوران Rotation Parameters Rx, Ry, and Rz

ثالثا:

هل حجم الاهليج الأول يساوي 100% حجم الاهليج الثاني أم أن أحدهما أصغر أو أكبر من الآخر قليلا؟ فإذا حسبت مسافة بين نقطتين معلومتين باستخدام الاهليج الأول أي باستخدام قيم (a) و (b) له، ثم حسبت نفس المسافة بين نفس النقطتين باستخدام معاملات الاهليج الثاني (a) و (b) للثاني، فهل ستكون المسافتين متساويتين بكل دقة أم يوجد معامل اختلاف ولو بسيط بينهما؟

هذا المعامل هو ما نسميه معامل القياس أوScale factor .

فهكذا، يكون لدينا 7 عناصر يجب معرفة قيمهم لكي نصف العلاقة بين أي أهليجين (3 ابتعاد و 3 دوران و معامل قياس مسافات).

فإذا عرفنا قيم هذه العناصر السبعة نستطيع تحويل إحداثيات (خط طول ودائرة عرض وارتفاع) مقاسين على أهليج معين إلى القيم المناظرة لهم على الاهليج الثاني.

السؤال الذي يطرأ في الأذهان الآن هو كيف نحسب قيم عناصر التحويل بين أهليجين؟

الإجابة تكون في الحصول علي بعض النقاط المشتركة المعلوم إحداثياتها في كل أهليج منهم.

فمثلا لو أريد حساب معاملات التحويل بين أهليج (كلارك 1880) وأهليج (WGS84) فيجب أن أعرف إحداثيات بعض النقاط في الاهليج الأول وإحداثياتهم في الاهليج الثاني، وباستخدام معادلات رياضية يمكن حساب عناصر التحويل.

ويمكن أن أجد أكثر من قيم لعناصر التحويل بين نفس الاهليجين..

فكيف حدث ذلك ومن منهم الأحسن أو الأدق..؟

هناك ثلاثة أسباب لاختلاف قيم المعاملات:

(1) عدد النقاط المشتركة :

القاعدة الرياضية الأولي تنص على أن لحساب معاملات التحويل بين أهليجين يجب أن أحصل علي 3 نقاط مشتركة على الأقل (أي نقطة واحدة لا تكفي ولا حتى نقطتين).

فإذا كان لدينا 4 نقاط مشتركة استخدمناهم في الحسابات فستكون النتائج أدق من استخدام 3 نقاط.

وهكذا، كلما زاد عدد النقاط المشتركة المعلومة كلما زادت دقة المعاملات المحسوبة.

(2) دقة أو جودة النقاط المشتركة :

السبب الثاني هو دقة أو جودة إحداثيات النقاط المشتركة، فإذا استخدمت في الحساب نقاط إحداثياتها غير دقيقة في أحد الاهليجين فإن المعاملات المحسوبة لن تكون دقيقة أيضا، وستختلف قيمتها عن الحالة التي أستخدم فيها نقاط معلوم إحداثياتها الدقيقة.

وسيحدث اختلاف في دقة معاملات التحويل eX, eY, and eZ .

وغالبا نواجه هذه المشكلة في تحويل أرصاد GPS حيث تكون دقة إحداثياتها عالية جدا (أحيانا ملليمترات) بينما دقة إحداثيات نفس النقاط المشتركة في النظام الوطني أقل (ديسيمترات فقط)، مما ينتج عنه معاملات تحويل ليست عالية الدقة.

(3) موقع النقاط المشتركة :

السبب الثالث هو موقع النقاط المشتركة، من الممكن أن أجد دولتين متجاورتين اعتمدتا أهليج معين (مثلا كلارك 1880) في نظام إحداثياتهم، لكن النقاط المشتركة بين الاهليجين ستكون ذات مواقع أو في مناطق مختلفة، مما سيجعل معاملات التحويل المحسوبة مختلفة في قيمتها من دولة أو منطقة لأخرى.

حيث سنجد أكثر من مجموعة معاملات للتحويل بين كلارك 1880 وإهليج WGS84 وكل مجموعة خاصة بدولة معينة.

وهناك تساؤل، أنه عندما أحسب عناصر التحويل السبعة بين أهليجين لمنطقة أو دولة معينة فهل هذه العناصر ستكون بنفس الدقة في كل أرجاء الدولة أو المنطقة الجغرافية؟

غالبا فإن المتخصصين في المساحة الجيوديسية يقومون بحساب عناصر تحويل لكل منطقة جغرافية (متوسطة المساحة) لوحدها، وليس من المنطقي أن أحسب 7 عناصر للدولة كلها.

وهناك الكثير من البحوث والدراسات التي درست هذا الموضوع وأثبتت أن الأفضل حساب عناصر معينة لكل جزء من الدولة، بدلا من كل العناصر للدولة كلها، لأن دقتها ستختلف من منطقة لأخرى.

وهذا الأسلوب هو المتبع في هيئة المساحة الجيوديسية الأمريكية National Geodetic Survey المعروفة اختصارا باسم NGS ، ولها مطبوعات كثيرة في هذا المجال متاحة علي موقعها الالكتروني. أما إذا حسبت العناصر السبعة لمنطقة كبيرة (مثل السعودية) فإن دقتها لن تكون جيدة في جميع الأنحاء، وإن دقة هذه العناصر (eX, eY, eZ) تبلغ حوالي 10 أمتار، بينما لو جزأت السعودية لعدد من المناطق وحسبت عناصر تحويل لكل منطقة فمن الممكن أن تصل إلي (دقة 1 إلى 2) متر لكل منطقة.

كل ما سبق ذكره ونحن نتحدث عن إحداثيات مقاسة على سطح الأرض (أي خط طول ودائرة عرض وارتفاع)، سواء على أهليج وطني أو أهليج عالمي، وكيفية التحويل بينهما.

أما في الخرائط فنحن نقوم بتحويل الإحداثيات المقاسة على سطح الأرض أو الاهليج ثلاثي الأبعاد إلى ما يقابلها من إحداثيات ممثلة علي خريطة. وكما هو معروف فأن الخريطة عبارة عن مستوي plane وليست مجسم، أي إن الإحداثيات على الخريطة (ثنائية الأبعاد) ليست هي بالضبط الإحداثيات التي قمنا بقياسها على مجسم الأرض أو الاهليج.

فكيف ستتغير هذه الإحداثيات؟ وبأي قيمة؟

هذا هو علم إسقاط الخرائط أو map projection .

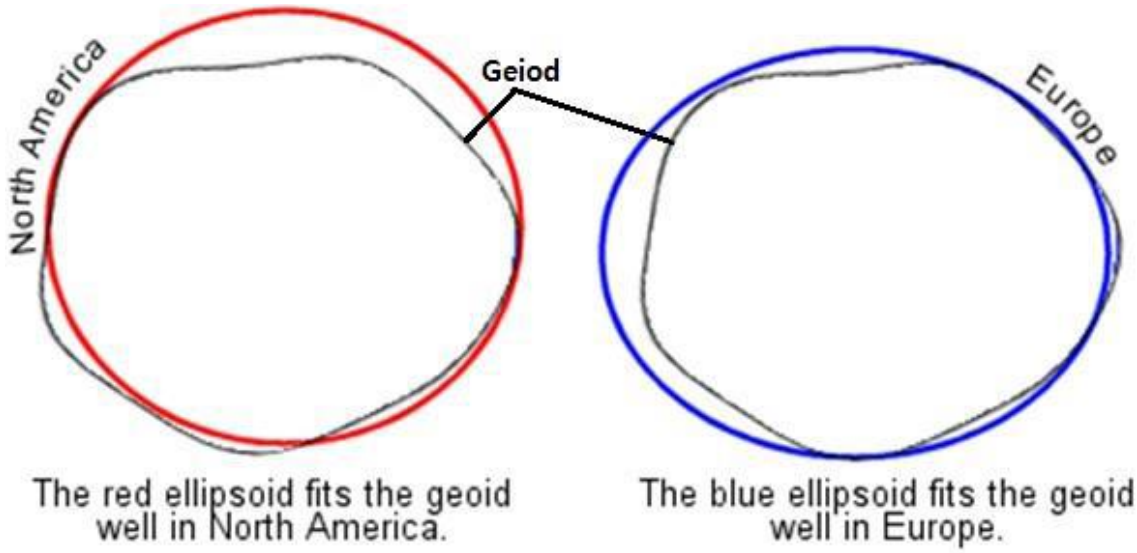
وهذا ليس له علاقة مباشرة بتغير الاهليج من نوع إلي آخر. ففي نفس الاهليج (كلارك 1880 مثلا) إذا قمت بقياس إحداثيات نقطة معينة كيف ستسقط هذه النقطة على خريطة تعتمد على نفس الاهليج؟

هل الإحداثيات المرصودة في الطبيعة سترسمها كما هي – بمقياس الرسم – على الخريطة؟ طبعا الإجابة هي لا. لأن الأرض مجسم بينما الخريطة مستوي، وبالتالي فلابد لقيم الإحداثيات أن تتغير قليلا عند إسقاطها علي خريطة. مع التأكيد على نقطة أن تستخدم نفس الاهليج في القياس الحقلي وفي رسم الخريطة أيضا.

إذا الإسقاط لا علاقة له – حتى الآن – بنوع الاهليج المستخدم.

وتوجد أنواع كثيرة جدا من الطرق الرياضية المستخدمة في إسقاط الخرائط، مثل الإسقاط المستوي والاسطواني والمخروطي. وداخل كل مجموعة توجد عدة أنواع من المساقط أيضا. وحتى في نفس نوع الإسقاط تبدأ كل دولة في تغييره ليناسب منطقتها الجغرافية.

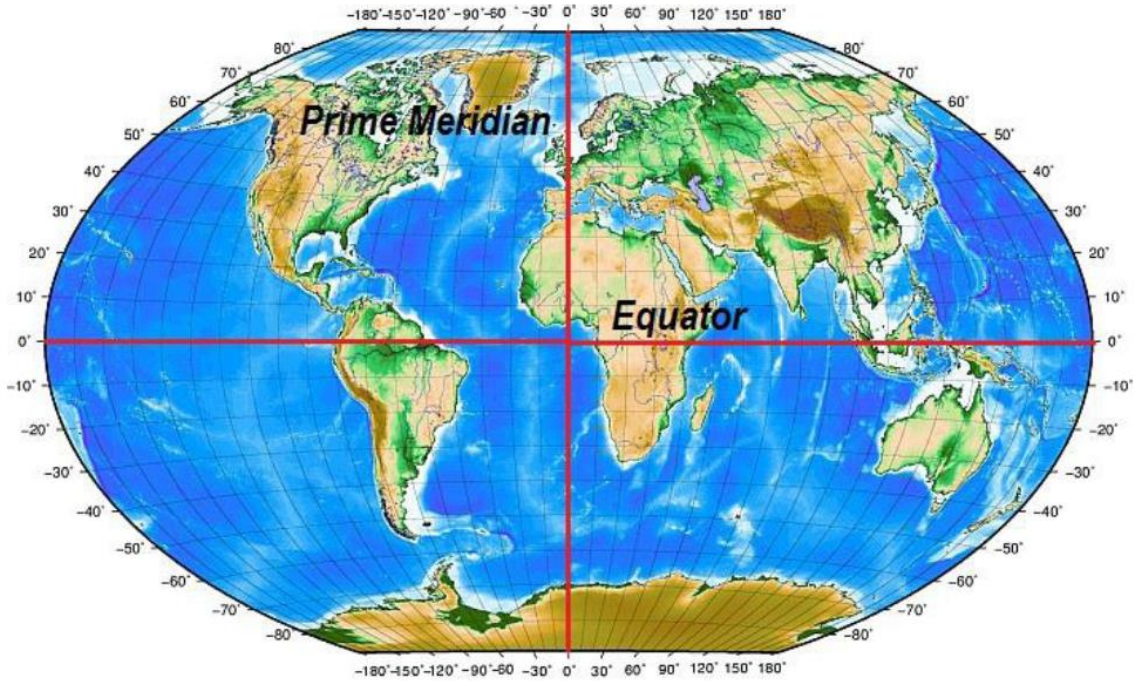
فمثلا: هل مركز نظام الإسقاط سيكون هو مركز الأرض أم من الأفضل أن تحدد الدولة مركز الإسقاط في نقطة داخل حدودها الجغرافية؟



فإذا كان الهدف هو إسقاط الخرائط على المستوي العالمي كله فمن المنطقي أن أحدد مركز الإسقاط هو مركز الأرض.. لكن لو الهدف إنشاء نظام إسقاط محلي لدولة معينة فلا بد أن يكون مركزه داخل الدولة، لأن من أساسيات علم إسقاط الخرائط أن الخطأ (أو ما نسميه التشوه في الخريطة) يكون صفر عند المركز ويبدأ في الزيادة كلما ابتعدنا عن هذه النقطة الأساسية.

إذا فلدولة معينة لابد أن تكون نقطة المركز أو ما نسميها نقطة الأصل (point of origin) واقعة تقريبا في منتصف الحدود الجغرافية لتلك الدولة، حتي يكون الخطأ أو التشوه أقل ما يمكن في خرائطها.

ويتم تحديد مركز الإسقاط لأية دولة من خلال تحديد خط طول و دائرة عرض النقطة التي سنعتبرها المركز وهو ما نسميه Central Meridian and Latitude of Origin في معاملات الإسقاط.



خطوط الطول والعرض

ثم يأتي سؤال آخر: ما هي إحداثيات نقطة مركز الإسقاط؟

هل سأعطيها إحداثيات (صفر، صفر) مثل أي رسم بياني أو خريطة جديدة أريد رسمها؟

وإذا كانت هذه النقطة المركزية في منتصف الحدود الجغرافية للدولة فإن ذلك سيؤدي إلي وجود إحداثيات سالبة لبعض مناطق هذه الدولة، وهذا الوضع غير مستحب في الخرائط والإحداثيات بصفة عامة، لأنه من الممكن أن يؤدي لبعض الأخطاء - دون قصد- لو أهملت الإشارة السالبة في إحداثيات نقطة. لذلك يفضل في معظم الدول أن تكون جميع إحداثيات المواقع داخل الدولة بإشارة موجبة لسهولة التعامل معها.

هنا وبدلا من أن أغير موقع نقطة الأصل أقوم بفرض إحداثيات - غير حقيقية - لها لكي أحصل في النهاية علي إحداثيات موجبة لكل مناطق الدولة.

فمثلا بدلا من إحداثيات (صفر ، صفر) لنقطة الأصل أفترض لها إحداثيات (1000 ، 1000)، وهذا هو ما نسميه False Easting and False Northing coordinates .

بقي السؤال الأخير الذي تحدثنا عنه سابقا وهو: هل لو قست مسافة من على الخريطة وضربتها في مقياس الرسم فالناتج سيكون مساويا للمسافة الحقيقية المقاسة في الميدان بنسبة 100% أم يوجد اختلاف في المسافات؟

الجواب: بسبب عملية الإسقاط ذاتها فغالبا سيوجد اختلاف في المسافات بين الخريطة والواقع الحقيقي، والنسبة بين المسافة على الخريطة إلى قيمتها الحقيقية نسميها معامل القياس أو Scale factor لهذا النوع من الإسقاط.

الخلاصة النهائية هي:

لكي أنشأ نظام إسقاط خاص بدولة معينة يجب أن أحدد قيم 5 عناصر، هم: موقع النقطة الرئيسية أو مركز الإسقاط وإحداثيات هذه النقطة و معامل القياس، وكل دولة تختار قيم هذه العناصر الخمسة لنظام الإسقاط الذي تريد تطبيقه.

ومن الممكن ألا تعلن الدولة هذه القيم وتكون قيم سرية داخل الجهة الحكومية المسئولة عن الخرائط، والتي غالبا ما تكون جهة عسكرية في معظم الدول.

نؤكد على أن إختيار نظام إسقاط ليس له علاقة مباشرة بالاهليج، ولن تختلف قيم عناصره إذا اختلف الاهليج المستخدم. العلاقة هنا علاقة غير مباشرة، بمعنى أن إحداثيات نقطة الأصل لنظام الإسقاط Central Meridian and Latitude of Origin ماهو الاهليج الذي تم حساب هذه الإحداثيات عليه؟ فإذا كانت نقطة الأصل معلوم إحداثياتها على أهليج كلارك 1880 فإن نظام الإسقاط هذا سيكون بالتبعية معتمدا على نفس الاهليج. بمعني أن في عملية الحسابات وإسقاط الخريطة ستتدخل في المعادلات عناصر (a) و (b) للاهليج، فإذا عوضنا بقيم (a) و (b) لاهليج كلارك 1880 فأن الخريطة الناتجة ستكون – ضمنيا – معتمدة على أهليج كلارك 1880.

وبذلك فمن الممكن وجود نفس نظام الإسقاط – الستريوجرافي مثلا – ونفس الاهليج (كلارك 1880 مثلا) مستخدما في أكثر من دولة وله إحداثيات مختلفة تماما !!! لأن كل دولة منهم ستكون لها عناصر إسقاط (الخمس عناصر) مختلفة عن العناصر التي تستخدمها الدولة الأخرى.

ولذلك نرى 6 ملفات في برنامج ArcMap لعدد 6 أنواع مختلفة من نفس نوع الإسقاط Clarke 1880 بأسماء مختلفة مثل IGN, Benoit, Arc, RGS, SGA ... وهكذا.

الفرق هنا ليس في نوع الإسقاط ولا في نوع الاهليج (الكل واحد للحالات الستة)، لكن الفرق هو قيم العناصر الخمسة التي تختارها كل دولة مما ينتج عنه أنواع متعددة من نظم الإسقاط.

وهناك نقطة مهمة، إن لم أستطع معرفة عناصر الإسقاط الخمسة لدولة معينة ماذا أفعل؟ هل يمكنني حسابها أو استنتاجها بصورة أو بأخرى؟ الإجابة: كلا.

فهذه العناصر تم إختيارها ولم يتم حسابها !! أي ليست هناك وسيلة لحسابها، ومن هنا جاءت سريتها في كل دولة . كل ما أستطيع فعله في مثل هذه الحالة الغريبة هو تجربة أكثر من قيمة ومعرفة الخطأ بها حتى أصل لأفضل قيم العناصر الخمسة.

بمعنى أنه لو كان عندي إحداثيات حقيقية مقاسة لنقطة (أو مجموعة نقاط) مساحية ومعلوم إحداثيات نفس النقطة (أو النقاط) على الخريطة أبدأ في التجربة (error tray and) وأغير في قيم central meridian and latitude of origin لعناصر الإسقاط وأحسب إحداثيات النقطة، وأقارنها بإحداثياتها الدقيقة المعلومة على الخريطة لأعرف الخطأ أو الفرق، وهكذا عدة مرات، حتى أحصل علي قيم العناصر التي تعطي أقل فروق عن الإحداثيات المعلومة. ليس هناك طريق آخر!!

الداتم أو المرجع Geoditic Datum :

ما هو الفارق بين الالبسويد والمرجع الجيوديسي Geoditic Datum ؟

الالبسويد شكل هندسي فقط يعرف بنصفي القطر أو اي عناصر اخرى، مثل هيلمرت 1906 وهيفورد وكلارك 1888 الخ... لكن لا يسمى مرجعا جيوديسيا للقطر الا بعناصر الارتباط التي تعرف الالبسويد عند نقطة الاصل.

مثال

الالبسويد قديما في مصر كان هيلمرت1906 له ابعاد محددة ومعروفة في الكتب، لكن المرجع الجيوديسي في مصر هو ارتباط الالبسويد بنقطة الاصل في مصر، وهي F1 هي نقطة مثلثات درجة اولى قريبة من القاهرة ومعرف عندها عناصر الارتباط السابقة، ويمكن لأي دولة ترى هيلمرت1906 مناسبا لها ان تعرفه بنقطة خاصة بها مثل نقطة F1 في مصر. واخيرا اتجه العالم الى توحيد تلك المراجع الجيودسية في مرجع وحيد هو مجسم جيوديسي دولي (world Geoditic System1984) واختصاره wgs84 .

باستخدام (نظام دولي شامل) (Global Position System) ومختصره GPS ، حيث اعتمد العمل فيه على الاقمار الصناعية وهو يمثل الكرة الارضية ككل، ويعرف بأنصاف الأقطار وان مركزه هو مركز ثقل الارض.

حتى الآن قمنا بتعريف الاهليج المطلوب إستخدامه لدولة معينة وأيضا تعرضنا لكيفية تحديد الدولة لعناصر نظام إسقاطها دون أن نتطرق إلى الداتم.

وهذا يدل على أن اختيار نوع الاهليج و اختيار نوع وعناصر الإسقاط لا يعتمد وليست له علاقة مباشرة – حتى الآن – بالداتم.

هناك سؤال:

عندما تقوم أي بلد أو دولة بتعديل البارامترات السبعة للاهليلج فهل هذا يسمى داتم datum والسؤال قبل عمليه التعديل على برامترات الاهليلج السبعة.

ولنأخذ مثلا اهليلج كلارك العالمي 1880 ، فكيف كانت قيم البارامترات السبعة؟

هل كانت أصفار أم ماذا؟ هل إن كلارك 1880 هو اهليلج عالمي له بارامترات سبعة وعندما قامت دولة ما بتعديله حسب ظروف منطقتها فانه أصبح يدعى داتم؟

هذا خلط بين البارمترات السبعة وهي الخاصة بالتحويل من أهليج إلي أهليج آخر وبين البارمترات الخمسة التي تحدد نوع وعناصر الإسقاط ! فإذا أخذنا مثلا أهليج كلارك 1880 وأهليج WGS84 فلابد من وجود قيم للعناصر السبعة (3 ابعاد و 3 دوران و معامل القياس) بين كلاهما، سواء كان أحدهما داتم لدولة معينة أم هو أهليج عالمي فقط. العناصر

السبعة هنا لتحديد العلاقة بين كلا الاهليجين وكيف نحول إحداثيات نقطة مقاسه علي الاهليج الأول إلى الإحداثيات المناظرة لها على الاهليج الثاني. لم نذكر أبدا كلمة داتم حتي الآن ولم تدخل في الاعتبار أبدا. وبالتالي لا أستطيع أن أقول أن العناصر السبعة كانت أصفارا قبل أن يتحول الاهليج من نموذج عالمي إلى داتم لدولة معينة. العناصر لها قيم سواء كانت راجعة لاهليج كلارك 1880 أم لداتم يعتمد على كلارك 1880. هذه نقطة أساسية يجب فهمها جيدا.

وبالتالي فهل :

1- أي اهليلج في العالم (غير اهليلجWGS84) له بارامترات سبعة تختلف عن الآخر وانه فقط اهليلج wgs84 بارامتراته تساوي أصفار؟
2- بالطبع فان اهليلج WGS84 العالمي (والذي بني برنامج كوكل ايرث عليه) جميع بارامتراته السبعة هي أصفار، لأنه هو الاهليلج الرئيسي؟
3- ونشبهه هنا وكأنه محاور الإحداثيات الرئيسية؟

الجواب : هذا قول خاطئ ..

إن البارمترات السبعة هي للتحويل بين أهليج و آخر، وليست لاهليج معين..

لا يوجد بارمترات سبعة لأهليج WGS84 إنما توجد بارمترات للتحويل من WGS84 إلى أهليج آخر.

وبالتالي ففكرة الداتم هي الآتي :

بعد اختيار أهليج عالمي معين – مثال كلارك 1880 – للتعامل معه في دولة ما فإن الدولة لا يهمها أن يقارب هذا الاهليج الشكل الحقيقي للأرض في جميع أنحائها ، لكن الأهم لهذه الدولة أن يكون هذا الاهليج مماثل تماما لشكل وحجم الأرض في حدودها الجغرافية، حتى لو قل هذا التماثل أو الدقة في باقي أجزاء الأرض.

فالهدف هنا أن تختار أي دولة أهليجا يناسب منطقتها الجغرافية لتكون خرائطها أدق ما يمكن.

هنا تقوم هذه الدولة بتعديل في وضع الاهليج ليكون أحسن ما يكون في منطقتها (وليس تعديل في معاملاته a و b).

لنتخيل الوضع.. سنقوم برفع أو خفض الاهليج قليلا ليمس سطح الأرض في دولتنا حتى لو أدى ذلك الرفع أن يبتعد الاهليج عن سطح الأرض في النصف الآخر من الأرض.

أي لا أغير من شكل أو حجم الاهليج (نفس قيم a و b لن نغيرها)، لكننا سنغير من وضعه قليلا.

يوجد فرق ارتفاع بين سطح الاهليج و سطح الجيويد (الشكل الحقيقي للأرض) في جميع أنحاء الأرض، ويختلف هذا الفرق من مكان لآخر على الكرة الأرضية.

فمثلا للعراق نفترض أن هذا الفرق (حيود الجيويد) أو(geoid undulation) يساوي صفر عند نقطة الأصل لنظام الإسقاط Point of Origin ، هذا الفرض كما لو أني رفعت

الاهليج حتي يمس الأرض عند هذه النقطة. الآن الوضع الجديد لهذا الاهليج لم يعد نفس وضعه السابق (مع أن شكله و حجمه كما هو لم يتغير) فلم يعد أهليج عالمي بعد الآن إنما أصبح أهليج له وضع خاص للعراق.

فهذا نطلق عليه كلمة داتم Datum محلي وليس أهليج عالمي. أي الآن قيم تعريف a و b لكلارك 1880 كأهليج عالمي هي نفس القيم لكلارك 1880 كداتم في العراق، لكن وضعه أختلف عندما أصبح داتم لهذه الدولة ، وسيؤدي هذا إلى أن معاملات التحويل السبعة ستختلف أيضا عندما أريد تحويل إحداثيات من WGS84 إلى هذا الداتم.

وهذا هو سبب – إضافي أيضا – لوجود اختلافات في عناصر التحويل السبعة بين WGS84وبين كلارك 1880 في عدة دول، لان كل دولة تستخدم كلارك 1880 كداتم لها (أي قامت بتعديله وضعه) فلم يعد هو نفس الاهليج العالمي.

أول نمذجة للجيويد الجذبي في العراق
: Local Gravimetric Geoid Modelling

في حزيران 2023 قدمت أول أطروحة دكتوراه في مجال نمذجة الجيويد الجذبي Local Gravimetric Geoid Modelling في العراق، وبطريقة مبتكرة ودقة أكثر من نموذج الجيويد العالمي EGM2008..

النمذجة قدمت إلى الجامعة التكنولوجية في (ماليزيا) وذلك من قبل المهندس (شازاد جمال جلال) الاستاذ في كلية الهندسة بجامعة السليمانية.

حيث تعد المناطق الجبلية من أعقد المناطق تعقيدا وأكثرها خطأ، في إيجاد الإرتفاعات بأستخدام إرصادات ال GNSS-GPS.

لذلك تم إختيار محافظتي (السليمانية) و(هلبجة) لتطبيق الأسلوب الجديد لنمذجة الجيويد لهما.

وقد تم نشر الطريقة الجديدة لنمذجة الجيويد في الأطروحة في مجلة (Pure and Applied Geophysics) العالمية في حزيران ٢٠٢٢، معامل تأثيرها Impact Factor ٢ر٦٤.

وبالنتيجة فإن الأطروحة تفتح آفاقا جديدة على مستوى العالم. وذلك عند تطبيق الطريقة المقترحة، للحصول على دقة أعلى للإرتفاعات، وخصوصا في المناطق الجبلية.

المصادر والمراجع

Resources and References

- جيوماتكس
https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AC%D9%8A%D9%88%D9%85%D8%A7%D8%AA%D9%83%D8%B3

- نظم المعلومات الجغرافية / جاسم الجاسم

- ما هو شكل الأرض
https://mawdoo3.com/%D9%85%D8%A7_%D9%87%D9%88_%D8%B4%D9%83%D9%84_%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%B1%D8%B6

- تحويل الارتفاعات و استخدام الجيويد / د. جمعه داود
https://www.youtube.com/watch?v=iyOaMa415uw

- تاريخ علم الخرائط
https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%AE_%D8%B9%D9%84%D9%85_%D8%A7%D9%84%D8%AE%D8%B1%D8%A7%D8%A6%D8%B7

- الفرق بين الجيويد والألبسويد ولماذا يوجد أكثر من ألبسويد في العالم
https://geo-hist.yoo7.com/t1015-topic

- مفاهيم شكل الأرض وما هو الجيويد؟
https://th3-surveyor.blogspot.com/2013/09/geoid.html

- تعريف الجيويد
https://ar.tax-definition.org/94506-geoid

- A Local Gravimetric Geoid Model is crucial for the GPS observations ..
Presented by : Assist. Prof. Shazad Jamal.