GEOSA
الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية
General Authority for Survey and Geospatial Information

الدليل الإرشادي
لاستخدام المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS

النسخة ٢,١

فبراير، ٢٠٢٤

كرت وصف الوثيقة

وصف الوثيقة
عنوان الوثيقة **الدليل الإرشادي لاستخدام المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS**
الكلمات الدلالية الجيوديسيا، إطار مرجعي، المرجع المكاني الوطني للمملكة، SANSRS، إطار المرجع الجيوديسي، ITRF، GRF، إطار المرجع الرأسي، VRF، نموذج الجيويد، Geoid، محطات رصد مستمر، CORS، إطار المرجع الجيوديسي الوطني، إطار المرجع الرأسي الوطني، نموذج الجيويد للمملكة، KSA-GRF، KSA-VRF، KSA-GEOID، الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر، KSA-CORS ، التحويل، الإحداثيات، الإرتفاع
حول الوثيقة توفر هذه الوثيقة الإرشادات العملية لإستخدام المرجع المكاني الوطني للمملكة العربية السعودية (SANSRS) في الأنشطة اليومية لمستخدمي البيانات الجيومكانية وبيانات تحديد المواقع. يمكن تصنيف مستخدمين المرجع المكاني الوطني SANSRS لعدة فئات، حيث تتنوع قطاعات المستخدمين بين الحكومية والأكاديمية والعلمية والخاصة وكذلك الأفراد بالإضافة إلى تنوع التطبيقات ومستويات الدقة المختلفة. ستقدم هذه الوثيقة المُساعدة للمستخدمين على فهم كيفية دمج المرجع المكاني الوطني SANSRS في أعمالهم اليومية المتعلقة بأعمال المساحة وإنتاج الخرائط، وأيضاً عملية إنتقال المعلومات الجيومكانية الموجودة حالياً والمُنتجة بإستخدام مراجع أخرى إلى المرجع المكاني الوطني SANSRS. وتتضمن الوثيقة وصفاً للأدوات والطرق المناسبة لتحقيق ذلك. بالإضافة إلى ذلك، من الممكن أن تشير هذه الوثيقة إلى دلائل إستخدام فنية أخرى تم إعدادها بواسطة الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية من أجل بعض التطبيقات وإرشادات الإستخدام لتلبية متطلبات محددة. تتكون هذه الوثيقة من أربعة فصول، يتضمن الفصل الأول منها وصفاً للمرجع المكاني الوطني SANSRS ومكوناته وإستخداماته وأهميته. ويتضمن الفصل الثاني الإرشادات حول إستخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS في إنتاج البيانات الجيومكانية، ويتضمن الفصل الثالث وصفاً لعمليات تحويل البيانات الجيومكانية الموجودة حالياً إلى المرجع المكاني الوطني SANSRS، بينما يتضمن الفصل الرابع آليات التواصل ودعم مستخدمي المرجع المكاني الوطني.

سجل الوثيقة

التاريخ	النسخة	التعديلات
فبراير، ٢٠٢١	١,٠	النسخة الأولى من الوثيقة
أكتوبر، ٢٠٢٢	٢,٠	النسخة الثانية من الوثيقة - تم إضافة نموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21
فبراير، ٢٠٢٤	٢,١	النسخة الثالثة من الوثيقة - تم تغير اختصار المنظمة من GASGI إلى GEOSA - تم تحديث الروابط الخاصة بالأدوات الجيوديسية - تم تحديث عناوين البريد الإلكتروني

المحتوى

كرت وصف الوثيقة ٢
المحتوى ٣
قائمة الإختصارات ٤
قائمة الجداول ٥
قائمة الأشكال ٥
١. ما هو المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS ٦
١,١. تعريف المرجع المكاني الوطني SANSRS ٦
١,٢. أهمية المرجع المكاني الوطني SANSRS ٧
١,٣. إستخدامات المرجع المكاني الوطني SANSRS ٨
١,٤. صيانة المرجع المكاني الوطني SANSRS و سياسية إستخدامه ٩
٢. إستخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS في إنتاج البيانات الجيومكانية ١٠
٢,١. إستخدام المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 ..... ١٠
٢,١,١. ملفات الأرصاد الخام لتحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية GNSS RAW observation Files ١٠
٢,١,٢. خدمات تحديد المواقع آنياً من شبكة KSA-CORS ١٠
٢,١,٣. ملفات RINEX الإفتراضية ١١
٢,١,٤. إستخدام متصفح الويب الخاص بالشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر KSA-CORS ١١
٢,٢. إستخدام المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 ..... ١٢
٢,٣. إستخدام نموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21 ..... ١٢
٣. تحويل البيانات الجيومكانية إلى المرجع المكاني الوطني SANSRS ١٣
٣,١. تحويل النقاط (الإحداثيات) ١٣
٣,١,١. تحويل الإحداثيات الجيوديسية ١٣
٣,١,٢. تحويل الإرتفاعات إلى إطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 ..... ٢٣
٣,٢. تحويل بيانات نظم المعلومات الجغرافية GIS Data ٢٥
٤. التواصل و خدمات الدعم ٢٧

قائمة الإختصارات

AAA	إطار المرجع الجيوديسي: عين العبد
ARAMCO	شركة أرامكو السعودية
ASCII	الكود القياسي الأمريكي لتبادل المعلومات
Bernese	هو برنامج لمعالجة أرصاد وبيانات تحديد المواقع بدقة عالية جداً مع الأخذ في الإعتبار كافة المعايير العلمية، تم تطويره من قبل معهد علوم الفضاء بجامعة بيرن
CORS	محطة رصد مستمر لبيانات تحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية
CRS	نظام مرجعي للإحداثيات
DGNSS	الحل التفاضلي لتحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية
EPSG	الجمعية الأوروبية للمسح النفطي
FTP	بروتوكول نقل الملفات
GASGI	"الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، الرياض، المملكة العربية السعودية" المختصر السابق
GEOSA	الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، الرياض، المملكة العربية السعودية
GDMS	المديرية العامة للمساحة العسكرية، المملكة العربية السعودية
GIS	نظم المعلومات الجغرافية
GNSS	نظام الملاحة العالمي بواسطة الأقمار الصناعية
GOCE	قمر صناعي لقياس مجال الجاذبية وحالة ثبات دورة المحيطات
GRAVSOFT	برنامج لحساب نموذج الجيويد
GRF	إطار مرجع جيوديسي
GRS	نظام مرجع جيوديسي
GRS 80	هو نظام مرجع جيوديسي يتكون من مجسم إهليجي مرجعي عالمي ونموذج مجال الجاذبية
IERS	الخدمة الدولية لدوران الأرض والنظم المرجعية
IGN	المعهد الوطني للمعلومات الجغرافية بفرنسا
ITRF	إطار المرجع الجيوديسي العالمي
ITRF2014	الإصدار الأخير من إطار المرجع الجيوديسي العالمي
ITRF94	ITRF 1994
ITRS	نظام المرجع الأرضي العالمي
JED69	إطار المرجع الرأسي: Jedda 1969 Vertical Datum
KSA	المملكة العربية السعودية
KSA-CORS	الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر، المملكة العربية السعودية
KSA-GEOID21	الإصدار الأخير من نموج الجيويد للمملكة KSA-GEOID
KSA-GRF17	الإصدار الأخير من إطار المرجع الجيوديسي للمملكة KSA-GRF
KSA-VRF14	الإصدار الأخير من إطار المرجع الرأسي للمملكة KSA-VRF14
LMSL	مستوي متوسط سطح البحر المحلي
MOMRA	وزارة الشؤون البلدية والقروية، المملكة العربية السعودية
NGA	وكالة الاستخبارات القومية الجيو- فضائية الولايات المتحدة الأمريكية
NGN	الشبكة الوطنية الجيوديسية
NRTK	تقنية الرصد الآني المتحرك بإستخدام الشبكة
NVN	الشبكة الوطنية الرأسية
RF	إطار مرجعي
RINEX	صيغة التبادل غير المعتمدة على أجهزة المستقبل، وهي الصيغة الأكثر شيوعاً لملفات تحديد المواقع
RTK	تقنية الرصد الآني المتحرك
SANSRS	المرجع المكاني الوطني للمملكة العربية السعودية
SVD78	إطار المرجع الرأسي: SVD-1978: Saudi ARAMCO Vertical Datum 78
TG	محطة قياس المد والجزر
TT	أداة تحويل
VRF	إطار مرجع رأسي
VRS	نظام مرجع رأسي
WGS 84	World Geodetic System 1984 : نظام مرجعي أرضي وسطح إسناد مثبت مع الأرض ومتمركز مع مركز الأرض

قائمة الجداول

جدول ٣,١ معاملات التحويل من إطار المرجع العالمي ITRF2014 إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 في وقت الرصد ٢٠١٧,٠ ..... ١٤
جدول ٣,٢ نظرة عامة عن إطارات المراجع الجيوديسية بالمملكة ١٧
جدول ٣,٣ متوسط الإزاحات بين المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 وإطارات المراجع الجيوديسية الأخرى بالمملكة ١٨
جدول ٣,٤ معاملات التحويل السبعة HELMERT ١٨
جدول ٣,٥ أمثلة لبعض عمليات التحويل إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 ..... ٢١
جدول ٣,٦ عناصر المرجع الجيوديسي الوطني المسجلة في قاعدة بيانات منظمة EPSG ٢٢
جدول ٣,٧ عناصر إطار المرجع الرأسي الوطني المسجلة في قاعدة بيانات منظمة EPSG ٢٥

قائمة الأشكال

شكل ١,١ المكونات الجيوديسية للمرجع المكاني الوطني SANSRS ٧
شكل ١,٢خريطة مستشعرات محطات شبكة KSA-CORS عبر الإنترنت ١١
شكل ٣,١مخطط طريقة التحويل بإستخدام شبكة التحويل ARAMCO_AAA-KSAGRF ١٩
شكل ٣,٢ خطوات تحويل الإحداثيات ٢١

١. ما هو المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS

تتضمن هذه الفقرة تعريفاً للمرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS وأهميته و إستخداماته وسياسة إستخدامه و آلية صيانته.

١,١. تعريف المرجع المكاني الوطني SANSRS

يعرَّف المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS بأنه نظام مرجعي متناسق يحدد الإحداثيات الكارتيزية و خطوط الطول و دوائر العرض و الإرتفاع و المقياس و الجاذبية والتوجيه في جميع انحاء المملكة.

يساعد المرجع المستخدمين بتحديد المواقع في المملكة العربية السعودية و التعبير عنها بشكل دقيق، كما يساهم في تعيين التغييرات التي تحدث لسطح الكرة الأرضية و مجال الجاذبية الخاص بها في المكان و الزمان.

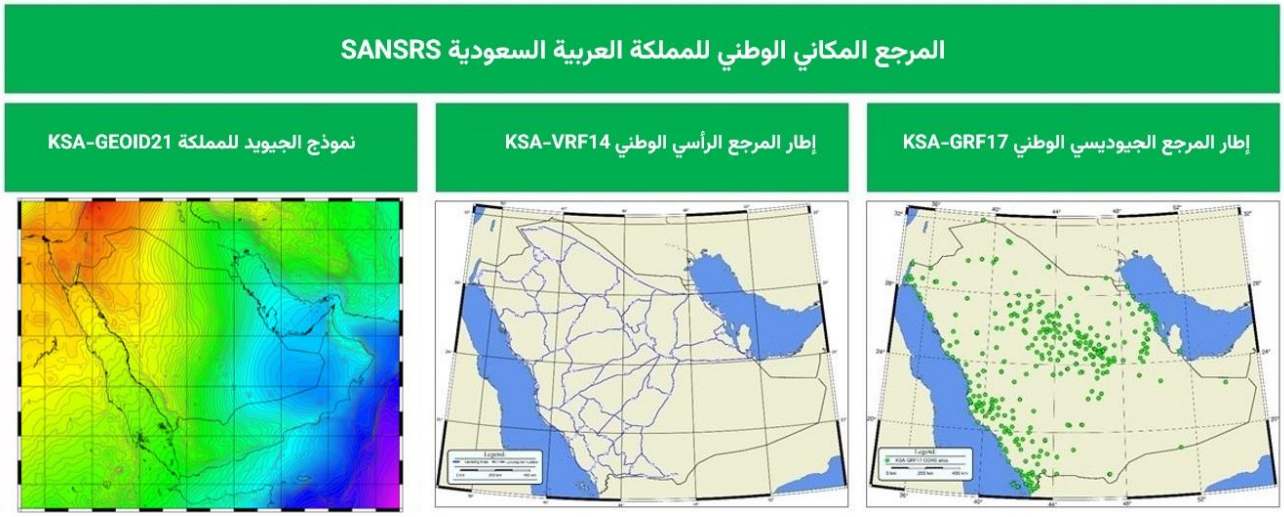
يتكون المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS من المكونات الجيوديسية التالية (شكل ١,١.):

المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 هو آخر إصدار لإطار المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF وتم حسابه عام ٢٠١٩ بواسطة الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية بحيث يتوافق مع أحدث تمثيل لإطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014/IGS14 في فترة الرصد 2017.0 وفقاً لحركة الصفيحة التكتونية العربية. ومن المتوقع أن يكون مقدار التغير في موقع أي نقطة مع الوقت في المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 في حدود ١ مم / سنة أو أقل، وحدود ٥ سم / سنة في إطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014.

المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 هو الإصدار الأخير الذي يمثل نظام المرجع الرأسي الوطني NVRS. كما أن نظام الإرتفاع المستخدم في إطار المرجع الرأسي KSA-VRF14 هو Helmert-orthometric Above Mean Sea Level عند محطة جدة لقياس المد و الجزر، وقد تم حساب إطار المرجع الرأسي KSA-VRF14 بالإعتماد على بيانات الارتفاع من الأقمار الصناعية Satellite Altimetry وبيانات الجاذبية من GOCE وكذلك الأرصاد الميدانية لكل من الشبكة الوطنية لمحطات المد والجزر و الشبكة الوطنية الرأسية و الشبكة الوطنية للجاذبية الأرضية.

نموذج الجيويد الوطني للمملكة KSA-GEOID21 هو نموذج هجين تم حسابه باستخدام بيانات الجاذبية الأرضية المقاسة بالأجهزة الأرضية والأجهزة المحمولة بحراً والأجهزة المحمولة جواً وبيانات الجاذبية الأرضية من الأقمار الصناعية GOCE وكذلك بيانات الإرتفاع من الأقمار الصناعية Satellite altimetry والتسوية الرأسية باستخدام تقنيات GPS. ويعد KSA-GEOID21 مكوناً رئيسيًا لإطار المرجع الرأسي KSA-VRF، حيث يسمح للمستخدمين بحساب قيم الإرتفاع الأرثومتري للنقاط داخل المملكة.

شكل ١.١ المكونات الجيوديسية للمرجع المكاني الوطني SANSRS



وتتضمن وثيقة الملخص الفني للمرجع المكاني الوطني SANSRS تفاصيل أكثر عن حساب مكونات SANSRS.

١,٢. أهمية المرجع المكاني الوطني SANSRS

قام عدد من الجهات الحكومية المختلفة سابقاً بحساب المراجع المكانية الخاصة بهم لخدمة أعمالهم المساحية مما أدى إلى وجود إزدواجية بين الجهات، كما أدت تلك الإزدواجية إلى عدم تكامل وتوافق الأنشطة والمنتجات المكانية عند تداولها بين الجهات المختلفة بالمملكة.

إن المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS بإعتباره نظام مرجعي مكاني وطني يضمن توفير إطار عمل موحد وسلس يلبي حاجات كافة مستخدمين المعلومات الجيومكانية بالمملكة (القائمون بأعمال المساحة وإنتاج الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية وغيرها).

وتتضمن الأسباب الضرورية لإستخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS ما يلي:

الدقة Accuracy: تم إنشاء المرجع المكاني الوطني SANSRS بإستخدام أحدث الطرق والتقنيات التي تضمن دقة مكوناته.

التجانس Homogeneity: يعد المرجع المكاني الوطني SANSRS مرجعاً متجانساً ويزود مستخدمي المعلومات الجيومكانية وبيانات تحديد المواقع بدقة واحدة عبر المملكة.

التوافق Consistency: يتوافق المرجع المكاني الوطني SANSRS مع إطارات المراجع العالمية وكذلك مع إطارات المراجع المحلية الموجودة بالمملكة.

الوصول Access: يوفر المرجع المكاني الوطني SANSRS آليات سهلة للوصول إلى مكوناته وذلك من خلال الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر KSA-CORS التي تعمل بشكل آني وأيضاً من خلال أدوات التحويل عبر الإنترنت.

وقد صُمم المرجع المكاني الوطني SANSRS ليحقق الإحتياجات الوطنية الإقتصادية و الإجتماعية و البيئية، و ليتم إستخدامه في جميع التطبيقات و الخدمات لتحديد المواقع بالإتجاهات الأفقية و الرأسية و إنشاء جميع المنتجات الجيومكانية إستناداً إليه.

إستخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS، يعزز ثقة جميع المستخدمين في المنتجات والخدمات المبنية عليه وتحقيقها لمتطلبات رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠، كما تضمن هذه الخطوة الحد من الهدر وزيادة كفاءة الإنفاق العام واستخدام موارد المملكة بشكل أكثر فعالية.

١,٣. إستخدامات المرجع المكاني الوطني SANSRS

تم الأخذ في الإعتبار أثناء عملية حساب مكونات المرجع المكاني الوطني SANSRS، أن يلبي كافة إحتياجات قطاعي المعلومات الجيومكانية وتحديد المواقع (الإحداثيات) وكذلك المستخدمين بالمملكة.

من المتوقع أن يتم إستخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS من قبل مجموعة واسعة من المستخدمين وفقاً للتصنيف التالي:

الجهات الحكومية

ستمثل الجهات الحكومية بالمملكة المستخدم الرئيسي للمرجع المكاني الوطني SANSRS في تنفيذ مشروعاتها وأنشطتها مما يضمن تكامل وتوافق جميع المعلومات والمنتجات الجيومكانية بين جميع المؤسسات في المملكة وتوفير التكاليف والوقت بالإضافة إلى توفير منتج نهائي عالي الدقة.

الجهات التعليمية

الجامعات والمعاهد والمؤسسات التعليمية التي تقوم بإجراء الأبحاث العلمية والأنشطة التعليمية في مجال الجيوديسيا والمساحة والمعلومات الجيومكانية.

القطاع الخاص

سيكون القطاع الخاص مستخدماً فعالاً للمرجع المكاني الوطني SANSRS، حيث يجب إستخدامه في جميع المشاريع وأعمال المساحة والأنشطة الجيومكانية.

الأفراد

سيكون كافة المستخدمين بالمملكة في أعمال المساحة وإدارة البيانات الجيومكانية قادرين على إستخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS في جميع الأنشطة والمشروعات والأعمال والدراسات الخاصة بهم.

ومن ضمن تطبيقات استخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS:

- الأعمال الجيوديسية وأعمال المسح الأرضي.
- إنتاج الخرائط
- أعمال المسح بالتصوير الجوي.

- تطبيقات الليدار
- الإنشاءات.
- أعمال المسح البحري.
- نظم المعلومات الجغرافية.
- إدارة الموارد الوطنية.
- الملاحة.
- توجيه الآلات مثل الزراعة الدقيقة والإنشاءات وأجهزة الملاحة الذاتية.

١,٤. صيانة المرجع المكاني الوطني SANSRS و سياسية إستخدامه

بناءً على تنظيم الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية الصادر من قرار مجلس الوزراء رقم (٩٠) وتاريخ ١٤٤٢/٣/٥هـ - في البند الثالث من المادة الرابعة - الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية (GEOSA) بـ "إعتماد وتطوير البنية التحتية الجيومكانية الوطنية، والمرجع الجيوديسي الوطني، والشبكات الجيوديسية الوطنية"

وبناءً على موافقة مجلس إدارة الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية برئاسة صاحب السمو الملكي ولي العهد نائب رئيس مجلس الوزراء وزير الدفاع (حفظه الله) على تعميم استخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS في الأعمال المساحية والبيانات الجيومكانية، يجب أن يكون المرجع المكاني الوطني SANSRS الأساس لجميع المنتجات الجيومكانية على المستوى الوطني.

وإنطلاقاً من مهمة الهيئة –كجهة تنظيمية على قطاع المساحة والمعلومات الجيومكانية والتصوير المتعلق به في المملكة والإشراف عليه ومراقبته، ستقوم الهيئة بالقيام على:

- **تطوير وصيانة المرجع المكاني الوطني SANSRS.**
- **توفير إحداثيات البنية التحتية الجيوديسية الوطنية مُعرفة على المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 و إطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 وأيضاً قيم إرتفاعات الجيويد من نموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21.**
- **توفير معاملات وأدوات التحويل من المراجع المكانية (ومكوناتها) الأكثر إستخداماً حالياً بالمملكة إلى المرجع المكاني الوطني SANSRS.**
- **توفير آليات الوصول السهل لـ SANSRS من خلال تحميل بيانات الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر KSA-CORS لإجراء المعالجة المكتبية.**
- **تقديم الإرشادات والتوصيات حول إستخدام SANSRS.**

٢. إستخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS في إنتاج البيانات الجيومكانية

٢,١. إستخدام المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17

يُستخدم المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 في تحديد المواقع (الإحداثيات الجيوديسية: خط الطول و دائرة العرض والإرتفاع الجيوديسي، أو الإحداثيات الكارتيزية) كمرجعاً جيوديسياً رسمياً لتحديد المواقع بالمملكة.

هناك العديد من الطرق التي يمكن إستخدامها لتوفير المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 للمستخدمين بالمملكة، والمقصود بتوفير إطار المرجع هو أن الأنواع المختلفة من بيانات ومنتجات تحديد المواقع يجب أن يتم توفيرها لتمكين المستخدمين من الوصول إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17.

تتضمن الأجزاء التالية شرح لتلك البيانات والمنتجات.

٢,١,١. ملفات الأرصاد الخام لتحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية GNSS RAW observation Files

توفر الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر KSA-CORS للمستخدمين بيانات تحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية GNSS Data في إمتدادات عديدة بناءً على الطلب وتتضمن إمتدادات RINEX (للنسخ: ٢,١٠ و٢,١١ و٣,٠٢ و٣,٠٣) وإمتدادات الخام من Trimble مثل T01 و T02 و DAT و الصيغ الأولية لـ TGD (TGD binary formats).

ويمكن إستخدام هذه البيانات في إجراء المعالجة المكتبية التفاضلية لخط الأساس Differential Baseline post-processing مع البيانات الخام لتحديد المواقع الخاصة بالمستخدمين لحساب خط أساس ثلاثي الأبعاد (ΔX, ΔY, ΔZ). وتتوفر الإحداثيات الدقيقة للمحطات المرجعية من شبكة KSA-CORS في ملفات تحديد المواقع التي يتم تحميلها من موقع الشبكة.

٢,١,٢. خدمات تحديد المواقع آنياً من شبكة KSA-CORS

تقوم الهيئة بتشغيل وصيانة الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر KSA-CORS، وتتكون الشبكة من أكثر من ٢٠٠ محطة مرجعية مبنية وفقاً للمعايير العالمية. وتزود شبكة KSA-CORS المستخدمين إحداثيات ثلاثية الأبعاد مُعرفة على المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 بشكل دقيق وموثوق.

حالياً، توفر الشبكة خدمات تحديد المواقع التالية:

- خدمة الرصد الآني الشبكي Network Real-Time Kinematic (NRTK)
- خدمة الرصد الآني التفاضلي Differential GNSS (DGNSS)
- خدمة الرصد الآني بالإعتماد على محطة مرجعية واحدة Single Station RTK

بالنسبة للجهات التي لديها محطات رصد مستمر وتعتمد عليها في أعمالها ومشاريعها، يجب عليها استخدام المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 كإطار مرجعي في أنظمتهم. ويجب حساب الإحداثيات الدقيقة للمحطات المرجعية في شبكاتهم من خلال استخدام شبكة KSA-CORS. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن لهذه الجهات تزويد الهيئة بأرصاد تحديد المواقع GNSS لفترة أسبوعين رصد لكل محطة مرجعية من شبكتهم بغرض حساب الإحداثيات الدقيقة لها على المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17.

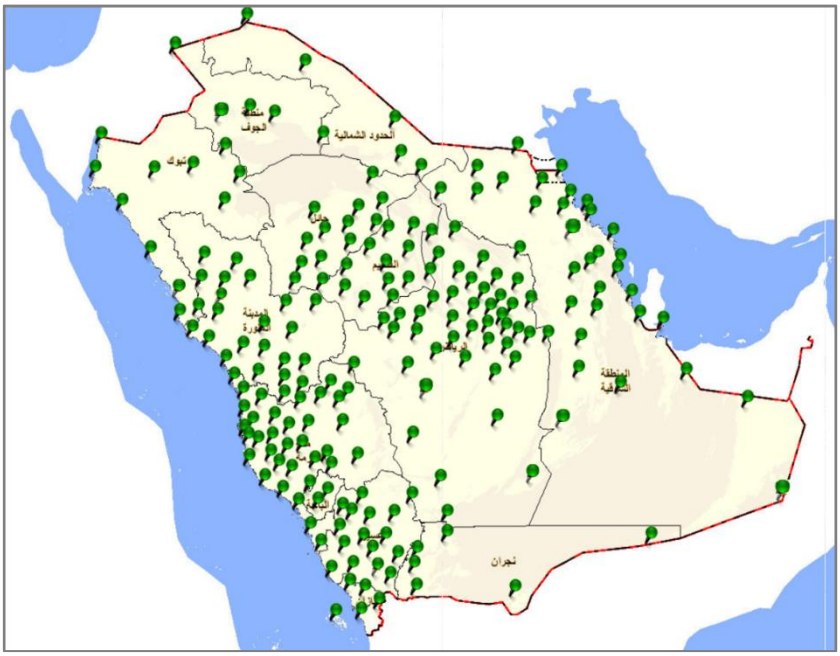
٢,١,٣. ملفات RINEX الإفتراضية

يتم تسمية ملف RINEX بالإفتراضي عندما تكون الأرصاد الخام المتضمنة به غير مُقاسة بشكل حقيقي بإستخدام مستقبل GNSS ولكنها تكون محسوبة من النموذج الآني الشبكي real-time network model. ويتم إنشاء ملفات تحديد المواقع الإفتراضية من أرصاد المحطات المرجعية من شبكة KSA-CORS القريبة من الموقع المحدد. وبذلك يمكن محاكاة محطة رصد مستمر مباشرةً في موقع العمل الخاص بالمستخدم طالما كان في نطاق الخدمات الآنية الشبكية NRTK.

٢,١,٤. إستخدام متصفح الويب الخاص بالشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر KSA-CORS

تعتبر خريطة مستشعرات الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر KSA-CORS web sensor map (الموضحة بالشكل ٢,١) هي المصدر المُعتمد للحصول على قيم الإحداثيات الدقيقة لمحطات الشبكة المُعرفة على المرجع المكاني الوطني SANSRS، ويمكن الوصول لها من خلال الموقع الرسمي للهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية. وتمكن هذه الخدمة المُستخدمين من عرض قيم إحداثيات المحطات والإرتفاع الجيوديسي (مُعرفة إلى SANSRS) والحالة التشغيلية لكل محطة بالإضافة إلى صور المحطة.

شكل ٢,١. خريطة مستشعرات محطات شبكة KSA-CORS عبر الإنترنت



ويمكن للمستخدمين التسجيل في الشبكة الوطنية لمحطات الرصد المستمر من خلال إتباع الخطوات التالية:

١. الدخول إلى الموقع الخاص بشبكة KSA-CORS من خلال (https://ksacors.geosa.gov.sa/)
٢. إختيار كلمة "Register" من القائمة الموجودة في اليسار.
٣. تحميل نموذج التسجيل."Registration Form"
٤. تعبئة البيانات والتوقيع على النموذج و مسح النموذج ضوئياً و إرساله إلى info@geosa.gov.sa.
٥. سيقوم فريق العمل الخاص بالشبكة بإرسال إيميل لكم يتضمن إسم المستخدم وكلمة المرور (يمكنكم لاحقاً تغيير كلمة المرور الخاصة بكم)

يمكن الحصول على تفاصيل أكثر وأدلة إرشادية حول تحميل بيانات تحديد المواقع من شبكة KSA-CORS من خلال زيارة الموقع الرسمي للشبكة https://ksacors.geosa.gov.sa/.

بعد التسجيل، يتم تزويد المُستخدم باسم المستخدم وكلمة المرور وبيانات الإتصال بالخدمات الآنية بالشبكة التي يجب إستخدامها في إعدادات مستقبل GNSS الخاص به، وتوصي الهيئة المستخدمين بالتواصل مع الوكيل المحلى للمستقبل الخاص بهم في المملكة للإرشاد بكيفية تضمين تلك البيانات في أجهزتهم.

٢,٢. إستخدام المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14

لإستخدام إطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14، يجب استخدام الإرتفاع الأرثومتري من الشبكة الوطنية الرأسية NVN التي تتضمن مجموعة من العلامات مرجعية BM الموزعة حول المملكة والمحسوب قيمة الإرتفاع الأرثومتري لها علي KSA-VRF14. للحصول على بيانات الشبكة الوطنية الرأسية، يمكن إتباع الخطوات التالية:

١. التوجه إلى الصفحة الخاصة بالشبكة الوطنية الرأسية في الموقع الرسمي للهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية من خلال الرابط: **الشبكة الوطنية الرأسية NVN**
٢. تحميل الخريطة الخاصة بالشبكة الوطنية الرأسية بصيغة KMZ.
٣. إختيار العلامات المرجعية BM
٤. التواصل مع الهيئة عبر البريد الإلكتروني info@geosa.gov.sa وتقديم طلبكم وفق البيانات المحددة أعلاه.

٢,٣. إستخدام نموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21

قامت الهيئة بتطوير نسخة ويب لأداة حساب ارتفاع الجيويد باسم Online KSA-GEOID Height Calculator لدعم المستخدمين في حساب قيم ارتفاعات الجيويد من نموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21، وتتوفر الأداة بالرابط *https://gds.geoportal.sa/geoidcalculator*.

يمكن استخدام أداة حساب ارتفاع الجيويد في صورتي "حساب نقطة واحدة" و "حساب مجموعة من النقاط (ملف يتضمن مجموعة من النقاط)". في الخيار الخاص بـ "حساب نقطة واحدة"، يجب على المستخدم تزويد الأداة بإحداثيات النقطة المطلوب حساب الإرتفاع لها. أما في خيار "حساب نقاط متعددة"، يجب على المستخدم حفظ البيانات في ملف من نوع ASCII وفقاً للترتيب (Longitude, Latitude) ومن ثم تحميله إلى الخادم، سيقوم البرنامج بإخراج ملف ASCII يتضمن كلّ من المعلومات المُدخلة والنتائج.

عند استخدام أداة حساب ارتفاع الجيويد في أي من الخيارين، يجب أن تكون إحداثيات النقاط مُعرفة على المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17.

للحصول على تفاصيل أكثر حول أداة التحويل بين المراجع الرأسية ونماذج الجيويد عبر الإنترنت، يمكنكم التوجه للرابط *https://gds.geoportal.sa/geoidcalculator*.

٣. تحويل البيانات الجيومكانية إلى المرجع المكاني الوطني SANSRS

لقد قام العديد من الجهات بالمملكة باستخدام إطارات مرجعية مختلفة لقياس وتمثيل الأعمال المساحية والخرائط والبيانات الجيومكانية الخاصة بهم. بعد تعميم استخدام المرجع المكاني الوطني SANSRS، يجب على تلك الجهات تحويل البيانات الجيومكانية المتوفرة لديهم حالياً إلى المرجع المكاني الوطني حتى تتمكن من استخدام هذه البيانات في المستقبل.

هناك نوعان من البيانات الجيومكانية، النقاط الجيوديسية (التي يتم استخدامها في التطبيقات الجيوديسية) وبيانات نظم المعلومات الجغرافية GIS (Raster & Vector).
تتضمن الفقرات التالية طرق التحويل الأكثر شيوعاً والتي يمكن أن يتم استخدامها أثناء تطبيق المرجع المكاني الوطني.

٣,١. تحويل النقاط (الإحداثيات)

٣,١,١. تحويل الإحداثيات الجيوديسية

أثناء إجراء عملية التحويل للإحداثيات، سيتم الأخذ في الإعتبار فقط البيانات على شكل نقاط/إحداثيات وذلك فيما يخص تحويل الإحداثيات ثلاثية الأبعاد وثنائية الأبعاد (المستوى الأفقي) بين إطارات المراجع الجيوديسية.

٣,١,١,١. نبذة علمية عن التحويل

فيما يلي، سيتم توضيح المعادلات الخاصة بحالتين من حالات التحويل للإحداثيات ثلاثية الأبعاد بإستخدام ٧ معاملات للتحويل و ١٥ معامل للتحويل من نوع Helmert (Helmert Transformation Parameters).

٣,١,١,١,١. التحويل بين إطارات المراجع الجيوديسية مع الأخذ في الإعتبار وقت الرصد.

التحويل بين ITRF2014 وKSA-GRF17

إن عمليات التحويل بين المرجع الجيوديسي الوطني و الإصدرات المختلفة لنظام المرجع الجيوديسي العالمي ITRS في أوقات رصد epochs مختلفة (بإستخدام ١٥ معاملاً للتحويل) لا تعتبر من ضمن نطاق هذا الدليل باستثناء التحويل بين المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 (في وقت الرصد 2017.0) وإطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014) في وقت الرصد 2010.0).

يمكن للمستخدمين الرجوع إلى الموقع الرسمي لإطار المرجع الجيوديسي العالمي (*http://itrf.ensg.ign.fr/*) والذي يتضمن جميع المعاملات والمعادلات ذات الصلة بالتحويل بين الإصدرات المختلفة لإطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF.

ومتابعةً لتعريف المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17، فإن معادلات التحويل العامة التي تربط المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 بإطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014 لكل من إحداثيات النقاط Station Position و معدل تسارع القشرة الأرضية (التغير في موقع المحطة مع مرور الوقت) Velocity موضحة في

المعادلتين التاليتين (قيمة ١١ معامل تحويل تساوي صفر، ولذلك يتبقى فقط من الخمسة عشر (١٥) معاملاً للتحويل أربعة معاملات هم ٣ معاملات للدوران و ووقت الرصد t :

- لتحويل إحداثيات النقاط في وقت رصد معين (t)

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{KSA-GRF17}(t) = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ITRF2014}(t) + \begin{pmatrix} 0 & -\dot{R}_z & \dot{R}_y \\ \dot{R}_z & 0 & -\dot{R}_x \\ -\dot{R}_y & \dot{R}_x & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ITRF2014}(t).(t - 2017.0)$$

(معادلة ١,٣.)

- لحساب معدل تسارع القشرة الأرضية عند نقطة معينة

$$\begin{pmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{pmatrix}_{KSA-GRF17} = \begin{pmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{pmatrix}_{ITRF2014} + \begin{pmatrix} 0 & -\dot{R}_z & \dot{R}_y \\ \dot{R}_z & 0 & -\dot{R}_x \\ -\dot{R}_y & \dot{R}_x & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{ITRF2014}$$

(معادلة ٢,٣.)

حيث أن معاملات الدوران الثلاثة $\dot{R}_x$ و $\dot{R}_y$ و $\dot{R}_z$ تساوي القيم المقابلة لها من مكونات متجه دوران الصفيحة العربية التكتونية حول القطب Arabian Plate rotation pole vector المحسوبة لإطار المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 ولكن بإشارات معكوسة. من خلال تطبيق هذه الطريقة، يتم تلاشي تأثير حركة النقطة نتيجة دوران الصفيحة التكتونية العربية من إحداثيات النقطة في إطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014.

يتضمن الجدول ١,٣. معاملات التحويل من إطار المرجع العالمي ITRF2014 إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 في وقت الرصد 2017.0.

جدول 1.٣ معاملات التحويل من إطار المرجع العالمي ITRF2014 إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 في وقت الرصد ٢٠١٧,٠

المعاملات	T_x [m]	T_y [m]	T_z [m]	s [mm/km]	R_x [mas]	R_y [mas]	R_z [mas]
المعامل	0	0	0	0	0	0	0
قيم التغير في المعامل مع مرور الوقت (لكل عام)	0	0	0	0	-1.199	0.107	-1.468

يتم تحويل إحداثيات النقاط من إطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014 في وقت الرصد 2010.0 إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 كما يلي:

- يجب تحويل قيم معاملات الدوران من وحدة القياس ميللي ثانية قوسية للدرجات milliarcseconds of degrees إلى التقدير الدائري radian

من خلال ضرب قيم R_x و R_y و R_z في π ومن ثم القسمة على (١٨٠*٣٦٠٠*١٠٠٠)،

- **يجب تحويل قيم التغير في معاملات الدوران من وحدة القياس ميللي ثانية قوسية للدرجات لكل عام milliarcseconds of degrees/year إلى التقدير الدائري لكل عام radian/year.**

من خلال ضرب قيم التغير في Rx و Ry و Rz في π ومن ثم القسمة على (١٨٠*٣٦٠٠*١٠٠٠)،

- **يتم إستخدام قيم معاملات الدوران بعد تحويلها في معادلات تحويل التشابه Similarity transformation formula لحساب إحداثيات النقاط بإستخدام المعادلة ٣,١. و حساب معدلات التغير بإستخدام المعادلة ٣,٢.**

يتم الإشارة إلى وقت الرصد 2010.0 الخاص بإحداثيات النقاط في إطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014 بالرمز *t* ويجب التعبير عنه بصيغة (السنوات/years).

٣,١,١,١,٢. التحويل بين إطارات المراجع الجيوديسية دون الأخذ في الإعتبار وقت الرصد epoch

يوجد هناك عدة طرق للتحويل، ولكن عادة ما يتم إستخدام التحويل بإستخدام سبعة (٧) معاملات للتحويل حيث يتم إستخدام ثلاثة معاملات للإزاحة في الأبعاد الثلاثة و ثلاثة معاملات للدوران حول المحاور الثلاثة و معامل واحد للتغير في الحجم وتسمى هذه المعاملات Helmert 7- Transformation.

في بعض الأوقات، يعد الإعتماد على مجموعة واحدة من القيم لمعاملات التحويل (السبعة معاملات) بين نظامين أو إطارين مرجعيين جيوديسيين مختلفين غير كافياً لإجراء عملية التحويل بشكل دقيق. لذلك في تلك الحالات، يتم حساب ملف شبكي Grid والذي يتم إستخدامه للحصول على قيم لمعاملات التحويل الثلاثة الخاصة بالإزاحة والتي تختلف من نقطة لأخرى.

يتم إستخدام معاملات التحويل تلك فيما يسمى معادلات التحويل المبسطة بإستخدام معاملات التحويل السبعة *simplified 7-parameter Helmert transformation formula*، **كما تعرف أيضاً بمعادلات *Bursa-Wolf*. حيث يتم تطبيقها فقط عندما تكون قيم زوايا الدوران صغيرة (بعض الثوان القوسية على الأكثر) وتقوم تلك الطريقة بتعريف الإزاحة والتوجيه والفرق في الحجم بين إطارات المراجع الجيوديسية.**

يجب الأخذ في الإعتبار إشارات قيم معاملات الدوران عند تطبيق أي عملية للتحويل. تطبق الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية معايير الخدمة الدولية لدوران الأرض والنظم المرجعية International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) فيما يتعلق بإشارات معاملات الدوران. ولكن يجب أن يتحقق المستخدم من المعايير المستخدمة في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS أو مستقبلات تحديد المواقع GNSS التي يستخدمها، حيث أن أغلب هذه البرمجيات والمستقبلات تستخدم معايير أخرى غير معايير IERS وتكون فيها إشارات معاملات الدوران معكوسة. تتمحور معايير IERS حول تطبيق معاملات الدوران على محاور إطار المرجع الجيوديسي المستهدف لجعلها موازية لمحاور إطار المرجع الجيوديسي المصدر. بمعنى أخر، يتم تدوير متجه الموقع Position vector إلى إطار المرجع المُثبت.

إذا تم التعبير عن متجه الموقع (بالأمتار) في إطار المرجع المصدر بـ $\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$،

وتم التعبير عن متجه الموقع (بالأمتار) في إطار المرجع المستهدف بـ $\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$،

وتم التعبير عن متجه الإزاحة بين الإطارين (بالأمتار) بـ $\begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix}$،

وكانت مصفوفة الدوران (يجب أن تكون قيم الزوايا بالتقدير الدائري radians) $R = \begin{pmatrix} 0 & -R_z & R_y \\ R_z & 0 & -R_x \\ -R_y & R_x & 0 \end{pmatrix}$،

وتم التعبير عن معامل التغيير في الحجم (غير مُعرف الوحدة [1]) بـ (S)

إذاً يجب إستخدام المعادلات التالية (معادلات تحويل التشابه Similarity transformation formula) لحساب متجه الموقع في إطار المرجع الجيوديسي المستهدف.

$$\begin{cases} X_1 = X + T_x + s * X - R_z * Y + R_y * Z \\ Y_1 = Y + T_y + R_z * X + s * Y - R_x * Z \\ Z_1 = Z + T_z - R_y * X + R_x * Y + s * Z \end{cases}$$ (معادلة ٣,٣.)

ويتم التعبير عنها في شكل مصفوفات كما يلي:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} s & -R_z & R_y \\ R_Z & s & -R_x \\ -R_y & R_x & s \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$ (معادلة ٣,٤.)

ويتم الإشارة إلى هذه الطريقة في النسخة رقم ٩,٤,٣ من سجلات منظمة European Petroleum Survey Group (EPSG) فيما يخص المعاملات الجيوديسية بـ "طريقة متجه الإزاحة Position Vector Method" والكود الخاص بها في سجلات المنظمة هو (EPSG: 1033).

[1] إذا تم توفير قيمة معامل التغيير في الحجم بصيغة "جزء في المليون parts per million"، يجب مضاعفة القيمة بقدر 10^6

٣,١,١,٢. وصف لإطارات المراجع الموجودة بالمملكة

لقد قامت الجهات ذات العلاقة بالأنشطة الجيوديسية في المملكة بإستخدام إطارات المراجع الخاصة بها في إنتاج بياناتها لسنوات عديدة. لقد تم إستخدام إطاريين مرجعيين رئيسيين بالمملكة قبل حساب المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF:

قبل إستخدام تقنيات تحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية GNSS، اعتمدت الإطارات الجيوديسية على أرصاد الشبكة الجيوديسية الوطنية National Geodetic Network (NGN) التي تم إنشاءها في ستينيات القرن العشرين وتم تسمية إطار المرجع الجيوديسي آنذاك المرجع الجيوديسي عين العبد (*AAA*) *Ain Al (el) Abd geodetic datum* والذي استند إلى الإهليج المرجعي (*International 1924*) *Hayford 1909*.

مع إستخدام تقنيات تحديد المواقع بواسطة الأقمار الصناعية GNSS والتقنيات الجيومكانية الأخرى ومع إنشاء نظام المرجع الجيوديسي العالمي ITRS، أصبحت إطارات المراجع الجيوديسية الوطنية عبارة عن نُسخ من نظام المرجع الجيوديسي العالمي ITRS من خلال إستخدام نسخ إطارات المراجع الجيوديسية العالمية ITRF، ويتم تسمية كل نسخة من إطارات المراجع الجيوديسية العالمية نسبة إلى العام الآخير من البيانات المستخدمة في حساب هذه النسخة ITRFyyyy، على سبيل المثال ITRF2000 بالإضافة إلى إستخدام وقت رصد تعريفي لهذه النسخة ليتم تسميتها ITRFyyyy@epochyyyy.yy على سبيل المثال ITRF2000@epoch1998.23. وعادة ما يوجد فروقات بين إطارات المراجع الجيوديسية الوطنية عند مقارنتها بأي من النسخ المعروفة من إطار المرجع الجيوديسي العالمي ولذلك يجب حساب معاملات التحويل التي تختلف بشكل بسيط (ولكن يفترض عن معاملات التحويل الرسمية بين نسخ نظام المرجع الجيوديسي العالمي ITRS.

يوضح الجدول ٣,٢. إطارات المراجع الجيوديسية المستخدمة بالمملكة (المحسوبة من قبل المديرية العامة للمساحة العسكرية GDMS ووزارة الشؤون البلدية والقروية MOMRA وشركة أرامكو السعودية Saudi ARAMCO)

جدول ٢.٣ نظرة عامة عن إطارات المراجع الجيوديسية بالمملكة

الجهة	إطار المرجع الجيوديسي	الإهليج المرجعي Reference Ellipsoid	نسخ نظام المرجع الجيوديسي العالمي ذات الصلة (إن وجد)
GDMS	ITRF2000@2003.1998	GRS 80	ITRF2000 epoch 2003.1998
MOMRA	MTRF-2000	GRS 80	ITRF2000 epoch 2004.0
Saudi ARAMCO	WGS 84	WGS 84	ITRF94 epoch 1998.0
Saudi ARAMCO	Ain Al Abd 1970	Hayford 1909 (International 1924)	**لا يوجد**

يتضمن الجدول ٣,٣. فروقات الإحداثيات بسبب تطبيق الإزاحات ومعاملات الدوران و التغير في الحجم على إطارات المراجع الجيوديسية بالمملكة عند مقارنتها بإحداثيات نفس النقاط على امرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17.

وتعتبر قيم تلك الفروقات كبيرة ليس فقط فيما يتعلق بالتطبيقات الجيوديسية وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ولكن أيضاً على تطبيقات الملاحة.

جدول ٣.٣ متوسط الإزاحات بين المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 وإطارات المراجع الجيوديسية الأخرى بالمملكة

نظام المرجع الجيوديسي	الإزاحة التقريبية في المستوى الأفقي [متر]
GDMS	0.60
MTRF-2000	0.60
ARAMCO-WGS84	0.80
ARAMCO Ain Al Abd	93

٣,١,١,٣. التحويل إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 بإستخدام معاملات التحويل 7- Helmert transformation parameters

لقد تم حساب معاملات التحويل Helmert بالإعتماد على مجموعة من النقاط المشتركة بين المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 وإطارات المراجع الجيوديسية الأخرى (ماعدا إطار المرجع الجيوديسي عين العبد)،

يتضمن الجدول ٣,٤جدول ٤.٣. قيم معاملات تحويل Helmert السبعة المحسوبة لإجراء عملية التحويل من أي من إطارات المراجع الجيوديسية المختلفة الموجودة بالمملكة إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GEF17.

جدول ٤.٣ معاملات التحويل السبعة Helmert

المعاملات	GDMS	MTRF-2000	ARAMCO WGS84	ARAMCO - Ain Al Abd (بإستخدام الملف الشبكي Grid)
[m] T_x	-0.0459	0.0469	-0.3192	13.8714
[m] T_y	0.0600	-0.2827	0.3372	-83.9721
[m] T_z	-0.0256	0.0866	0.3495	101.6740
["] R_x	0.0182	0.0056	0.0185	-
["] R_y	-0.0014	-0.0050	0.0069	-
["] R_z	0.0182	0.0231	0.0121	-
[mm/km] s	0.0017	-0.0081	-0.0306	-

عند إستخدام معاملات التحويل المتضمنة بالجدول ٣,٤جدول ٤.٣، يتم تحويل إحداثيات النقاط من أي من إطارات المراجع الجيوديسية المذكورة بالجدول إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 كما يلي:

- يجب تحويل قيم معاملات الدوران من وحدة القياس ثانية seconds of degrees إلى التقدير الدائري radian

  من خلال ضرب قيم R_x و R_y و R_z في π ومن ثم القسمة على (١٨٠*٣٦٠٠)،
- يجب تحويل معامل التغيير في الحجم (s) . لإجراء ذلك يجب مضاعفة القيمة بقدر 10^6.

- يتم إستخدام القيم الناتجة من الخطوتين الأولتين بعد تحويلها في معادلات تحويل التشابه Similarity transformation formula لحساب إحداثيات النقاط بإستخدام المعادلات ٣,٣ و ٣,٤.

٣,١,١,٤. التحويل من إطار المرجع الجيوديسي عين العبد Ain Al-Abd (AAA) إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17

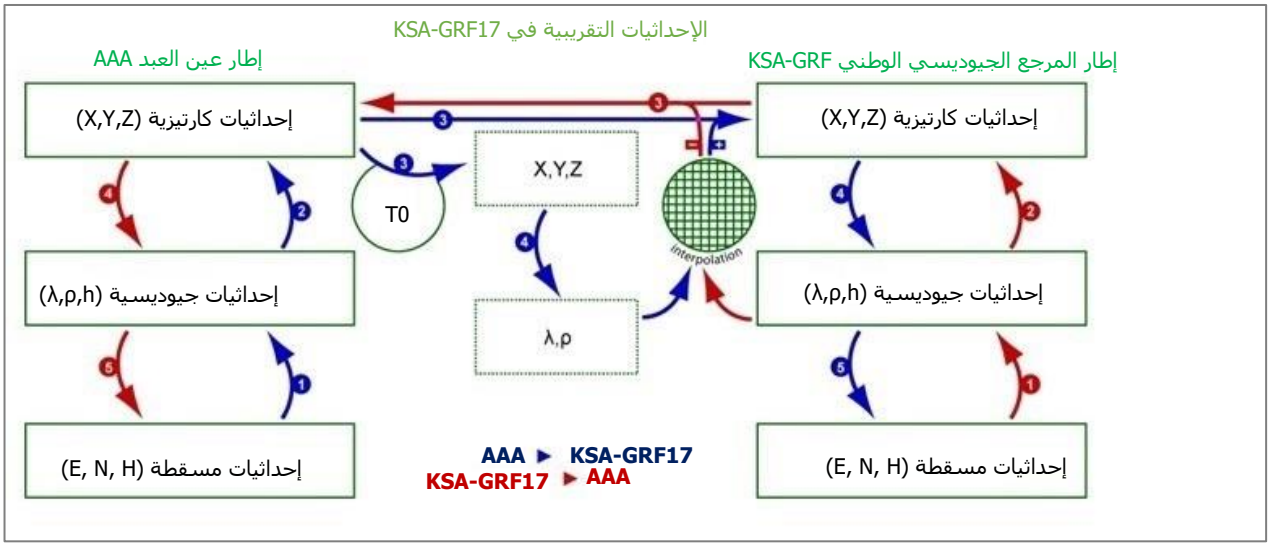
يعتبر الإطار عين العبد AAA إطار مرجع جيوديسي ثنائي الأبعاد 2D GRF حيث أنه لا يتضمن الإرتفاعات الجيوديسية، لذا فإن معاملات التحويل المتوفرة تعمل فقط على تحويل الإحداثيات الأفقية (خط الطول ودائرة العرض).

إن حساب مجموعة ثابتة من سبعة معاملات التحويل Helmert لم يكن كافياً لإجراء تحويلاً بدقة بضع السنتيمترات بين إطار عين العبد AAA والمرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17. ولذلك، تم حساب شبكة من معاملات التحويل Grid of Transformation Parameters تحت إسم *ARAMCO_AAA-KSAGRF* والتي تتضمن مجموعة من النقاط الموزعة بمسافات منتظمة بحيث تشمل كل نقطة قيم مختلفة لمعاملات التحويل الثلاثة الخاصة بالإزاحة T_x و T_y و T_z (معاملات هيلمرت للإزاحة Helmert Transformation translations).

يوضح الشكل ٣,١ طريقة التحويل من إطار عين العبد AAA إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17، حيث يتم إستخدام شبكة معاملات التحويل *ARAMCO_AAA-KSAGRF*

تتوفر شبكة معاملات التحويل *ARAMCO_AAA-KSAGRF* بإمتداد *tac. الخاص بمعهد IGN والإمتدادات *gri. و *gra. المستخدمة في برنامج GRAVSOFT الذي يستخدم في حساب نماذج الجيويد وإمتداد gsb. الذي يستخدم في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS فيما يخص التحويل بين أسطح الإسناد.

شكل ١.٣مخطط طريقة التحويل بإستخدام شبكة التحويل ARAMCO_AAA-KSAGRF



عند إجراء عملية التحويل من إطار عين العبد AAA، فإن برنامج التحويل يحتاج إلى قيم معاملات تحويل أولية لضمان الحصول على دقة أفضل خلال عملية حساب قيم المعاملات النهائية من شبكة التحويل.

تم الإشارة إلى قيم التحويل الأولية بالرمز T0 في الشكل ٣,١، كما يرد في الجدول ٣,٤. قيم معاملات التحويل الأولية (العالمية).

ويتم إستخدام الإحداثيات المزاحة من إطار عين العبد كحل مبدأي في العملية التكرارية للحساب من شبكة التحويل وذلك لأن إحداثيات نقاط شبكة التحويل مُعرفة على المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17.

٣,١,١,٥. التحويل بين المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 والمرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17

يتوافق إصدار WGS84 (G1762)[١] مع إطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2008 في وقت الرصد ٢٠٠٥ على مستوى السنتيمتر.

تم تضمين كود EPSG الخاص بعملية التحويل من المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF إلى WGS84 في الجدول ٣,٦.جدول 6.3 والذي تم حسابه وتسجيلة بواسطة منظمة EPSG.

٣,١,١,٦. خطوات تحويل الإحداثيات

تختلف عمليات التحويل بين إطارات المراجع بشكل بسيط بالاعتماد على نوع وصيغة الإحداثيات في إطار المرجع الجيوديسي المصدر و إطار المرجع الجيوديسي المُستهدف (إحداثيات كارتيزية XYZ، أو إحداثيات جيوديسية Latitude Longitude EllipsoidalHeight أو إحداثيات مُسقطة).

ومع ذلك، فإن الجزء المشترك في عمليات التحويل المختلفة هو ضرورة تطبيق المعادلات ٣,٣ و ٣,٤ على الإحداثيات في الصيغة الكارتيزية X و Y و Z. لذا، يجب تحويل الإحداثيات المُعرفة على إطار المرجع الجيوديسي المصدر إلى الصيغة الكارتيزية.

الحالة الأكثر شيوعاً بين المستخدمين هي عملية التحويل للإحداثيات في الصيغة الجيوديسية Latitude و Longitude و Ellipsoidal Height من إطار مرجع جيوديسي (مصدر) إلى آخر (مُستهدف). يتم إجراء التحويل في هذه الحالة من خلال إتباع الخطوات التالية:

- **الخطوة الأولى:** تحويل الإحداثيات المُعرفة على إطار المرجع الجيوديسي المصدر من الصيغة الجيوديسية Latitude و Longitude و Ellipsoidal Height إلى الصيغة الكارتيزية X و Y و Z.

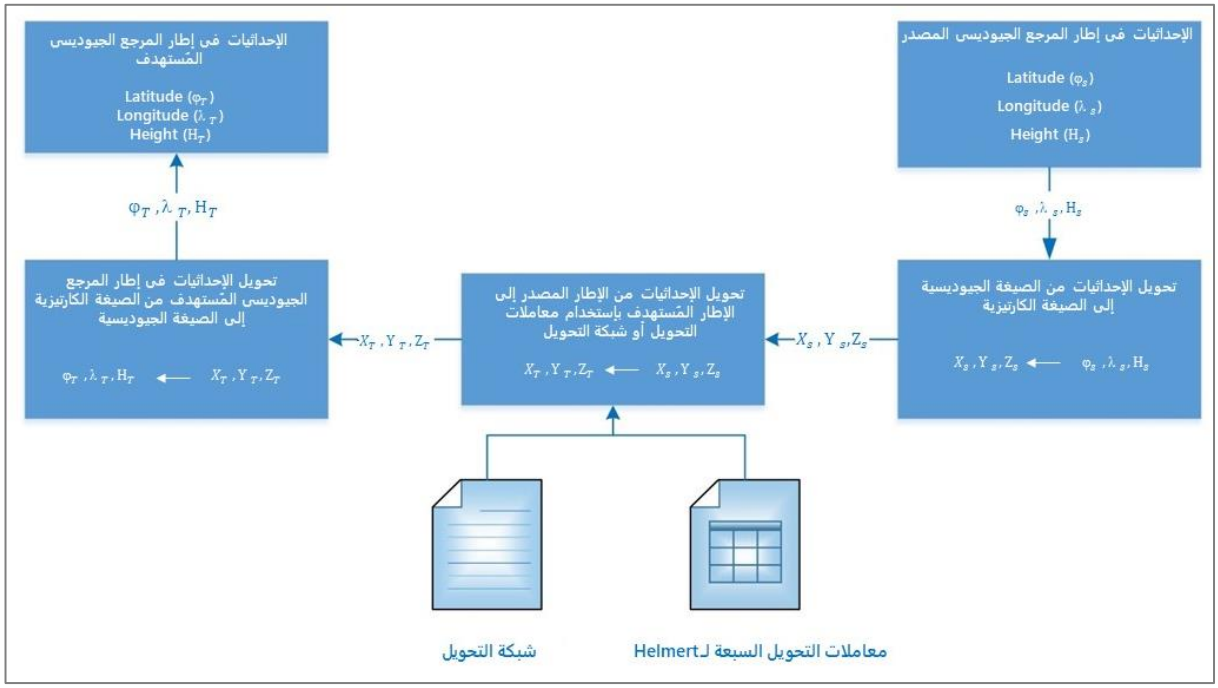
---

[١] WGS-G1762: هي نسخة من WGS84 والتي تم تقديمها في أسبوع الرصد لتحديد المواقع GPS Week رقم ١٧٦٢ الموافق لـ ١٣-١٩ أكتوبر لعام ٢٠١٣، ويتم صيانته من قبل وكالة الاستخبارات القومية الجيو- فضائية الولايات المتحدة الأمريكية National Geospatial-Intelligence Agency (NGA).
المصدر: (*Department of Defense. World Geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems, NGA.STND.0036_1.0.0_WGS84, 2014-07-08, Version 1.0.0, National Geospatial-Intelligence Agency, Arnold, MO, USA*).

- **الخطوة الثانية:** تحويل الإحداثيات الكارتيزية إلى إطار المرجع الجيوديسي المُستهدف بإستخدام معاملات التحويل السبعة أو شبكة التحويل.
- **الخطوة الثالثة:** تحويل الإحداثيات المُعرفة على إطار المرجع الجيوديسي المستهدف من الصيغة الكارتيزية X و Y و Z إلى الصيغة الجيوديسية Latitude و Longitude و Ellipsoidal Height

يوضح الشكل ٣,٢.Error! Reference source not found خطوات التحويل للإحداثيات.

شكل 2.٣ خطوات تحويل الإحداثيات



يوضح الجدول ٣,٥. أمثلة لتحويل قيم الإحداثيات لنقطة معينة (مظللة باللون الأزرق) من إطارات مراجع جيوديسية مختلفة إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17، ويمكن إستخدام هذه الأمثلة للتحقق من صحة عملية التحويل.

جدول 5.٣ أمثلة لبعض عمليات التحويل إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17

إطار المرجع الجيوديسي المُستهدف:		المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17				
	X [m]	Y [m]	Z [m]	Lon [°]	Lat [°]	Ellipsoidal Height [m]
الإحداثيات في الإطار المصدر	4333173.554	3901607.551	2578690.449	42.00000408	24.00000341	999.866
إطار المرجع الجيوديسي المصدر	الإحداثيات بعد التحويل					
ITRF2014	4333173.350	3901607.662	2578690.623	42.00000623	24.00000513	999.866
GDMS	4333173.153	3901607.774	2578690.801	42.00000834	24.00000686	999.873
MTRF-2000	4333173.067	3901607.652	2578690.725	42.00000802	24.00000677	999.709
ARAMCO WGS84	4333172.961	3901607.791	2578690.924	42.00000973	24.00000836	999.803
ARAMCO Ain Al Abd (ell. Height = 0)	4332697.345	3901068.119	2578417.781	41.99919596	24.00037951	235.921

٣,١,١,٧. أكواد EPSG الخاصة بإطارات المراجع الجيوديسية وعمليات التحويل

قامت الهيئة بتسجيل المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS ومكوناته في منظمة EPSG بغرض توفيره في البرمجيات الجيوديسية وبرامج نظم المعلومات الجغرافية المختلفة.
ويعد سجل منظمة EPSG قاعدة بيانات عالمية للمعاملات الجيوديسية ويتضمن تعريفات لنظم المراجع للإحداثيات (CRS)، ومعاملات التحويل، وأسطح الإسناد الجيوديسية (http://www.EPSG.org/). ويتم تمثيل كل نظام مرجعي للإحداثيات (CRS) في قاعدة البيانات بواسطة المعلومات ذات الصلة والتي تصف هذه النظم بالإضافة إلى تمثيلها بواسطة رمز مميز من أجل إيجادها والتعرف عليها. ويوضح الجدول ٣,٦. قائمة بعناصر المرجع الجيوديسي الوطني المسجلة في قاعدة بيانات منظمة EPSG.

جدول 6.٣ عناصر المرجع الجيوديسي الوطني المسجلة في قاعدة بيانات منظمة EPSG

الإسم	الكود	النوع	الملاحظات
Kingdom of Saudi Arabia Geodetic Reference Frame 2017	1268	GeodeticDatum	مرجع جيوديسي وطني للمملكة العربية السعودية (برياً وبحرياً)
KSA-GRF17	9331	GeodeticCRS (geocentric)	
KSA-GRF17	9332	GeodeticCRS (geographic 3D)	
KSA-GRF17	9333	GeodeticCRS (geographic 2D)	
KSA-GRF17 / UTM zone 36N	9356	ProjectedCRS	
KSA-GRF17 / UTM zone 37N	9357	ProjectedCRS	
KSA-GRF17 / UTM zone 38N	9358	ProjectedCRS	
KSA-GRF17 / UTM zone 39N	9359	ProjectedCRS	
KSA-GRF17 / UTM zone 40N	9360	ProjectedCRS	
Ain el Abd to *KSA-GRF17* (1)	9362	CoordinateTransformation	معاملات التحويل الأولية.
Ain el Abd to *KSA-GRF17* (2)	9363	CoordinateTransformation	شبكة التحويل (الإمتداد: IGN2009.tac).
ITRF2014 to *KSA-GRF17* (1)	9334	CoordinateTransformation	١٥ معامل تحويل.
MTRF-2000 to *KSA-GRF17* (1)	9361	CoordinateTransformation	٧ معاملات تحويل.
KSA-GRF17 to *WGS84 (1)*	9383	CoordinateTransformation	٧ معاملات تحويل، الدقة: ١ متر تم حسابها بواسطة منظمة EPSG بإستخدام معاملات التحويل من إطار المرجع الجيوديسي العالمي ITRF2014 إلى المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17

٣,١,١,٨. أداة التحويل عبر الإنترنت بين إطارات المراجع الجيوديسية (للنقاط)

قامت الهيئة بتطوير نسخة ويب من برمجيات تحويل الإحداثيات بإسم Online GRF-Transformation Tool (Online GRF-TT) وهو عبارة نسخة برمجيات لتحويل النقاط (الإحداثيات) ثلاثية الأبعاد وثنائيه الأبعاد للنقاط الجيوديسية بين المرجع الجيوديسي الوطني KSA-GRF17 وإطارات المراجع الجيوديسية المتضمنة بالجدول ٣,٢. (الكارتيزية و الجيوديسية و المُسقطة بنظام UTM والإرتفاعات الجيوديسية والأرثومترية المبنية على إرتفاعات الجيويد من نموذج الجيويد للمملكة (KSA-GEOID21 عبر الإنترنت. وتتوفر الأداة بالرابط https://gds.geoportal.sa/grf17.

و لتحويل النقاط (الإحداثيات)، يمكنكم أيضاً التواصل مع الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية وتقديم طلباتكم من خلال البريد الإلكتروني info@geosa.gov.sa.

٣,١,٢. تحويل الإرتفاعات إلى إطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14

قامت الهيئة بحساب مجموعة من معاملات التحويل بغرض تحويل الإرتفاعات من إطارات المراجع الرأسية ونماذج الجيويد الموجودة بالمملكة إلى إطار المرجع الرأسي KSA-VRF14 ونموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21.
فيما يلي، سيتم وصف إطارات المراجع الرأسية المُستخدمة سابقاً بالمملكة قبل حساب KSA-VRF14.

٣,١,٢,١. إطارات المراجع الرأسية ونماذج الجيويد المُستخدمة سابقاً بالمملكة

SVD78: هو نسخة من نظام المرجع الرأسي للمملكة والمبني على الضبط المُدمج للشبكة لجميع العلامات المرجعية BM المتوفرة لدى شركة أرامكو السعودية وبإستخدام فروق الإرتفاعات بعد تسويتها. ويعد سطح الإسناد الرأسي مبنياً على مستوى متوسط سطح البحر المحلي Local Mean Sea Level (LMSL) لمحطة رأس التنورة لقياس المد والجزر الموجودة بالساحل الشرقي للمملكة (أي في الخليج العربي). ويُعرف بسطح الإسناد الرأسي لأرامكو السعودية Saudi ARAMCO Vertical Datum 78 (SVD-1978).

SVD70/69: هو نسخة من نظام المرجع الرأسي للمملكة والمبني على الضبط المُدمج للشبكة المتوفر حينها، ولكن بإستخدام علامات مرجعية غير معروفة وبإستخدام فروق الإرتفاعات بعد تسويتها. ويعد سطح الإسناد الرأسي مبنياً على مستوى متوسط سطح البحر المحلي Local Mean Sea Level (LMSL) لمحطة جدة لقياس المد والجزر الموجودة بالساحل الغربي للمملكة.

KSA-GEOID09: هو نموذج جيويد مبني على قيم الجاذبية الأرضية المقاسة بالتقنيات الأرضية والمحمولة بحراً و بيانات الإرتفاع Altimetry و الجاذبية الأرضية المقاسة بواسطة الأقمار الصناعية ونموذج الجهد الأرضي Geopotential Model والنماذج العالمية لـ GOCEdird5 وحوالي ٤١٩٥ علامة مرجعية تم إختيارها مقاس لها قيم الإرتفاعات. ويعد KSA-GEOID09 نموذج الجيويد الأول المُدمج بالمملكة تم حسابه بإستخدام كافة البيانات المتوفرة بالمملكة.

نموذج الجيويد الوطني للمملكة KSA-GEOID17 هو نموذج جيويد للمملكة العربية السعودية تم حسابه بإستخدام بيانات الجاذبية الأرضية المقاسة بالأجهزة الأرضية و الأجهزة المحمولة بحراً و بيانات الجاذبية الأرضية من الأقمار الصناعية GOCEوكذلك بيانات الإرتفاع من الأقمار الصناعية Satellite altimetry و التسوية الرأسية بإستخدام تقنيات GPS.
مقارنةً بأنظمة المراجع الرأسية السابقة بالمملكة، يعتبر KSA-VRF14 إطار مرجع رأسي حديث ودقيق حيث تم إستخدام بيانات التسوية الرأسية الأرضية الدقيقة وبيانات الجاذبية الأرضية، كما أن توزيعه متجانساً على نطاق المملكة.

٣,١,٢,٢. نبذة نظرية عن التحويل بين إطارت المراجع الرأسية ونماذج الجيويد

يعتمد التحويل بين إصدارات إطارات المراجع الرأسية السابقة والحالية بالمملكة على مجموعة مشتركة من النقاط بحيث يتم توفير معاملات تحويل منتظمة ومتجانسة ومتسقة بين إطارات المراجع الرأسية Jeddah 1969 (JED69) و SVD78 وإطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 وكذلك بين نماذج الجيويد KSA-GEOID09 وKSA-GEOID17 ونموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21.

تم حساب معاملات التحويل بإستخدام طريقة الضبط الشبكي المبني على مجموعة من العلامات المرجعية المُشتركة بين إطارات المراجع الرأسية ونماذج الجيويد القديمة والحديثة.

يمكن بشكل عام إجراء التحول بين إطارات المراجع الرأسية السابقة وإطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 من خلال استخدام المعادلة التالية:

$$H_{14} = H_{old} + \delta H \quad \text{(معادلة ٣,٥.)}$$

حيث أن H_{14} هو الإرتفاع الأرثومتري مُعرفاً على إطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14، و H_{old} هو الإرتفاع الأرثومتري معرفاً إما على JED69 أو SVD78، و δH هي معاملات التحويل.

ولإجراء التحويل بين نماذج الجيويد السابقة ونموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21، تم إستخدام المعادلة التالية:

$$N_{21} = N_{old} + \delta N \quad \text{(معادلة ٣,٦.)}$$

حيث أن N_{21} هو إرتفاع الجيويد من نموذج الجيويد KSA-GEOID21 ، و N_{old} هو إرتفاع الجيويد من أي من نموذجي KSA-GEOID09 أو KSA-GEOID17 ، و δN هي معاملات التحويل.

نتيجة إستخدام تقنيات مختلفة في حساب كل من إطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 وإطارات المراجع الرأسية الأخرى الموجودة بالمملكة، فإن قيمة فرق الإرتفاع غير ثابتة في جميع أنحاء المملكة. ومن أجل تحقيق دقة متجانسة، قامت الهيئة بإنشاء شبكة تحويل ***Transformation Grid*** على مساحة المملكة (١٦< دائرة العرض< ٣٢,٥ و ٣٤ < خط الطول < ٥٥,٥) بدقة شبكية ٠,٦ دقيقة قوسية لدوائر العرض و ٠,٧٥ دقيقة قوسية لخطوط الطول (٥٠٠ متر تقريباً).

٣,١,٢,٣. أكواد EPSG الخاصة بإطارات المراجع الرأسية وعمليات التحويل

قامت الهيئة بتسجيل مكونات إطار المرجع الرأي الوطني KSA-VRF في منظمة EPSG (https://EPSG.org).

ويوضح الجدول ٣,٧.جدول ٧.٣ قائمة بعناصر إطار المرجع الرأسي الوطني المسجلة في قاعدة بيانات منظمة EPSG.

جدول ٣,٣ عناصر إطار المرجع الرأسي الوطني المسجلة في قاعدة بيانات منظمة EPSG.

الإسم	الكود	النوع	الملاحظات
Kingdom of Saudi Arabia Vertical Reference Frame *Jeddah 2014*	1269	VerticalDatum	Saudia Arabia – onshore
KSA-VRF14 height	9335	VerticalCRS	Saudia Arabia – onshore
KSA-GRF17	9332	GeodeticCRS (geographic 3D)	Saudi Arabia - onshore and offshore
KSA-GRF17 + KSA-VRF14 height	9520	CompoundCRS	Saudia Arabia – onshore
KSA-GRF17 to *KSA-VRF14 height (1)*	9355	CoordinateTransformation	Saudia Arabia – onshore; Transformation grid (formats: *GRAVSOFT.gra*; *IGN2009 .tac*)
KSA-GRF17 to KSA-GRF17 + KSA-VRF14 height (1)	9620	CoordinateTransformation	Saudia Arabia – onshore

٣,١,٢,٤. أداة التحويل عبر الإنترنت بين إطارات المراجع الرأسية ونماذج الجيويد (للنقاط)

قامت الهيئة بتطوير نسخة ويب لأداة التحويل بين إطارات المراجع الرأسية ونماذج الجيويد باسم Online VRF & GEOID Transformation Tool (VRF&GEOID-TT) لدعم المستخدمين في تحويل الإرتفاعات الخاصة بهم من إطارات المراجع الرأسية ونماذج الجيويد المُستخدمة سابقاً إلى إطار المرجع الرأسي الوطني KSA-VRF14 ونموذج الجيويد للمملكة KSA-GEOID21، وتتوفر الأداة بالرابط *https://gds.geoportal.sa/vrf*.

تقوم تلك الأداة بإجراء التحويل للإرتفاعات في صورتي التحويل لنقطة واحدة أو نقاط متعددة (ملف يتضمن مجموعة من النقاط). عند إستخدام التحويل لنقطة واحدة، يجب على المستخدم إختيار التحويل المناسب (من KSA-JED69 إلى KSA-VRF14، من SVD78 إلى KSA-VRF14، من KSA-GEOID09 إلى KSA-GEOID17، من KSA-GEOID17 إلى KSA-GEOID21) ومن ثم إدخال إحداثيات النقطة وقيمة الإرتفاع المطلوب تحويله.

أما في حالة إستخدام التحويل لنقاط متعددة، يجب على المستخدم حفظ البيانات في ملف من نوع ASCII وفقاً للترتيب (Longitude,Latitude,Height) ومن ثم تحميله إلى الخادم، سيقوم البرنامج بإخراج ملف ASCII يتضمن كلّ من المعلومات المُدخلة والنتائج.

للحصول على تفاصيل أكثر حول أداة التحويل بين المراجع الرأسية ونماذج الجيويد عبر الإنترنت، يمكنكم التوجه للرابط *https://gds.geoportal.sa/vrf* .

٣,٣. تحويل بيانات نظم المعلومات الجغرافية GIS Data

لإجراء عملية التحويل لبيانات نظم المعلومات الجغرافية، يمكن إستخدام أكواد منظمة EPSG المذكورة بالجدول ٣,٦ والجدول ٣,٧. حيث يقوم بعض مطوري برمجيات نظم المعلومات الجغرافية بدمج الأكواد في الإصدارات الآخيرة من تلك البرمجيات. ويمكن لمستخدمي برمجيات نظم المعلومات الجغرافية دمج هذه الأكواد بأنفسهم من خلال إتباع الإرشادات الموجودة بدليل المستخدم لهذه البرمجيات.

لقد تم إدراج أكواد EPSG الخاصة بالمرجع المكاني الوطني SANSRS في النسخ الأحدث من برمجيات نظم المعلومات الجغرافية الأكثر استخداماً مثل ArcGIS وQGIS، لذا توصي الهيئة بتحديث نسخ البرمجيات الخاصة بكم للحصول على هذه الأكواد في برامجكم بشكل تلقائي أو إضافتها بشكل يدوي من خلال إتباع الإرشادات الموجودة بدليل المستخدم لبرمجياتكم

٤. التواصل و خدمات الدعم

ستقوم الهيئة العامة للمساحة المعلومات الجيومكانية بالتواصل مع المستخدمين بشكل مستمر خلال عملية تطبيق وإستخدام المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS بغرض تحسين الوعي العام وتبادل المعرفة حول مكونات SANSRS.

نآمل منكم ارسال ملاحظاتكم إلى الهيئة، وكذلك أي تحديات أو متطلبات لديكم مع ذكر الوصف المناسب على أي من عناوين البريد الإلكتروني التالية:

الإستفسار عن شبكة محطات الرصد المستمر KSA-CORS: KSA-CORS@geosa.gov.sa

الإستفسار عن أي من مكونات المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS: SANSRS@geosa.gov.sa

للطلبات حول أي من مكونات المرجع المكاني الوطني للمملكة SANSRS: info@geosa.gov.sa.