الباب الاول

المقدمـــة

الجيويد – ومع أنه سطح غير منتظم – ألا انه يمثل أقرب شكل للارض التي نعيش عليها ، ولتمثيل أي منطقة علي خريطة فأننا نقيس علي سطح الارض ونزيح القياسات الي سطح الجيويد ، المشكلة ان هذا السطح غير منتظم وشديد التعرج وليس له معادلات حسابية أو قوانين رياضية لوصف سطحه وبالتالي اسقاطه علي الخرائط حتي تعبر عن تضاريس الارض بدقة ، ولذلك كان الحل هو استخدام أي نموذج رياضي معروف (معادلات رياضية لوصفه) في أعمال انشاء الخرائط وهنا لابد من وجود طريقة للتحويل بين الجيويد وهذا السطح الرياضي المفترض نظريا (المسمي الالبسويد) .

يمكن تحديد هذا السطح (ارتفاع الجويد) بعدة طرق طريقة الجاذبية و الطريقة الهندسية

في هذا البحث سنتاول طريقة الجاذبية أو فروقات الجاذبية وذلك بأخذ نموذج لارتفاع نقطة أو نقاط يتم حساب أرتفاع الجيويد عندها من عدة مناطق مختلفة ، يتم اولاً اخذ قراءات جاذبية أو شذوذ الجاذبية بواسطة جهاز الغرافميتر gravimeter (حسب نوع الجهاز المستخدم) للمنطقة المستهدفة وهي (جمهورية السودان – ولاية الخرطوم – مدينة الخرطوم) .

هذا البحث يشتمل علي اربعة ابواب ،يحتوي الباب الأول علي مقدمة البحث،كما يتحدث الباب الثاني عن سطح الجويد وأهميته وتأثيره علي الارصادات المساحية والاسطح الجيوديسية وانواع الارتفاعات اجهزة الجاذبية وانواعها وتصحيحات الجاذبية،اما الباب الثالث فيتناول الحسابات والنتائج ،ويحتوي الباب الرابع الخلاصة والتوصيات .

الباب الثاني

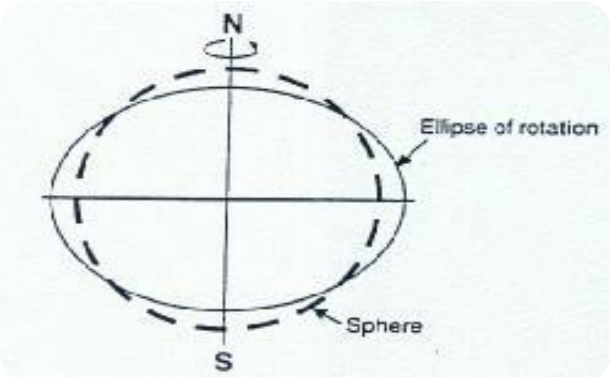
1-2 الجيويد geoid:-

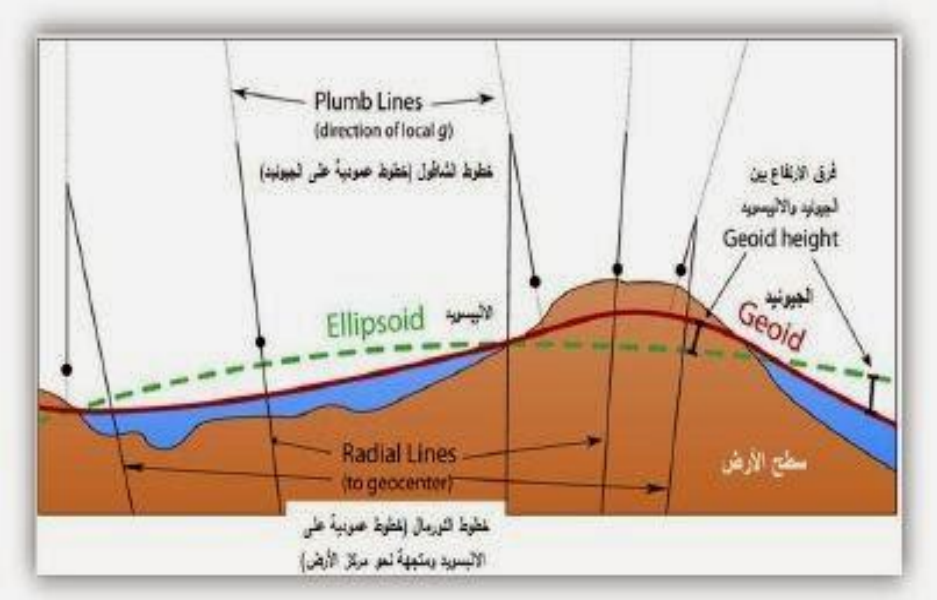
الجيويد هو السطح المتساوي الجهد equi-potential surface والذي ينطبق مع مستوي سطح البحر إذا لم يتغير بالرياح أو المد والجذر، وإرتفاعه يساوي الصفر .

تكمن أهميته في مسح الجاذبية لأنه أفقي ويشكل زاوية قائمة علي اتجاه التسارع الناتج عن الجاذبية في أي مكان من هذا السطح أي أن العلاقة بين إتجاهات السطح والقوي الثلاث (التجاذب وقوة الطرد المركزية والجاذبية) هي مايعرف بالجيويد . ويستخدم كمرجع لعمليات التسوية والتحديد الفلكي للإنحراف الرأسي بين مستوي الجيويد والاسفيرويد بإستخدام تكامل ستوك Stokes integral في أي محطة.

القطع الناقص للدوران :

شكل (2-1)يوضح القطع الناقص للدوران





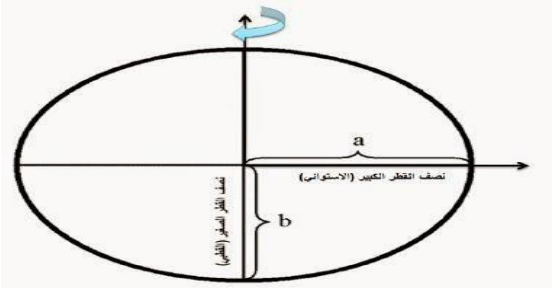
شكل (2-2) يوضح أنواع الاسطح والارتفاعات

نظراً لأن علم المساحة هو علم القياسات الأرضية فلابد أن نتعرف على شكل الكرة الارضية ، فقد تم اكتشاف كروية الأرض منذ عهود قديمة إلى أن جاء نيوتن وأجرى دراساته حول الجاذبية الأرضية واستنتج أن الكرة الارضية ليست كرة كما هو في المفهوم الرياضي ، فهي مفلطحة عند القطبين وقطرها عند خط الإستواء أكبر من قطرها عند القطبين ، فهي بالتالي عبارة عن قطع ناقص دوراني ما يميزه هو نسبة التفلطح (f=(a-b)/a)

حيث:-

a هو نصف القطر الاكبر للقطع

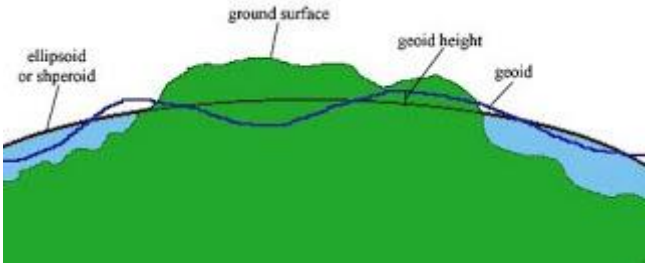
bهو نصف القطر الاصغر



شكل (2-3) يوضح أنصاف الاقطار الاكبرa والاصغر b

وقد قام عدد من العلماء بحساب نسبة التفلطح بدءاً من دالومبير الذي وجد أن : f=1/334 إلى أن جاء كراسوفسكي الذي وجد أن : f=1/298.3 .

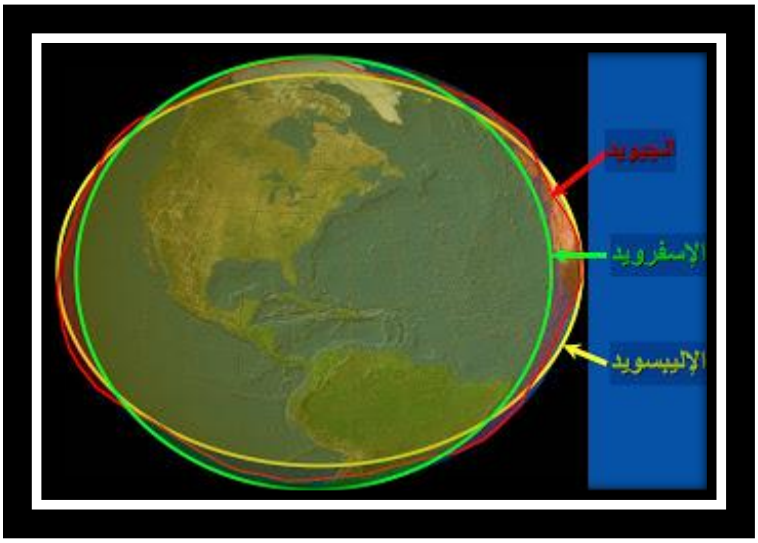
ولفهم وتمثيل شكل الأرض بصورة أدق ظهر ما يعرف بالجيويد(Geoid) : وهو يمثل الشكل الحقيقي للكرة الأرضية ، ففي البداية تم اعتماد الجيويد للتعبير عن سطح الأرض بدلاً من السطح الفيزيائي المعقد ، والجيويد : هو السطح الذي تتساوى فيه شدة الجاذبية الأرضية من كل نقطة من نقاطه ، ويعرف أنه السطح المعبر عن منسوب سطح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



شكل (2-4) يوضح الأسطح الجيوديسية

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

وهنالك أيضاً شكل لكنه لا يستخدم إلا في بعض الحالات وهو ما يعرف بالإسفرويد(spheroid) :وهو أقرب شكل رياضي هندسي كروي لشكل الكرة الأرضية .



شكل (2- 5)يوضح الجيويد والالبسويد والاسفرويد

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

الجيويد المحلى له أهمية كبيرة فى الأعمال المساحية وذلك لأن جميع الأرصاد المساحية تنسب اليه وكل الارتفاعات تقاس منه. وهو سطح غير منتظم (يصعب وصفه بمعادلات) لكنه يمثل أقرب شكل حقيقى للأرض .

توجد طرق عديدة لحساب قيمة حيود الجيويد أي نمذجة الجيويد تعتمد علي عدة أنواع من القياسات الجيوديسية مثل :أرصاد الجاذبية الأرضية ،وأرصاد جهاز الموقع العالمي والميزانيات.

3-2 نمذجة الجيويد

2-3-1- نمذجة الجيويد من أرصاد الجاذبية الأرضية:

يتم قياس قيمة الجاذبية الأرضية علي سطح الأرض بإستخدام أجهزة قياس الجاذبية ،كما يمكن أيضا بإستخدام خصائص اليبسويد حساب قيمة الجاذبية النظرية عند سطح الاليبسويد.

الفرق بين قيمة الجابية المقاسة وقيمة الجاذبية النظرية المحسوبة يسمي بشذوذ الجاذبية يعبر بصورة معينة عن الفرق بين كلا من الاليبسويد والجيويد .

لإستنتاج سطح الجيويد من منطقة محلية يلزمنا:

1-قياس الجاذبية الأرضية بكثافة مناسبة لمساحة المنطقة.

2-نموذج جاذبية أرضية عالمي.

3-نموذج جيويد عالمي.

4-نموذج إرتفاعات رقمية للمنطقة المحلية.

5-برنامج متخصص لحساب الجيويد.

2-3-2- نمذجة الجيويد من أرصاد جهاز الموقع العالمي والميزانيات :

تسمي بالطريقة الهندسية ،ويعد هذا الإسلوب هو الامثل للمساحة بالجي بي أس وخاصة للمناطق الصغيرة (منطقة تغطي مساحة من 10 إلي 20 كيلو متر مربع) تتم قياسات جهاز الموقع العالمي عند مجموعة من النقاط المعلوم منسوبها (نقاط روبيرات) وبالتالي يمكن حساب قيمة حيود الجيويد عند هذه النقاط باستخدام المعادلة التالية :

$$h=H+N$$

حيث:

N يمثل حيود الجيويد

H تمثل الإرتفاع الأورثومتري

h تمثل الإرتفاعالجيوديسي

ومن هذه الارتفاعات يتم ايجاد حيود الجيوي(N) .

2- 4 الأسطح الجيوديسية :

تحديد شكل وحجم الأرض ومايتعلق بهما من معلومات من أهم الاعمال الجيوديسية.

عدما نتحدث عن شكل الأرض عادة تعتبر كتلة ثابتة.تنقسم الأسطح المستخدمة في الجيوديسيا إلي ثلاث أقسام لتمثيل الشكل الهندسي للأرض وهي :

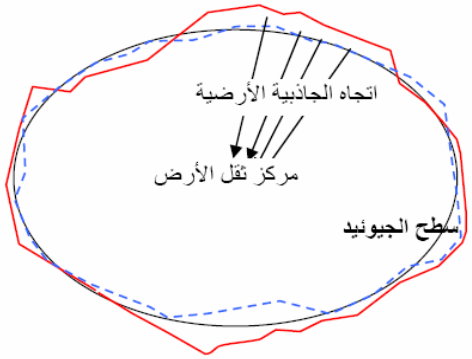
2-4-1سطح الأرض:

هو السطح الذي يبين الوصف التفصيلي للتضاريس والسمات السطحية للأرض والتي تعرف بطبوغرافية الأرض .إن لسطح الأرض أهمية قصوي في الجيوديسيا وذلك لأن معظم القياسات وعمليات الرصد المساحية تتم علي سطح الأرض.إضافة إلي أن معظم نقاط التحكم الأفقية والرأسية تقع علي هذا السطح.

2-4-2 المجسم الأرضي(الجيويد):

يعرف المجسم الأرضي بأنه سطح متساوي الجهد لقوي الجاذبية الأرضية والدوران وينطبق تقريبا مع مستوي سطح البحر في المحيطات .

وبذلك يمكننا القول إن المجسم الأرضي يمثل حوالي 72%من الكرة الأرضية .



شكل (2-6) يوضح إتجاه ثقل الجاذبية

3-4-2 المجسم الإهليليجي(الإليبسويد):

المجسم الإهليليجي عبارة عن قطع ناقص تمت إدارته حول محوره الأصغر.

للسطح الإهليليجي أهمية كبيرة في الجيوديسيا لأنه أقرب شكل هندسي رياضي يمثل المجسم الأرضي.وللتعبير عن هذا السطح يلزمنا معرفة عنصرين :

1- نصف المحور الأكبر (المحور في مستوي خط الإستواء) ويرمز له بالرمز a
2- نصف المحور الاصغر(المحور بين كلا القطبين) ويرمز له بالرمز b

ويتميز شكل الإليبسويد بعدة خصائص :

*سهولة إجراء الحسابات علي سطحه (حيث أنه شكل هندسي معروف) .

*لا يختلف سطح الإليبسويد الرياضي عن سطح الجيويد كثيرا (أكبر فرق بين كلاهما لا يتعدي 100 متر فقط .لاحظ أن الفرق بين الجيويد والكرة يصل إلي 21 كيلومتر تقريبا) .

5-2 المراجع الجيوديسية :

لكي يمكن تحديد المواقع علي سطح الأرض يلزمنا إختيار شكل رياضي يعبر عن شكل وحجم الأرض ذاتها وهو ما نطلق عليه اسم الشكل المرجعي Reference surface .أحد هذه الأشكال المرجعية من الممكن أن يكون الكرة والتي كانت مستخدمة لفترة طويلة لتحديد المواقع التي لا تتطلب دقة كبيرة ولرسم الخرائط التي لا يزيد مقياسها عن 1:1000000 .أيضا للمساحات الصغيرة جدا (أقل من 50 كيلومتر مربع)من الممكن إعتبار المستوي Plane شكلا مرجعيا وخاصة في تطبيقات المساحة المستوية .أما لتحديد المواقع بدقة عالية أو لرسم الخرائط الدقيقة فإن الإليبسويد هو الشكل المرجعي المستخدم .

طول القرنين الأخيرين تعددت محاولات علماء الجيوديسيا لتحديد أنسب اليبسويد يعبر عن شكل الأرض بأقرب صورة ممكنة .وكلما تجمعت قياسات جيوديسية جديدة لدي أحد العلماء أو الجهات الدولية يتم حساب قيم جديدة لعناصر تعريف الإلييبسويد مما أدي لوجود العديد من نماذج الإلييبسويد .

كانت كل دولة عند إقامة الهيكل الجيوديسي أو المساحي لها بغرض البدء في إنتاج الخرائط غالبا ما تختار أحسن اليبسويد في ذلك الوقت لتتخذه السطح المرجعي لنظام خرائطها .

من المعروف أن أي اليبسويد يكون أقرب مايمكن لمثيل سطح الأرض علي المستوي العالمي ،أي أن الفرق بينه وبين الجيويد يختلف من مكان لمكان علي سطح الأرض لكنه أقل مايمكن علي المستوي العالمي .لكن كل دولة عندما تعتمد اليبسويد معين تريد أن يكون الفرق بينه وبين الجيويد أقل مايمكن في حدودها ولاتهتم إن كان هذا الفرق كبير في مناطق أخري من العالم .لذلك كانت كل دولة تلجأ لتعديل وضع الإلييبسويد المرجعي قليلا لكي يحقق هذا الهدف .وفي هذه الحالة أي بعد إجراء هذا التعديل البسيط فلم يعد هذا الإلييبسويد كما كان في الأصل لكنه صار في وضع مختلف ،وهنا نطلق عليه إسم مرجع أو مرجع جيوديسي أو مرجع وطني .

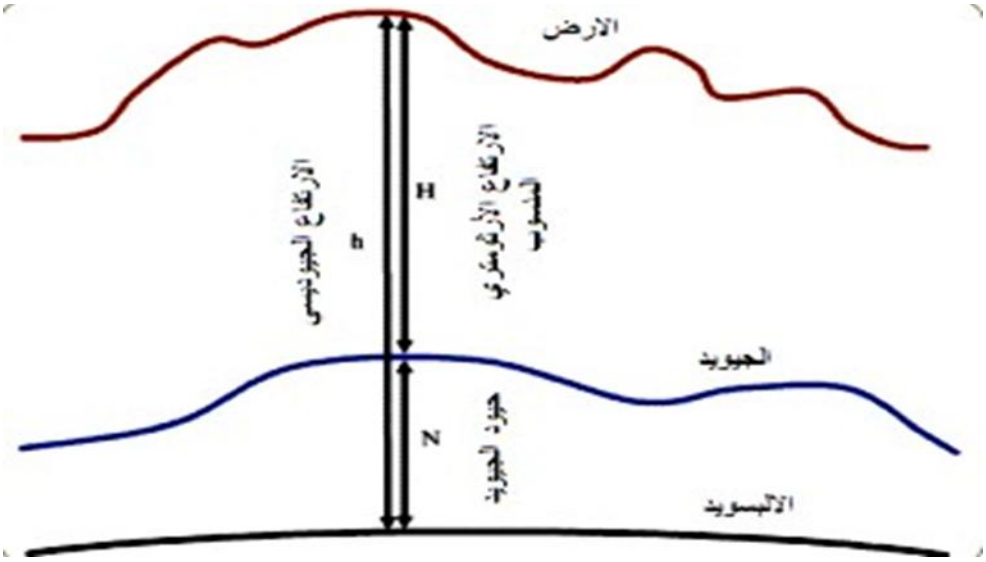
أي أن المرجع الوطني لأي دولة ما هو إلا اليبسويد عالمي قد تم تعديل وضعه بصورة أو بأخري ليناسب هذه الدولة ويكون أقرب تمثيلا لشكل الجيويد (الشكل الحقيقي للأرض) عند هذه الدولة .كما يجب الإشارة إلي أنه كلما قل الفرق بين المرجع الوطني لدولة ما والجيويد كلما زادت دقة الخرائط المرسومة إعتمادا علي هذا المرجع .

كما يجب الإشارة في هذا السياق إلي وجود مراجع وطنية عديدة لدول مختلفة كلها تعتمد علي نفس الإلييبسويد العالمي ،لكن كل مرجع يعدل وضع هذا الإلييبسويد بصورة مختلفة .

المراجع التي تحدثنا عنها حتي الآن هي مايمكن أن نطلق عليها إسم المراجع الأفقية وهي الخاصة بتحديد المواقع في المستوي الأفقي .أما عند التعامل مع الإحداثيات في المستوي الرأسي (أي الإرتفاعات) فأننا نحتاج إلي نوع آخر من المراجع هي المراجع الرأسية .ويعد 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 .

6-2 أنواع الارتفاعات:

توجد عدة مراجع لقياس الارتفاعات والتي بدورها تحدد أنواع الارتفاعات. فاذا تم اتخاذ متوسط منسوب سطح البحر كمرجع فالناتج سيكون ارتفاع من النوع الارثومتري Orthometric Height والذي نطلق عليه بصفة عامة كلمة المنسوب وهو المستخدم في الخرائط الطبوغرافية في معظم الدول. أما اذا اعتمدنا سطح الالبسويد كمرجع فأن نوع الارتفاع الذي نحصل عليه يسمي الارتفاع الجيوديسي Geodetic Height وهذا هو نوع الارتفاعات الناتج من أرصاد GPS مثلا. وهناك أيضا أنواع أخري من الارتفاعات



شكل(2-7) يوضح انواع الإرتفاعات

لقياس الارتفاعات في منطقة شاسعة – وخاصة في الاعمال التي لا تتطلب دقة عالية – من الممكن استخدام أرصاد GPS لانها أسرع و أسهل و أرخص تكلفة لكن يجب في هذه الحالة تحويل نوع الارتفاع الجيوديسي الي المنسوب حتي يتفق مع الخرائط القديمة لهذه المنطقة أو مع خرائط الدولة بصفة عامة. هنا لا بد من وجود نموذج جيويد يسمح بالتحويل بين كلا نوعي الارتفاعات.

لاهليج أو الالبسويد أو مجسم القطع الناقص أو الشكل البيضاوي أو الاسفرويد (كلهم أسماء لنفس الشئ أي كلهم مترادفين) بصفة عامة هو نموذج لتمثيل حجم و شكل كوكب الأرض.

7-2 الجاذبية الأرضية

كوكب الأرض عبارة عن مجسم شبه كروي (سواء كرة أو اليبسويد)يوجد علي سطحه العديد من المعالم الطبيعية والبشرية ،فلماذا لاتقع كل هذه الاشياء من علي سطح الارض؟ السبب أن الخالق العظيم قد خلق قوة تربط بين كل ما علي سطح الأرض تجعلهم جميعا منجذبين لهذا الكوكب ولا يتناثرون منه إلي الفضاء الخارجي.هذه القوة التي هي من أسباب الحياة علي الأرض هي المعروفة بإسم الجاذبية الأرضية أو التثاقلية الأرضية .أما عن سبب وجود هذه القوة فيرجع إلي ما إكتشفه العالم الكبير إسحاق نيوتن من أن أي جسمين بينهما قوة جذب متبادل تعتمد علي كتلة كلا الجسمين والمسافة بينهما .فأنت تجذب الأرض والارض تجذبك أيضا ،لكن بما أن كتلة جسمك لا تقارن بكتلة الأرض ذاتها فإن تأثير جذب الأرض هو الاقوى وهو المؤثر عليك .وحيث ان الأرض ماهي إلا كوكب من مكونات المجموعة الشمسية التي تضم العديد من الكواكب الأخري والنجوم فإن هناك قوة جذب أخري بين الارض وهذه الأجسام السماوية وخاصة الشمس والقمر .إن كانت الأرض كرة تمامة الإستدارة (حيث نصف قطرها يساوي 6371 كيلومتر) وكان توزيع المواد والكثافات داخل باطن الأرض توزيعا منتظما فإن قوى الجاذبية ستكون متساوية في أي جزء من سطح الأرض وقد قدرها العلماء بقيمة 9.82 متر/ث^2 .لكن لأن الأرض ليست كرة تمامة وإنما اليبسويد وأيضا تختلف كثافات موادها تحت السطح فإن الجاذبية الأرضية لن تكون متساوية للأرض بأكملها، 9.78 متر/ث^2 عند خط الإستواء وتبلغ 9.83 متر/ث^2 عند القطبين .أي أن قيمة الجاذبية الأرضية تكون أكبر عند القطبين منها عند خط الإستواء ويرجع السبب في ذلك إلي أن سطح الارض عند القطبين يكون أقرب

لمركز الأرض بينما يكون أبعد من مركز الأرض عند خط الإستواء، أي أن الجاذبية الأرضية تزيد مع زيادة دوائر العرض .ومن هنا فيجب قياس قيم الجاذبية الأرضية عند منطقة العمل المطلوبة من سطح الأرض .

ترجع أهمية قياسات الجاذبية الأرضية في تطبيقات المساحة إلي أن العمل المساحي الحقلي الذي يتم علي سطح الأرض يكون تحت تأثير هذه القوة .فعندما نضبط أفقية أي جهاز مساحي (ميزان،ثيودليت أو محطة شاملة) فإن الجهاز يصبح عمودي علي إتجاه قوة الجاذبية الأرضية ، وكذا في النقطة التالية ثم النقطة التالية (لأن اتجاهات قوى الجاذبية تتجه نحو مركز الأرض) وبالتالي يكون هناك تأثيرا للجاذبية الأرضية علي كل القياسات المساحية التي تتم علي سطح الأرض .ثم أن الخرائط المساحية تعتمد علي شكل الإليبسويد في الحسابات وهو شكل مختلف عن شكل الأرض الحقيقي (الجيويد الذي لا يمكن إستخدامه في الحسابات بسبب انه متعرج ولا يمكن وصفه بمعادلات رياضية) حتي وإن كان قريبا جدا منه .أي أننا نحتاج لمعرفة الفرق بين شكل الأرض الحقيقي وهو الجيويد وشكل الإليبسويد الذي تتم عنده الحسابات ،وهذا الفرق يمكن تحديده وقياسه من خلال قياس قيمة الجاذبية الأرضية .هذا الفرق يختلف من مكان لآخر علي سطح الأرض .

وحدات الجاذبية2-8 Gravity Units:

أول قياس لتسارع الجاذبية (عجلة الجاذبية الأرضية) كان لجاليلو في تجربته الشهيرة عندما ألقي أشياء من قمة برج بيزا المائل . وتسمي وحدة تسارع الجاذبية الأرضية بوحدات c.g.s تشريفاً للعالم جاليلو. مقاييس الجاذبية الحديثة ممكن أن تقيس التغيرات الصغيرة جداً في تسارع الجاذبية إلي جزء واحد من 10^9 (تكافئ قياس المسافة بين الأرض والقمر بدقة 1 متر) .

حساسية الاجهزة الحديثة تصل ألي 10 اجزاء في المليون ، مثل هذه القياسات الصغيرة أدت إلي استنتاج وحدات صغيرة مثل المليجال (1ملي جال= 10^{-3} جال) ، و (1ميكروجال = 10^{-6} جال) .

وحسب مقاييس الSI ، يقاس تسارع الجاذبية بـ$\mu m/s^2$ ويطلق عليها وحدة الجاذبية [gravity unit (g.u)] ، أي أن 1g.u.=0.1mGal .

وحدة الجاذبية مازالت غير مقبولة عالمياً ومازال الـ"mGal" وال"µGal" واسعة الاستخدام .

ولأن قيم الجاذبية المطلوبة في التطبيقات الجيولوجية والمساحية تتفاوت دقتها من 0.03 mGal

الي 0.05 mGal ، ونظراً لصغر هذه القيمة فان أجهزة الجرافيميتر يجب أن تكون دقيقة جداً في تصميمها وطرق عملها .

9-2 التغيرات في قيم الجاذبية:

زيادة الجاذبية مع خطوط العرض ، تزداد قيم الجاذبية بزيادة خط العرض ، نظراً لأن سطح الأرض عند القطبين أقرب لمركز الأرض منه عند خط الإستواء بمقدار 21 كلم تقريباً ، وبالتالي فأن قيمة الجاذبية عند القطبين أكبر (بحوالي 0.7%)من قيمة الجاذبية عند خط الإستواء .

وتأثير قوي جذب الأرض وقوي الطرد المركزية يؤدي إلي تغيير في قيمة الجاذبية لتغير خط العرض.

$$g_{ø}=g_0(1+x \sin^2 ø - \beta \sin^2 2ø)$$

حيث:

X= 0.0052884

β= 0.0000059

المعادلة الدولية للجاذبية عند أي خط عرض

$$G_{ø} = 0.812 \sin^2 ø \quad mgal/m$$

يتضح من المعادلات أعلاه أن خط العرض عند القطبين 90 درجة وعند خط الاستواء صفر درجة وبالتالي ليس هنالك تأثير لإختلاف خط العرض في قيمة الجاذبية عند القطبين أو خط الأستواء لأن
(sin0=sin180=0)وتصل القيمة القصوي لتغير قيم الجاذبية مع خط العرض عند 45 درجة حيث sin 90=1 .

نقص الجاذبية مع زيادة الإرتفاع فوق سطح البحر،كلما زاد الإرتفاع عن سطح البحر كلما أبتعدنا عن مركز الأرض ، وبالتالي فإن قانون حساب الجاذبية يصبح $g = G M / (R+ h)$ حيث h تمثل الإرتفاع عن سطح البحر وتم حساب هذا التغير بـ 0.3086 h mgal/m .

10-2 قياسات الجاذبية الأرضية :

هناك طريقتان لقياس قيمة الجاذبية الارضية في أي نقطة علي سطح الارض وهما الجاذبية المطلقة والجاذبية النسبية (الطرق الديناميكية) وكلاهما يتطلب دقة عالية في القراءات المرصودة باستخدام أجهزة الجاذبية المطورة .

1-10-2 طريقة الجاذبية المطلقة :

يحتاج تحديد تسارع الجاذبية (عجلة الجاذبية الأرضية) كقيمة مطلقة إلي طرق معملية دقيقة وعادة تنفذ فقط تحت الظروف المعملية وتستخدم طريقتين للقياس هما :طريقة الجسم الساقط وطريقة تأرجح البندول .

وتستخدم أجهزة قياس الجاذبية المطلقة للحصول علي الجاذبية بدقة عالية في نقاط محددة فوق سطح الارض وذلك لتعيين نقاط ضبط اساسية ومعايرة اجهزة قياس الجاذبية النسبية وذلك لان أجهزة قياس الجاذبية المطلقة ثقيلة قد يصل وزنها غلي 300 كجم ، زمن الصعوبة نقلها من نقطة إلي أخري .

2-10-2 طريقة الجسم الساقط :

وهي مراقبة ورصد حركة جسم (صغير جدا) يسقط لمسافة 1-2 متر في إطار معزول تماما عن أي مؤثرات خارجية ، ومن خلال قياس الزمن ومسافة السقوط في هذا المسار يمكن حساب قيمة الجاذبية الارضية في هذا الموقع .

3-10-2 طريقة تأرجح البندول :

تعتمد علي تعليق مادة (صغيرة جدا) في خيط غير قابل للاستطالة وكتلته مهمله ويكون مرن تماما ،ثم تتأرجح هذه المادة في مستوي رأسي باتساع صغير جدا ومن ثم يمكن حساب قيمة الجاذبية الأرضية المطلقة في هذا الموقع من خلال قياس الفترة الدورية لإهتزاز (تأرجح) البندول .

4-10-2 طريقة الجاذبية النسبية:

عادة في الاستكشاف الجاذبي ،ليس من الضروري تحديد القيمة المطلقة للجاذبية بل الأكثر هو قياس التغيرات النسبية ، فيتم إختيار محطة أساسية (وهي التي ترجع إلي INGSN71) وتنشأ محطات جاذبية لشبكة ثانوية .

جميع بيانات الجاذبية التي تجمع من هذه المحطات خلال المسح تنقص بالنسبة للمحطة الأساسية ،وإذا لم يكن من الضروري حساب القيم المطلقة للجاذبية فيعتبر قيمة الجاذبية عند المحطات الاساسية المحلية تساوي صفر.المسافة البينية بين محطات الجاذبية هامة بالنسبة لتفسير البيانات في الدراسات الاقليمية ،قد توضع المحطات بكثافة 2-3 محطة كل كيلومتر مربع .في إجراء الجاذبية الدقيقة قد تصل المسافة بين المحطات إلي نصف متر .

11-2 أجهزة قياس الجاذبية الأرضية:

لايوجد جهاز واحد يستطيع القيام بجميع متطلبات المسح الجاذبي ،وبالتالي فهناك العديد من الأجهزة المصنعة لمختلف الأغراض في عام 1749 م وجد بيير بوجير أنه يمكن قياس الجاذبية باستخدام البندول المتأرجح وفي القرن التاسع عشر ، كان البندول ذو استخدام شائع لقياس الإختلافات النسبية في الجاذبية .أساس العملية بسيط فالجاذبية تتناسب عكسيا مع مربع دورة التردد (T) وتتناسب طرديا مع طول البندول(L) .أحد الطرق هي أن تأرجح بندول في مكانين A وB ثم يقارن بين الفترة الدورية لهما ،فاذا تأرجح نفس البندول تحت ظروف متطابقة في موقعين ،وقيمة تسارع الجاذبية (عجلة الجاذبية الأرضية) لها هي g_A, g_B فإن نسبة قيمتي g هي نفس نسبة التردد الدوري لهما T_A , T_B

$$T_A = 2\Pi\sqrt{k/g_A} \qquad T_B = 2\Pi\sqrt{k/g_B}$$

حيث:

k ثابت

1-11-2 الجرافيميتر :

بعد عام 1950م أمكن قياس الجاذبية النسبية للأغراض العلمية والعملية .

الجرافيميتر عبارة عن جهاز صغير وسهل الإنتقال من نقطة لأخري في موقع الرصد وتعتمد فكرته علي سلك زنبركي متعادل يتغير تعادله (توازنه) بتأثير أي قوة إضافية مهما صغرت قيمتها ويمكن قياس مقدار التغير الذي يحدث ومن مميزاته سهولته وصغر حجمه وسرعة القراءة ودقته وتنقسم أجهزة الجرافيميتر إلي :

أولا : الساكنstable

ثانيا :الغير ساكن unstable

أجهزة قياس الجاذبية هي إتزان زنبركي متطور يعلق في آخره كتلة ثابتة وزن الكتلة هي حاصل ضرب الكتلة في تسارع الجاذبية ،كلما زاد الوزن الذي يعمل علي الزنبرك فإن كمية الإستطالة في الزنبرك تتناسب طرديا مع قوة التمدد أي مع زيادة وزن الكتلة ،ثابت التناسب هو ثابت مرونه الزنبرك k هذه العلاقات تعرف بقانون هوك .

وحيث ان الكتلة ثابت ،فإن التغيرات في الوزن يكون سببها التغيرات في الجاذبية dg وبقياس التمدد في الزنبرك dl يمكن تحديد إختلافات الجاذبية .وبما ان الإختلافات في الجاذبية صغيرة جدا فإن التمدد في اي زنبرك صغير للغاية .

Extension to spring = mass × $\frac{\text{change in gravity}}{\text{spring constant}}$	$\delta l = \frac{m\delta g}{\kappa}$
Change in gravity = constant × extension/mass	$\delta g = \kappa \delta l / m$

1-1-11-2 أجهزة قياس الجاذبية المتزنة (الساكنة) :

يتكون جهاز قياس الجاذبية المتزن من كتلة في نهاية عارضة ترتكز علي محور إرتكاز وتتزن بزنبرك مشدود في الطرف الآخر التغير في الجاذبية يؤثر يؤثر علي وزن الكتلة والتي تقابل ثقل الأتزان باسترجاع حركة الزنبرك .

وفيما يلي وصف مختصر لثلاثة أجهزة حديثة لقياس الجاذبية الساكنة :

أ- جهاز Askania :

عبارة عن ذراع مثبت في أحد طرفيه كتلة ويرتكز علي زنبرك رئيسي .التغيرات في الجاذبية تجعل الذراع يميل وبالتالي تسبب إنحراف في شعاع ضوء ينعكس علي مرآة موضوعة علي الكتلة .وتقاس الإزاحة في شعاع الضوء بواسطة خلية ضوئية كهربائية ،الخارج منها يعرض علي جلفانومتر .ويستخدم زنبرك إضافي يعاد شده باستخدام ميكرومتر لكي يرجع الكتلة إلي وضع الإتزان ،والذي يشار إليه عندما ترجع قراءة الميكرومتر إلي الصفر.

ب- جهاز Boliden :

يعتمد هذا النوع علي أساس أن كثافة المكثف ذو اللوحين المتوازيين تتغير مع المسافة الفاصلة بين اللوحين .الكتلة علي شكل بكرة فيها صفيحة عند كل طرف وتشد بواسطة زنبركين بين لوحي مكثف آخر وبتغير الجاذبية ،الكتلة تتحرك بالنسبة للألواح الثابتة فتتغير الكثافة بين اللوحين العلويين وهذه الحركة يمكن رصدها بسهولة بواسطة دائرة تناغم .تتصل الصفيحتين السفليتين بمصدر تيار مستمر والذي يعطي الكتلة المكوكية تنافر كهروستاتيكي وبتغير الجاذبية وبالتالي إزاحة البكرة أو المكوك بالنسبة للألواح الثابتة فإن

الوضع الأصلي أو المرجعي يمكن الحصول عليه بتغير فرق الجهد المستمر بين زوج الألواح السفلي تصل حساسية هذه الأجهزة 0.1 ملي جال .

ج- جهاز Gulf(hoyt) :

ويشتمل جهاز Gulf لقياس الجاذبية علي زنبرك شريطي حلزوني ملفوف يدور كلما تغير الطول وبالتالي فهو أكثر سهولة في القياس ،مدي القياس صغير جدا ،حيث يكون حوالي (30ملي جال)،بالرغم أنه يمكن التغلب علي هذا إلي حد ما بإعادة شد الزنبرك ،دقة القياسات تتراوح مابين 0.02 -0.05 ملي جال .

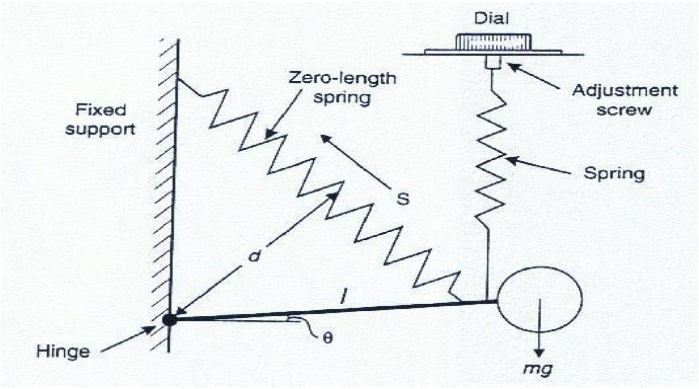
2-1-11-2 أجهزة قياس الجاذبية الغير متزنة (الغير ساكنة):

منذ الثلاثينات وتستخدم أجهزة قياس الجاذبية الغير متزنة علي نطاق أوسع بكثير من الاجهزة المتزنة ففي حالة الأجهزة المتزنة بمجرد ما يضطرب النظام يرجع مرة أخري لوضعه الأصلي بينما في حالة الاجهزة الغير متزنة فإنه يتحرك مبتعدا أكثر عن نقطة الأصل .

علي سبيل المثال إذا رفع قلم موضوع علي طاولة من أحد أطرافه وترك ليسقط فإن القلم سوف يرجع ليكون مسطح علي الطاولة.

علي أي حال لو بدأ القلم بالإتزان عند طرفه ثم اضطرب فإنه سوف يسقط أي أنه سوف يكون غير مستقر بدلا من أن يرجع إلي وضعه الساكن .أهم نقطة في عدم الإستقرار هي تكبير الحركة وبالتالي يصبح من السهل قياسها وهذه هي أساس فكرة جهاز قياس الجاذبية الغير مستقر .

هناك نماذج من أجهزة قياس الجاذبية تستخدم أجهزة مختلفة لتحقيق عدم الإتزان .



شكل (2-8) يوضح آلية عمل جهاز قياس الغير ثابت

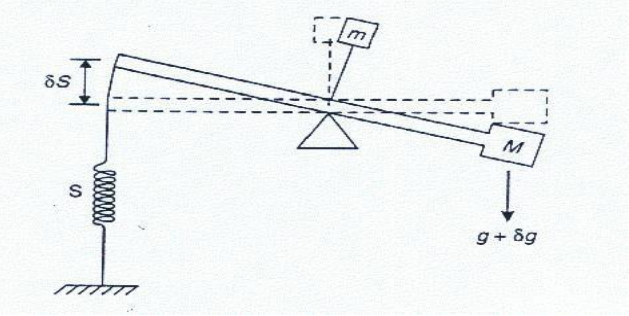
الشكل أعلاه يبين أساس تشغيل جهاز قياس الجاذبية (الغير ثابت) يثبت ذراع أفقي تقريبا من أحد أطرافه بمفصل ويدعم كتلة في الطرف الثاني ،يوصل الذراع إلي الزنبرك الرئيسي الذي هو متصل عند طرفه العلوي بدعامة فوق المفصل .الزنبرك يحاول جذب الذراع إلي أعلي عكس إتجاه عقارب الساعة بواسطة عزم العودة والذي يساوي قوة الإسترجاع في الزنبرك مضروبة في المسافة العمودية من المفصل (d) .عزم العودة هذا يتزن مع عزم العودة للجاذبية والذي يحاول دوران الذراع باتجاه عقارب الساعة حول المفصل وتساوي وزن الكتلة (mg) مضروبا في طول الذراع (l) ،ومضروبا في جيب تمام زاوية الذراع من الافقي (φ) .أي أن عند تغير الجاذبية سوف يتحرك الذراع كاستجابة لهذا التغير ولكن سوف يظل في موقعه الجديد لأن الزنبرك الرئيسي طوله صفر.

أحد مميزات هذا الزنبرك أنه تم صنعه رنان بحيث أن الشد في الزنبرك يتناسب طرديا مع طوله .وهذا يعني أنه لو جميع القوى قد ازيلت من الزنبرك فسوف يهوى إلي الطول الصفري ،وهو الشيء المستحيل عمليا .وميزة أخري للزنبرك ذو الطول الصفري أنه يستخدم في جهاز خطي وإستجابته عالية جدا علي مدي كبير من قيم الجاذبية .

اجهزة قياس الجاذبية الغير ساكنة لا تقيس حركة الكتلة بدلالة التغير في الجاذبيتين ولكنها تتطلب عودة الكتلة المزاحة إلي وضع الصفر باستخدا الميكرومتر .قراءة الميكرومتر تضرب بمعامل معايرة الجهاز لتعطي قيمة الجاذبية ،عادة بدقة حوالي (0.01 مللي جال).

أ- جهاز Thyssen :

جهاز قياس الجاذبية هذا ، رغم أنه قديم جدا إلا أنه يوضح مفهوم عدم الإستقرار بصورة جيدة ولذلك ندرجه لغرض الإيضاح فقط .توضع كتلة إضافية فوق ذراع متزن لكي تسبب شرط عدم الإستقرار ،عند زيادة الجاذبية يميل الذراع يمينا وحركة الكتلة الإضافية تدعم الدوران في إتجاه عقارب الساعة حول المحور وبالعكس عند إنخفاض الجاذبية .وعند إستخدام هذا النوع من أجهزة قياس الجاذبية تكون الحساسية حوالي (0.25 مللي جال).

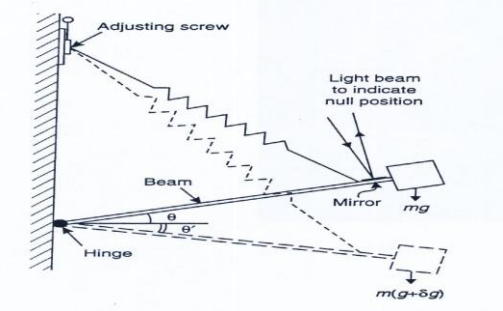


شكل (2-9) يوضح آلية عمل جهاز قياس Thyssen

ب- جهازRombergLacoste- :

هذا الجهاز هو تطوير للسيزموجراف (Lacoste) طويل المدي ذات الفترو الدورية الطويلة .الزنبرك مصنوع من معدن ذو خاصية توصيل حرارية عالية ولكنه لا يمكن عزله تماما لإلغاء التأثيرات الحرارية وبالتالي يجب دائما وضعه داخل حاوي بحيث يحتفظ بالحرارة داخله ثابتة إلي حوالي C 0.002 بواسطة سيرموستات ،يتم الحصول علي نقطة الصفر بمراقبة تدريج من خلال فتحة للعين التي ينعكس عليها شعاع من الضوء من الذراع عندما يكون في وضع ساكن .ولكي يرجع الذراع يقوم المشغل بتدوير جهاز قياس ميكرومتر علي الغطاء الخارجي والذي بدوره يؤدي إلي ضبط وضع الذراع .طول الذراع الكبير يعني أن جهاز قياس الجاذبية يمكن إستخدامه علي مستوي العالم بدون الحاجه لإخضاعه للرجوع إلي الوضع الأول ،وهذه هي ميزة رئيسية علي جميع الاجهزة الاخري .

عند صناعة هذا الجهاز في الثلاثينات كان وزنه ثقيل حوالي 30 كيلوجرام ولكن بإستخدام التقنيات الحديثة أصبح من الممكن تقليل وزنه إلي حوالي 2 كيلوجرام .الزنبرك يمكن أن يغلف (يثبت) وبالتالي جهاز قياس الجاذبية يكون اكثر سهولة في النقل عن الأجهزة الأخري وأيضا أقل حساسية للإهتزازات .



شكل (2-10) يوضح آلية عمل جهازRombergLacoste-

ج- جهاز Worden :

عكس جهاز قياس الجاذبية من نوع Lacoste-Romberg فإن Worden يصنع كاملا من زنبرك زجاج كوارتز وقضبان وألياف تركيب الكوارتز يجعله أكثر سهولة في تقليل تأثيرات الحرارة .لدى هذا الجهاز زنبركين إضافيين ، واحد للضبط الخشن والثاني للضبط الدقيق . وتوضع كل المحتويات في قارورة زجاجية مفرغة الهواء وفي بعض الأنواع يوجد بها ثيرموستات كهربائي .وبما أن الزنبرك لا يمكن تثبيته لذلك فإن جهاز قياس الجاذبية من نوع Worden حساس للإهتزازات ويجب نقله بعناية فائقة .مدي هذا الجهاز حوالي 2000 مللي جال ودقته حوالي (0.01-0.02 ملي جال) .

علي أي حال أجهزة جاذبية الكوارتز قد تكون صعبة جدا للمشغلين المبتدئين والدقة العملية قد تكون (0.1).

صور لبعض انوع الاجهزة:-

شكل (2-12) يوضح جهاز

FG5-X Absolute Gravimeter

شكل (2-13)يوضحجهاز Burris Gravity Meter

12-2 الإجراءات الحقلية في الجاذبية :

1-12-2 تأثير المد والجزر :

يؤثر جذب كل من القمر والشمس علي قياسات الجاذبية الأرضية حيث تقع القياسات تحت تأثيرتغير دوري (كل 12 ساعة) في مجال الجاذبية الأرضية يصل إلي 0.2 مللي جال .وجذب القمر أكبر تأثيرا من جذب الشمس علي مجال الجاذبية الأرضية.وهناك طريقتان لإلغاء تأثيرالمد والجزر علي قياسات أجهزة الجرافيميتر .الأولي منها هي التكرار الدوري لقياسات الجاذبية الأرضية عند نقطة أو أكثر من محطات الاجاذبية المطلقة أو الأساسية وفي زمن يقل عن 6 ساعات .وفي هذه الحالة فإن تصحيح انحراف الجهاز يشمل في الوقت نفسه تصحيح تأثير مد الجزر ،أما الطريقة الثانية فهي إستخدام جداول المد والجزر .

وتصحيح تأثير المد والجزر،يمكن حسابه بعد إجراء التكرار الدوري للقياسات علي نقطتين او أكثر من محطات الجاذبية المطلقة أو الأساسية ،وإستخدام الرسم البياني للعلاقة بين تغير قيم الجاذبية الأرضية عند محطات تكرار القياسات وزمن القياسات أو بإستخدام الحسابات وبرامج خاصة بتقويم بيانات قياسات الجاذبية الأرضية .ويتيح إستخدام الحاسبات وبرامج تقويم البيانات حساب قيم التصحيحات وحساب القيم الصحيحة للجاذبية الأرضية عند نقطة القياسات ويجري تقويم بيانات عجلة الجاذبية الأرضية قبل إجراء أي نوع آخر من التصحيحات .

2-12-2 تاثير إزاحة الجهاز :

قراءة الجرافيميتر عند أي نقطة تعتمد علي (dial scale) وتعتمد علي العلاقة بالقيمة المطلقة للجاذبية عند هذه النقطة .

إذا نقل الجرافيميتر لبضع ساعات أو حتي ترك في مكان واحد ثم يقرأ مرة أخري فيما بعد عند نفس المكان يلاحظ تغير في القراءة .

إذا أخذت قراءات إضافية عبرة فترة من الساعات في نفس المكان ثم رسمت الجاذبية مقابل الزمن سوف نجد أن النقط تميل للسقوط علي منحني أملس .هذا التغير المستمر في قراءات الجاذبية مع الزمن يعرف بالإزاحة (drift) .ويحدث بناءا علي حقيقة أن زنبرك الجرافيميتر ليس مرنا ولكنه معرض لتغير بطيء

عبر الفترات الطويلة .الطريقة المعتادة لتصحيح الإنحراف التدريجي هو تكرار القراءات عند محطة الأساس في فترات من 1-2 ساعة . من منحني الإنحراف نحصل علي قراءة الأساس والتي نطرحها من قراءة المحطة لنحصل علي فرق الجاذبية .

بما أن جميع قراءات الجرافيميتر ذات تدريج عشوائي لذلك تكون المعايرة ضرورية لكي نعبر عن هذه التدريجات بالملي جال .الطريقة المعتادة لإختيار ثابت المعايرة هي قراءة الجرافيميتر عند محطتين يكون فرق الجاذبية بينهما معروف بدقة من قياسات البندول .بعد تصحيح الإنحراف التدريجي ،نحصل علي فرق الجاذبية بين نقطة المشاهدة ومحطة الأساس بضرب القراءة في معامل المعايرة للجرافيميتر .وبمعلومية الفرق في الجاذبية يمكن حساب الجاذبية المطلقة عند نقطة المشاهدة من الجاذبية عند محطة الأساس المعروفة .

3-12-2 المسافة بين المحطات :

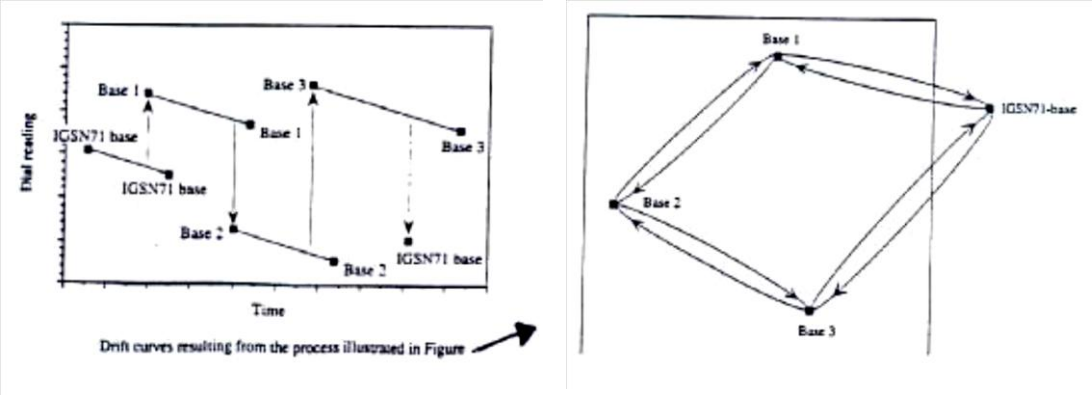
يخطط لوضع محطات الجرافيميتر كلما أمكن في أركان المربع ،طول الشبكة(S) تعتمد أساسا علي العمق (H) للمعلومات الجيولوجية المطلوبة.(S ≤ H) في المسح الواسع تتراوح S من بضع كيلومترات إلي عشرات الكيلومترات .أما في المدي الصغير تتراوح S من 10 إلي 100 متر .وبالنسبة لإستكشافات البترول يكون المدي حوالي 1 كيلو متر.نحاول أن نتجنب وضع المحطات بالقرب من الهيئات الطبوغرافية التي قد تؤثر بشكل كبير علي قراءات الجرافيميتر .

4-12-2 إنشاء محطة القاعدة :

عادة من المفضل ربط قياسات الجاذبية بنوع ذو جاذبية مطلقة معروفة بدقة لذلك يجب أن نجد أقرب IGSN71 أو FGBS المحلية ثم ننسب القياسات إلي قيم IGSN71 أو FGBS بالرغم من أن ذلك للمسح المحدودة المحلية لأن هذه المسح تبحث عن تغيرات الجاذبية ، ولكن بالنسبة للأغراض البحثية ،يفضل ربط المحطات بالـIGSN71 .

لعمل ذلك ،نفترض معدل إنحراف تدريجي خطي والفترات الزمنية البينية قصيرة بحيث أن تغييرات المد والجزر تدخل في منحنيات الإنحراف التدريجي كتغييرات خطية ،طريقة التكرار تبدأ عند محطة IGSN71 وبعد الحصول علي قراءة هناك ،تعتبر محطة القاعدة 1 ثم تتابع بالعودة إلي محطة IGSN71 ،التسلسل يعطي فروق الجاذبية النسبية بين المحطتين بعد تصحيح الإنحراف التدريجي .وبما أن قيم الجاذبية

المطلقة معروفة في محطة الـIGSN71 إذا نعرف القيمة المطلقة للجاذبية في محطة القاعده 2،وهكذا نحدد قيمة الجاذبية المطلقة عند المحطة 3 ،العملية النهائية تستخدم محطة القاعدة 3 لمعرفة قيمة المحطة IGSN71،نادرا ما تكون هذه القيمة مثل القيمة المنشأة أصلا والفرق يعطي كمية مؤشر الخطأ في قياسات محطة القاعدة من 1 إلي 3 .



شكل (2-14) يوضح كمية مؤشر الخطأ

5-12-2 تحديد الإرتفاعات:

يجب معرفة إرتفاع المحطة في مدي من (25-30) سم لكي تحتفظ قيم شذوذ بوجير بدقة أفضل من 0.1 مللي جال .تبين الخرائط الطبوغرافية مواقع علامات المنصات (Benchmarks) وهي نقطة مقاسة الإرتفاع بدرجة عالية من الدقة ،علامات المنصات هي أنبوب إسطواني من النحاس الأصفر مثبتة في خرسانة وتعتبر نقطة مرجعية للمسح المتنقل ،نقاط أخري (تسمي نقط الإرتفاع) توضح علي معظم الخرائط الطبوغرافية وهي نقط تم تحديد الإرتفاعات عندها .بالرغم من أن هذه النقط توضع في مواقع سهلة التعريف مثل تقاطع الطرق إلا أن النقطة نفسها لا تعرف في الحقل وبالتالي فهناك إحتمال خطأ كبير .حديثا يستخدم نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).

13-2 تصحيحات الجاذبية:

تتأثر الأرض بقوى التجاذب من القمر والشمس وعلي ضوء ذلك يحصل لها تشوهات من فترة لأخري .مما يترتب عليه تأثر قيم الجاذبية عند أي نقطة بهذه التشوهات .علاوة علي ذلك تتغير قيمة الجاذبية من موقع لآخر .وتتغير القراءات أيضا في نفس الموقع .وهذا الفرق يعرف بشذوذ الجاذبية .علي ضوء هذه التغيرات تصحح قراءات الجاذبية الأرضية للعوامل التالية :

- قوة جذب الأرض
- قوة الطرد المركزية (تكون أعلي مايمكن عند خط الإستواء)
- نصف قطر الأرض عند خط الإستواء أكبر منه عند الأقطاب
- شكل الكتل الأرضية وتغير طبوغرافية الأرض من موقع لآخر
- موقع جهاز الرصد من مستوي سطح البحر
- تغير كثافة الاجسام بين جهاز الرصد ومستوي سطح البحر
- الجذور الخفيفة الكثافة للقارات والجبال العالية
- الجذور العكسية العالية الكثافة للمحيطات

بعد الإنتهاء من إجراء قياسات الجاذبية الأرضية ،فإنه لمقارنة هذه القياسات مع قيم الجاذبية القياسية عند نقطة القياس يلزم إجراء بعد التصحيحات علي قيم الجاذبية الأرضية المقاسة قبل إستخدامها في الأغراض العلمية البحثية والإقتصادية المختلفة ،وتجري هذه التصحيحات للوصول بقيم الجاذبية الأرضية المقاسة إلي الدقة المطلوبة لهذه الدراسات .وتهدف هذه التصحيحات أولا إلي التخلص من عدد من الظواهر المؤثرة في دقة القياسات .وثانيا نسبة القياسات إلي مستوي معين من سطح الأرض يؤخذ كمرجع عام لتلك النوعية من القياسات وتشمل مايلي :

أولا تصحيحات الإنحراف للأجزاء المرنة بأجهزة القياسات وكذلك تأثير المد والجزر وهي مايلزم إجراؤها قبل إرجاع قيمة الجاذبية الارضية إلي المستوي المرجعي الثابت .

ثانيا تصحيحات تساعد في في حساب قيم الجاذبية الأرضية وإرجاع قيمها إلي مستوي ثابت تم إختياره لها الغرض (تصحيح خط العرض – الهواء الحر – بوجير – التضاريس).

1-13-2 تصحيح خط العرض:

يعمل هذا التصحيح لإزالة زيادة الجاذبية من خط الإستواء إلي الأقطاب . تتغير الجاذبية مع خط العرض بسبب الشكل الإهليجي للأرض وبسبب السرعة الزاوية لأي نقطة علي سطح الأرض تصل الحد الأعلي عند خط الإستواء وتصل إلي الصفر عند الأقطاب .

وكما سبق ذكره أن هناك زيادة قدرها 21 كلم في نصف القطر الإستوائي عنه عند الأقطاب وبالتالي نجد أن النقاط بالقرب من خط الإستواء أبعد من مركز الأرض عنها عند الأقطاب مسببة زيادة في الجاذبية من خط الإستواء بإتجاه الأقطاب .وعلي ضوء ذلك نجد أن

هذا التصحيح يطرح أو يجمع لفرق الجاذبية المقاسة إعتمادا علي موقع خط عرض المحطة من محطة القاعدة .(يجمع التصحيح إذا كانت المحطة شمال محطة القاعدة ويطرح إذا كانت المحطة جنوب محطة القاعدة).

2-13-2 تصحيح الهواء الحر:

لمقارنة قيم عجلة الجاذبية الأرضية المقاسة علي سطح الأرض مع قيم عجلة الجاذبية القياسية أختير سطح الجيويد كأفضل مستوي يمثل درجة تقريب عالية لشكل الأرض .

ولإجراء المقارنة بين قيم الجاذبية الأرضية المقاسة وقيم الجاذبية الأرضية القياسية عند سطح الجيويد حيث يجري تصحيح القياسات تبعا لقيم هذه الإرتفاعات .

ويهدف تصحيح الهواء الحر إلي العودة بقيم الجاذبية الأرضية التي قلت قيمتها مع زيادة الإرتفاعات إلي قيمتها الحقيقية ،وتأخذ فقط قيمة الإرتفاع (h) في الإعتبار عند إجراء هذا التصحيح .وتضاف قيمة هذا التصحيح إلي القيمة المقاسة قبل مقارنتها مع القيمة القياسية لعجلة الجاذبية الأرضية .وقد اخذ في الإعتبار لحساب قيمة هذا التصحيح كروية الأرض وتجانسها ووجد أن قيمة الجاذبية الأرضية تقل بمقدار 0.3086 مللي جال/م ،أي أنه يلزم إضافة تصحيح قدره (0.3086h) مللي جال لقيمة عجلة الجاذبية الأرضية المقاسة ،حيث h هي قيمة الإرتفاع عن متوسط سطح البحرمقدرة بالمتر .

يضاف تصحيح الهواء الحر إلي الجاذبية المقاسة إذا كان موقع المحطة فوق مستوي سطح البحر أو السطح المرجعي أو محطة القاعدة وتطرح إذا كان العكس .بعد إجراء تصحيح الهواء الحر يمكن حساب مايسمي بشاذة الفراغ بطرح قيمة عجلة الجاذبية النظرية من قيمة عجلة الجاذبية الأرضية المقاسة بعد التصحيح .كما يمكن إنشاء خرائط تسمي خرائط الهواء الحر .وتستخدم هذه الخرائط في بعض الدراسات والبحوث الخاصة بدراسة باطن الأرض .

3-13-2 تصيح بوجير:

يهدف تصحيح بوجير إلي العودة بقيمة الجاذبية الأرضية المقاسة إلي قيمتها الحقيقية آخذا في الإعتبار جذب المادة الصخرية بين محطة القياس وسطح الجيويد بالإضافة إلي تأثير الجهاز نفسه .وقد سمي هذا التصحيح بتصحيح بوجير نسبة إلي العالم الرياضي الفرنسي بيير بوجير الذي حاول تعيين شكل الأرض .وتطرح قيمة التصحيح من القيمة المقاسة ففي حالة انخفاض محطة القياس عن سطح الجيويد .هذا التصحيح يمثل بقيم سالبة فوق المناطق الجبلية وقيم موجبة في قيعان البحر عكس تصحيح الهواء الحر .

بعد إجراء تصحيحات البوجير يمكن حساب ما يسمي شاذة بوجير بطرح قيمة عجلة الجاذبية القياسية من قيمة عجلة الجاذبية الارضية المقاسة بعد إجراء كل مكن تصحيحي الفراغ والبوجير .كما يمكن إنشاء خرائط البوجير .وتستخدم هذه الخرائط في بحوث وتطبيقات علم الجاذبية الأرضية .

4-13-2 تصحيح التضاريس:

لإجراء قياسات دقيقة لعجلة الجاذبية الأرضية ،ينبغي وضع تصحيح قيمة عجلة الجاذبية الأرضية المقاسة بالنسبة لطبوغرافية المنطقة المحيطة في الإعتبار ويسمي ذلك تصحيح التضاريس .

وتستلزم الضرورة إجراء هذا التصحيح للوصول بقياسات عجلة الجاذبية الأرضية إلي دقة عالية تتطلبها بعض الدراسات .وتأتي أهمية هذا التصحيح نظرا لأن قيمة تصحيح البوجير تكون عالية نسبيا في حالة قرب محطات قياس الجاذبية الأرضية من الوديان ،نظرا لإشتمال تصحيح البوجير علي جذب المادة الصخرية .وحيث أن المادة الصخرية غير موجودة ،فإنه يلزم إضافة تصحيح التضاريس لإلغاء جذب المادة الصخرية ،أيضا في محطات القياس القريبة من الجبال تكون قيمة الجاذبية الأرضية المقاسة أصغر من قيمتها الحقيقية ،وبالتالي فإنه يلزم إضافة تصحيح التضاريس للحصول علي القيمة الصحيحية .

ويجري حساب تصحيح التضاريس بإستخدام تنظيم خاص يمكن من حساب متوسطات الإرتفاعات من الخرائط الطبوغرافية وإستخدام معادلات خاصة .ويضاف تصحيح التضاريس لقيمة تصحيح البوجير .ويتم إنشاء خرائط البوجير بعد إجراء هذه التصحيحات .

الباب الثالث

الحسابات والنتائج

1-3 الحسابات:

تتم اجراء العمليات الحسابية (المعادلات اللازمة) لحساب الجيويد بإستخدام معادلة ستوكس (STOKE'S Formula) ويوجد منها عدة طرق لحساب ارتفاع الجيود من أهمها :

- الطريقة ال(template)
- طريقة ال(Grid) المربعات

سيتم استخدام طريقة المربعات (grids) لحساب الارتفاع وذلك بتقسيم منطقة البحث الي مربعات (شبه مربعات) ذات ابعاد (10×10) دقائق . يتم حساب ارتفاع الجيويد للنقاط عن طريق معادلة استوكس المعدلة وهي تتم في الخطوات التالية :

1- يتم حساب متوسط الجاذبية لكل مربع (Δg) وذلك بجمع قراءات الجاذبية للاربعة نقاط المكونة للمربع (الاركان) حسب المعادلة (1):

$$\Delta g = \frac{g1+g2+g3+g4}{4} \text{ ----------(1-3)}$$

2- يتم حساب احداثيات مركز المربع بطريقة الأستكمال البيني أو بأي طريقة رياضية أخري معروفة .

3- يتم حساب المسافة الكروية (Ψ) (spherical Distance) بين المراد حساب أرتفاع الجيويد عندها ومركز المربعات المحسوب منها عن طريق المعادلة (2):

$$\Psi = \cos^{-1}\{\sin\phi_0 * \sin\phi + \cos\phi_0 * \cos\phi * \cos(\lambda - \lambda_0)\} \quad \text{------(2-3)}$$

4- يتم حساب دالة ستوكس S(Ψ) من المعادلة (3):

$$S(\Psi) = \frac{1}{\sin\frac{\Psi}{2}} - 6\sin\frac{\Psi}{2} + 1 - 5\cos\Psi - 3\cos\Psi * \ln\left(\sin\frac{\Psi}{2} + \sin^2\frac{\Psi}{2}\right) \quad \text{-----(3-3)}$$

5- يتم حساب ابعاد كل مربع أو فروق خطوط الطول ودوائر العرض dø و dλ .

6- يتم حساب Q لكل مربع من العادلة (4) :

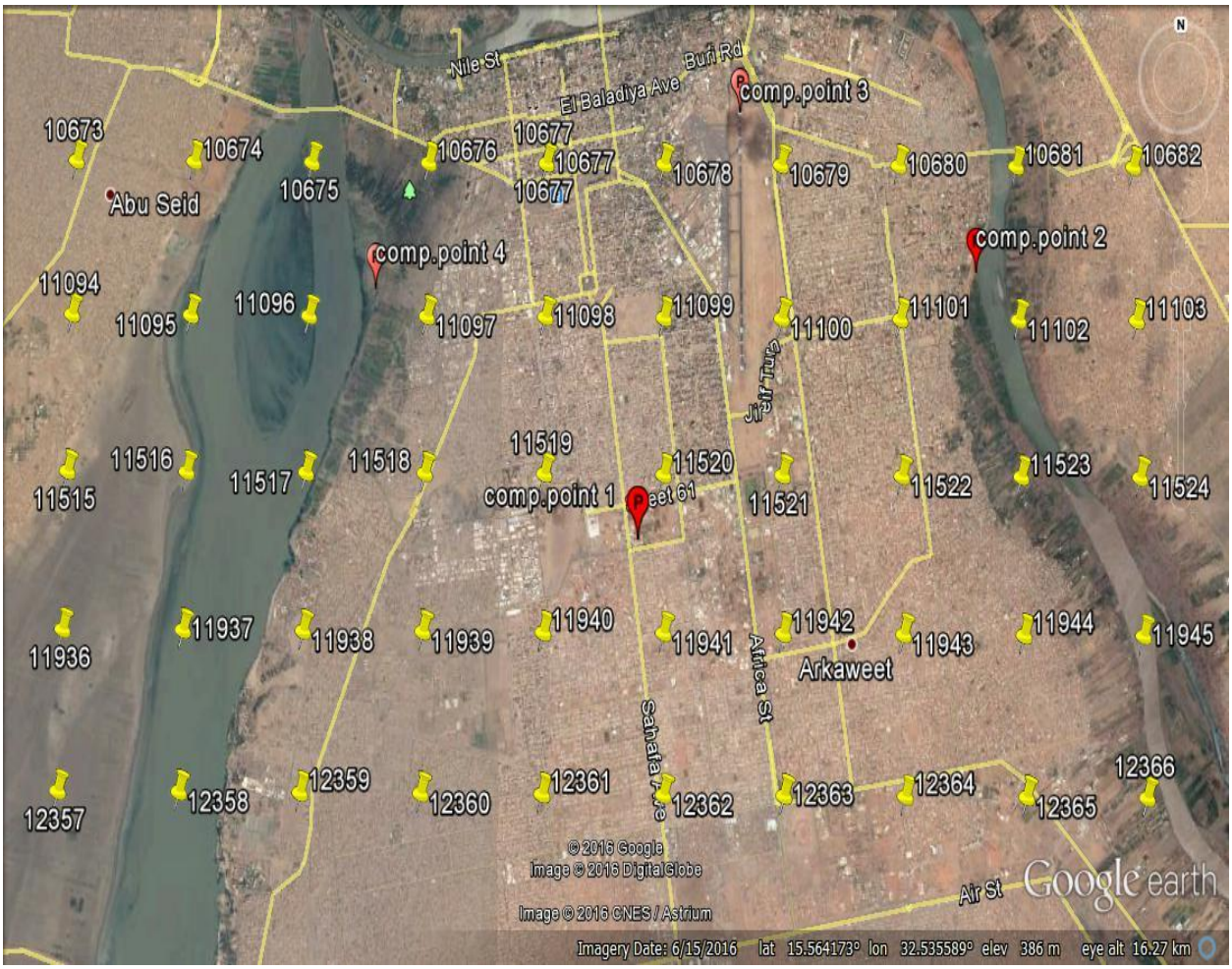
$$Q = \Delta g * S(\Psi) * d\phi * d\lambda * \cos\phi \text{----------(4-3)}$$

7- يتم حساب ارتفاع الجيويد للنقاط عن طريق مجموع الQ لجميع النقاط من المعادلة (5):

$$N = \frac{R}{4\pi G} * \sum Q \qquad \text{----------(5-3)}$$

2-3 النتــائج :

يتم تقسيم المساحة المدروسة إلي قطاعات او مربعات (Grids) ومن ثم يتم التعامل مع كل وحدة مربعة علي حده وذلك كما في الشكل(3-1) التالي :



الشكل (3-1) يبين المساحه المدروسة مع النقاط المراد حساب ارتفاع الجيويد عنده

10673	10674	10675	10676	10677	10678	10679	10680	10681	10682
11094	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	11103
11515	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	11524
11936	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	11945
	Q28	Q29	Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	
12357	12358	12359	12360	12361	12362	12363	12364	12365	12366

الشكل (3-2) يبين تقسيم المساحة المدروسة الي مربعات (Grids)

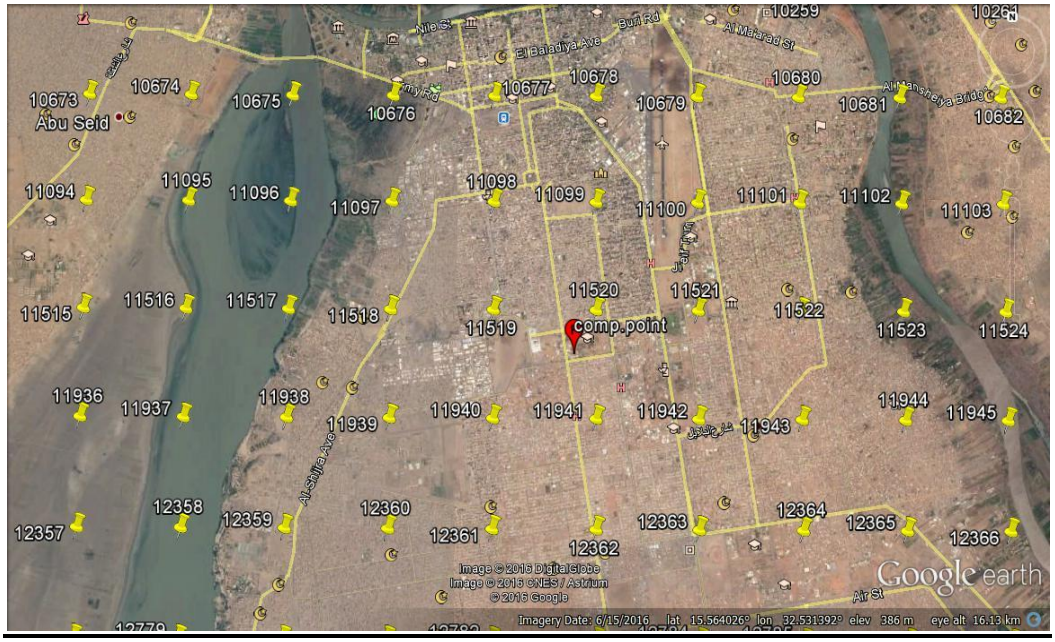
تم أجراء الخطوات (المعادلات) أعلاه لحساب اربعة نقاط مختلفة في منطقة الدراسة ، ثم حساب قيمة أرتفاع الجيويد من عدد من المربعات (28) مربع .

وتم استخراج نتائج الحساب لكل نقطة كما موضح في الجداول ادناه :

3-2-1 النقطة C.P 1 :

الجدول (3-1) يوضح احداثيات computation point 1

Computation point	Latitude (ø)	Longitude (λ)
1	15.558668	32.538658



الشكل (3-2) يبين موقع النقطة (1) computation point بالنسبة للشبكة

النقطة C.P 1 تم حساب ارتفاع الجيويد عندها ، وذلك باستخدام المربعات (Q) وهي :

الجدول (3-2) يبين حسابات النقطة (1) computation point للوصل لقيمة Q

Q ID	point ID	E	N	FreeAir	Elevation	Q = ∆g.S(Ψ). Dø. Dλ.cos ø
Q10	11094	15.5795	32.4583	-1.2	385	
	11095	15.5795	32.475	-1.1	377	-0.56377963
	11515	15.5634	32.4583	-1.4	383	
	11516	15.5634	32.475	-1.6	377	

Q19	11515	15.5634	32.4583	-1.4	383	
	11516	15.5634	32.475	-1.6	377	-0.697798168
	11936	15.5474	32.4583	-1.6	379	
	11937	15.5474	32.475	-1.9	377	
Q28	11936	15.5474	32.4583	-1.6	379	
	11937	15.5474	32.475	-1.9	377	-0.771158267
	12357	15.5313	32.4583	-1.7	377	
	12358	15.5313	32.475	-2.2	377	
Q11	11095	15.5795	32.475	-1.1	377	
	11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	-0.669595064
	11516	15.5634	32.475	-1.6	377	
	11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	
Q20	11516	15.5634	32.475	-1.6	377	
	11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	-0.961591916
	11937	15.5474	32.475	-1.9	377	
	11938	15.5474	32.4917	-2	381	
Q29	11937	15.5474	32.475	-1.9	377	
	11938	15.5474	32.4917	-2	381	-1.123160654
	12358	15.5313	32.475	-2.2	377	
	12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	
Q12	11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	
	11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	-0.679018913
	11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	
	11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	
Q21	11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	
	11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	-1.243314906
	11938	15.5474	32.4917	-2	381	
	11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	
Q30	11938	15.5474	32.4917	-2	381	
	11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	-1.522783614
	12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	

	12360	15.5313	32.5083	-2.4	385	
Q4	10676	15.5955	32.5083	0.5	383	
	10677	15.5955	32.525	1.3	385	0.373252466
	11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	
	11098	15.5795	32.525	0.3	385	
Q13	11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	
	11098	15.5795	32.525	0.3	385	-0.511910808
	11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	
	11519	15.5634	32.525	-0.6	385	
Q5	10677	15.5955	32.525	1.3	385	
	10678	15.5955	32.5417	2.1	385	1.189974538
	11098	15.5795	32.525	0.3	385	
	11099	15.5795	32.5417	1	385	
Q23	11519	15.5634	32.525	-0.6	385	
	11520	15.5634	32.5417	0	385	-3.771382652
	11940	15.5474	32.525	-1.5	385	
	11941	15.5474	32.5417	-1	385	
Q32	11940	15.5474	32.525	-1.5	385	
	11941	15.5474	32.5417	-1	385	-2.459941113
	12361	15.5313	32.525	-2.2	385	
	12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	
Q6	10678	15.5955	32.5417	2.1	385	
	10679	15.5955	32.5583	2.9	385	1.864737356
	11099	15.5795	32.5417	1	385	
	11100	15.5795	32.5583	1.8	385	
Q15	11099	15.5795	32.5417	1	385	
	11100	15.5795	32.5583	1.8	385	1.496402675
	11520	15.5634	32.5417	0	385	
	11521	15.5634	32.5583	0.6	387	
Q24	11520	15.5634	32.5417	0	385	

	11521	15.5634	32.5583	0.6	387	-0.515382393
	11941	15.5474	32.5417	-1	385	
	11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	
Q33	11941	15.5474	32.5417	-1	385	
	11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	-1.56843677
	12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	
	12363	15.5313	32.5583	-1.4	385	
Q7	10679	15.5955	32.5583	2.9	385	
	10680	15.5955	32.575	3.6	385	2.031357715
	11100	15.5795	32.5583	1.8	385	
	11101	15.5795	32.575	2.5	387	
Q16	11100	15.5795	32.5583	1.8	385	
	11101	15.5795	32.575	2.5	387	1.550052358
	11521	15.5634	32.5583	0.6	387	
	11522	15.5634	32.575	1.3	387	
Q25	11521	15.5634	32.5583	0.6	387	
	11522	15.5634	32.575	1.3	387	0.463806315
	11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	
	11943	15.5474	32.575	0.2	387	
Q8	10680	15.5955	32.575	3.6	385	
	10681	15.5955	32.5917	4.4	381	1.966646599
	11101	15.5795	32.575	2.5	387	
	11102	15.5795	32.5917	3.2	381	
Q17	11101	15.5795	32.575	2.5	387	
	11102	15.5795	32.5917	3.2	381	1.498416026
	11522	15.5634	32.575	1.3	387	
	11523	15.5634	32.5917	2	383	
Q26	11522	15.5634	32.575	1.3	387	
	11523	15.5634	32.5917	2	383	0.739807567
	11943	15.5474	32.575	0.2	387	
	11944	15.5474	32.5917	0.8	387	

Q35	11943	15.5474	32.575	0.2	387	
	11944	15.5474	32.5917	0.8	387	-0.01584907
	12364	15.5313	32.575	-0.8	387	
	12365	15.5313	32.5917	-0.3	387	
Q8	10681	15.5955	32.5917	4.4	381	
	10682	15.5955	32.6083	5	387	1.858892635
	11102	15.5795	32.5917	3.2	381	
	11103	15.5795	32.6083	3.9	387	
Q18	11102	15.5795	32.5917	3.2	381	
	11103	15.5795	32.6083	3.9	387	1.453715068
	11523	15.5634	32.5917	2	383	
	11524	15.5634	32.6083	2.7	385	
Q27	11523	15.5634	32.5917	2	383	
	11524	15.5634	32.6083	2.7	385	0.875309817
	11944	15.5474	32.5917	0.8	387	
	11945	15.5474	32.6083	1.5	383	
Q36	11944	15.5474	32.5917	0.8	387	
	11945	15.5474	32.6083	1.5	383	0.287576171
	12365	15.5313	32.5917	-0.3	387	
	12366	15.5313	32.6083	0.4	385	

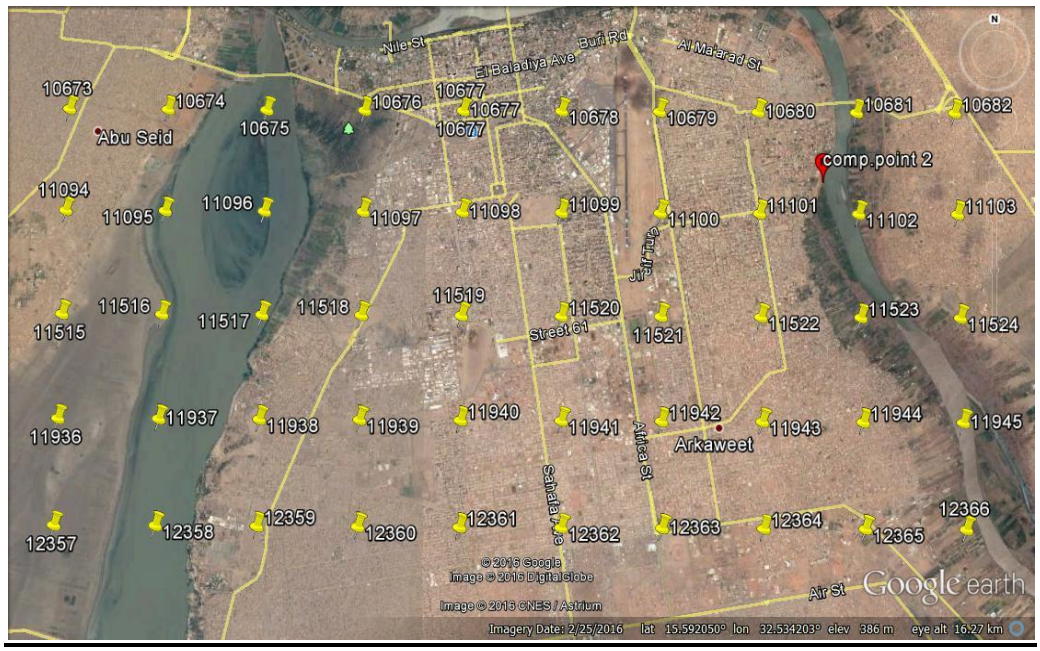
$\sum$ Q = 0.574843367

N=$\frac{6371}{4\times\pi\times98.1}$* 0.574843367 =2.97233998 m

2-2-3 النقطة C.P 2 :

الجدول (3-3) يوضح احداثيات computation point 2

Computation point	Latitude (ø)	Longitude (λ)
2	15.586267	32.536339



الشكل (3-4) يبين موقع النقطة computation point (2) بالنسبة للشبكة

النقطة C.P 2 تم حساب ارتفاع الجيويد عندها ، وذلك باستخدام المربعات (Q) وهي :

الجدول (3-4) يبين حسابات النقطة computation point (2) للوصل لقيمة Q

No	Q ID	point ID	E	N	Free Air	Elevation	Q = Δg.S(ψ). Dø. Dλ.cos ø
1	Q1	10673	15.5955	32.4583	-0.8	389	

		10674	15.5955	32.475	-0.6	381	-0.240563
		11094	15.5795	32.4583	-1.2	385	0
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
							0
2	Q10	11094	15.5795	32.4583	-1.2	385	0
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	-0.343958
		11515	15.5634	32.4583	-1.4	383	0
		11516	15.5634	32.475	-1.6	377	0
							0
3	Q19	11515	15.5634	32.4583	-1.4	383	0
		11516	15.5634	32.475	-1.6	377	-0.408411
		11936	15.5474	32.4583	-1.6	379	0
		11937	15.5474	32.475	-1.9	377	0
							0
4	Q28	11936	15.5474	32.4583	-1.6	379	0
		11937	15.5474	32.475	-1.9	377	-0.448864
		12357	15.5313	32.4583	-1.7	377	0
		12358	15.5313	32.475	-2.2	377	0
							0
5	Q2	10674	15.5955	32.475	-0.6	381	0
		10675	15.5955	32.4917	-0.1	375	-0.196084
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
		11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	0
							0
6	Q11	11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
		11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	-0.367833
		11516	15.5634	32.475	-1.6	377	0
		11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	0
							0
7	Q20	11516	15.5634	32.475	-1.6	377	0
		11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	-0.497152
		11937	15.5474	32.475	-1.9	377	0
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
							0
8	Q29	11937	15.5474	32.475	-1.9	377	0
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	-0.583826
		12358	15.5313	32.475	-2.2	377	0
		12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	0

							0
9	Q3	10675	15.5955	32.4917	-0.1	375	0
		10676	15.5955	32.5083	0.5	383	-0.06247
		11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	0
		11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	0
							0
10	Q12	11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	0
		11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	-0.31835
		11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	0
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	0
							0
11	Q21	11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	0
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	-0.52748
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	0
							0
12	Q30	11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	-0.67366
		12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	0
		12360	15.5313	32.5083	-2.4	385	0
							0
13	Q13	11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	0
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	-0.18548
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	0
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
							0
14	Q22	11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	0
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	-0.50472
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	0
		11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
							0
15	Q5	10677	15.5955	32.525	1.3	385	0
		10678	15.5955	32.5417	2.1	385	0.684541
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	0
		11099	15.5795	32.5417	1	385	0
							0
16	Q14	11098	15.5795	32.525	0.3	385	0

		11099	15.5795	32.5417	1	385	0.098575
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
		11520	15.5634	32.5417	0	385	0
							0
17	Q23	11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
		11520	15.5634	32.5417	0	385	-0.38688
		11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
							0
18	Q32	11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	-0.71402
		12361	15.5313	32.525	-2.2	385	0
		12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	0
							0
19	Q6	10678	15.5955	32.5417	2.1	385	0
		10679	15.5955	32.5583	2.9	385	1.642317
		11099	15.5795	32.5417	1	385	0
		11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0
							0
20	Q15	11099	15.5795	32.5417	1	385	0
		11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0.66403
		11520	15.5634	32.5417	0	385	0
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
							0
21	Q24	11520	15.5634	32.5417	0	385	0
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	-0.12662
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
							0
22	Q33	11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	-0.59776
		12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	0
		12363	15.5313	32.5583	-1.4	385	0
							0
23	Q16	11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0
		11101	15.5795	32.575	2.5	387	1.91973
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
		11522	15.5634	32.575	1.3	387	0

							0
24	Q25	11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
		11522	15.5634	32.575	1.3	387	0.348166
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
							0
25	Q34	11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	-0.35482
		12363	15.5313	32.5583	-1.4	385	0
		12364	15.5313	32.575	-0.8	387	0
							0
26	Q26	11522	15.5634	32.575	1.3	387	0
		11523	15.5634	32.5917	2	383	1.028315
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	0
							0
27	Q35	11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	-0.01591
		12364	15.5313	32.575	-0.8	387	0
		12365	15.5313	32.5917	-0.3	387	0
							0
28	Q27	11523	15.5634	32.5917	2	383	0
		11524	15.5634	32.6083	2.7	385	1.537935
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	0
		11945	15.5474	32.6083	1.5	383	0

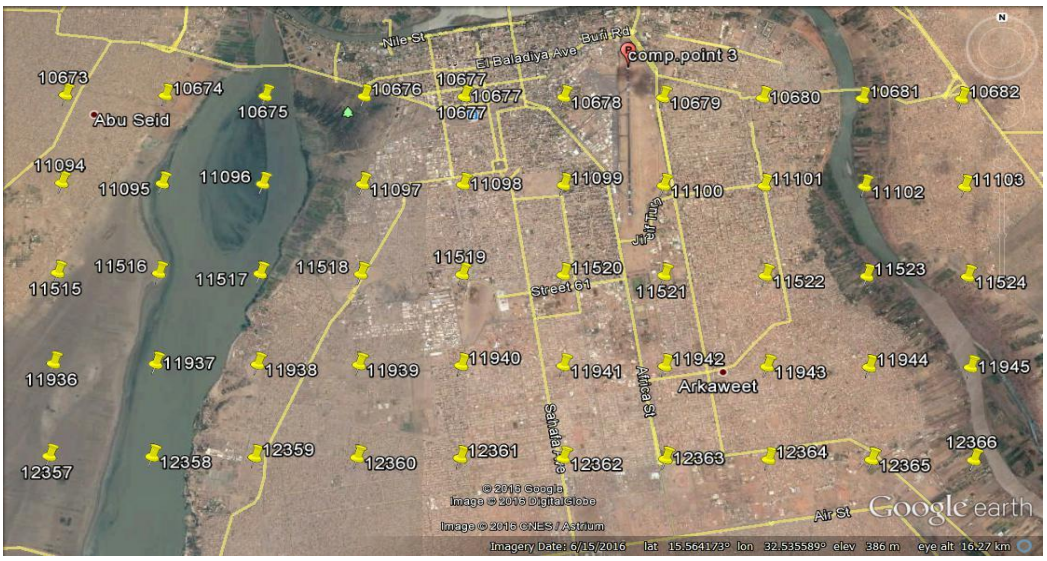
$\sum Q = 0.36874997$

$N=\frac{6371}{4\times\square\times 98.1} * 0.36874997 = \underline{1.906693789\ m}$

3-2-3 النقطة C.P 3 :

الجدول (3-5) يوضح احداثيات computation point 3

Computation point	Latitude (ø)	Longitude (λ)
3	15.602879	32.553051



الشكل (3-5) يبين موقع النقطة computation point (3) بالنسبة للشبكة

النقطة C.P 3 تم حساب ارتفاع الجيويد عندها ، وذلك باستخدام المربعات (Q) وهي :

الجدول (3-6) يبين حسابات النقطة (3) computation point للوصل لقيمة Q

No	Q ID	point ID	E	N	Free air	Elevation	Q = ∆g.S(ψ). Dø. Dλ.cos ø
1	Q1	10673	15.5955	32.4583	-0.8	389	
		10674	15.5955	32.475	-0.6	381	-0.32650993
		11094	15.5795	32.4583	-1.2	385	0
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
							0
2	Q10	11094	15.5795	32.4583	-1.2	385	0
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	-0.44795365
		11515	15.5634	32.4583	-1.4	383	0
		11516	15.5634	32.475	-1.6	377	0
							0
3	Q19	11515	15.5634	32.4583	-1.4	383	0
		11516	15.5634	32.475	-1.6	377	-0.50731589
		11936	15.5474	32.4583	-1.6	379	0
		11937	15.5474	32.475	-1.9	377	0
							0
4	Q28	11936	15.5474	32.4583	-1.6	379	0
		11937	15.5474	32.475	-1.9	377	-0.53239847
		12357	15.5313	32.4583	-1.7	377	0
		12358	15.5313	32.475	-2.2	377	0
							0
5	Q2	10674	15.5955	32.475	-0.6	381	0
		10675	15.5955	32.4917	-0.1	375	-0.28136119
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
		11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	0
							0
6	Q11	11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
		11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	-0.49607726

		11516	15.5634	32.475	-1.6	377	0
		11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	0
							0
7	Q20	11516	15.5634	32.475	-1.6	377	0
		11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	-0.62646268
		11937	15.5474	32.475	-1.9	377	0
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
							0
8	Q29	11937	15.5474	32.475	-1.9	377	0
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	-0.69170841
		12358	15.5313	32.475	-2.2	377	
		12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	
9	Q3	10675	15.5955	32.4917	-0.1	375	
		10676	15.5955	32.5083	0.5	383	-0.09698419
		11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	
		11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	
10	Q12	11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	
		11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	-0.44683337
		11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	
11	Q21	11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	-0.66920136
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	0
							0
12	Q30	11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	-0.78761076
		12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	0
		12360	15.5313	32.5083	-2.4	385	0
							0
13	Q4	10676	15.5955	32.5083	0.5	383	0
		10677	15.5955	32.525	1.3	385	0.34894082
		11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	0
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	0
							0

14	Q13	11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	0
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	-0.26997408
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	0
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
							0
15	Q22	11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	0
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	-0.63056218
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	0
		11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
16	Q5	10677	15.5955	32.525	1.3	385	0
		10678	15.5955	32.5417	2.1	385	1.425128351
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	0
		11099	15.5795	32.5417	1	385	0
							0
17	Q23	11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
		11520	15.5634	32.5417	0	385	-0.45080313
		11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
							0
18	Q32	11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	-0.74630467
		12361	15.5313	32.525	-2.2	385	0
		12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	0
							0
19	Q6	10678	15.5955	32.5417	2.1	385	0
		10679	15.5955	32.5583	2.9	385	3.662162495
		11099	15.5795	32.5417	1	385	0
		11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0
							0
20	Q15	11099	15.5795	32.5417	1	385	0
		11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0.798790464
		11520	15.5634	32.5417	0	385	0
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
							0
21	Q24	11520	15.5634	32.5417	0	385	0
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	-0.12423489
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	0

		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
							0
22	Q33	11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	-0.55055893
		12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	0
		12363	15.5313	32.5583	-1.4	385	0
							0
23	Q25	11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
		11522	15.5634	32.575	1.3	387	0.256574555
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
							0
24	Q34	11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	-0.27734514
		12363	15.5313	32.5583	-1.4	385	0
		12364	15.5313	32.575	-0.8	387	0
							0
25	Q17	11101	15.5795	32.575	2.5	387	0
		11102	15.5795	32.5917	3.2	381	1.568193338
		11522	15.5634	32.575	1.3	387	0
		11523	15.5634	32.5917	2	383	0
							0
26	Q26	11522	15.5634	32.575	1.3	387	0
		11523	15.5634	32.5917	2	383	0.574048009
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	0
							0
27	Q35	11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	-0.01072885
		12364	15.5313	32.575	-0.8	387	0
		12365	15.5313	32.5917	-0.3	387	0
							0
28	Q27	11523	15.5634	32.5917	2	383	0
		11524	15.5634	32.6083	2.7	385	0.790568755
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	0
		11945	15.5474	32.6083	1.5	383	0

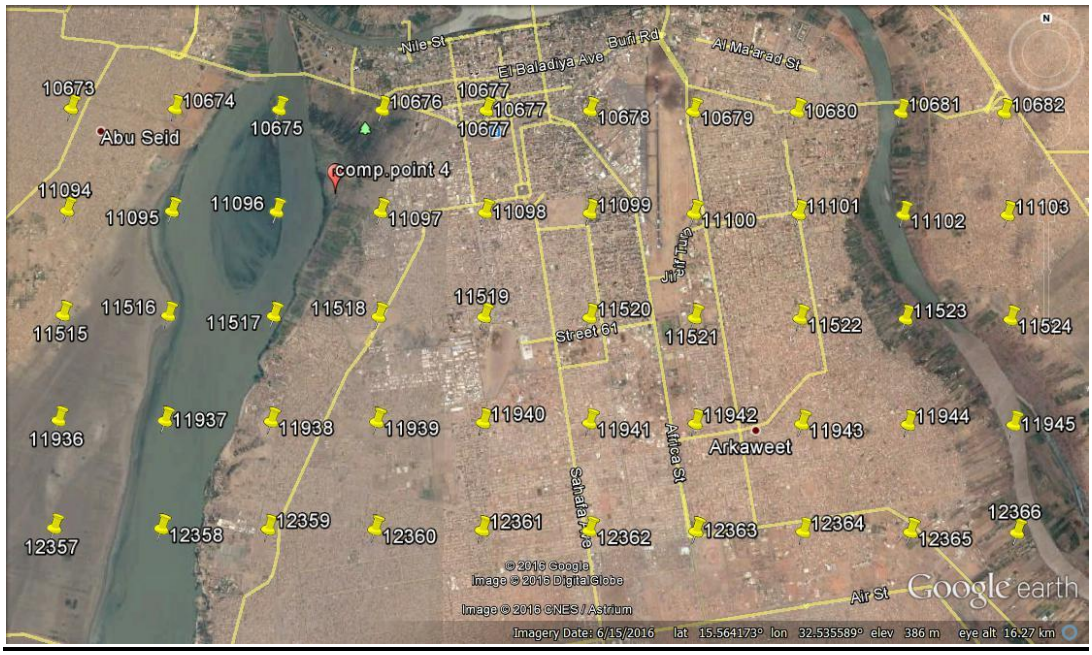
$\sum Q = 0.45347775$

$N=\frac{6371}{4\times\square\times98.1} * 0.45347775 = \underline{2.344795336\ m}$

4-2-3 النقطة C.P 4 :

الجدول (3-7) يوضح احداثيات computation point 4

Computation point	Latitude (ø)	Longitude (λ)
4	15.584302	32.501541



الشكل (3-6) يبين موقع النقطة computation point (4) بالنسبة للشبكة

النقطة C.P 4 تم حساب ارتفاع الجيويد عندها ، وذلك باستخدام المربعات (Q) وهي:

الجدول (3-8) يبين حسابات النقطة (4) computation point للوصل لقيمة مجموع Q

No	Q ID	point ID	E	N	freeAir	Elevation	Q=∆g.S(ψ). ø. Dλ.cos ø
1	Q1	10673	15.5955	32.4583	-0.8	389	
		10674	15.5955	32.475	-0.6	381	-0.81294635
		11094	15.5795	32.4583	-1.2	385	0
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
							0
2	Q28	11936	15.5474	32.4583	-1.6	379	0
		11937	15.5474	32.475	-1.9	377	-0.98718678
		12357	15.5313	32.4583	-1.7	377	0
		12358	15.5313	32.475	-2.2	377	0
							0
3	Q2	10674	15.5955	32.475	-0.6	381	0
		10675	15.5955	32.4917	-0.1	375	-1.08003129
		11095	15.5795	32.475	-1.1	377	0
		11096	15.5795	32.4917	-0.8	375	0
							0
4	Q29	11937	15.5474	32.475	-1.9	377	0
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	-1.31773594
		12358	15.5313	32.475	-2.2	377	0
		12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	0
							0
5	Q21	11517	15.5634	32.4917	-1.4	377	0
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	-1.6038867
		11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	0
							0
6	Q30	11938	15.5474	32.4917	-2	381	0
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	-1.4209611
		12359	15.5313	32.4917	-2.4	383	0
		12360	15.5313	32.5083	-2.4	385	0

							0
7	Q4	10676	15.5955	32.5083	0.5	383	0
		10677	15.5955	32.525	1.3	385	0.8933405
		11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	0
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	0
							0
8	Q13	11097	15.5795	32.5083	-0.3	381	0
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	-0.6520326
		11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	0
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
							0
9	Q22	11518	15.5634	32.5083	-1.1	388	0
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	-1.145862
		11939	15.5474	32.5083	-1.8	383	0
		11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
							0
10	Q5	10677	15.5955	32.525	1.3	385	0
		10678	15.5955	32.5417	2.1	385	1.1311801
		11098	15.5795	32.525	0.3	385	0
		11099	15.5795	32.5417	1	385	0
							0
11	Q14	11098	15.5795	32.525	0.3	385	0
		11099	15.5795	32.5417	1	385	0.1572324
		11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
		11520	15.5634	32.5417	0	385	0
							0
12	Q23	11519	15.5634	32.525	-0.6	385	0
		11520	15.5634	32.5417	0	385	-0.5465768
		11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
							0
13	Q32	11940	15.5474	32.525	-1.5	385	0
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	-0.9081839
		12361	15.5313	32.525	-2.2	385	0
		12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	0
							0
14	Q6	10678	15.5955	32.5417	2.1	385	0
		10679	15.5955	32.5583	2.9	385	1.2315459

		11099	15.5795	32.5417	1	385	0
		11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0
							0
15	Q15	11099	15.5795	32.5417	1	385	0
		11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0.522124
		11520	15.5634	32.5417	0	385	0
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
							0
16	Q24	11520	15.5634	32.5417	0	385	0
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	-0.1077595
		11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
							0
17	Q33	11941	15.5474	32.5417	-1	385	0
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	-0.5404147
		12362	15.5313	32.5417	-1.9	385	0
		12363	15.5313	32.5583	-1.4	385	0
							0
18	Q7	10679	15.5955	32.5583	2.9	385	0
		10680	15.5955	32.575	3.6	385	1.2809353
		11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0
		11101	15.5795	32.575	2.5	387	0
							0
19	Q16	11100	15.5795	32.5583	1.8	385	0
		11101	15.5795	32.575	2.5	387	0.725916
		11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
		11522	15.5634	32.575	1.3	387	0
							0
20	Q25	11521	15.5634	32.5583	0.6	387	0
		11522	15.5634	32.575	1.3	387	0.183496
		11942	15.5474	32.5583	-0.4	385	0
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
							0
21	Q8	10680	15.5955	32.575	3.6	385	0
		10681	15.5955	32.5917	4.4	381	1.2965049
		11101	15.5795	32.575	2.5	387	0
		11102	15.5795	32.5917	3.2	381	0
							0

22	Q17	11101	15.5795	32.575	2.5	387	0
		11102	15.5795	32.5917	3.2	381	0.8466344
		11522	15.5634	32.575	1.3	387	0
		11523	15.5634	32.5917	2	383	0
							0
23	Q26	11522	15.5634	32.575	1.3	387	0
		11523	15.5634	32.5917	2	383	0.3825772
		11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	0
							0
24	Q35	11943	15.5474	32.575	0.2	387	0
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	-0.0082898
		12364	15.5313	32.575	-0.8	387	0
		12365	15.5313	32.5917	-0.3	387	0
							0
25	Q8	10681	15.5955	32.5917	4.4	381	0
		10682	15.5955	32.6083	5	387	1.2925384
		11102	15.5795	32.5917	3.2	381	0
		11103	15.5795	32.6083	3.9	387	0
							0
26	Q18	11102	15.5795	32.5917	3.2	381	0
		11103	15.5795	32.6083	3.9	387	0.9222926
		11523	15.5634	32.5917	2	383	0
		11524	15.5634	32.6083	2.7	385	0
							0
27	Q27	11523	15.5634	32.5917	2	383	0
		11524	15.5634	32.6083	2.7	385	0.5250617
		11944	15.5474	32.5917	0.8	387	0
		11945	15.5474	32.6083	1.5	383	0
							0
28	Q36	11944	15.5474	32.5917	0.8	387	0
		11945	15.5474	32.6083	1.5	383	0.1712355
		12365	15.5313	32.5917	-0.3	387	
		12366	15.5313	32.6083	0.4	385	

$\sum Q = 0.430747527$

$N=\frac{6371}{4\times\square\times 98.1} * 0.430747527 = 2.227264274\ m$

تم أدخال احداثيات نقاط المنطقة المدروسة في برنامج EGM2008 لمعرفة أرتفاعات الجويد العالمية للنقاط

نبذة عن البرنامج :-

3-3برنامج EGM2008 :

البرنامج أسمه Alltrans EGM2008 Calculatorوهو من تطوير عالم ألماني أسمه-Hans GerdDuenck-Kerstمن شركة AltStatالألمانية ، والإصدار الحالي له هو الأول Version 1.0

البرنامج سهل التعامل معه وله 3 قوائم menus لأداء الحسابات علي 3 مستويات:

حساب N نقطة بنقطة علي الشاشة في قائمة Manual calc.

حساب N شبكة Grid لمنطقة معينة في قائمة Grid Maker .

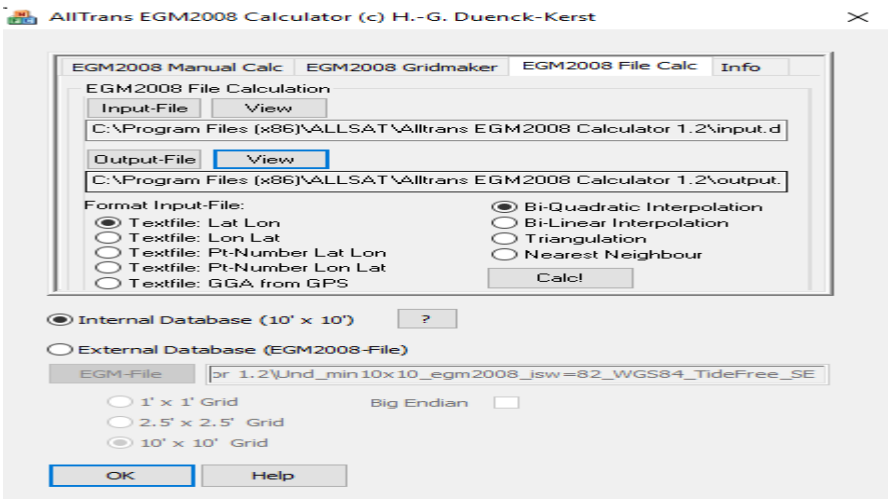
حساب N مجموعة من النقاط موجودة في ملف نصي txt في قائمة File calc.

الفكرة الأساسية للبرنامج هي استنباط interpolation قيمة حيود الجيويد N EGM2008 of من شبكة (سيق حسابها من النموذج الأصلي) وهذه الشبكة تتكون الخلية الواحدة منها من 10×10 دقائق ، وهذا هو الخيار الأساسي المسميInternal Dataset .

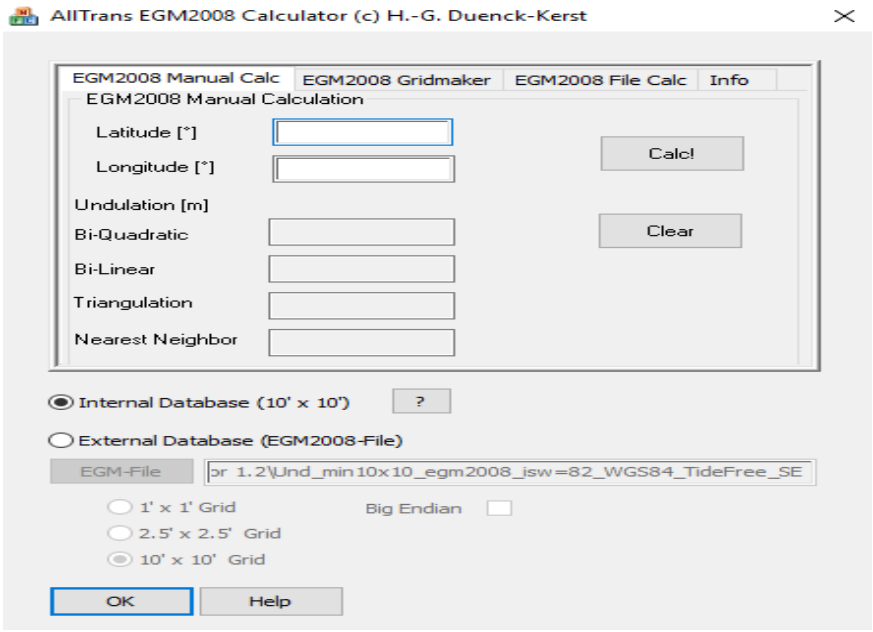
كما يتيح البرنامج أيضا – في خيار - External Dataset استخدام شبكات Grids أخري بخلية 1×1 دقيقة أو 2.5×2.5 دقيقة لكن ملفاتهما غير موجودة في البرنامج ويجب أن يقوم المستخدم بالحصول عليهما - من موقع هيئة المساحة العسكرية الأمريكية - أولا إن رغب في ذلك.

كما يقوم البرنامج باستنباط قيم N بتطبيق 4 طرق رياضية مختلفة (خاصة في المستوي الأول).

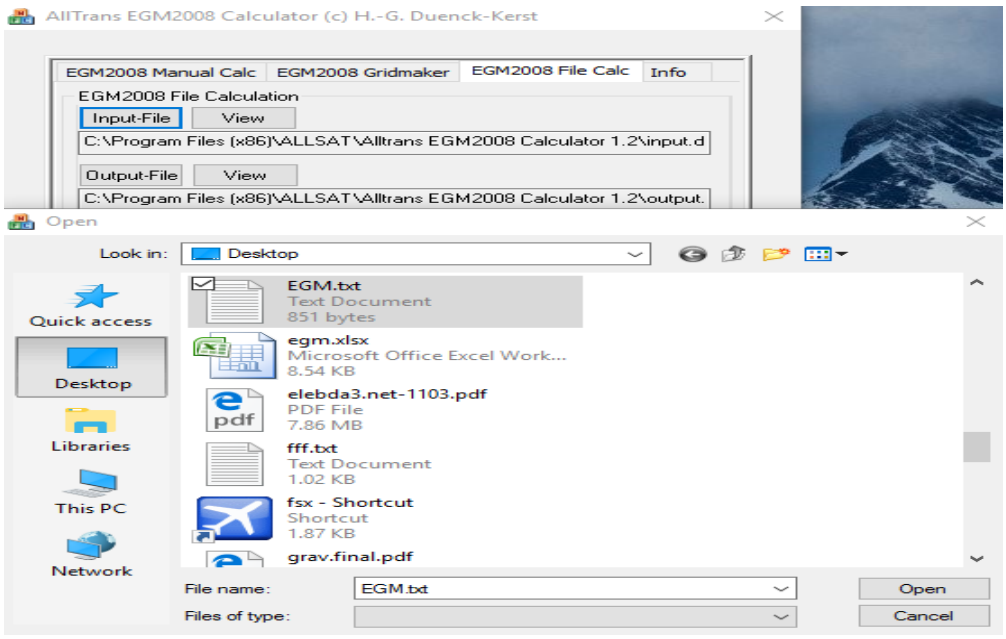
الجديد في معظم التطبيقات الجيوديسية و المساحية ، إلا في حالة شبكات المثلثات GPS عالية الدقة فينصح باستخدام البرنامج الأصلي المقدم من هيئة المساحة العسكرية الأمريكية.



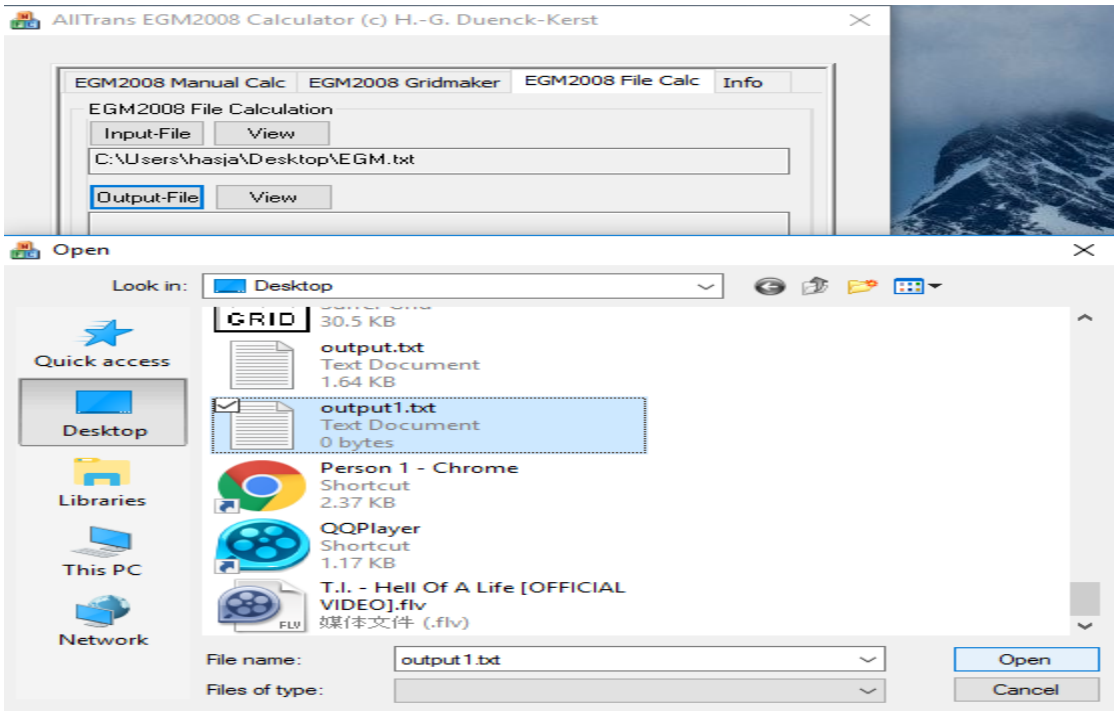
شكل (3-7) يوضح شاشة البرنامج



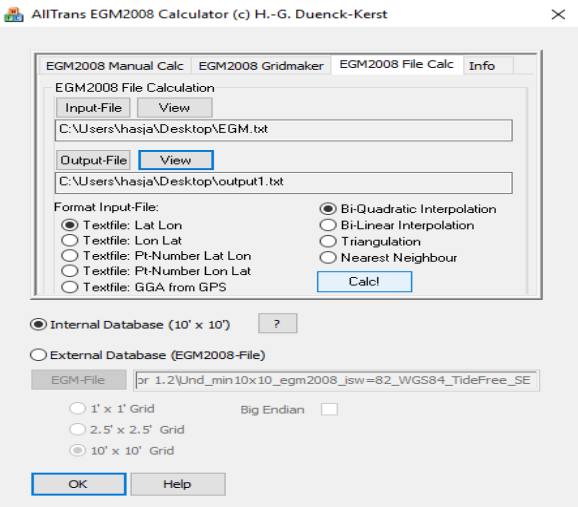
شكل (3-8) يوضح حساب N نقطة بنقطة علي الشاشة في قائمةManual calc

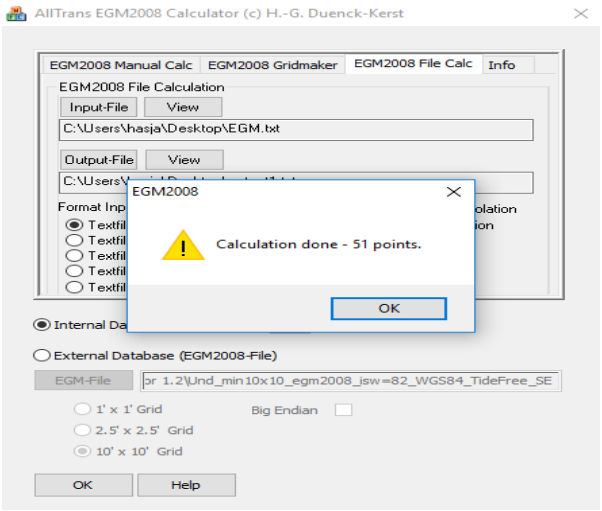


شكل(3-9) يوضح عملية البحث عن الملف المحفوظ بصيغة ملف نصيtxt

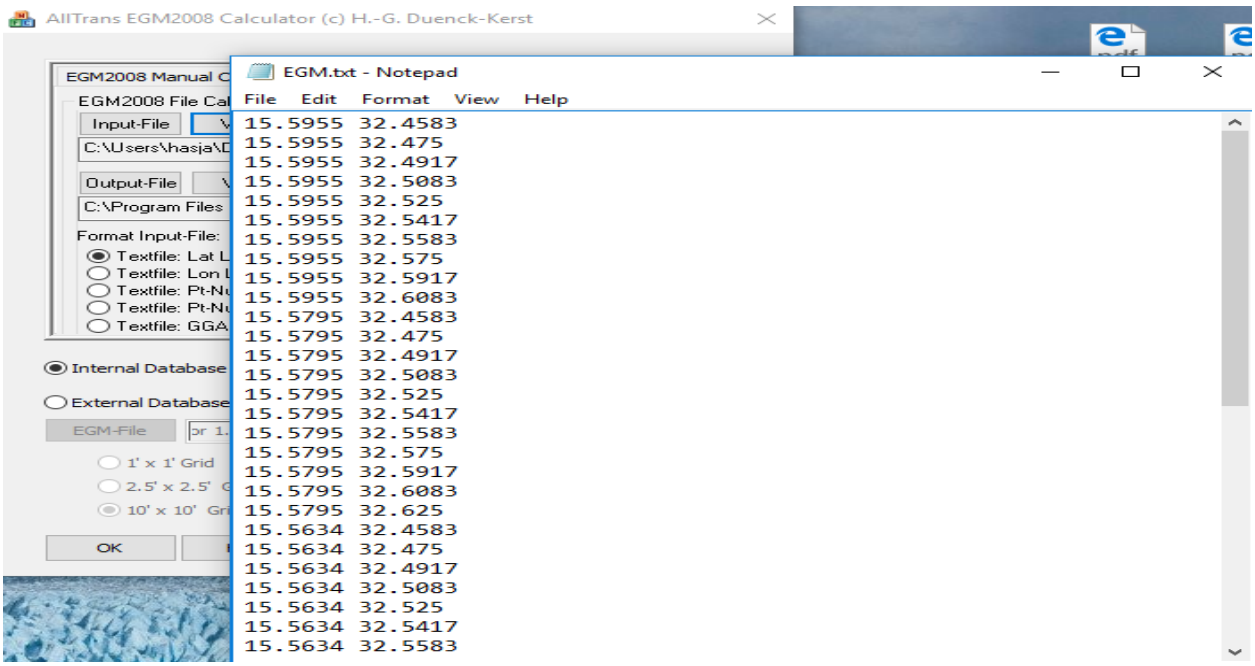


شكل (3-10) يوضح حساب N مجموعة من النقاط موجودة في ملف نصي txt في قائمةFile calc





شكل(3-11)يوضح إكمال عملية الادخال لعدد النقاطشكل(3-12)يوضح إكمال عملية الادخال لعدد النقاط



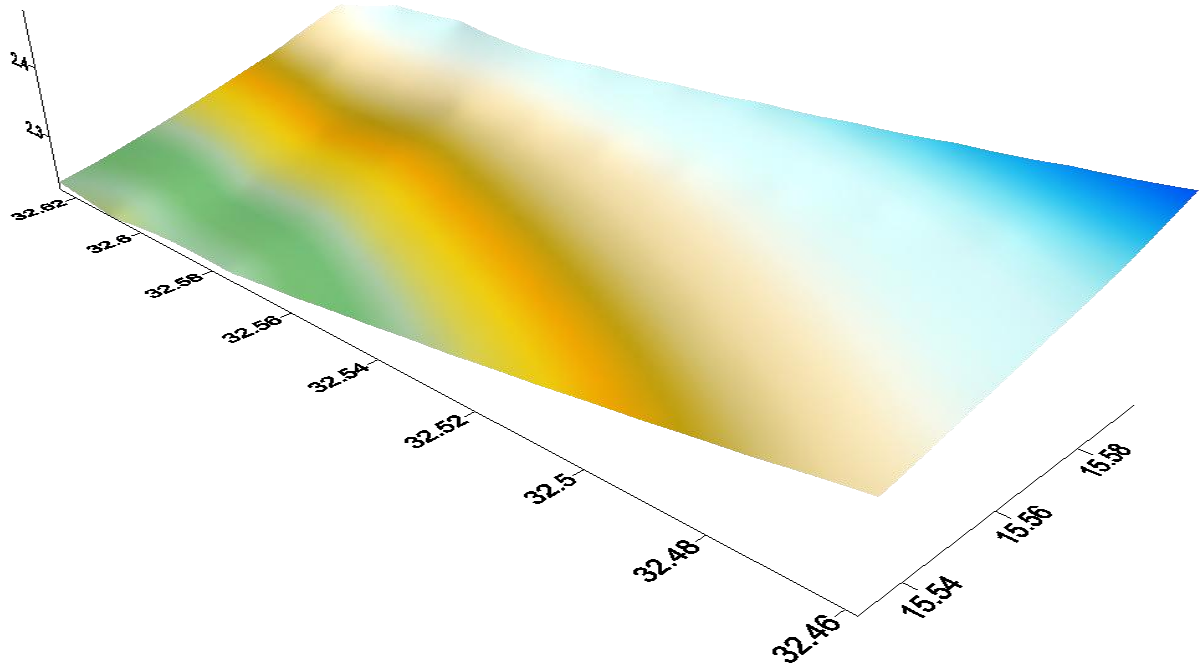
شكل(3-13) يوضح عملية عرض محتويات الملف

4-3النتائج المتحصل عليها من شاشة البرنامج:

جدول (3-9) يوضح النتائج لقيم N العالمية المتحصل المتحصل عليها من برنامج EGM 2008

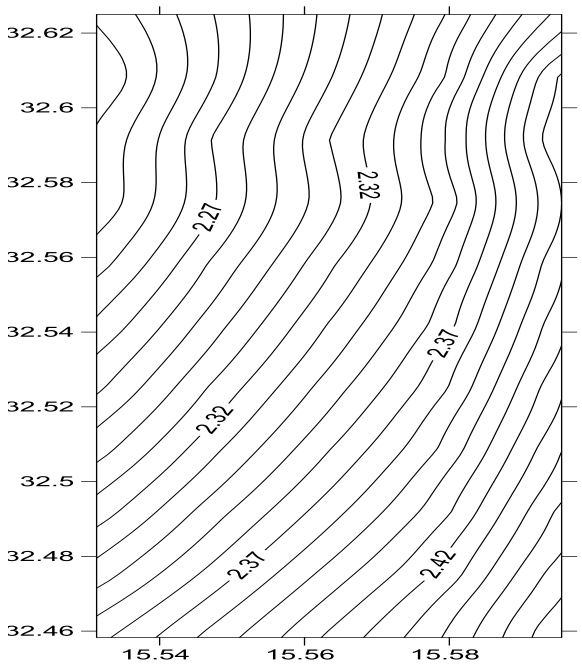
No	Latitude	Longitude	N
1	15.595500	32.458300	2.480
2	15.595500	32.475000	2.466
3	15.595500	32.491700	2.453
4	15.595500	32.508300	2.440
5	15.595500	32.525000	2.429
6	15.595500	32.541700	2.418
7	15.595500	32.558300	2.409
8	15.595500	32.575000	2.400
9	15.595500	32.591700	2.410
10	15.595500	32.608300	2.402
11	15.579500	32.458300	2.441
12	15.579500	32.475000	2.424
13	15.579500	32.491700	2.408
14	15.579500	32.508300	2.393
15	15.579500	32.525000	2.379
16	15.579500	32.541700	2.366
17	15.579500	32.558300	2.355
18	15.579500	32.575000	2.344
19	15.579500	32.591700	2.350
20	15.579500	32.608300	2.340
21	15.579500	32.625000	2.330
22	15.563400	32.458300	2.412
23	15.563400	32.475000	2.394
24	15.563400	32.491700	2.376
25	15.563400	32.508300	2.360
26	15.563400	32.525000	2.345
27	15.563400	32.541700	2.331
28	15.563400	32.558300	2.318
29	15.563400	32.575000	2.306
30	15.563400	32.591700	2.310
31	15.563400	32.608300	2.229

32	15.547400	32.458300	2.384
33	15.547400	32.475000	2.364
34	15.547400	32.491700	2.346
35	15.547400	32.508300	2.328
36	15.547400	32.525000	2.312
37	15.547400	32.541700	2.296
38	15.547400	32.558300	2.282
39	15.547400	32.575000	2.269
40	15.547400	32.591700	2.271
41	15.547400	32.608300	2.259
42	15.531300	32.458300	2.357
43	15.531300	32.475000	2.335
44	15.531300	32.491700	2.315
45	15.531300	32.508300	2.296
46	15.531300	32.525000	2.278
47	15.531300	32.541700	2.262
48	15.531300	32.558300	2.246
49	15.531300	32.575000	2.232
50	15.531300	32.591700	2.232
51	15.531300	32.608300	2.220

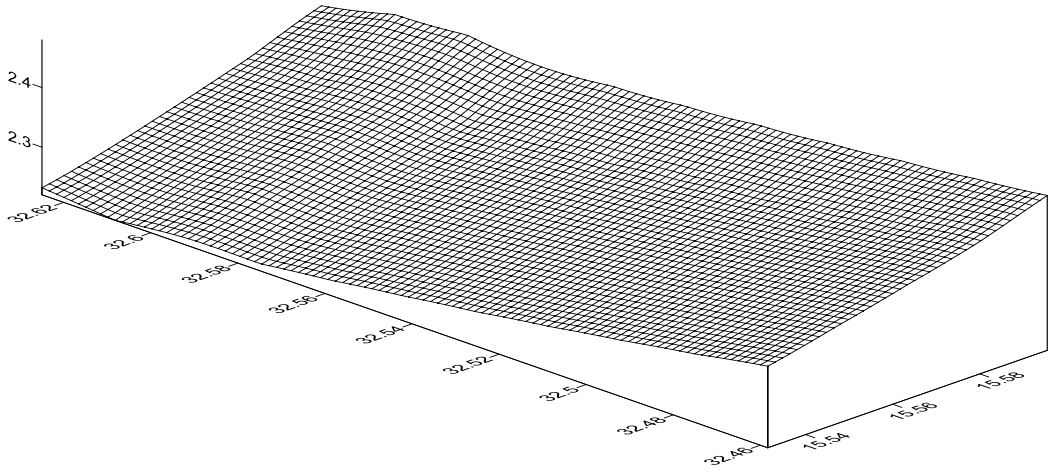


شكل (3-14)

الأشكال ((3-14)-(3-15)-(3-16)تبين شكل الجاذبية للمنطقة المدروسة بواسطة برنامج surfer



الشكل (3-15)



الشكل (3-16)

الباب الرابع

الخلاصة والتوصيات

1-4 الخلاصة :

تم التوصل إلي قيم ارتفاع الجيويد للنقاط الأربعة المستهدفه بإستخدام معادلات (Stoke's) ، بدقة (0.3479 متر) وذلك بعد مقارنت النتائج المتحصل عليها من شذوذ الجاذبية مع النتائج المتحصل عليها من برنامج (EGM2008) .

المشاكل في حساب إرتفاع الجيويد من قراءات الجاذبية:

- عدم توفر البيانات الصحيحة 100% عن الجاذبية المخصصة لحساب إرتفاع الجيويد
- عدم توفر مرجعية صحيحة لإرتفاع الجيويد
- عدم توفر محطات جاذبية كافية في السودان (عدم توزيعها بطريقة مناسبة)
- عدم توفر مرجعية رأسية

2-4 التوصيات :

- يجب تخصيص بيانات ومعلومات جاذبية مخصصة متكاملة لأغراض جيوديسية أو هندسية عموما (جاذبية ،تصحيحيات ،...)تغطي جميع أنحاء البلاد
- عمل شبكة جاذبية أرضية
- عمل نموذج جيويد جمهورية السودان

قائمة المصادر والمراجع

1-جمعة محمد داوؤد ،(2012)،أسس المساحة الجيويديسية والجي بي أس (GPS)،مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية .

2- جمعة محمد داوؤد ،(2012)،أسس المساحة الأرضية ،مكة المكرمة،المملكة العربية السعودية .

3-عبد الله بن محمد العمري ،(1428)،مبادئ الجيوفيزياء،جامعة الملك سعود.

4- سعيد المغربي ،(2010)، سلسلة المحاضرات الإلكترونية في المساحة .