بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين، الذي خلق الأرض وقدَّر فيها أقواتها، وجعل للعلماء والباحثين مناهجَ لقياسها وفهم أسرارها. والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين، سيدنا محمد، وعلى آله وصحبه أجمعين.

كلمة مدير عام مصلحة المساحة

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته،

يطيب لي في بداية هذه الكلمة أن أتوجه بالشكر الجزيل للدكتور(**أحميدة علي أوهيبة**) بإصدارٍ هذا الكتاب العلميِ الهام، والذي يمثل إضافة نوعية للمكتبة الجيوديسية لمصلحة المساحة ، وهو كتاب "نظم الإسناد الجيوديسية."

إن مصلحة المساحة، بوصفها الجهة الوطنية المنوطة بإنشاء وصيانة الإطار الجيوديسي الوطني، وبتوفير البنية الأساسية الدقيقة للبيانات المكانية للدولة، تدرك تمام الإدراك الأهمية الاستراتيجية والحيوية لهذا التخصص الدقيق. فـ نظم الإسناد الجيوديسية هي أساس جميع أعمال القياسات الدقيقة، وهي القاعدة التي تُبنى عليها خرائطنا الرقمية، وتُوجه بها مشاريع التنمية الكبرى في البنى التحتية والنقل والموارد، وتُدار على أساسها عمليات التخطيط العمراني ومراقبة التحديات البيئية.

إن التحديات التي نواجهها اليوم – كتحديد الحدود البحرية بدقة، ومراقبة هبوط أو ارتفاع الأرض، ودمج التقنيات الحديثة مثل الاستشعار عن بُعد وأنظمة الملاحة العالمية – كلها تقوم على فهم رصين ومتين لهذه النظم المعقدة. وهذا الكتاب، الذي بين أيدينا اليوم، يأتي لسد فجوة حقيقية في المصادر العربية المتخصصة، ليكون مرجعاً وطنياً وعربياً معتمداً يرفد مكتباتنا الجامعية ومعاهدنا البحثية ومكاتبنا الهندسية.

إن إصدار مثل هذا العمل ليس مجرد إضافة أكاديمية فحسب، بل هو استثمار في رأس المال البشري والفكري لأمتنا. فهو يدعم توجهات الدولة الرامية إلى بناء اقتصاد قائم على المعرفة، ويساهم في تأهيل كوادر وطنية قادرة على التعامل مع التقنيات الجيوديسية المتطورة، ويدعم سيادتنا الوطنية في التحكم ببياناتنا الأساسية وإدارتها.

أود هنا أن أتوجه بخالص التقدير والامتنان لمؤلف الكتاب، على هذا الجهد العلمي الجبار، وعلى حرصه على نقل معرفته الدقيقة إلى الأجيال القادمة بلغة عربية سليمة. وجميع الزملاء الذين يشاركوننا الرؤية بأهمية توطين المعرفة في هذا المجال الحيوي.

أخيراً، فإنني أوصي جميع العاملين مهندسين وفنيين في قطاع المساحة في كلا من القطاعي الحكومي والخاص، وطلاب كليات الهندسة والعلوم، باقتناء هذا الكتاب والاستفادة منه. كما أدعو المؤسسات الأكاديمية والبحثية إلى اعتماده كمقرر دراسي متقدم، والعمل على تنظيم ورش عمل وحلقات نقاشية تستند إلى محتواه الغني.

نحن في مصلحة المساحة على أتم الاستعداد للتعاون مع جميع الأطراف لنشر المعرفة الجيوديسية الدقيقة، ووضع هذا الكتاب في متناول أيدي من يحتاجه، سعياً نحو دقة أعلى، وخطط أفضل، ومستقبل أكثر استدامة لبلادنا.

شكراً لكم، والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

مدير عام مصلحة المساحة

الأستاذ عبد الباسط الهادي الهبيل

S.D.L

مقدمة مصلحة المساحة

إن الأرض التي نعيش عليها، بجبالها ووديانها وبحارها، ليست جسماً صلباً ثابتاً، بل هي كائن حيٌ ديناميكيٌ يتحرك ويتغير باستمرار. ومن هنا برز علم الجيوديسية كأحد أسمى العلوم تطبيقاً، وأدقها منهجاً، ليقدم للإنسانية الإطار المرجعي الثابت الذي تُقاس عليه هذه التغيرات المستمرة.

يأتي هذا الكتاب **"نظم الإسناد الجيوديسية"** ليصب في صميم هذا العلم، مُسلطاً الضوء على اللبنة الأساسية التي تُبنى عليها جميع أعمال القياسات الأرضية والفضائية الدقيقة: الإطار المرجعي. فهو العمود الفقري الذي تُستند عليه خرائطنا الحديثة، وتُوجه به أقمارنا الصناعية، وتُدار به مشاريع البنية التحتية العملاقة، ويُراقب من خلاله تغير منسوب البحار.

لطالما شكَّل فهم وتمثيل شكل الأرض تحديًا علميًا عبر العصور، تطور من التقديرات البدائية إلى النماذج الكروية ، وأخيرًا إلى النماذج الجيوديسية العالمية المعقدة التي تراعي التغيرات الطبوغرافية والجاذبية. ومع ثورة أنظمة الملاحة العالمية عبر الأقمار الصناعية (GNSS)، أصبح تطوير وصيانة نظم إسناد جيوديسية موحَّدة ودقيقة ذات أهمية استراتيجية، تمس الأمن القومي والتنمية الاقتصادية والبحث العلمي العالمي.

S.D.L

يهدف هذا الكتاب إلى:

1- تقديم أسس نظرية متينة لنظم الإحداثيات والإسناد الجيوديسي، من المفاهيم الكلاسيكية إلى النماذج الحديثة.

2 - شرح التطور التاريخي لهذه النظم، وبيان كيف أدت كل مرحلة إلى زيادة دقة تمثيلنا للأرض.

3 - تفصيل أحدث النظم العالمية (مثل ITRF, WGS 84) وآليات عملها وعلاقتها ببعضها.

4 - ربط النظرية بالتطبيق من خلال شرح التقنيات الأساسية لإنشاء هذه النظم (الجيوديسيا الفضائية، الفلكية).

5 - مناقشة التحديات المعاصرة، مثل دمج النظم المرجعية المحلية مع العالمية، ومعالجة البيانات عالية الدقة للرصد الزلزالي والتغير المناخي.

كُتب هذا الكتاب ليكون مرجعًا علميًا شاملاً ومقررًا دراسيًا متقدمًا، موجَّهًا إلى:

- طلاب وباحثي الهندسة المساحية (الجيوديسية)، والهندسة المدنية.
- المهنيين والعلماء العاملين في هيئات المساحة الوطنية، ومراكز الأبحاث الجيوديسية، ومشغلي أنظمة الملاحة.
- كل من يود فهم البنية الهندسية الخفية التي تنظم عالمنا المادي وتجعل تقنياتنا الحديثة دقيقة وموثوقة.

كتاب "نظم الإسناد الجيوديسية" هو رحلة استكشافية إلى القاعدة الخفية للعالم الرقمي. إنه يدور حول تلك النظم الرياضية والمعايير الفيزيائية التي نتفق عليها دوليًا لرسم خرائط كوكبنا المتحرك بدقة مليمترية. بدون هذه النظم، ستتفكك أسس حضارتنا التقنية: ستتخبط الطائرات والسفن، وتتعارض خرائط الدول، ويفقد العلماء قدرتهم على قياس نبض الأرض بدقة.

نظم الاسناد الجيوديسية

Geodetic Reference Systems

د . أحميده علي اوهيبة

Dr. Ahmida Ali Wahiba

البكالوريوس- هندسة المدينة 1977/08/23 بالولايات الأمريكية

الماجستير - هندسة المدينة 1983/12/18 بالولايات الأمريكية

الدكتوراه – العلوم التقنية للجيوديسيا 1997/08/27 ببولندا

- عضو فريق فني للتباحث والمتابعة الفنية المكلفة بإنتاج الخرائط الخاصة بمشروع تخريط ليبيا ببولندا 1992/11/14
- رئيس في فريق للإشراف والمتابعة ترجمة لأعمال التضليع والدبلر لمشروع تخريط ليبيا 2001/04/07
- عضو في لجنة الفنية لوضع معالم الحدود الجزائر 2004/09/01
- رئيس فريق فني لمشروع الجيل الثالث المخططات الحضارية 2007/11/21

طرابلس – ليبيا

Tripoli - Libya

ديسمبر 2024

نظم الاسناد الجيوديسية

Geodetic Reference Systems

د . احميدة علي اوهيبة

Dr. Ahmida Ali Wahiba

طرابلس – ليبيا

Tripoli - Libya

ديسمبر 2024

المحتويات

	الصفحة
الفصل الأول شكل الأرض	3
مقدمة	3
كيفية تعيين حجم وشكل الأرض	5
الفصل الثاني أنواع الاحداثيات	17
مقدمة	17
الاحداثيات الجيوديسية	17
الاحداثيات الكارتيزية	17
الاحداثيات التربيعية	18
الاحداثيات الفلكية	18
الفصل الثالث تصحيح المسافات	19
مقدمة	19
تصحيح المسافات	19
الفصل الرابع انشاء مراجع الاسناد الجيوديسية	24
مقدمة	24
مراجع الاسناد الجيوديسية	29
مراجع اسناد جيوديسية محلية	30
معادلة لابلاس	33
توجيه الالبسويد الى الجيويد	33
توجيه الالبسويد الى الجيويد بنقطة فلكية واحدة	34
توجيه الالبسويد الى الجيويد بالطريقة الفلكية الجيوديسية	38
إعادة تعريف مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي 1979	38
نظم الاحداثيات الأرض مركزية	40
تعريف النظام المرجعي الأرضي العالمي	41

الأطر المرجعية الأرضية العالمية 42
الربط على النقاط المرجعية الدولية الدائمة 45
الفصل الخامس مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية في ليبيا 47
مقدمة 47
مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية في ليبيا 47
الفصل السادس مزايا تبني النظام المرجعي الأرضي العالمي 53
الفصل السابع الخلاصة 54

قائمة المختصرات

AFREF = AFrican REFerence system

النظام المرجعي الافريقي

AMS = American Map Service

خدمة خرئط الجيش التابعة لمهندسي للجيش الأمريكي

BDC = BeiDou Coordinate system of China

نظام الاحداثيات المستعمل في منظومة الأقمار الصناعية الصينية

DORIS = Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite

هو نظام تحديد مدارات الأقمار الصناعية بطريقة الدوبلر وتحديد المواقع بالتكامل مع الأقمار الصناعية

ECEF = Earth Centered Earth Fixed

الاحداثيات التي مركزها مركز الأرض ومتبتة الى الأرض

ED50 = European Datum 1950

مرجع الاسناد الأوروبي 1950

EDM = Electronic Distance Measurement

قياس المسافة الكترونيا

GDA94 = Geodetic Datum of Australia

مرجع الاسناد الأرض مكزي الأسترالي 1994

GLONASS= Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistem

منظومة أقمار الملاحة العالمية الروسية

GNSS = Global Navigation Satellite System

منظومة أقمار الملاحة العالمية الامريكية

GPS = Global Positioning System

نظام تحديد المواقع العالمي

GRS80 = Geodetic Reference System 1980

النظام المرجعي الجيوديسي 1980

GTRF = Galileo Terrestrial Reference Frame

الاطار المرجعي الأرضي جاليليو الخاص بمنظومة الأقمار الصناعية الأوروبية

IGS = International GPS Service

خدمات منظومة تحديد المواقع

IERS = International Earth Rotation Service

الهيئة الدولية لخدمة دوران الأرض

IGN = Institut Geographique National

المعهد الجغرافي الوطني الفرنسي

ITRF = International Terrestrial Reference Frame

الاطار المرجعي الأرضي العالمي

ITRS = International Terrestrial Reference System

النظام المرجعي الأرضي العالمي

IUGG = International Union of Geodesy and Geophysics

الاتحاد العالمي للجيوديسيا والجيوفيزيا

JGD2000 = Japanese Geodetic Datum 2000

المرجع الجيوديسي الياباني 2000

LLR = Lunar Laser Ranging

قياس المدى الى القمر بالليزر

LSA = Least Squares Adjustment

طريقة الضبط بأقل مربعات

PZ-90 = Parametry Zemli 1990 (Parameters of The Earth) Reference Frame

نظام الاحداثيات المستعملة في منظومة أقمار الملاحة الروسية

RF = Reference Frame

الاطار المرجعي

RS = Reference System

النظام المرجعي

SLR = Satellite laser Ranging

قياس المدى الى الأقمار الصناعية بالليزر

SNC = Super Net horizontal Control

شبكة الضوبط الافقية الرئيسية في ليبيا

TRF = Terrestrial Reference Frame

الاطار المرجعي الأرضي

TRS = Terrestrial Reference system

النظام المرجعي الأرضي

VLBI = Very Long Baseline Interferometry

قياس المسافات (الخطوط القاعدية) الطويلة جدا بطريقة التداخل

WGS84 = World Geodetic System 1984

نظام الاحداثيات الجيوديسية العالمية المستعمل في منظومة أقمار الملاحة الامريكية

الفصل الاول

شكل الأرض

القياسات المساحية تتم على سطح الأرض وهذا السطح غير منتظم ولا يمكن إجراء الحسابات عليه. وتمثل البحار والمحيطات ما نسبته أكتر من 70% من سطح الأرض وسطح الجيويد يمثل متوسط منسوب مستوى سطح البحر ولكن سطح الجيويد هو كذلك سطح غير منتظم ولا يمكن تمثيله بمعادلات رياضية سهلة وبسيطة لعمل الحسابات المساحية عليه.

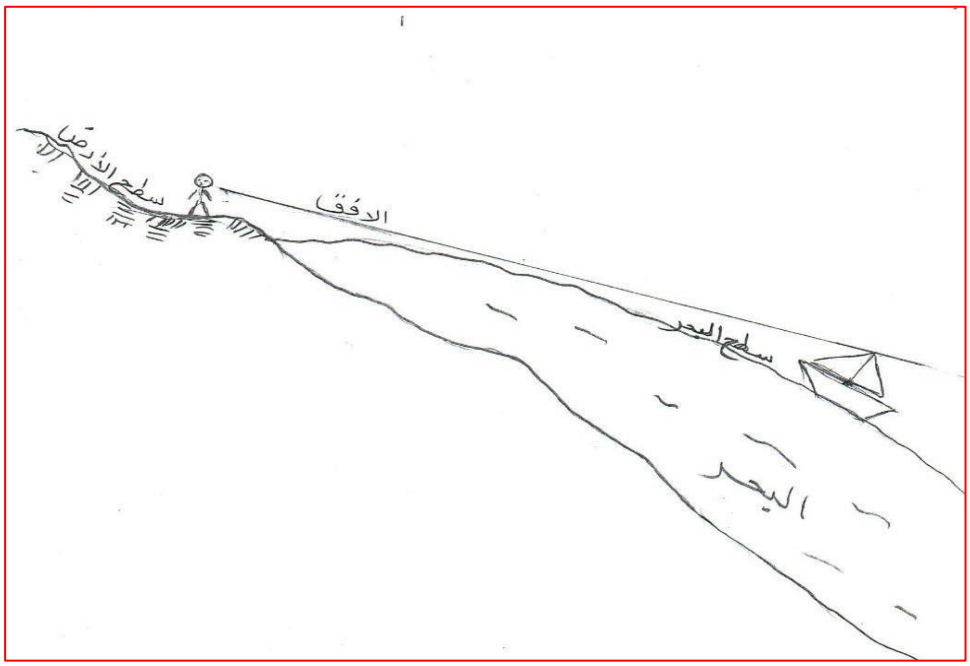
والشكل المناسب لتمثيل سطح الأرض هو الشكل البيضاوي "الالبسويد" وحيث أن الالبسويد يستعمل لتحديد وتعيين مواقع المعالم الطبوغرافية وموقع أي معالم على سطح الأرض او بالقرب من سطح الأرض بطريقة عددية مبسطة وسهلة، وكذلك يستعمل في التحويل ما بين انظمة الإحداثيات الكارتيزية و الجيوديسية والخرائطية "التربيعية" بطريقة دقيقة، ولهذا فإنه يعتبر جزء مهم من مكونات مراجع الاسناد الجيوديسية الأفقية.

- نبذه تاريخية بسيطة عن كيفية تعيين حجم وشكل الأرض:

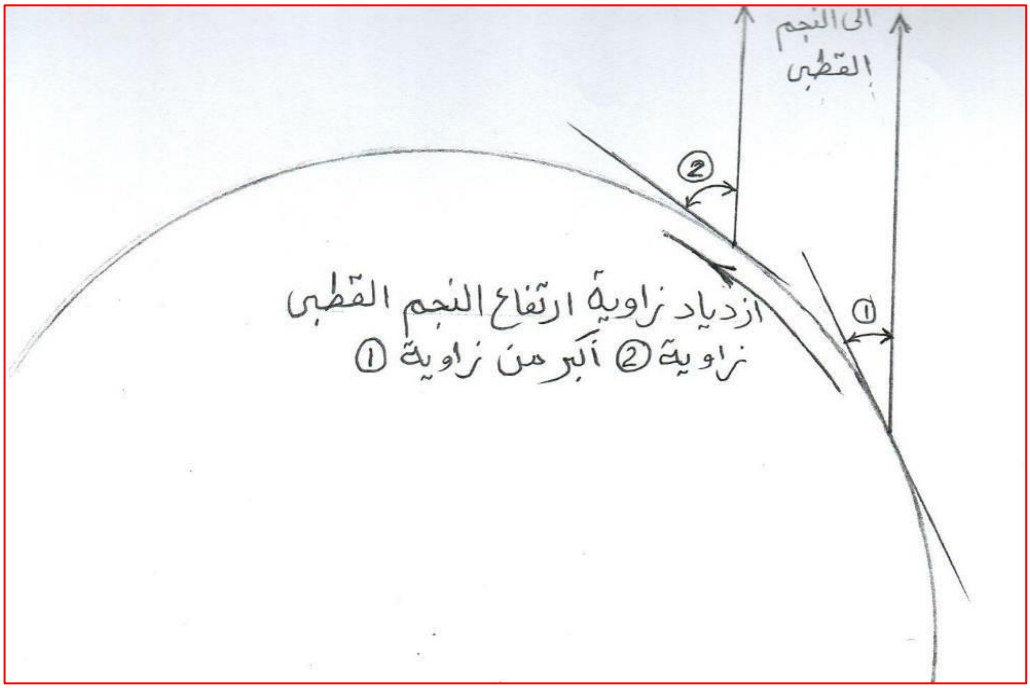
- كان الانسان منذ القدم مهتم بمعرفة كوكبه الأرض الذي يعيش عليه وقد يكون أنه لاحظ الاتي:

- عندما تعلم ركوب البحر لاحظ أن السفن كلما ابتعدت عن الساحل فأنها تبدأ في الاختفاء تدريجياً حتى تختفي تماماً عن الأفق كما في الشكل (1).

- عندما أصبح الانسان يبتعد عن أماكن سكناه شرقاً وغرباً من الضروري أنه لاحظ أن النجم المعروف بالنجم القطبي يبقى في مكانه في السماء بنفس زاوية الارتفاع ولكن إذا اتجه شمالاً او جنوباً فإن زاوية الارتفاع الى هذا النجم سوف تتغير كما في الشكل (2)



شكل (1) يبين اختفاء السفينة عن الافق



شكل(2) يؤكد على أن الأرض ليست مسطحة

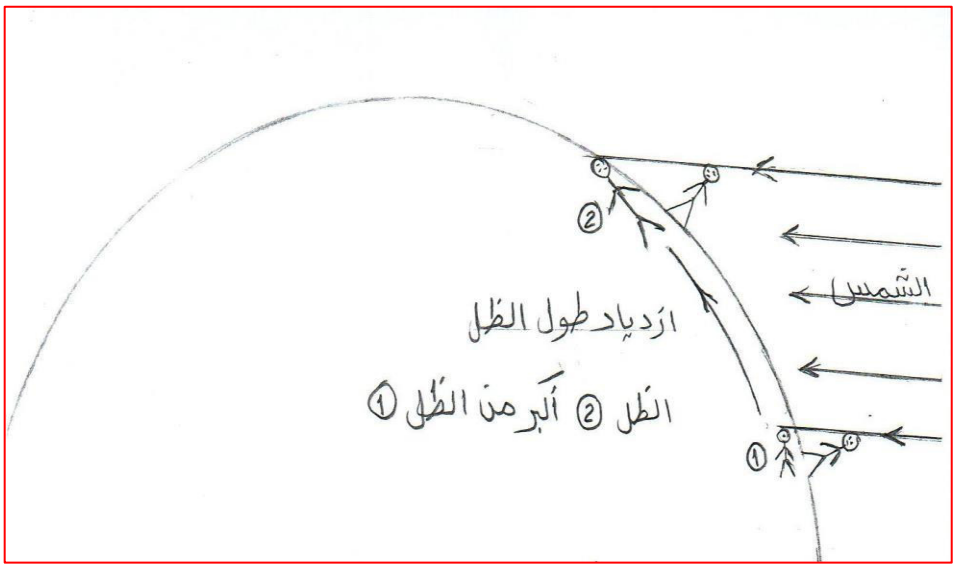
- كذلك فإنه قد يكون لاحظ عند الظهيرة بأن طول الظل يتغير كلما سافر شمالاً أو جنوباً ولكن لا يتأثر الظل عند السفر شرقاً او غرب اً كما في الشكل (3).
- كذلك فإنه قد يكون لاحظ ظاهرة خسوف القمر الكلي وكيف أن القمر في الظهور الأول تبدأ على هيئة هلال تم تزداد تدريجياً وذلك لأن الأرض كروية.

وعليه فإن العلماء والفلاسفة منذ القدم ومن خلال هذه الملاحظات من الضروري أنهم توصلوا إلى معرفة أن سطح الأرض مقوس وافترضوا أن هذا التقوس متساوي في كل الاتجاهات وعليه فقد استنتج العلماء بأن شكل الأرض كروي وهكذا بداء العلماء في التفكير لإيجاد والوصول إلى حجم الأرض الكروية.

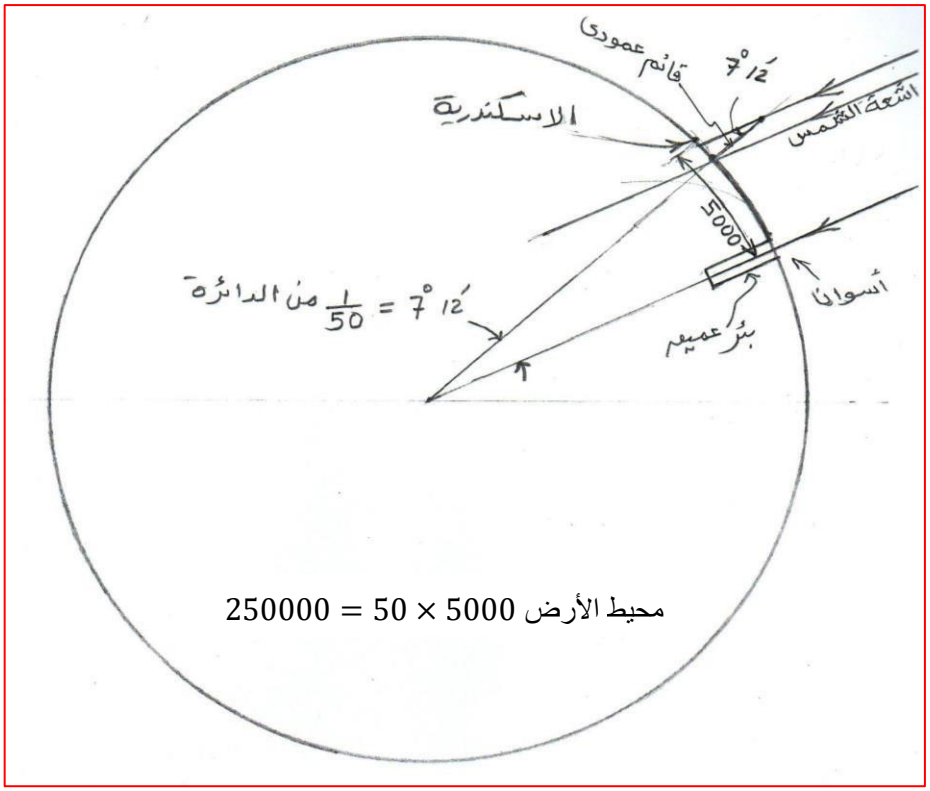
كيفية تعيين حجم وشكل الارض

وقد تمكن العلماء منذ مئات السنين قبل الميلاد من تعيين حجم الأرض الكروية.

كان أحد الفلاسفة الاغريق **ايراتوستينس** (276-195) قبل الميلاد الذي كان مشرفاّ على مكتبة الإسكندرية فكان لديه سهولة الوصول إلى الكثير من المواد العلمية والافكار، وعليه فقد لاحظ أنه في الانقلاب الصيفي "21 يونيو" أن الشمس في أسوان في وقت الظهيرة تكون عمودية ويصل شعاعها إلى قاع بئر عميق، وفي نفس تاريخ الانقلاب الصيفي وفي الظهيرة وجد في الإسكندرية والتي حسب افتراضه تقع شمال اسوان أن الشمس تعمل ظل مع قائم عمودي يساوى $\frac{1}{50}$ من الدائرة الكلية أي حوالي 7.5 درجة بالقياسات الحالية كما في الشكل (4) .



الشكل(3) يؤكد على أن الأرض ليست مسطحة



شكل(4) طريقة إيراتوستينس لتعيين حجم الأرض 230 سنة قبل الميلاد

وهذه الزاوية بالتبادل هي نفس الزاوية المحصورة عند مركز الأرض مع نهاية النقطتين على سطح الأرض الإسكندرية و أسوان كما في الشكل(4) وقد قام بقياس المسافة ما بين أسوان والإسكندرية بواسطة الساعة الرملية والجمل.

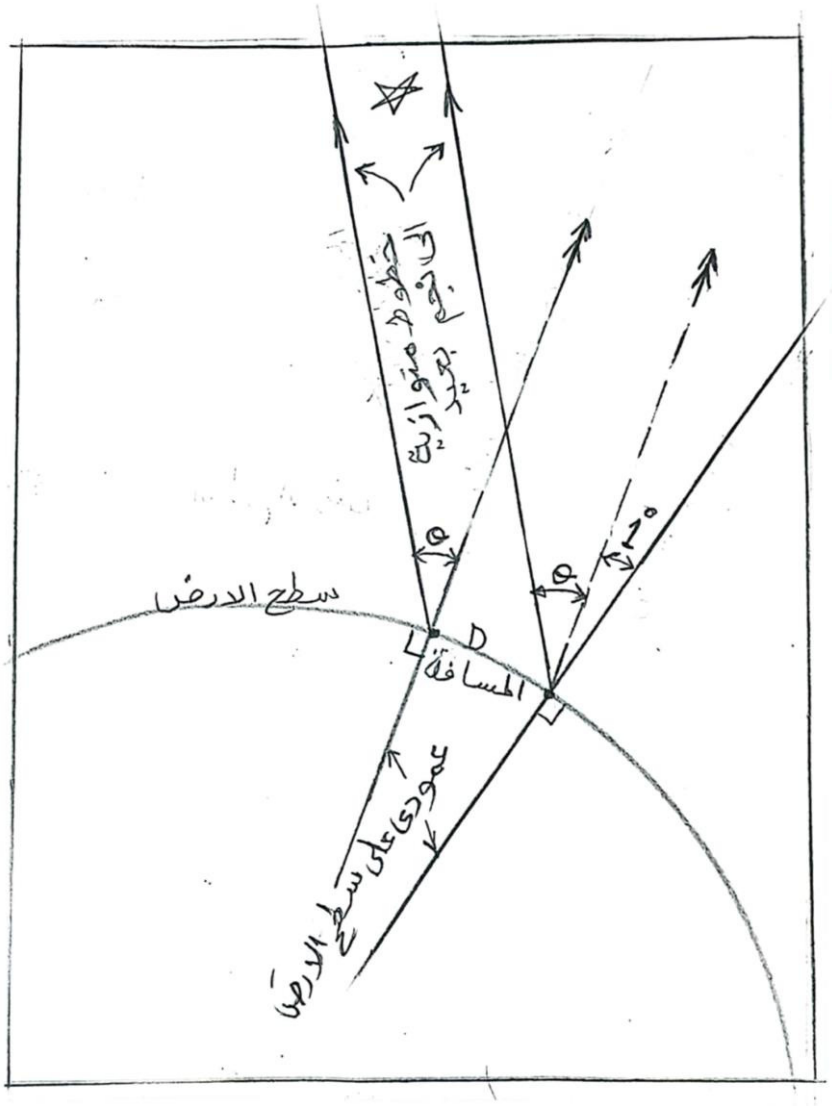
إذن ايراتوستينس عرف أن المسافة الزاوية هي $\frac{1}{50}$ من الدائرة وعلم أن عليه قياس هده المسافة الفعلية على سطح الأرض على الطبيعة ولم تكن في ذلك الوقت أي وسائل لقياس هذه المسافة ولكن تمكن من استعمال الساعة الرملية والجمل وقام بعدة معايرات لهذه الساعة الرملية مع سرعة الجمل قبل أن يقوم بقياس المسافة من أسوان إلى الإسكندرية وكانت المسافة 5000 ستا ديا.

وحيث أن هذه المسافة تمثل $\frac{1}{50}$ من المحيط الكلي "الأرض"

$$\text{إذن محيط الأر ض } 50 \times 5000 = 250000 \text{ ستاديا}$$

هذه النتيجة تعتبر فقط 16 %أكبر من القياسات الحديثة وعليه فإنه في سنة 220 قبل الميلاد وقبل حوالى1700 سنة قبل ما فكر كولومبس أن الأرض كروية وقبل ما أثبت ماجلان أن الأرض كروية وذلك بالإبحارحول الأرض ، فان العالم الإغريقي ليس فقط أنه فكر أن الأرض كروية واتبت ذلك ولكن أيضا قام بحساب حجم الأرض إلى درجة عالية من الدقة.

كذلك قام فلكيو الخليفة المأمون (820 ميلادي) في محيط مدينة بغداد بقياس المسافة بين نقطتين تقعان على امتداد خط الطول شمال جنوب بحيث يكون الفرق في زاوية الارتفاع للنقطتين الى النجم القطبي درجة واحدة وذلك بقياس زاوية ارتفاع النجم القطبي عند نقطة تم التحرك الى نقطة أخرى شمال او جنوب النقطة الاولي وقياس زاوية الارتفاع عندها بحيث يكون الفرق في زاوية الارتفاع درجة واحدة تم قياس المسافة بينهما كما في الشكل ( ) وقد استعمل قضبان خشبية لقياس الطول القاعدي ، والزوايا تم قياسها بدقة اكثر من القياسات السابقة والنتيجة النهائية كانت حوالي 6.3% أكبر من الحسابات الحديثة وهى أدق من القياسات التي سبقت الخليفة المأمون.

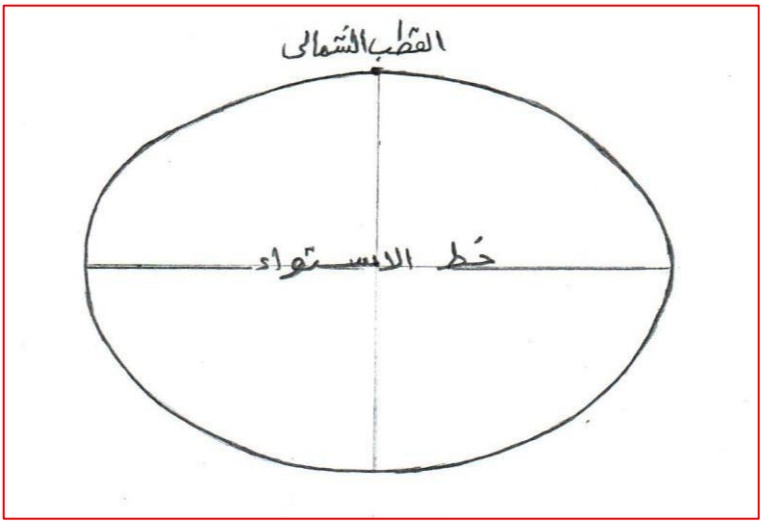


الشكل (5)

ان قياس المسافات تعتبر من أقدم القياسات المساحية فقد استخدمت عدة معدات أو أدوات لقياس المسافة منها الجنزير والشريط ... وذلك قبل استخدام الأجهزة الالكترونية لقياس المسافة " EDM" في نهاية خمسينات القرن الماضي، ولهذا كان قياس المسافة قبل ذلك صعبة ومتعبة وعليه كانت شبكات الضبط الجيوديسية الافقية تعتمد على قياس الزوايا أكثر من قياس المسافات وعليه كان يتم قياس مسافة في بداية شبكات الضبط الافقية ومسافة في النهاية وتسمى هذه المسافات المقاسة خطوط قاعدية (Baselines) وذلك لمراقبة المقياس.

وفي القرن السابع عشر أصبح بالإمكان قياس المسافات وقياس الجاذبية الأرضية بدقة كافية لأثبات أن تقوس الأرض ليس متساوي في أماكن مختلفة من سطح الأرض وهذا يعني أن الأرض ليست كروية , اذن

بعد كل هذا ماذا يكون شكل الأرض .وفي نهاية القرن السابع عشر وبداية القرن الثامن عشر تم القيام بعدة قياسات وحسابات في أوروبا لمعرفة شكل الأرض ،وكانت هذه النتائج متعارضة، حيث كانت في بريطانيا نظرية إسحاق نيوتن في الجاذبية الأرضية تقترح بأن الأرض يجب أن تكون مسطحة عند الأقطاب وكانوا في بريطانيا مقتنعين بما توصلت اليه نظرية نيوتن وأن الأرض منبسطة عند آلاقطاب كما في الشكل(6)



الشكل(6) يبين الأرض مسطحة عند الأقطاب

وفي فرنسا تم قياس أطوال العديد من الاقواس الطويلة تحت اشراف كاسيني" Cassinis" وكانت نتائج هذه القياسات أن الأرض مسطحة أو منبسطة عند الاستواء وليس عند الأقطاب وعليه فان الأرض تشبه البيضة كما في الشكل (7) وكانوا كذلك مقتنعين تماما بهذه النتائج.

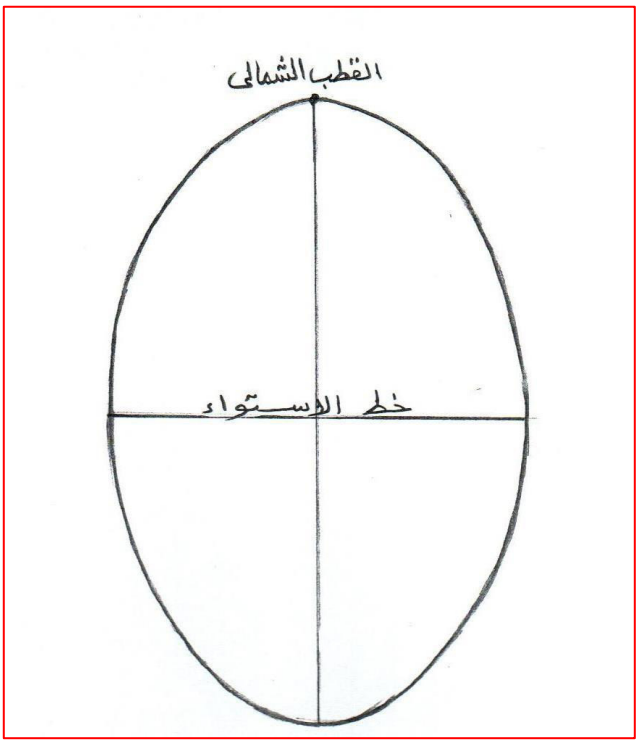
وعليه ولحل هذا الخلاف تم الاقتراح على أكاديمية العلوم في باريس في أوائل 1730 إرسال رحلتين علميتين الأولى تكون اقرب ما يمكن من دائرة الاستواء لقياس طول قوس طويل والرحلة الثانية الى الشمال أقرب ما يمكن من القطب الشمالي كذلك لقياس طول قوس طويل وهذان القوسان المفصولان عن بعضهما بمسافة كبيرة يجب أن يبرهنان تماما وبشكل قاطع ونهائي وذلك إذا كان طول قوس درجة واحدة على خط الطول بالقرب من القطب الشمالي اكبر من طول قوس درجة واحدة على خط الطول بالقرب من دائرة الاستواء عليه يكون في هذه الحالة أن ما توصل إليه نيوتن هو الشكل الصحيح للأرض كما في الشكل(6).

أما إذا كان العكس بأن طول قوس درجة واحدة على خط الطول قرب دائرة الاستواء أكبر من طول قوس درجة واحدة على خط الطول قرب القطب الشمالي يكون كاسيني على صواب وأن شكل الأرض يشبه البيضة كما في الشكل (7) .

وعليه تم ارسال بعثة علمية الي البيرو" الأن تسمى الأكوادور" قرب دائرة الاستواء والثانية الى الشمال على الحدود السويدية الفنلندية قرب القطب الشمالي وذلك لقياس طول الاقواس المطلوبة وكانت هذه البعاث مكونة من عدة أكاديميين مشهورين متل (Clairaut) و (Bouguer) وبالطبع كانت هذه الاقواس على امتداد خط الطول من دائرة الاستواء الى القطب وقياس المسافة ما بين نقطتين تقع على نفس خط الطول بحيث يكون الفرق في زاوية ارتفاع النقطتين الى نجم بعيد متل النجم القطبي درجة واحدة كما في الشكل ( ) وذلك لسهولة قياس زاوية دائرة العرض التي تقاس من الرأسي او العمودي على المماس عند النقطة كما في الشكل ( ) .

وليكون طول القوس لدرجة واحدة عند القطب اكبر من طول القوس لدرجة واحدة عند الاستواء يجب ان يكون التقوس او التفلطح قرب الاستواء اكتر او اكبر من التقوس او التفلطح قرب القطب او بمعنى ان يكون شكل الأرض منبسط او مسطح عند الاقطاب اكتر مما هو عند الاستواء .

او ليكون طول القوس لدرجة واحدة عند الاستواء اكبر من طول القوس لدرجة واحدة عند الأقطاب يجب ان يكون التقوس او التفلطح قرب الأقطاب اكبر او اكتر من التقوس قرب الاستواء او بمعنى ان يكون شكل الأرض منبسط قرب الاستواء او مسطح اكتر قرب الاستواء مما هو عليه عند الأقطاب كما في الشكل ( ) .

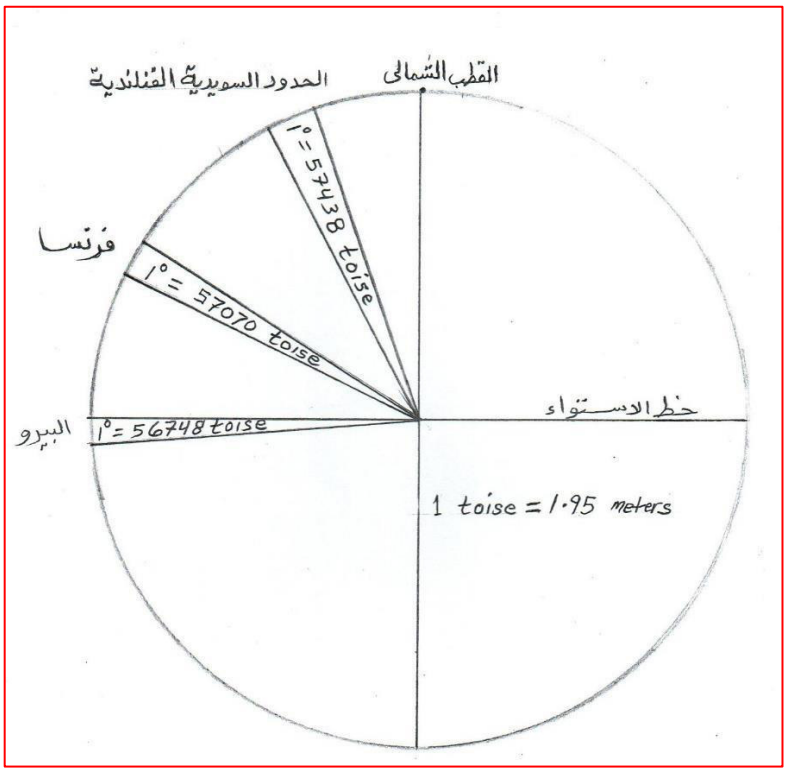


شكل(7) يبين الأرض مسطحة عند دائرة الاستواء

وعليه فقد كانت نتائج البعثة العلمية أن طول قوس درجة واحدة بالقرب من القطب الشمالي أكبر من طول قوس درجة واحدة بالقرب من دائرة الاستواء كما في الشكل (7) ، وعليه فقد اثبتت هذه النتائج بشكل مقنع بأن الأرض منبسطة عند الأقطاب ومقوسة عند دائرة الاستواء وأن شكل الأرض اقرب ما يمكن الى الشكل البيضاوي وأن اسحاق نيوتن على صواب.

وقد كانت الاشكال البيضاوية التي تم تعيينها عبر السنين الماضية تعبر عن حجم وشكل الأرض ويوجد العشرات من المحاولات لتعيين حجم الأرض وشكل الأرض والجدول (4) يبين الاشكال البيضاوية الأكثر استعمالا في العالم في مراجع الاسناد المحلية و المناطقية.

ومع أن هذه الاشكال البيضاوية تختلف عن بعضها قليلا في الحجم والشكل فإن هذا لا يعنى بأن أي من هذه الاشكال البيضاوية بالضرورة تكون غير ملائمة محليا أو بها خطاء أو ليست صحيحة لان هذه الفروقات ناتجة من أن القياسات التي تمت لإيجاد كل شكل من الاشكال البيضاوية تمت في مناطق مختلفة من الكرة الأرضية.



شكل(8) يبين طول القوس مقداره درجة واحدة قرب القطب أكبر من قوس قرب دائرة الاستواء

الجدول(4) يبين بعض من الاشكال البيضاوية الأكثر استعمالا

الشكل البيضاوي	نصف القطر الأكبر بالأمتا ر	التفلطح 1/F
Everest (1830)	6377276	300.8
Airy (1830)	6377563	299.3
Bessel (1841)	6377397	299.2
Clarke (1866)	6378206	295.0
Clarke (1880)	6378249	293.5
Hayford (1910)	6378388	297.0
Krasovski (1938)	6378245	298.3
Hough (1960)	6378270	297.0
Fischer (19)06	6378166	298.3
Kaula (1961)	6378165	298.3
Fischer (1968)	6378150	298.3