Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (3) (JUNE, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) العدد 3 يونيو 2026
ردمد: 3135-2359

تطبيق وتقييم نماذج الجيويد العالمية لتحديد الارتفاع الأورثومتري في منطقة الكفرة، ليبيا

عثمان المهدى محمد يوسف
قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الزنتان، ليبيا

Application and Evaluation of Global Geoid Models for Orthometric Height Determination in Al-Kufra Region, Libya

OTHMAN ALMAHDI MOHAMMED YOUSUF

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Zintan, Libya
othman.yousuf@uoz.edu.ly

تاريخ الاستلام: 2026/04/20 تاريخ المراجعة 05/20/ 2026 تاريخ القبول:2026/06/07- تاريخ النشر: 06/22/ 2026

الملخص

تُعدّ معرفة قيمة حيود الجيويد (N) ضرورة أساسية لتحويل الارتفاعات الجيوديسية (الناتجة عن أجهزة تحديد المواقع العالمي GPS) إلى ارتفاعات أورثومترية (مناسيب) تُستخدم في معظم التطبيقات الهندسية والمساحية. ونظراً لأن نماذج الجيويد العالمية (Global Geoid Models) لا تُعطي دقة موحّدة في جميع مناطق العالم، فإن تقييمها محلياً قبل اعتمادها يُعدّ خطوة ضرورية. يهدف هذا البحث إلى تطبيق وتقييم دقة خمسة نماذج للجيويد العالمي، وهي: EGM2008-5، وEGM96-5، وEGM96-15، وEGM84-15، وEGM84-30، في منطقة الكفرة جنوب شرق ليبيا، بغرض تحديد أكثرها دقة في حساب حيود الجيويد. اعتمدت الدراسة على عشر نقاط معلومة الإحداثيات الجغرافية والارتفاع الإليبسويدي، استُخرجت قيم حيود الجيويد لكل نقطة من كل نموذج باستخدام أداة Geoid Height Calculator، ثم قورنت الارتفاعات الأورثومترية الناتجة بالارتفاع الأورثومتري المرجعي المتحصل عليه من أعمال الميزانية، وأُجري لكل نموذج تحليل إحصائي شمل حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري. أظهرت النتائج أن نموذج EGM2008-5 كان الأكثر دقة بين النماذج الخمسة، إذ سجّل أقل انحراف معياري بلغ 0.130 متر، يليه نموذجا EGM96-5 وEGM96-15 بانحراف معياري بلغ نحو 0.18 متر، في حين سجّلت نماذج EGM84-15 وEGM84-30 أقل دقة بانحراف معياري تجاوز 0.38 متر. تُوصي الدراسة باعتماد نموذج EGM2008-5 في الأعمال المساحية بمنطقة الكفرة، مع ضرورة توسيع نطاق الدراسة لمناطق أخرى من ليبيا وزيادة عدد نقاط الرصد لتعزيز موثوقية النتائج.

الكلمات المفتاحية: الجيويد، نماذج الجيويد العالمية، EGM2008، الارتفاع الأورثومتري، الارتفاع الجيوديسي، نظام تحديد المواقع العالمي GPS، حيود الجيويد، الانحراف المعياري، منطقة الكفرة.

Abstract

Determining the geoid undulation (N) is essential for converting geodetic (ellipsoidal) heights obtained from Global Positioning System (GPS) receivers into orthometric heights, which are required in most engineering and surveying applications. Because global geoid models do not provide uniform accuracy across all regions of the Earth, local evaluation of these models prior

to their adoption is essential. This study aims to apply and evaluate the accuracy of five global geoid models — EGM2008-5, EGM96-5, EGM96-15, EGM84-15 and EGM84-30 — in the Al-Kufra region in southeastern Libya, in order to identify the most accurate model for computing geoid undulation. The study relied on ten points with known geographic coordinates and ellipsoidal heights. The geoid undulation value at each point was extracted from each model using the Geoid Height Calculator tool, and the resulting orthometric heights were compared with reference orthometric heights obtained from spirit-levelling work. A statistical analysis comprising the arithmetic mean and standard deviation was performed for each model. The results showed that the EGM2008-5 model was the most accurate among the five, with the lowest standard deviation of 0.130 m, followed by EGM96-5 and EGM96-15 with a standard deviation of about 0.18 m, while EGM84-15 and EGM84-30 showed the lowest accuracy, with a standard deviation exceeding 0.38 m. The study recommends adopting EGM2008-5 for surveying work in the Al-Kufra region, while expanding the study to other regions of Libya and increasing the number of observation points to strengthen the reliability of the results.

Keywords: Geoid; Global Geoid Models; EGM2008; Orthometric Height; Geodetic Height; Global Positioning System (GPS); Geoid Undulation; Standard Deviation; Al-Kufra Region.

أولاً: المقدمة

يوفر نظام تحديد المواقع العالمي (Global Positioning System) المعروف اختصاراً بـ(GPS)، إلى جانب الأنظمة العالمية الأخرى لتحديد المواقع، إحداثيات ثلاثية الأبعاد للنقطة المرصودة، تتمثل في خط الطول ودائرة العرض والارتفاع. غير أن الارتفاع الناتج عن هذه الأنظمة يُقاس بالنسبة إلى سطح الإليبسويد المرجعي WGS84، ويُعرف بالارتفاع الجيوديسي (الإليبسويدي) Geodetic Height، ويرمز له بالرمز h، بينما يحتاج معظم التطبيقات الهندسية والمساحية إلى الارتفاع المقاس من متوسط منسوب سطح البحر Mean Sea Level، والمعروف بالارتفاع الأورثومتري Orthometric Height ويرمز له بالرمز H [1]. والفرق بين هذين الارتفاعين عند أي نقطة يُسمى حيود الجيويد Geoid Undulation ويرمز له بالرمز N [2]. ولتحويل الارتفاع الجيوديسي الناتج من أجهزة GPS إلى ارتفاع أورثومتري مستخدم فعلياً في الأعمال الهندسية، لا بد من معرفة دقيقة لقيمة حيود الجيويد عند كل نقطة.

تقوم الجهات العلمية المتخصصة بتطوير نماذج رياضية تصف تغيّر سطح الجيويد عالمياً، تُعرف بنماذج الجيويد العالمية Global Geoid Models (GGM)، اعتماداً على قياسات الجاذبية الأرضية ورصد الأقمار الصناعية. ومن أبرز هذه النماذج وأكثرها استخداماً نموذج EGM96 [3] ونموذج EGM2008 [4]. غير أن دقة هذه النماذج تتفاوت من منطقة إلى أخرى تبعاً لكثافة القياسات الأرضية المتاحة عند بنائها، إذ قد تصل دقة بعضها في مناطق معينة إلى أقل من متر، بينما تقل دقتها بشكل ملحوظ في مناطق أخرى تفتقر إلى بيانات جاذبية أرضية كافية [5]. لذلك فإن اعتماد أي نموذج عالمي للجيويد في دولة أو منطقة معينة يستلزم تقييمه محلياً ومقارنته بقياسات ميدانية فعلية قبل استخدامه في التطبيقات العملية.

مشكلة البحث: تكمن مشكلة البحث في أن الارتفاعات الجيوديسية المتحصل عليها من أجهزة GPS لا يمكن استخدامها مباشرة في معظم التطبيقات الهندسية، التي تتطلب ارتفاعات أورثومترية. ولتحويل الارتفاع الجيوديسي إلى ارتفاع أورثومتري لا بد من معرفة دقيقة لقيمة حيود الجيويد N عند كل نقطة. إلا أن نماذج الجيويد العالمية المتاحة (EGM2008-5، وEGM96-5، وEGM96-15، وEGM84-15، وEGM84-30) تُعطي في الغالب قيماً غير دقيقة بما يكفي على المستوى المحلي لمناطق بعينها، الأمر الذي يستدعي قيام كل دولة أو منطقة بتطبيق هذه النماذج وتقييمها قبل اعتمادها.

هدف البحث: يهدف هذا البحث إلى تطبيق وتقييم دقة خمســـة من نماذج الجيويد العالمية (EGM2008، EGM96، EGM84 بدرجاتها المختلفة) في تحديد قيمة حيود الجيويد N في منطقة الدراســـة (منطقة الكفرة)، وذلك بمقارنة الارتفاعات الأورثومترية الناتجة عن كل نموذج بالارتفاع الأورثومتري المرجعي، تمهيداً لتحديد أنســـب نموذج يمكن اعتماده في الأعمال المساحية بهذه المنطقة.

منطقة الدراســـة: تقع مدينة الكفرة الليبية في الجزء الجنوبي الشـــرقي من الصـــحراء الكبرى الإفريقية [6]، واعتمدت الدراســة على عشــر نقاط ميدانية موزعة داخل هذه المنطقة معلومة الإحداثيات الجغرافية والارتفاع الإليبســويدي كما هو موضح في الشكل1.

شكل 1: النقاط محل الدراسة.

ثانياً: الخلفية النظرية والدراسات السابقة

1.2 أنواع الارتفاعات وحيود الجيويد

يُستخدم الإليبسويد كأقرب شكل هندسي معلوم المعادلات الرياضية لتمثيل شكل الأرض على المستوى الأفقي، إلا أنه على المستوى الرأسي لا يُمثّل المرجع الأنسب للارتفاعات، إذ إن ارتفاع النقطة عن سطح الإليبسويد (الارتفاع الجيوديسي h) لا يساوي ارتفاعها عن سطح الجيويد (الارتفاع الأورثومتري H)، نظراً لعدم تطابق السطحين. ويُعرَّف حيود الجيويد N بأنه الفرق بين هذين الارتفاعين عند النقطة نفسها [1]، ويُحسب وفق العلاقة الرياضية التالية:

$$N = h - H ....(1)$$

حيث تمثّل: N حيود الجيويد (Geoid Height/Undulation)، وh الارتفاع الجيوديســـي (الإليبســـويدي) الناتج من رصـد GPS، وH الارتفاع الأورثومتري (المنسـوب) المرجعي. وقد تصـل قيمة حيود الجيويد في بعض مناطق الأرض إلى نحو 100 متر، وهو فرق مؤثر لا يمكن إهماله في الأعمال المساحية الدقيقة [2].

2.2 نمذجة الجيويد العالمية

بدأ تطوير نماذج الجيويد العالمية منذ عام 1960، اعتماداً على دمج قياســات الجاذبية الأرضــية الأرضــية والبحرية مع بيانات الارتفاع المستمدة من رصد الأقمار الصناعية الجيوديسية، ولا يزال تطويرها مستمراً حتى الآن [3]. ويُعد نموذج

EGM96 (Earth Gravitational Model 1996) من أكثر النماذج استخداماً في برامج معالجة بيانات GNSS، إلا أن دقته تتفاوت إقليمياً بشـــكل واضـــح؛ إذ بلغت دقته في بعض المناطق نحو 0.93 متر [3]. وفي عام 2008 طُوِّر نموذج EGM2008 بدرجة تمثيل أعلى ودقة أفضـــل عالمياً بفضـــل دمج بيانات أقمار GRACE الجاذبية مع نماذج ارتفاعات رقمية عالية الدقة [4]. ويمكن الحصـــول مجاناً على نماذج الجيويد العالمية المختلفة من خلال أدوات إلكترونية متخصـــصـــة مثل أداة Geoid Height Calculator التابعة لمؤســـســـة UNAVCO [7], والتي تتيح حســـاب حيود الجيويد لأي نقطـة إحداثيـاتهـا معلومـة وفق نمـاذج عدة من بينهـا EGM2008-5 وEGM96-5 وEGM96-15 وEGM84-15 وEGM84-30.

3.2 دراسات سابقة في منطقة الدراسة

تناولت دراسة سابقة بعنوان "تطبيق وتقييم وتحسين نماذج الجيويد العالمية EGM96 وEGM2008 في المنطقة رقم 6 و7 من مناطق الإســـقاط LTM2" تقييم النموذجين EGM96 وEGM2008 في منطقة مجاورة، وخلصـــت إلى أن النموذجين EGM2008-5 وEGM96-15 كانا الأقرب دقة، بانحراف معياري بلغ نحو 3.42 متر لكل منهما [8]. وتتفق نتيجة تفوق نموذج EGM2008 في تلك الدراســة مع الاتجاه العام الذي توصـلت إليه أبحاث أخرى حول دقة هذا النموذج في مناطق مختلفة من العالم، نظراً لاعتماده على قاعدة بيانات جاذبية أرضـية أحدث وأكثر كثافة مقارنة بالنماذج الأقدم [4][5]. وتؤكد دراسات إقليمية حديثة أخرى أهمية التقييم المحلي لنماذج الجيويد قبل اعتمادها؛ ففي المملكة العربية الســعودية طُوِّر نموذج جيويد وطني جديد (KSA-Geoid21) بالاعتماد على بيانات جاذبية أرضـية وجوية موسّـعة، محققاً دقة خارجية عند مســتوى 10-11 ســم مقارنة بنقاط GNSS/ميزانية[10]، بينما خلصـت دراســة أُجريت في بنغلاديش إلى أن نموذج EGM2008 يحقق دقة عند مستوى السنتيمترات عند مقارنة الارتفاعات الأورثومترية الناتجة عنه بنقاط GNSS/ميزانية محلية[11]. وتأتي الدراســة الحالية اســتكمالاً لهذا الاتجاه البحثي، عبر تقييم خمســة نماذج للجيويد في منطقة الكفرة تحديداً باســتخدام نقاط رصــد ميدانية جديدة وارتفاع أورثومتري مرجعي من أعمال الميزانية المباشرة.

ثالثاً: مواد البحث ومنهجيته

1.3 بيانات الدراسة

اعتمدت الدراسة على عشر نقاط رصد ميدانية موزعة في منطقة الكفرة، معلومة الإحداثيات الجغرافية (خط الطول، دائرة العرض) والارتفاع الإليبســويدي (Ellipsoid Height)، كما هو موضــح في الجدول 1. ويُمثّل الارتفاع الإليبســويدي لكل نقطة قيمة h في المعادلة (1)، بينما تم الحصـــول على الارتفاع الأورثومتري المرجعي H لكل نقطة من أعمال الميزانية المباشرة (الهندسية) المنفذة ميدانياً [9].

جدول 1: الإحداثيات الجغرافية والارتفاع الإليبسويدي للنقاط العشر المستخدمة في الدراسة.

م	(°) Longitude	(°) Latitude	Ellipsoid Height h (m)
1	23.26907422	24.20417408	385.343
2	23.25207265	24.18097414	386.599
3	23.24001056	24.12662063	381.974
4	23.23754378	24.12419475	387.271
5	23.12735837	24.03132236	388.025
6	23.12584855	24.02960778	389.090
7	23.16219651	24.32621075	381.489
8	23.15986283	24.32616284	382.735
9	23.15909651	24.32301691	380.715
10	23.15551729	24.32195151	382.670

2.3 أداة الحساب والنماذج المستخدمة

استُخدمت أداة Geoid Height Calculator الإلكترونية التابعة لمؤسسة UNAVCO [7] لحساب قيمة حيود الجيويد N والارتفاع الأورثومتري الناتج عند كل نقطة من نقاط الدراسة، وذلك بإدخال إحداثيات النقطة (Latitude، Longitude) وارتفاعها الإليبسويدي (Ellipsoid Height) لكل نموذج من النماذج الخمسة التالية على حدة:

النموذج *EGM2008-5*، والنموذج *EGM96-5*، والنموذج *EGM96-15*، والنموذج *EGM84-15*، والنموذج *EGM84-30*. وتمثّل الأرقام (2008، 96، 84) سنة إصدار النموذج، بينما يشير الرقم (5 أو 15 أو 30) إلى درجة الميل/الدقة الشبكية للنموذج بالدقائق.

3.3 طريقة التحليل والمعالجة الإحصائية

بعد الحصول على قيمة حيود الجيويد N والارتفاع الأورثومتري الناتج عن كل نموذج لكل نقطة، تمت مقارنة الارتفاع الأورثومتري الناتج عن كل نموذج بالارتفاع الأورثومتري المرجعي (الميزانية). ثم أُجري لكل نموذج تحليل إحصائي لقيم حيود الجيويد العشر الناتجة عنه، شمل حساب المتوسط الحسابي وفق المعادلة (2):

$$\bar{x} = 1/n \ \Sigma_{i=1}^{n} x_i \quad \text{.....(2)}$$

حيث $\bar{x}$ المتوسط الحسابي لقيم حيود الجيويد، وx_i قيمة حيود الجيويد عند النقطة i، وn = 10 وهو عدد النقاط. ثم حُسب الانحراف المعياري لكل نموذج وفق المعادلة (3):

$$\sigma = \sqrt{[\ (\Sigma_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2) \ / \ (n-1)\ ]} \quad \text{.....(3)}$$

حيث σ الانحراف المعياري لقيم حيود الجيويد الناتجة عن النموذج. وبناءً على قيمة الانحراف المعياري لكل نموذج، يُعدّ النموذج ذو أقل انحراف معياري هو الأكثر اتساقاً ودقة، ومن ثَمَّ الأنسب للاعتماد في منطقة الدراسة [5].

رابعاً: النتائج والمناقشة

1.4 نتائج النموذج الأكثر دقة (EGM2008-5)

يوضح الجدول 2 نتائج المقارنة بين الارتفاع الأورثومتري المرجعي (الناتج من الميزانية) والارتفاع الأورثومتري الناتج عن نموذج *EGM2008-5* عند النقاط العشر، إلى جانب قيمة حيود الجيويد N الناتجة لكل نقطة.

جدول 2: مقارنة الارتفاع الأورثومتري المرجعي بالارتفاع الناتج عن نموذج EGM2008-5 وقيم حيود الجيويد N.

م	Ortho Height (m)	Ortho Height EGM2008-5 (m)	N (m)
1	390.604	370.73	14.61
2	390.604	371.99	14.60
3	390.604	367.40	14.57
4	390.604	372.70	14.57
5	390.604	373.40	14.63
6	390.604	374.46	14.63
7	390.604	366.63	14.86
8	390.604	367.87	14.87
9	390.604	365.85	14.86
10	390.604	367.80	14.87

2.4 النتائج الإحصائية الإجمالية للنماذج الخمسة

بعد تكرار الإجراء نفسه للنماذج الخمسة جميعها، وحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لقيم حيود الجيويد الناتجة عن كل نموذج وفق المعادلتين (2) و(3)، تلخّص نتائج الانحراف المعياري لكل نموذج في الجدول 3.

جدول 3: مقارنة الانحراف المعياري لقيم حيود الجيويد الناتجة عن النماذج الخمسة المختبرة.

م	النموذج	الانحراف المعياري (m)
1	EGM2008-5	0.130465
2	EGM96-5	0.180901
3	EGM96-15	0.181904
4	EGM84-15	0.391336
5	EGM84-30	0.388177

تُظهر نتائج الجدول 3 أن نموذج *EGM2008-5* حقق أقل انحراف معياري بين النماذج الخمسة (0.130 متر تقريباً)، يليه نموذجا *EGM96-5* و*EGM96-15* بانحراف معياري متقارب بلغ نحو 0.18 متر لكل منهما، في حين سجّل نموذجا *EGM84-15* و*EGM84-30* أقل دقة بين النماذج المختبرة، بانحراف معياري تجاوز 0.38 متر لكل منهما. ويتسق هذا الترتيب مع ما هو متوقع نظرياً، إذ إن نموذج *EGM2008* يعتمد على قاعدة بيانات جاذبية أرضية أحدث وأكثر كثافة مقارنة بالنماذج الأقدم EGM96 و[4][5] EGM84, كما يتفق مع اتجاه نتائج دراسة سابقة أُجريت في منطقة مجاورة من ليبيا رجّحت كذلك تفوق نموذج EGM2008 على النماذج الأقدم [8]. وعليه، يمكن اعتبار نموذج

EGM2008-5 الأنسب للاستخدام في تحويل الارتفاعات الجيوديسية إلى ارتفاعات أورثومترية ضمن منطقة الكفرة ومحيطها، في غياب نموذج جيويد محلي مخصص لليبيا.

خامساً: الاستنتاجات والتوصيات

1.5 الاستنتاجات

1. أظهرت نتائج التحليل الإحصــائي أن نموذج EGM2008-5 هو الأكثر دقة بين النماذج الخمســة المختبرة في منطقة الكفرة، إذ سجّل أقل انحراف معياري بلغ 0.130 متر.

2. حقق نموذجا EGM96-5 وEGM96-15 دقة متوسطة متقاربة (انحراف معياري نحو 0.18 متر)، في حين كانت نماذج EGM84 الأقل دقة بين النماذج المختبرة (انحراف معياري يتجاوز 0.38 متر).

3. تُؤكد النتائج أن دقة نماذج الجيويد العالمية تتفاوت بحسب المنطقة الجغرافية، وأن استخدام أي نموذج منها في تطبيقات مساحية دقيقة يستلزم تقييمه محلياً أولاً بمقارنته بقياسات ميدانية فعلية.

2.5 التوصيات

1. اعتماد نموذج EGM2008-5 في الأعمال المسـاحية والهندسـية داخل منطقة الكفرة، في انتظار تطوير نموذج جيويد محلي خاص بليبيا.

2. توسيع نطاق الدراسة لتشمل مناطق أخرى من ليبيا للتحقق من اتساق نتائج تفوق نموذج EGM2008-5.

3. زيادة عدد نقاط الرصد الميداني في الدراسات المستقبلية لتعزيز موثوقية النتائج الإحصائية.

4. تجربة نماذج جيويد عالمية إضـــافية أحدث، مثل نماذج XGM2019e وEIGEN-6C4 وGOCE/GRACE المدمجة، ومقارنتها بالنماذج الخمســة المســتخدمة في هذه الدراســة[5]، مع إمكانية تطبيق منهجيات التصـــحيح المحلي الحديثة لتحسين دقة هذه النماذج[2].

المراجع (IEEE)

[1] B. Hofmann-Wellenhof and H. Moritz, Physical Geodesy, 2nd ed. Vienna, Austria: Springer-Verlag, 2006.

[2] S. Savchuk and A. Fedorchuk, “Methodology for local correction of the heights of global geoid models to improve the accuracy of GNSS leveling,” Geodesy and Geodynamics, vol. 15, no. 1, pp. 42–49, 2024.

[3] F. G. Lemoine et al., The Development of the Joint NASA GSFC and the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) Geopotential Model EGM96, NASA/TP–1998–206861, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA, 1998.

[4] N. K. Pavlis, S. A. Holmes, S. C. Kenyon, and J. K. Factor, “The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008),” Journal of Geophysical Research: Solid Earth, vol. 117, no. B4, art. B04406, 2012.

[5] A. Al Shouny, R. Khalil, A. Kamel, and Y. Miky, “Assessments of recent Global Geopotential Models based on GPS/levelling and gravity data along coastal zones of Egypt,” Open Geosciences, vol. 15, no. 1, art. 20220450, 2023.

[6] D. M. Toninetti, الكفرة (Al-Kufra), trans. W. A. Al-Bouri. 2005.

[7] UNAVCO, “Geoid Height Calculator,” [Online]. Available: https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/geoid-height-calculator/geoid-height-calculator.html.

[8] H. F. Belaid and E. J. Mohammed, “Application, evaluation and improvement of global geoid models EGM96 and EGM2008 in projection zones 6 and 7 (LTM2),” B.Sc. graduation project, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Africa for Science and Applied Sciences, Libya, 2021.

[9] D. J. Mohammed, أسس المساحة الجيوديسية والنظام العالمي لتحديد المواقع (Fundamentals of Geodetic Surveying and GPS), Makkah, Saudi Arabia, 2012.

[10] G. S. Vergos, R. S. Grebenitcharsky, A. Al-Qahtani, S. Al-Shahrani, D. A. Natsiopoulos, S. Al-Jubreen, I. N. Tziavos, and J. Golubinka, “Development of the national gravimetric geoid model for the Kingdom of Saudi Arabia,” in Gravity, Positioning and Reference Frames, International Association of Geodesy Symposia, Cham, Switzerland: Springer, 2023, pp. 21–27.

[11] M. R. Chowdhury, M. Billah, A. Quddus, and M. A. Islam, “Evaluation of the performance of EGM2008 and other global geoid models in determining orthometric heights with respect to local geoid model formed with the help of GNSS/levelling data,” conference paper, 2024.

[12] National Geospatial-Intelligence Agency (NGA), Office of Geomatics, “Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008),” [Online]. Available: https://earth-info.nga.mil/.

[13] Dalla, L. O. B., Essgaer, M., Jetlawei, S. S., EL-sseid, M., Alsharif, A., & Agila, A. A. A. (2026). Local Precision and Global Harmony: A Comparative Literature Review (LR) Framework for Taylor and Fourier Series in Engineering Modeling. Al-Farooq Journal of Sciences, 2(1), 275-304.

[14] Tantoush, J. A. M. (2025). Environmental Pollution Assessment of Some Heavy Metals in the Western Coast of Tripoli, Libya. *Al-Farooq Journal of Sciences*, *1*(1), 161-175.