الفصل الرابع

انشاء مراجع الاسناد الجيوديسية

مراجع الاسناد الجيوديسية

ان تحديد أي موقع دائرة العرض وخط الطول بدقة اصبح حاليا امرا سهلا حيت يتم ذلك باستعمال أجهزة تحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية (GPS) , ولكن هذه الطريقة او الخيار لم يكن متوفر في الماضي حيت كان الروتين العادي للاعمال المساحية قبل بداية عصر استعمال الأقمار الصناعية هو ببساطة ان نبدأ من نقطة مساحية معلومة الاحداثيات الجيوديسية والتسامت الى نقطة أخرى , ومن هذه النقطة المعروفة الاحداثيات تبدأ الاعمال المساحية , حيت تتم قياسات دقيقة للمسافات والاتجاهات الى نقاط جديدة وباستعمال هذه القياسات في عمليات حسابية معقدة وصعبة يتم الحصول على الاحداثيات للنقاط الجديدة .

وهكذا في كل بداية أي عمل مساحي نحتاج الى نقطة معلومة الاحداثيات وتسامت الى نقطة أخرى وقد نتساءل عن كيف تم الحصول على احداثيات هذه النقطة لتكون الإجابة بأن تم ذلك بربطها على شبكة النقاط ذات دقة الدرجة الأولى ومرة أخرى كيف تم الحصول على احداثيات شبكة النقاط ذات دقة الدرجة الأولى ويكون الجواب بانه تم ربط هذه النقاط ذات دقة الدرجة الأولى الى نقاط الشبكة الأساسية ذات الدقة العالية وهذه النقاط هي التي تم ربط جميع النقاط عليها ومرة أخرى يستمر التساؤل كيف تم الحصول او حساب احداثيات نقاط هذه الشبكة الأساسية للبلد او المنطقة ليكون الجواب بان جميع النقاط المساحية لها نقطة بداية وحيدة معلومة الاحداثيات وهي نقطة الأصل لجميع النقاط وهذا ما يشار اليه بانه مرجع الاسناد .

وعليه وبغض النظر عن نوع الاحداثيات سواء أكانت جغرافية أو كارتيزية التي تبين مواقع الأشياء والمعالم على سطح الأرض ، فإننا نحتاج الى معرفة إحداثيات نقطة بداية مرجع الاسناد الجيوديسي وكذلك التسامت الى نقطة مساحية أخرى لكي نتمكن من القياس من هذه النقطة وحساب احداثيات أي نقاط او مواقع مطلوبة .

وحتى وقت قريب أكثر مرجع للإحداثيات كان متوفر أو متاح من منظور أنه مرجع احداثيات عالمي هو الكرة السماوية للنجوم ، وكانت تستعمل في الملاحة ورسم الخرائط، وكذلك تستخدم كنظام أساسي لتوجيه نظم الاحداثيات الأرضية.

القياسات المساحية تتم على سطح الأرض وهو سطح غيرمنتظم ولا يمكن إجراء الحسابات المساحية عليه، وتتم الحسابات المساحية على شكل منتظم وهو الالبسويد ، ولتتم عملية الحسابات على الالبسويد يجب ربط أوتثبيت الالبسويد " الشكل البيضاوي " الى الأرض " الجيويد" وذلك عن طريق عناصر تعريف مرجع الاسناد الجيوديسي وهى عناصر التوجيه وعناصر الازاحة بالنسبة الى الأرض وكذلك العناصر المعرفة للالبسويد وهى شكل وحجم الالبسويد وهى نصف القطر الأكبر والتفلطح ، وتعتبر عناصر تعريف مرجع الاسناد الجيوديسي هي حلقة الوصل ما بين الاحداثيات والعالم الحقيقي وهى الأرض.

والطريقة المثالية لتعريف مرجع الاسناد الجيوديسي هو أن يكون مركز محاور الاحداثيات الكارتيزية (Z,Y,X) هو مركز تقل الأرض وهى نقطة (0,0,0) لمحاور الاحداثيات الكارتيزية ، ويكون المحور (Z) مطابق لمتوسط موقع محور دوران الأرض المتعارف عليه ، وأن مستوى دائرة الاستواء تكون عمودية على محور دوران الأرض وتمر بمركز ثقل الأرض ، ولكن مركز ثقل الأرض لم يتم تحديده إلا بعد بداية عصر الفضاء بإطلاق أول قمر صناعي سبوتنك "Sputnik " في أكتوبر 4 -1957 وكذلك بعد بداية استعمال تقنيات القياس الفضائية مثل GNSS , VLBI SLR , LLR.

وعليه فإن مراجع الاسناد الجيوديسية قبل عصر الأقمار الصناعية كانت مراجع اسناد جيوديسية محلية ولم يكن مركزها مركز ثقل الأرض ولهذا لم تكن أرض مركزية وعليه اصبح يوجد نوعان من مراجع الاسناد الجيوديسية الأرضية كالاتي:

1- مراجع اسناد جيوديسية أرضية محلية " Topocentric "
2- مراجع اسناد جيوديسية عالمية " Geocentric "

1-مراجع اسناد جيوديسية أرضية محلية

ومع أن نظم المراجع الجيوديسية المحلية قد استبدلت بأنظمة المراجع الحديثة في أمريكا وكندا وأوروبا وفي بداية التغير في أمريكا الجنوبية ، فإن النظم الجيوديسية التقليدية لا تزال تعتبر مكون مهم في الكثير من أجزاء العالم ، ولهذا فإنه من المهم فهم هذه الأنظمة التقليدية وعلاقتها بالنظم الجيوديسية الأخرى.

كما هو معروف لإجراء أي أعمال مساحية بما فيها إنشاء شبكات الضبط الافقية فإنه يتطلب وجود على الأقل نقطة بداية معلومة الاحداثيات وكذلك تسامت معلوم الى نقطة أو علامة أخرى.

وعليه فإنه في الطرق التقليدية في انشاء مراجع الاسناد الجيوديسية المحلية يتم اختيار علامة مساحية من الدرجة الأولى عادة ما تكون وسط منطقة شبكة الضوابط الأرضية ، ويتم قياس الاحداثيات الفلكية وهى

دائرة العرض الفلكية وخط الطول الفلكي وكذلك قياس التسامت الفلكي من هذه النقطة الى علامة أخرى ، وحيث أن الحسابات تتم على الالبسويد عليه يتم اختيار الالبسويد المناسب الذى له الحجم والشكل (f,a).
وبعد عملية اختيار الالبسويد " الشكل البيضاوي " نقوم بعملية ربط أو تثبيت هذا الالبسويد الى الجيويد عند نقطة البداية السابق ذكرها التي تم فيها قياس القيم الفلكية.
وللحصول على الاحداثيات الجيوديسية والتسامت الجيوديسي عند نقطة البداية من القيم الفلكية التي تم قياسها عند نقطة البداية تستعمل المعادلات الاتية التي تعطي العلاقة مابين القيم الجيوديسية والقيم الفلكية كالاتى:

المعادلة (1) تعطي العلاقة ما بين دائرة العرض الفلكية ودائرة العرض الجيوديسية كالاتي : .

$$\xi_0 = \Phi_0 - \phi_0$$

حيث ان

ξ_0 هي مركبة الانحراف الرأسي في اتجاه خط الطول عند نقطة البداية.

Φ_0 هي دائرة **العرض** الفلكية التي تم قياسها عند نقطة البداية .

ϕ_0 هي دائرة العرض الجيوديسية لنقطة البداية المطلوب تعيينها .

المعادلة(2) تعطي العلاقة ما بين خط الطول الفلكي وخط الطول الجيوديسي كالاتي : .

$$\eta_0 = (\Lambda_0 - \lambda_0)\cos\phi_0$$

حيث أ ن

η_0 هي مركبة الانحراف الرأسي في اتجاه دائرة العرض عند نقطة البداية.

Λ_0 هي خط الطول الفلكي التي تم قياسه عند نقطة البداية

λ_0 هي خط الطول الجيوديسي لنقطة البداية المطلوب ايجاده

المعادلة(3) تعطي العلاقة ما بين التسامت الفلكي والتسامت الجيوديسي كالاتي : .

$$\alpha_0 = \mathrm{A}_0 - \eta_0 \tan\phi_0$$

حيث أ ن

α_0 هي التسامت الجيوديسي المطلوب ايجاده أو تعيينه عند نقطة البداية

A_0 هي التسامت الفلكي الذى تم قياسه عند نقطة البداية

المعادلة(4) تعطي العلاقة ما بين الارتفاع الجيوديسي والارتفاع الاورتومتري كالاتي : .

$$N_0 = \mathrm{h}_0 - H_0$$

حيث أ ن

N_0 هي حيود الجيويد وهى المسافة ما بين الجيويد والالبسويد عند نقطة البداية

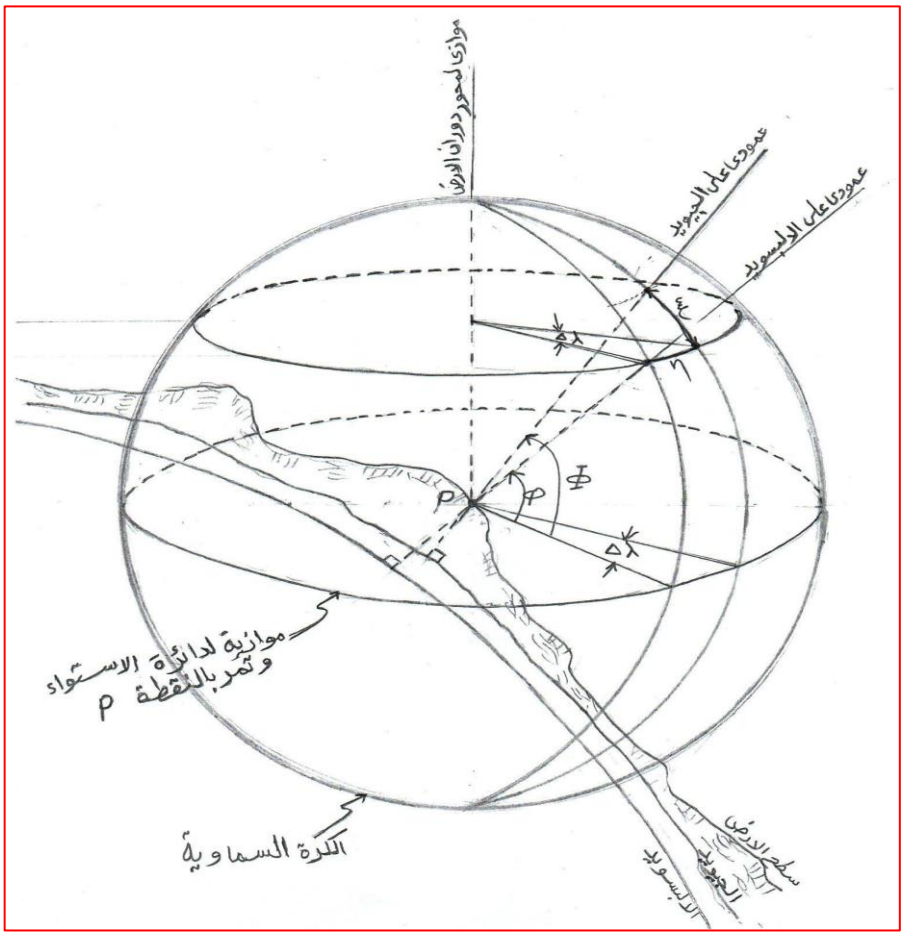
h_0 هو الارتفاع الجيوديسي المطلوب تعيينه عند نقطة البداية

H_0 هو الارتفاع الاورتومترى المقاس عند نقطة البداية

وهذه المعادلات مفيدة حيث انها تستعمل في عملية التوجيه الملائم من نظام احداثيات الى نظام احداثيات.

وكذلك في تحويل مقادير مقاسة أو فلكية الى مقادير رياضية جغرافية مفيد ة

الشكل (12) يبين مركبات الانحراف الرأسي في اتجاه خط الطول وفي اتجاه دائرة العرض



الشكل (12) يبين مركبات الانحراف الرأسي عند النقطة (P)

معادلة لابلاس

معادلة لابلاس هي المعادلة رقم (3) من المعادلات السابقة وهي كالاتى: -

$$\alpha = \mathrm{A} - \eta \tan\phi$$

هذه المعادلة تبين العلاقة ما بين التسامت الفلكي والتسامت الجيوديسي وعليه فإن النقاط التي يتم فيها قياس التسامت الفلكي وخط الطول الفلكي وكذلك دائرة العرض الفلكية تسمى نقاط لابلاس نسبة الى العالم الفرنسي بييرسيمون لابلاس(1749 -1827) Pierre Simon Laplace وعادة ما تكون هذه النقاط على خطوط التضليع كل مسافات معينة وكذلك تكون عند تلاقى خطوط التضليع لمراقبة وضبط تراكم الأخطاء الناتجة من قياس الزوايا الافقية على طول خطوط التضليع وذلك لضبط وتصحيح التسامت الجيوديسي لان وجود خطأ بسيط في التسامت الجيوديسي الذي تم حسابه من الزوايا الافقية المقاسة سوف يتكاثر ويتزايد في كل الشبكة.

كذلك تستعمل معادلة لابلاس عند نقاط البداية لمراجع الاسناد الجيوديسية لضمان أن محاور الاحداثيات المثماتلة تكون متوازية بتطبيق شرط التسامت لمعادلة لابلاس المعادلة (3) وهذا الشرط يلزم بأن خطوط الطول الجيوديسية وخطوط الطول الفلكية تكون متوازية عند نقطة بداية مرجع الاسناد الجيوديسي أو عند أي نقطة أخرى تطبق فيها معادلة لابلاس.

توجيه الالبسويد الى الجيويد:

هناك طريقتان لتوجيه الالبسويد الى الجيويد عند أنشاء مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية المحلية وهى كالاتى: -

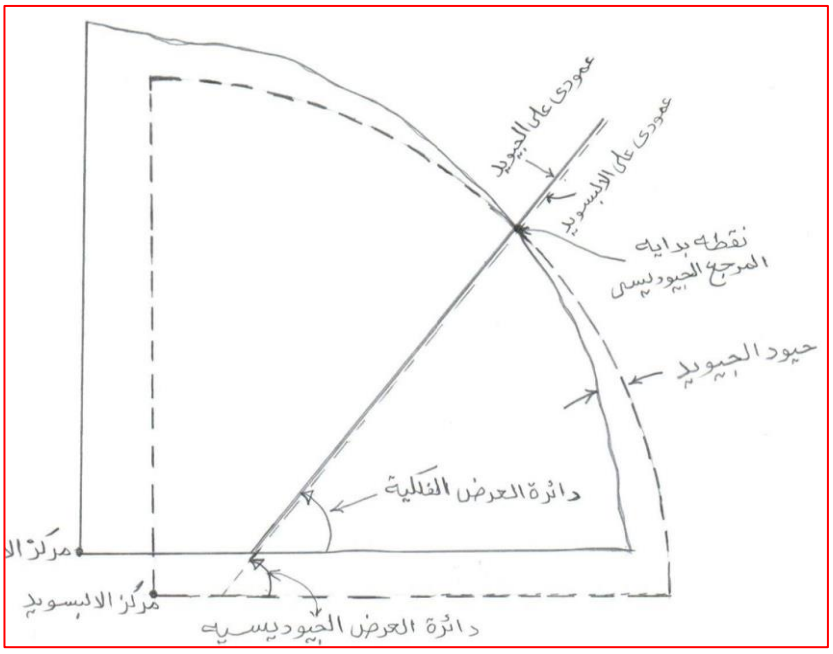
1- توجيه الالبسويد الى الجيويد بنقطة فلكية واحدة.
2- توجيه الالبسويد الى الجيويد بالطريقة الفلكية الجيوديسية.

1- توجيه الالبسويد الى الجيويد بنقطة فلكية واحدة .

بداية مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية تتكون من الاحداثيات الجيوديسية لنقطة البداية وتسمى كذلك نقطة الأصل وهذه الاحداثيات هي دائرة العرض الجيوديسية وخط الطول الجيوديسي والارتفاع الجيوديسي وكذلك عناصر تعريف الالبسويد وهي نصف القطر الأكبر والتفلطح.

وعليه عند انشاء مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية يتم اختيار نقطة البداية أحدى نقاط الضبط الافقي والأفضل أن تكون وسط منطقة الضوابط الافقية ، وللحصول على الاحداثيات الجيوديسية وهى دائرة العرض الجيوديسية وخط الطول الجيوديسي والارتفاع الجيوديسي عند نقطة البداية ، ويتم تطبيق المعادلات(1،2،3،4) السابقة وذلك بافتراض أن مركبة الانحراف الرأسي في اتجاه خط الطول(ξ_0) يساوى صفروكذلك مركبة الانحراف الرأسي في اتجاه العمودي الأساسي (η_0) تساوى صفر عند نقطة البداية ، وكذلك افترض أن حيود الجيويد(N_0) يساوى صفر بمعنى أن الارتفاع الجيوديسي يساوى الارتفاع الاورتومتري عند نقطة البداية كما في الشكل(13) وعليه فإن

$$\xi_0 = \eta_0 = N_0 = 0$$



شكل(13) يبين توجيه الالبسويد الى الجيويد بنقطة فلكية واحدة

وبتطبيق المعادلات (1,2,3, 4) السابقة نجد أن الاحداثيات الجيوديسية تساوى الاحداثيات الفلكية عند نقطة البداية لمرجع الاسناد الجيوديسي وكذلك التسامت الجيوديسي يساوى التسامت الفلكي وأن الارتفاع الجيوديسي يساوى الارتفاع الاورتومترى، وبهذا تكون قد تحصلنا على العناصر الثمانية المعرفة لمرجع الاسناد الجيوديسي الافقي وهي كالاتي: -

$$A_0 = \alpha_0 \text{ ، } \Lambda_0 = \lambda_0 \text{ ، } \Phi_0 = \phi_0$$

$$0 = N_0 \text{ ، } 0 = \eta_0 \text{ ، } 0 = \xi_0$$

(f,a) للشكل البيضاوي الذي تم اختياره وبذلك نكون قد تحصلنا على الاحداثيات الجيوديسية والتسامت لنقطة بداية مرجع الاسناد المحلي

من الواضح أنه عند استعمال نقطة فلكية واحدة لتوجيه الالبسويد الى الجيويد عند إنشاء مراجع الاسناد الجيوديسية فان مركز الالبسويد لا يكون متطابق مع مركز ثقل الأرض وكذلك المسافة ما بين الجيويد والالبسويد قد تزداد بسرعة كلما ابتعدنا عن نقطة بداية مرجع الاسناد وعليه فإن الالبسويد نادرا ما يكون مطابق للجيويد في كل المنطقة وهذا كان مهم في الماضي لأن القياسات المساحية على سطح الأرض تحتاج الى تصحيح الى سطح الالبسويد ويستعمل الارتفاع فوق الجيويد بدلا من الارتفاع الجيوديسي في تصحيح المسافات وذلك لأن الحصول على الارتفاع الجيوديسي حتى وقت قريب كان من الصعب الحصول عليه في حين أن الارتفاع الاورتومترى يمكن قياسه ولهذا فإن مطابقة الالبسويد الجيدة للجيويد كانت تعنى ضمنيا أن المسافة ما بين الالبسويد والجيويد يمكن اهمالها في عملية تصحيح المسافات ولكن يجب أن يكون معروفا أن تجاهل حيود الجيويد يمكن أن ينتج عنه أخطاء انتظامية والتي تعتبر بالمعايير الحالية أنها مهمة.

ومن بعض الامثلة لطريقة توجيه الالبسويد الى الجيويد بنقطة فلكية واحدة في انشاء مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية المحلية والمناطقية والتي يتم فيها اختيار نقطة بداية او نقطة اصل لمراجع الاسناد الجيوديسية ويتم قياس او رصد الاحداثيات الفلكية لنقطة البداية وكذلك التسامت الى نقطة مساحية أخرى او أي معلم ,هي كالاتي : .

ا) مراجع الاسناد الجيوديسية الإقليمية اوالمناطقية .

1) مرجع الاسناد الجيوديسي الأوروبي 1950 (ED 50) .

نقطة الأصل لهذا المرجع الجيوديسي الأوروبي تقع في مدينة بوتسدام في المانيا عند برج هلمرت , والاحداثيات الجيوديسية لهذه النقطة , نقطة البداية للمرجع الجيوديسي الأوروبي هي الاحداثيات الفلكية التي تم قياسها عند هذه النقطة وهي كالاتي : .

دائرة العرض = 51.446 22 52

وخط الطول = 58.928 08 13

والشكل البيضاوي لهذا المرجع الجيوديسي هو الشكل البيضاوي العالمي 1924

2) مرجع الاسناد الجيوديسي لامريكا الشمالية 1927 (NAD27) .

نقطة الأصل لمرجع أمريكا الشمالية 1927 هي ميدز رانش Meades Ranch في ولاية كانزس Kansas في الولايات المتحدة الامريكية وهذا المرجع الجيوديسي يستعمل في أمريكا وكندا بالإضافة الى المكسيك.

الشكل البيضاوي لهذا المرجع هو كلارك 1866 (Klarke 1866)

والاحداثيات الجيوديسية عند نقطة البداية هي كالاتي

دائرة العرض = 26.686 13 39 شمالا

خط الطول = 30.506 32 98 غربا

وقد اعتبر ان حيود الجيويد (geoidal undulation) او ارتفاع الجيويد (geoidal height) يساوي صفر عند نقطة البداية (Meades Ranch)

وان التسامت من نقطة البداية (Meades Ranch) الى المحطة (Waldo) يساوي

09.64 28 75 من الجنوب

3) مرجع الاسناد الجيوديسي لأمريكا الجنوبية 1969 (SAD 1969) : .

نقطة الأصل البداية لمرجع الاسناد لامريكا الجنوبية 1969 هي المحطة (Chua) تقع في البرازيل واحداثيات نقطة الأصل هي كالاتي

دائرة العرض = 41.6527 45 19 شمالا

خط الطول = 04.0639 06 48 غربا

والتسامت الى النقطة (Uberage) هو كالاتي 05.42 30 91

والشكل البضاوي لمرجع الاسناد الجيوديسي لامريكا الجنوبية هو كالاتي : .

a = 6378160 متر

1/f = 298.25

ب) امتلة لمراجع الاسناد الجيوديسية المحلية التي تم توجيهها من نقطة بداية واحدة هي .

1) مرجع الاسناد الجيوديسي للمملكة العربية السعودية .

نقطة البداية او نقطة الأصل لهذا المرجع الجيوديسي هي المحطة هيران-2 (Hiran-2) بالقرب من مدينة الخفجي بالمنطقة الشرقية , والشكل البيضاوي المستخدم مع هذا المرجع هو الشكل البيضاوي العالمي 1924 (International Ellipsoid 1924) ويسمى هذا المرجع بمرجع الاسناد الجيوديسي عين العبد 1970, واعتبر متوسط منسوب سطح البحر عند جدة سنة 1969 أساسا لقياس المناسيب .

2) مرجع الاسناد الجيوديسي لجمهورية مصر العربية .

نقطة الأصل لهذا المرجع الجيوديسي هي نقطة الزهراء بجبل المقطم بالقاهرة والشكل البيضاوي المستعمل لهذا المرجع الجيوديسي هو الشكل البيضاوي هلمرت 1906 (Helmert 1906) ويعرف هذا المرجع الجيوديسي باسم المرجع الوطني المصري 1970 .

وعليه فإنه في الماضي قبل بداية عصر الأقمار الصناعية كان يوجد نوعان من مراجع الاسناد الجيوديسية وهما مرجع الاسناد الجيوديسي الافقي الذي يعتبر الاساس لحساب مسوحات الضوابط الأرضية الافقية التي تهتم بالإحداثيات الافقية وتأخذ في الحساب تقوس الأرض

ومرجع الاسناد الجيوديسي الرأسي الذي يؤسس شبكات الضبط الرأسية التي تهتم بالارتفاعات فوق سطح البحر.

وهكذا فإن مراجع الاسناد الافقية ومراجع الاسناد الرأسية بقيت منفصلة تماما عن بعضها في الماضي ولم يكن أي ربط أو عامل مشترك بينهما ، ولكن بعد بداية عصر جيوديسيا الأقمار الصناعية وتقنيات القياس الفضائية أصبحت هذه المراجع غالبا ما تذكر معا في نفس الوقت وذلك لأن مدارات الأقمار الصناعية

مرتبطة بمرجع اسناد واحد افقي وراسي وكذلك بعد التطور الهائل في نماذج الجاذبية العالمية الدقيقة ونماذج الجيويد المحلية والعالمية

2- توجيه الالبسويد الى الجيويد بالطريقة الفلكية الجيوديسية: -

في الطريقة السابقة تم توجيه الالبسويد الى الجيويد بنقطة بداية فلكية واحدة وقد تم في نقطة البداية اختيار العناصر الثمانية التي تعرف مرجع الاسناد الجيوديسي وهى $(\mathrm{f}, a, \eta_0, \xi_0, N_0, \alpha_0, \lambda_0, \phi_0)$

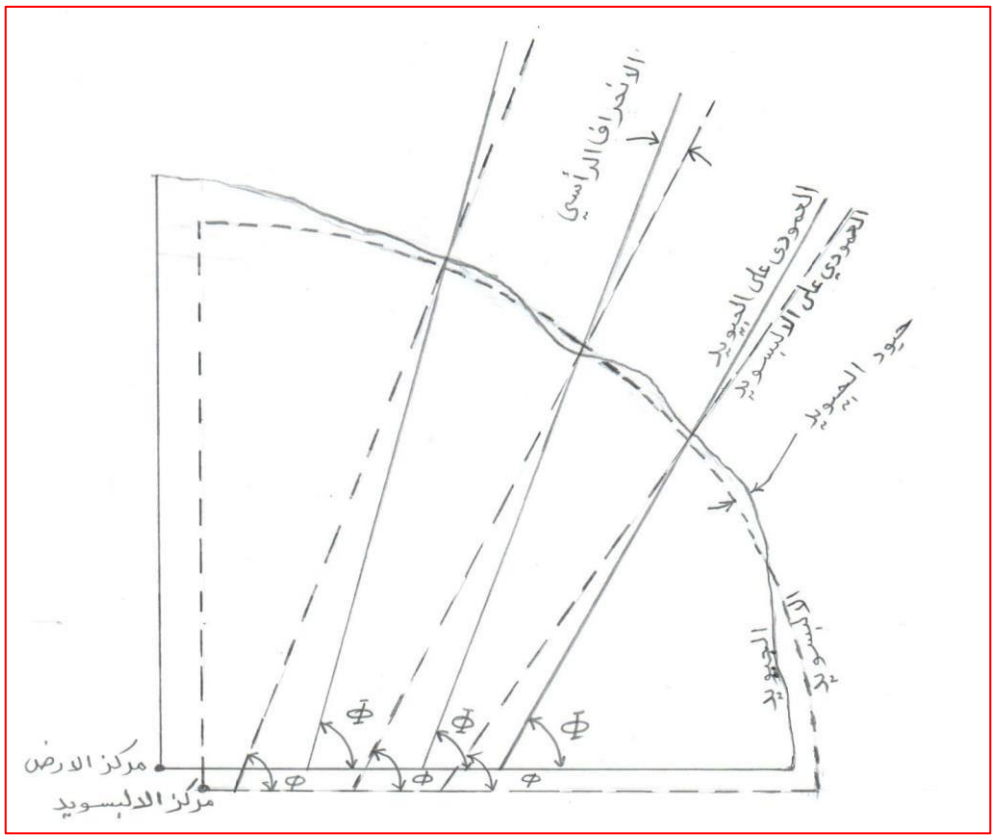
ومن هذه النقطة يتم حساب الاحداثيات الجيوديسية لكل نقاط شبكات الضبط الافقية، وفي نقاط لابلاس التي تم فيها قياس الاحداثيات الفلكية يتم حساب مركبات الانحراف الرأسي في اتجاه خط الطول "ξ" وكذلك في اتجاه دائرة العرض" η" حسب المعادلات(2،1) وكذلك حساب حيود الجيويد" N" في نقاط التي يتوفر فيها الارتفاع الاورتومترى والارتفاع الجيوديسي كما في المعادلة (3) .

وفي هذه الطريقة الفلكية الجيوديسية يتم حساب أقل قيم لمركبات الانحراف الرأسي وكذلك أقل قيمة لحيود الجيويد على نقاط لابلاس وذلك بطريقة مجموع أقل المربعات , يلاحظ ان قيم مركبات الانحراف الرأسي وحيود الجيويد تكون متوفرة فقط إذا كان هناك شبكة من نقاط الضبط الأفقي محسوبة الاحداثيات الجيوديسية موجودة مسبقا.

وهذا يدل على الطبيعة التكرارية لتطوير مراجع الاسناد الجيوديسية ، أي أن عملية إيجاد أحسن ملائمة للجيويد في كل المنطقة يمكن أن تتم فقط كعملية تحسين على مرجع اسناد جيوديسي موجود مسبقا.

إعادة تعريف مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي 1979

طريقة توجيه الالبسويد الى الجيويد بالطريقة الفلكية الجيوديسية هي التي تم تطبيقها في مصلحة المساحة الليبية في إعادة تعريف مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي" ELD79 "،أو تحسين مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي وذلك بطريقة مجموع أقل مربعات للقيم (N, η, ξ) بحيث تكون هذه القيم أقل ما يمكن في كل النقاط التي استعملت في الحسابات كما في الشكل(13).



شكل(13) يبين توجيه الالبسويد الى الجيويد بالطريقة الفلكية الجيوديسية

بعد ذلك يتم حساب احداثيات جيوديسية جديدة لكل النقاط الداخلة في عملية الضبط بطريقة مجموع أقل مربعات كالاتي: -

$$\phi_i = \phi_{i\,ELD79} + \xi_i$$

$$\lambda_i = \lambda_{i\ ELD79} + \eta_i$$

$$\mathrm{h}_i = \mathrm{h}_{i\,ELD79} + N_i$$

ϕ_i هي الاحداثي الجيوديسي المحسن لدائرة العرض للنقطة i

λ_i هي الاحداثي الجيوديسي المحسن لخط الطول للنقطة i

h_i الارتفاع الجيوديسي المحسن للنقطة i

$(\xi_i، \eta_i، N_i)$ أقل قيم مركبات الانحراف الرأسي وحيود الجيويد للنقطة (i) التي تعطي احسن مطابقة للالبسويد الى الجيويد

$\phi_{i\,ELD79}$ دائرة العرض في مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي ELD79

$\lambda_{i\ ELD79}$ خط الطول في مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي ELD79

$h_{i\ ELD79}$ الارتفاع الجيوديسي في مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي ELD79

و (i) هو عدد النقاط الداخلة في حسابات مجموع أقل مربعات.

وحيث أن نقاط لابلاس الداخلة في الحسابات موزعة كل كامل البلاد فإن الالبسويد سوف يكون مطابق أحسن مطابقة للجيويد في كل انحاء ليبيا.

وباستعمال أجهزة تحديد المواقع GPS بواسطة الأقمار الصناعية تم حساب احداثيات عدد من نقاط لابلاس وكذلك من نقاط SNC في الاطار المرجعي الأرضي العالمي ITRF ، وبافتراض أن محاور احداثيات النظام المرجعي الأرضي العالمي ومحاور احداثيات النظام الجيوديسي الليبي المحسن متوازية وأن معامل المقياس يساوي واحد ، وعليه تم إيجاد عناصر التحويل $(\Delta z, \Delta y, \Delta x)$ من الاحداثيات في الاطار المرجعي الأرضي العالمي ITRF2000 في الفترة الزمنية 2006.3822 الى احداثيات المرجع الجيوديسي الليبي المحسن وكان عدد النقاط المشتركة بين النظامين الداخلة في حساب عناصر التحويل 29 نقطة وعناصر تحويل الاحداثيات كانت كالاتي: -

$$\Delta x = 208.4058\ meters$$

$$\Delta y = 109.8777\ meters$$

$$\Delta z = 2.5764\quad meters$$

وقد سميّ مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الجديد المحسن باسم مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي 2006 او LGD2006

2 – مراجع الاسناد الجيوديسية العالمية (نظم الاحداثيات المركزية) Geocentric Datums

كانت الطرق التقليدية في المساحة حتى النصف الأول من القرن العشرين هي القياس تم الحساب وكانت هذه القياسات محدودة على الكتل اليابسة فقط وهي القارات التي يمكن الوصول اليها والقياس عليها وكان عبور المحيطات غير ممكن وعليه لا يمكن الربط بين القارات في ذلك الوقت بطرق القاس التقليدية وعليه كان من المستحيل الوصول إلى مراجع جيوديسية عالمية تمثل كل الأرض وتكون هذه المراجع أرض مركزية. ولهذا كان يوجد المئات من مراجع الاسناد الافقية المحلية في العالم.

وتاريخ مراجع الاسناد الجيوديسية التقليدية قبل حوالى 1980 م يعتبر تاريخ لتطوير المعرفة وتحسين الدقة ولكن هذه التحسينات في معظم الأحيان تحسينات في نفس طرق المساحة الأساسية التي تعتبر متواجدة لعدة

قرون وهي طرق قياس المسافات والزوايا وقياس الاحداثيات الفلكية عند نقاط لابلاس لمراقبة التسامت وإنشاء شبكات الضبط الافقية.

وكانت مراجع الاسناد الجيوديسية الأرضية التقليدية" Datum" تشمل تعريف النظام المرجعي" RS" وكذلك الإطار المرجعي" RF" الذي يحقق هذا النظام المرجعي.

ومع بداية تقنيات القياس الفضائية مثل VLBI، LLR، SLR والأكثر أهمية أنظمة الملاحة العالمية بواسطة الأقمار الصناعية ,BeiDou , GALILEO, GLONASS, GPS .... أصبحت نظم الاحداثيات المرجعية الأرضية تعرف بالمصطلح الحديث وهو النظام المرجعي الأرضي TRS والاطار المرجعي الأرضي TRF

كانت كل تقنية من تقنيات القياس الفضائية وكل مركز تحليل البيانات في العالم يعرّف نظام مرجعي أرضي"TRS" الخاص به، وعليه كانت النتيجة العديد من الأطر المرجعية الأرضية" TRF" مختلفة عن بعضها وعليه وفي اجتماع الجمعية العمومية للاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء" IUGG " والمنظمة العالمية للجيوديسيا" IAG" في فينا سنة 1991 "Vienna " أقرت النظام المرجعي الأرضي" TRS" الوحيد ويسمى النظام المرجعي الأرضي العالمي" ITRS ".

وكانت مواصفات النظام المرجعي الأرضي العالمي (ITRS) كما يلي :.

يعرّف النظام المرجعي الأرضي العالمي كالاتي

- المركز : هو مركز ثقل الأرض وهو مركز الاحداثيات(0،0،0) لمحاور الاحداثيات الكارتيزية (X,Y,Z)
- المحورZ : يعرف المحور (Z) بطريقة اصطلاحية متفق عليها وذلك لان محور دوران الأرض ليس تابت بالنسبة الى سطح الأرض ولكن في حركة مستمرة وعليه تم اتخاذ متوسط اتجاه او موقع محور دوران الأرض في فترة زمنية معينة ليكون هو اتجاه قطب الأرض الاصطلاحي كما هو معرّف من قبل (IERS) و يعّرف متوسط اتجاه القطب بالاسم (CIO) وكذلك يعرف بالاسم (IRP) يكون في اتجاه قطب الأرض الاصطلاحي كما هو معرّف من قبل (IERS) *ويعرف* باسم (CIO) وكذلك باسم (IRP)
- المحورX : يمر هذا المحور من نقطة الصفر لخط الطول في جرينتش كما هو معرّف من قبل (IERS)
- المحورY : يكون هذا المحور بحيث يتمم نظام احداثيات يد – يمنى (Right- Handed System)
- هذا النظام متبت الى الأرض ويدور مع الأرض ولا تتغير هذه التوجيهات المذكورة بالنسبة الى سطح الأرض .

وعليه فان النظام المرجعي الأرضي العالمي (ITRS) هو عبارة عن مجموعة من المصطلحات والمواصفات المتفق عليها من المنظمات الدولية والتي تعرف النظام المرجعي الأرضي العالمي وعليه فانه يوجد نظام مرجعي ارضي عالمي وحيد .

اما الاطار المرجعي الأرضي (TRF) فهو التحقيق العملي للنظام المرجعي الأرضي العالمي (ITRS) من خلال قياسات واحداثيات نقاط مرجعية أرضية وعليه فان منظومة أقمار الملاحة العالمية (GNSS) التي تتكون من المنظومات (GPS , GLONASS , GALILEO , BeiDou) كل منظومة من هذه المنظومات قامت باستعمال البيانات والمعلومات وتقنيات قياس وطرق حسابات الخاصة بها لحساب اطار مرجعي ارضي خاص بها وذلك من خلال تحقيق و تنفيد نفس المواصفات وعناصر التعريف للنظام المرجعي الأرضي العالمي (ITRS) المتفق عليه دوليا نتج عن ذلك اطر مرجعية أرضية (TRF) تختلف عن بعضها اختلافات بسيطة ومن هذه الأطر المرجعية الأرضية التي تحقق النظام المرجعي العالمي هي الأطر المرجعية الاتية :.

* الاطار المرجعي الأرضي العالمي ITRF

الاطار المرجعي الأرضي العالمي (ITRF) هو التحقيق العملي للنظام المرجعي الأرضي العالمي (ITRS) وهذا الاطار المرجعي الأرضي العالمي عبارة عن اكتر من 500 نقطة مرجعية منتشرة حول العالم يتم تعيين احداثياتها الكارتزية وسرعات تغير هذه الاحداثيات بدقة عالية ساهمت في ذلك اربع طرق جيوديسية فضائية مختلفة لتحديد المواقع وهي DORIS , GPS , SLR , VLBI .

وهذه المساهمات انتجت الاطار المرجعي الأرضي العالمي (ITRF) الدقيق جدا متعدد الأغراض والاستعمالات وتقوم منظمة خدمات دوران الأرض العالمية (IERS) بتوفير البيانات والمنتوجات عالية الدقة ومتاحة مجانا وبشكل مفتوح وانشاء الاطار المرجعي الأرضي العالمي (ITRF) والوصول اليه وكذلك إمكانية استخدام بيانات ومنتوجات (IERS) في اعمال تحديد المواقع بدقة عالية على مناطق واسعة من خلال استخدام الاطار المرجعي الأرضي الدولي (ITRF)

الالبسويد المرافق لهذا النظام هو الالبسويد المرجعي الجيوديسي 1980 (GRS80) وهو كالاتي .

نصف القطر الأكبر: 6378137 متر,

التفلطح: 1/298.257222101

** النظام الجيوديسي العالمي 1984 (WGS84)

هذا النظام الجيوديسي العالمي يستعمل في منظومة الأقمار الصناعية الامريكية لتحديد المواقع *GPS*

الالبسويد المرافق لهذا النظام هو كالاتي : .

نصف القطر الأكبر: 6378137 متر,

التفلطح : 1/298.257223563

** GLONASS "PZ90"

هذا النظام يستعمل في منظومة الأقمار الصناعية الروسية لتحديد المواقع .

الالبسويد المرافق لهذا النظام هو كالاتي : .

نصف القطر الأكبر: 6378136.000 متر,

التفلطح : 1/298.257839303

** الاطار المرجعي الارضي جاليلو "GTRF" "GalileoTerrestrial RF"

الاطار المرجعي الأرض جاليلو يستعمل في منظومة الأقمار الصناعية الأوروبية لتحديد المواقع .

الالبسويد المرافق لهذا النظام هو كالاتي : .

نصف القطر الأكبر: 6378137 متر,

التفلطح : 1/298.257222101

** نظام احداثيات بيدو "BDC" "Beidou Coordinate syst"

نظام احداثيات بيدو يستعمل في منظومة الأقمار الصناعية الصينية لتحديد المواقع وهو نظام الاحداثيات الجيوديسية الصينية 2000.

الالبسويد المرافق لهذا النظام هو كالاتي : .

نصف القطر الأكبر: 6378137 متر,

التفلطح: 1/298.257222101

ويعتبر الاطار المرجعي الارضي العالمي (ITRF) الادق والاكتر استعمالا من الأطر المرجعية الأرضية الأخرى السابق ذكرها , وأصبحت بديلا عن (WGS84) وهي غالبا ما تستعمل كأساس لأطر مرجعية محلية او مناطقية متل الاطار المرجعي الأرضي الأوروبي (ETRF89) وكذلك الاطار المرجعي الافريقي (AFREF) وكذلك المرجع الجيوديسي الياباني (JGD) وكذلك مرجع الاسناد

الجيوديسي الأسترالي (GDA94) , ويتم ربط الأطر المرجعية الأرضية المحلية والمناطقية على محطات الرصد IGS الدائمة عند فترة زمنية محددة yyyy وهي فترة الأرصاد , وكل هذه الأطر المرجعية المحلية والمناطقية هي مراجع اسناد ثابتة لانها متبتة الى الصفيحة التكتونية الموجودة عليها تلك الدولة او المنطقة .

وقد تم اصدار أربعة عشرة اصدار للاطار المرجعي الأرضي العالمي في الفترة الممتدة من سنة 1988 الى سنة 2020 وهي كالاتي ITRF89 , ITRF90 , ITRF91 , ITRF92 , ITRF93 , ITRF94 , ITRF96 , ITRF97 , ITRF2000 , ITRF2005 , ITRF2008 , ITRF2014 , ITRF2020 .

وعملية نشر او حساب إصدارات جديدة للاطار المرجعي الأرضي العالمي هي عملية مستمرة وهي عبارة عن حلول جديدة يتم حسابها كل بضعة سنيين باستعمال احدث الطرق والأساليب الرياضية والمساحية نظرا للتطور المستمر في جودة البيانات وطرق التحليل والأساليب الرياضية والمساحية من اجل تحقيق النظام المرجعي الارضي العالمي بادق ما يمكن .

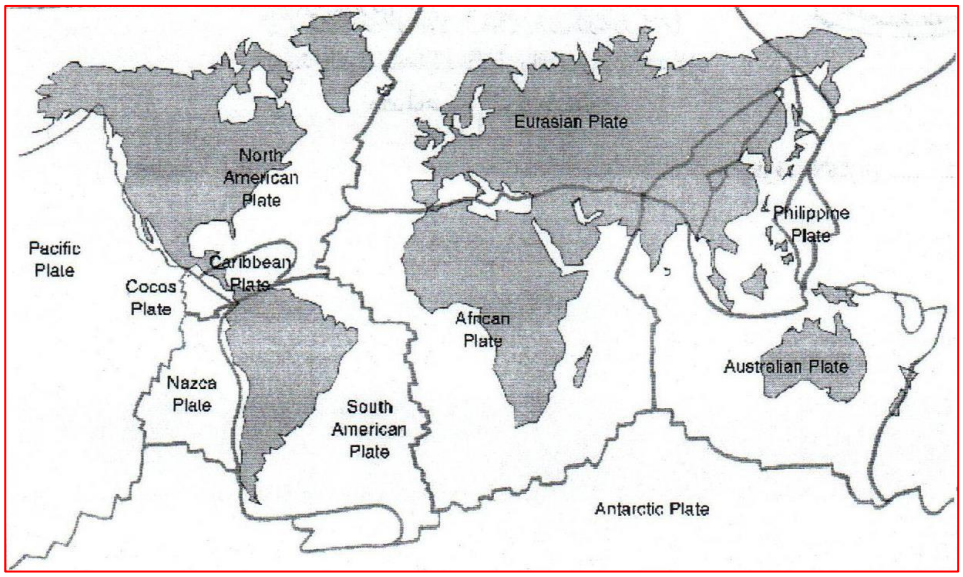
إضافة الى ذلك فان النقاط المرجعية الدائمة تقع او توجد على طبقة القشرة الأرضية المتكونة من عدة صفائح تكتونية كما في الشكل (14) , وهذه الصفائح التكتونية تتحرك بالنسبة لبعضها بسبب الزلازل وعليه فان احداثيات هذه النقاط المرجعية الدائمة تتغير لذا يتم اجراء حسابات جديدة للاحداثيات ومعدل تغير الاحداثيات وذلك كلما لزم الامر , ولهذا تذكر سنة احدث القياسات yyyy للاطار المرجعي الأرضي العالمي $ITRF_{yyyy}$ حيت ان yyyy تشير الى سنة احدث القياسات التي استعملت في حساب الاحداثيات .

وعليه فان في الإصدارات الجديدة هناك تحسن في دقة الاحداثيات والسرعات من الإصدارات السابقة بمعنى ان الاحداثيات والسرعات تتغير الى قيم ادق من سابقتها , ولكن محاور الاحداثيات للنظام المرجعي الأرضي العالمي ITRS لا تتحرك لأنها مثبتة الى الارض .

وعليه فان الإصدارات الجديدة للاطار المرجعي الأرضي العالمي ITRF هي عملية مستمرة وهي تعكس الاتي : .

- تحسن في دقة احداثيات وسرعات المحطات المرجعية الدائمة (نقاط IGS) او نقاط GNSS .
- تحسن في تعريف مرجع الاسناد او نظام الاحداثيات المرجعية الأرضية العالمية ITRS نتيجة لتوفر بيانات اكتر وكذلك التطور المستمر في جودة البيانات وطرق التحليل والأساليب الرياضية والمساحية.
- كذلك تعكس الانقطاعات التي تحدت في الزمن نتيجة الزلازل الارضية و احداث طبيعية أخرى .
- *تعكس وجود نقاط او محطات جديدة وكذلك تظهر النقاط المتوقفة او المنقطعة .*

وتقوم منظمة خدمة دوران الأرض والأنظمة المرجعية بإدارة وتوفير الكثير من المعلومات والبيانات والارصاد عبر الانترنت لاستعمالها في اعمال ربط الشبكات الجيوديسية على احداثيات الاطار المرجعي الأرضي العالمي .



شكل (14)يبين الصفائح التكتونية

الربط على النقاط المرجعية الدولية الدائمة

تدور أقمار منظومة الأقمار الصناعية للملاحة العالمية (GNSS) في مدارات بيضاوية ، واحدى بؤر المدار هي مركز تقل الارض ولهذا فان احداثيات مدارات أقمار تحديد المواقع سوف تكون في نظام الاحداثيات الأرض مركزية (Geocentric) وتعتبر مواقع هذه الأقمار الصناعية نقاط معلومة الاحداثيات الأرض مركزية ، وبقياس المسافات الى هذه الأقمار يمكن حساب احداثيات الراصد وتكون هذه الاحداثيات في نفس نظام احداثيات مدارات أقمار الملاحة العالمية ، وفي الاعمال المساحية الدقيقة يتم الربط على احداثيات الاطار المرجعي الأرض العالمي (ITRF) وذلك عن طريق استعمال عدد من النقاط الدولية الدائمة الرصد القريبة من النقاط المرصودة ، وادخالها في حساب الاحداثيات العالمية واعتبارها نقاط

ذات احداثيات ثابتة (Fixed) في احداثيات الاطار المرجعي الأرضي العالمي (ITRF) , وتوفر منظمة خدمات تحديد المواقع (IGS) الكثير من الخدمات ومنها احداثيات هذه النقاط الدائمة الرصد في الاطار المرجعي الأرضي العالمي ($ITRF_{YYYY}$) حيث أن (yyyy) تعبّر عن سنة أحدث القياسات التي استعملت في حساب احداثيات النقاط الدولية الدائمة ، كذلك توفر منظمة خدمات تحديد المواقع معدل تغير الاحداثيات " السرعات "(V_z,V_y, V_x) للنقاط الدولية الدائمة الرصد ، كما في الجدول رقم (3) وتستعمل معدّلات تغير الاحداثيات في تحويل احداثيات النقاط الدائمة الى الامام أو الى الخلف الى الفترة الزمنية فترة الأرصاد على النقاط المطلوبة إيجاد احداثياتها وذلك حسب معادلات التحويل الاتية .

$$X_{t1} = X_{t0} + (t_1 - t_0)_{yrs} \times V_x$$

$$Y_{t1} = Y_{t0} + (t_1 - t_0)_{yrs} \times V_y$$

$$Z_{t1} = Z_{t0} + (t_1 - t_0)_{yrs} \times V_z$$

حيث أن:

t_0 هي yyyy وهي سنة احدث القياسات التي استعملت في حساب $ITRF_{yyyy}$.

t_1 هي الفترة الزمنية التي تم فيها الرصد على النقاط المطلوبة إيجاد احداثياتها.

$(X_{t0}، Y_{t0}، Z_{t0})$ هي احداثيات النقطة الدائمة عند الفترة الزمنية t_0

$(X_{t1}، Y_{t1}، Z_{t1})$ هي احداثيات النقطة الدائمة عند الفترة الزمنية t_1

(V_z,V_y, V_x) هي سرعات تغير احداثيات النقاط العالمية الدائمة.

وهكذا يتم تحويل احداثيات النقاط العالمية الدائمة $ITRF_{yyyy}$ الى الاحداثيات في الفترة الزمنية فترة القياسات.

والمثال التي يوضح عملية تحويل الاحداثيات: -

بافتراض أن القياسات على النقاط المراد إيجاد احداثياتها قد تمت في شهر أكتوبر 2022 وعليه فإن آخرأصدرا للإطار المرجعي الارضي العالمي هي ITRF2020 وكما في الجد ول (3) فإن لكل نقطة من النقاط العالمية الدائمة لها معدل تغير احداثيات يختلف عن النقاط الدائمة الأخرى كل حسب الصفيحة التكتونيةالموجودة عليها وبتطبيق معادلات التحويل السابقة الذكر لكل نقطة عالمية دائمة حسب سرعات

تغير الاحداثيات (V_z, V_y, V_x) لهذه النقطة .

وعليه تكون الفترة الزمنية المنقضية (t_1 - t_0) هي من (2020) الى شهر أكتوبر 2022

وعليه تكون الفترة المنقضية بالسنوات هي $1\frac{10}{12} = 1.827$ ومن معادلات التحويل يمكن حساب احداثيات النقاط الدائمة في الاطار المرجعي الارضي العالمي (ITRF2020) في الفترة الزمنية (Epoch) (2021.827)

وحيث أن النقاط العالمية الدائمة التي تم تحويل احداثياتها تعامل في حسابات برمجيات (GPS) على أساس أنها ثابتة (Fixed) ليتم الحصول على احداثيات النقاط المطلوبة في نفس نظام احداثيات النقاط العالمية الدائمة والإطار المرجعي ITRF2020 وفي الفترة الزمنية فترة الأرصاد وهي أكتوبر 2022 (2022.827) وتكتب بهذه الصيغة (ITRF2020 at Epoch 2022.827) .

مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية في ليبيا

تعتبر مراجع الاسناد الجيوديسية الافقية في ليبيا ليست بالقديمة ولكنها حديثة منذ بداية القرن العشرين حيث قامت هيئة المساحة العسكرية الإيطالية في فترة الاستعمار الإيطالي لليبيا بعمل شبكات ضبط أفقية على طول الشريط الساحلي وذلك لغرض إنتاج خرائط ذات مقياس رسم صغير، وكانت أجهزة القياس في ذلك الوقت بسيطة وكذلك فكرة مراجع الاسناد كانت محلية ، وذلك بقياس الاحداثيات الفلكية دائرة العرض الفلكية وخط الطول الفلكي ، واعتبار هذه النقطة نقطة بداية الاحداثيات وقياس التسامت من نقطة البداية الى نقطة مساحية أخرى ، ولا يوجد الكثير من المعلومات على هذه الاعمال المساحية.

وبالنسبة للخرائط الإيطالية ذات مقياس رسم صغير فإنه يمكن استعمال الاحداثيات الفلكية كنقاط بداية للإحداثيات في المناطق التي لا يتوفر فيها شبكات مساحية حيث أن دقة الخرائط ذات المقياس الصغير تتماشى مع دقة هذه الشبكات المساحية في ذلك الوقت .

وكذلك كانت إحداثيات النصب الحدودية مع الدول المجاورة احداثيات فلكية وذلك لعدم وجود مراجع جيوديسية في ليبيا في ذلك الوقت.

وفي فترة الخمسينيات من القرن الماضي قام سلاح المهندسين بالجيش الأمريكي بإعداد شبكة المثلثات على طول الشريط الساحلي وكانت احداثيات هذه النقاط في مرجع الاسناد الأوروبي 1950 (ED50) وقد تم ربط هذه الشبكة المثلثية على شبكة المثلثات في تونس التي قد تم ربطها الى مرجع الاسناد الأوروبي عن

طريق إيطاليا وقد أعدت شبكة المثلثات على طول الساحل الليبي لغرض أعداد خرائط طبوغرافية مقياس1:50000 تغطي كامل الساحل الليبي وتعتبر هذه الشبكة في مرجع الاسناد الجيوديسي الأوروبي 1950 هي شبكة الاحداثيات الأساسية لكل اعمال التخريط في ليبيا لكل مقاييس الرسم الكبيرة والصغيرة وكذلك كل الاعمال الهندسية الأخرى ولا توجد شبكات جيوديسية أخرى وخاصة في الجنوب الذي لا توجد فيه شبكات جيوديسية.

وعليه فإن مرجع الاسناد الأوروبي 1950(ED50) يعتبر مرجع الاسناد الجيوديسي الافقي المحلي في ليبيا ولتغطية كافة البلاد بشبكة جيوديسية متجانسة في مرجع جيوديسي محلى.

وحيث أن أعمال المساحة التقليدية من تضليع وشبكات مثلثات وذلك بقياس مسافات وزوايا لخطوط طويلة تمتد لمئات الكيلومترات الى الجنوب والشرق والغرب وما يترتب على ذلك من صعوبة هذه الاعمال خاصة في الصحراء وما تحتاج إليه من وقت وتكلفة وكذلك من تراكم الأخطاء خاصة الأخطاء الناتجة من تصحيح المسافات حيث لا يتوفر الارتفاع الجيوديسي.

وقد تطورت نظم الملاحة بالأقمار الصناعية مع إطلاق نظام الملاحة الأمريكي ترانزات (Transit)ويعرف أيضا باسم نظام دوبلر (Doppler) في الستينات من القرن العشرين وهو نظام عالمي لتحديد المواقع.

وعليه قامت مصلحة المساحة الليبية في نهاية السبعينات من القرن الماضي بإنجاز مشروع إنشاء ورصد وحساب 45 نقطة دوبلر موزعة على كامل البلاد بفاصل 250 كيلومتر تقريبا ما بين هذه النقاط وذلك لتغطية كامل البلاد بواسطة هذه الشبكات الافقية الأساسية ذات الدقة العالية في ذلك الوقت بتقنية الأقمار الصناعية، وكذلك تم قياس الاحداثيات الفلكية دائرة العرض وخط الطول وأيضا قياس التسامت الفلكي على هذه النقاط، كما تم ربط بعض هذه النقاط بأعمال التسوية الدقيقة على مرجع الاسناد الجيوديسي الرأسي وكذلك ربط بعض النقاط على نقاط الضوابط الراسية للحصول على الارتفاعات فوق متوسط منسوب سطح البحر لهذه النقاط ومن هذه البيانات تم عمل خريطة للجيويد بالنسبة لمرجع اسناد الأقمار الصناعية (WGS72) كما في الشكل (14) .

وتعتبر هذه الشبكة هي شبكة الضوابط الافقية الأساسية (SNC) (Super Net horizontal Control)

وكذلك تعرف هذه النقاط بنقاط (IGN) نسبة الى الشركة المنفذة للمشروع وهو المعهد الجغرافي الوطني الفرنسي.

وتعتبر هذه الشبكة ذات دقة عالية بمقاييس ذلك الوقت، وتم ربط بعض نقاط هذه الشبكة ببعضها بواسطة أعمال التضليع قرب أماكن التجمعات السكنية.

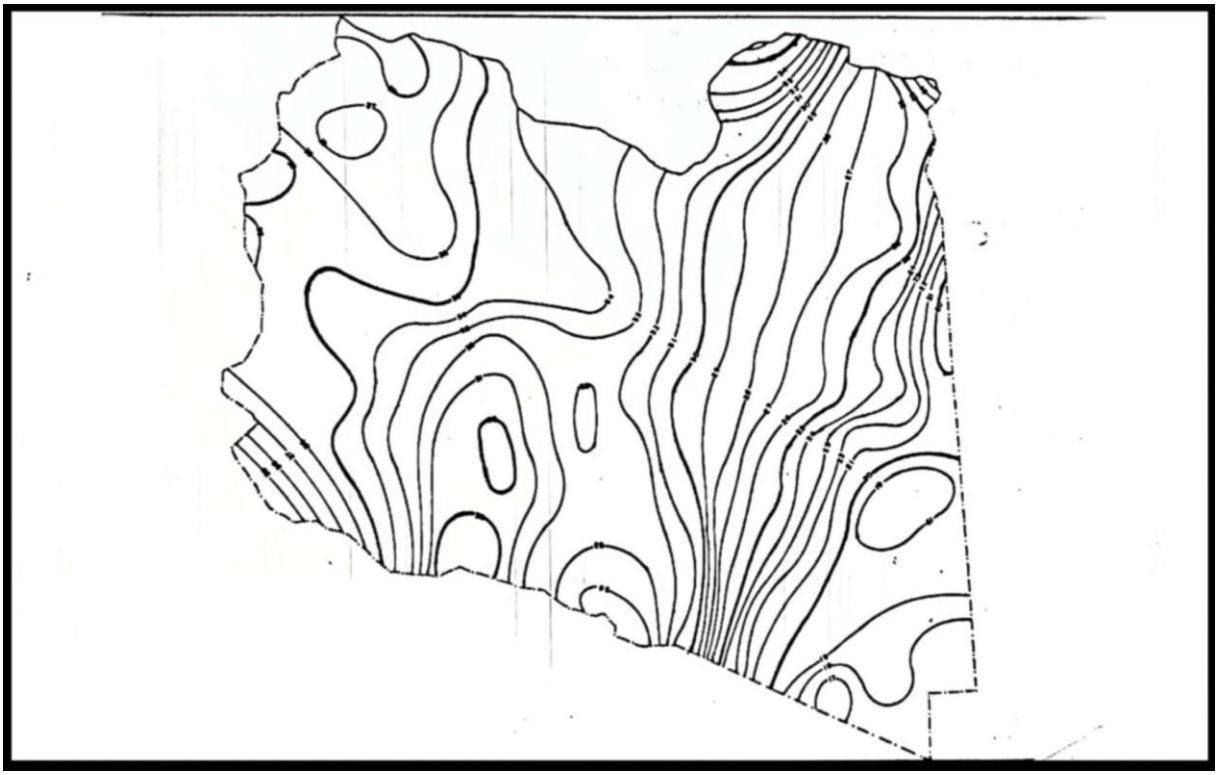
وقد كانت احداثيات هذه الشبكة في نظام الاحداثيات الكارتيزية (Z,Y,X) للأقمار الصناعية دوبلر وهي احداثيات أرض مركزية والشكل البيضاوي المرافق لهذه الاحداثيات هو الالبسويد *WGS72* وذلك لتحويل الاحداثيات الكارتيزية الى احداثيات جيوديسية في نظام احداثيات الأقمار الصناعية.

وبهذا أصبحت ليبيا مغطاة بشبكة من الضوابط الافقية الأرضية ذات الدقة العالية والمتناسقة في نظام احداثيات الأقمار الصناعية وحيث أن نظام الاحداثيات الجيوديسية الافقية المحلية المستعملة في ليبيا في اعمال التخريط والاعمال الهندسية الأخرى هي نظام الاحداثيات الجيوديسية الأوروبية 1950(ED50) ولكن شبكة الاحداثيات المحلية تغطى فقط الشريط الساحلي وللحصول على الاحداثيات المحلية لكامل البلاد يجب ايجاد معاملات التحويل من النظام الجيوديسي للأقما ر الصناعية لنقاط الشبكة الأساسية 45 نقطة التي أصبحت تغطي كامل البلاد الى النظام الجيوديسي المحلي وبهذا يصبح كامل البلاد مغطى بنفس الاحداثيات المحلية ولهذا فقد تم بناء بعض نقاط الشبكة الأساسية (SNC) بحيث تكون قريبة من نقاط شبكة المثلثات (AMS) الموجودة على طول الشريط الساحلي لتكون عملية ربط هذه النقاط القريبة من بعضها سهلة وبسيطة حيث كانت هذه المسافات بين نقاط (SNC) و (AMS) في حدود عشرة امتار تقريبا وعليه تم ربط بعض من نقاط SNC الى نقاط AMS بطريقة القياسات التقليدية مسافة وزاوية تسامت.

وقد تم استعمال سبعة (7) نقاط من نقاط الشبكة الأساسية دوبلر التي تم بناؤها قريبة من نقاط شبكة المثلثات AMS وربط هذه النقاط ببعضها ، ومنها تم حساب احداثيات نقاط دوبلر SNC السبعة في نظام الاحداثيات ED50 وهذه الاحداثيات هي دائرة العرض وخط الطول فقط حيث أنه لا يوجد الارتفاع الجيوديسي لنقاط (AMS) ولا حتى الارتفاع الاورتومتري في معظم الأحيان .

وحيث أن عملية تحويل الاحداثيات بين مراجع الاسناد الجيوديسية تتطلب أن تكون الاحداثيات في مراجع الاسناد ثلاثية الابعاد أي أن تتوفر الاحداثيات الثلاثة (h, λ, ϕ) دائرة العرض وخط الطول والارتفاع الجيوديسي ، وهذا الشرط متوفر في احداثيات الأقمار الصناعية نقاط الدوبلر ولكن بالنسبة الى نظام الاحداثيات المحلية المستعمل في أعمال التخريط وهو ED50 لا يتوفر الارتفاع الجيوديسي فوق الالبسويد ولا الارتفاع فوق متوسط منسوب سطح البحر) الجيويد(ولصعوبة الحصول على الارتفاع الجيوديسي في نظام الاحداثيات المحلية ED50 عليه فقد تم افتراض أن الالبسويد وهو الشكل البيضاوي العالمي 1924 في نظام الاحداثيات المحلية متطابق مع الجيويد على نقاط الشبكة الجيوديسية SNC السبعة والتي تم حساب احداثياتها في نظام الاحداثيات المحلية ED50 وعليه فإن الارتفاع الجيوديسي على هذه النقاط السبعة بالنسبة الى نظام الاحداثيات المحلية مساوي للارتفاع الاورتومتري وعليه فإن الاحداثيات الثلاثة (h, λ, ϕ) في نظام الاحداثيات المحلية ED50 أصبحت متوفرة.

وحيث أن الارتفاع الاورتومتري كان الحصول عليه أسهل من الارتفاع الجيوديسي في ذلك الوقت فقد تم استعمال الارتفاع الاورتومتري من أعمال التسوية الدقيقة في معض الأحيان عندما يكون متوفر عند بعض نقاط *SNC* السبعة ، وفي حالة عدم توفر الارتفاع الاورتومتري فيتم حساب الارتفاع الاورتومتري بطريقة الاستكمال أو الاستنباط تقريبيا من خريطة الجيويد المعدة من قبل شركة IGN الفرنسية كما هو في الشكل (15) الذي يبين حيود الجيويد بالنسبة الى الشكل البيضاوي WGS72 لمرجع اسناد الأقمار الصناعية دوبلر



الشكل (15) يبين حيود الجيويد بالنسبة الى المرجع الجيوديسي للاقمار الصناعية(WGS72)

وبهذا تم الحصول على الارتفاع الاورتومتري على نقاط SNC السبعة وأن الارتفاع الجيوديسي لهذه النقاط بالنسبة للشكل البيضاوي العالمي 1924 لمرجع الاسناد المحلي ED50 يساوي الارتفاع الاورتومتري على هذه النقاط.

وعليه تكون نقاط الدوبلر SNC السبعة لها احداثيات ثلاثية (h, λ, ϕ) في نظام احداثيات الأقمار الصناعية والشكل البيضاوي المرافق لهذا النظام هو WGS72، وكذلك لها هذه النقاط احداثيات في نظام الاحداثيات المحلية ED50 والشكل البيضاوي المرافق لهذا النظام هو الشكل البيضاوي العالمي 1924 وقد تم افتراض أن محاور الاحداثيات (Z,Y,X) لنظام الاحداثيات المحلية موازية لمحاور الاحداثيات العالمية (Z,Y,X)

أي أنه لا توجد زوايا دوران لمحاور الاحداثيات ، وكذلك تم افتراض أنه ليس هناك تغير في المقياس،وعليه فإن عناصر تحويل الاحداثيات هي الازاحات الثلاثة فقط $(\Delta z, \Delta y, \Delta x)$ هي الازاحة في اتجاه المحور X والازاحة في اتجاه المحور Y والازاحة في اتجاه المحورZ.

وكانت متوسط عناصر التحويل أو الازاحات الثلاثة من نظام احداثيات الأقمار الصناعية الى نظام الاحداثيات المحلية هي كالاتي: -

$$\Delta x = 106.721\ meter$$

$$\Delta y = 118.782\ meter$$

$$\Delta z = 150.290\ meter$$

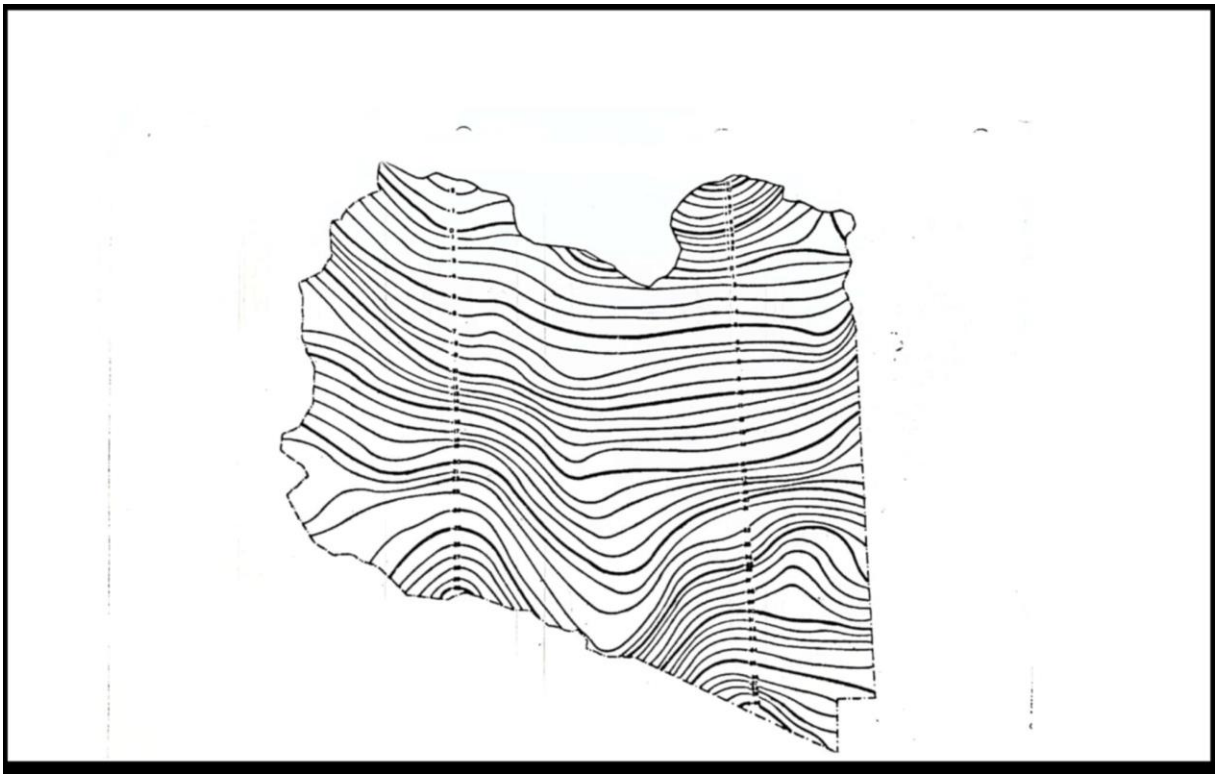
وكان متوسط الازاحات السبعة يتوافق مع الازاحات المحسوبة عند كل نقطة في حدود ± 3 متر .

وحيث أنه تم افتراض أن الالبسويد في نظام الاحداثيات المحلية على نقاط الشبكة الأساسية السبعة يتطابق مع الجيويد على هذه النقاط وأن محاور الاحداثيات في نظامي الاحداثيات متوازية عليه فإن نظام الاحداثيات الناتج من تحويل احداثيات الأقمار الصناعية بهذه الازاحات الثلاثة ينتج عنه نظام احداثيات جديد يختلف عن نظام الاحداثيات الأوروبي 1950(ED50)، ولهذا سمي باسم جديد وهو مرجع الاسناد الجيوديسي الليبي الأوروبي 1979 (ELD79) . وعليه وبعناصر التحويل الثلاثة تم تحويل أحداثيات كل نقاط الشبكة الأساسية SNC وكذلك كل نقاط التضليع التي على خطوط التضليع التي تربط ما بين نقاط الدوبلر SNC من مرجع اسناد الأقمار الصناعية الى مرجع الاسناد الليبي الجديد ELD79 .

وفي بداية الثمانينيات من القرن الماضي قامت مصلحة المساحة بأنشاء شبكة من نقاط الضبط الأرضي الافقي تتكون من نقاط دوبلر كل 50 كيلومتر في جميع انحاء البلاد وكذلك الكثير من خطوط التضليع وقد تم ربط كل هذه النقاط على نقاط الشبكة الأساسية SNC وحساب الاحداثيات في نظام الاحداثيات المحلية ELD79.

كما قامت المصلحة بأنشاء شبكة كبيرة من نقاط الضبط الرأسي المتكونة من عدة خطوط تسوية ذات الدرجة الأولى والثانية و الثالثة وقد تم ربط الكثير من نقاط الشبكة الافقية بنقاط التسوية وتم الحصول على الارتفاع الاورتومتري على هذه النقاط وعمل خريطة الجيويد التي تبين حيويد الجيويد بالنسبة الى مرجع الاسناد الجيوديسي الأوروبي الليبي 1979 , كما في الشكل (16) ومن هذه الخريطة التي تبين حيويد الجيويد نرى ان الجيويد يطابق الالبسويد مطابقة جيدة على طول الشريط الساحلي في الشمال حيت تقع النقاط السبعة

التي تم فيها فرض ان الالبسويد متطابق مع الجيويد , ولكن كلما اتجهنا جنوبا يزداد حيويد الجيويد الى ان يصل الى حوالي 40 متر في اقصى الجنوب وتعتبر هذه المطابقة غير جيدة .



الشكل (16) يبين حيود الجيويد بالنسبة الى مرجع الاسناد الجيوديسي الأوروبي الليبي 1979 (*ELD79*)

وعليه قامت مصلحة المساحة في بداية 2006 بإعادة تعريف مرجع الاسناد الجيوديسي الأوروبي الليبي ELD79 .