

**التحليل الخرائطي المقارن لتوزيع سكان العراق
باستخدام الطرائق التقليدية وتقنيات الذكاء
الاصطناعي الجغرافي (Geo-AI) للمدة (2015-
2030)**

**Comparative Cartographic Analysis of
Iraq's Population Distribution Using
Traditional Methods and Geo-Artificial
Intelligence (Geo-AI) Techniques for the
Period (2015-2030)**

م.د. سعد ثامر ابراهيم

Dr. Saad Thamer Ibrahim

جامعة تكريت / كلية الآداب / قسم الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية
University of Tikrit / College of Arts / Department of
Geography and Geographic Information Systems (GIS)

saad.t.ibrahim@tu.edu.iq

<https://orcid.org/0009-0004-1391-0617>

الكلمات المفتاحية: التحليل الخرائطي، التعلم الآلي، الذكاء الاصطناعي الجغرافي، سكان العراق.

Keywords: Cartographic analysis, machine learning, Geo-Artificial Intelligence (Geo-AI), population of Iraq.

المخلص:

تهدف الدراسة إلى تحليل خرائطي مقارن لتوزيع سكان العراق من خلال مقارنة الطرائق التقليدية في التقدير السكاني مع تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (Geo-AI) للمدة (2015-2030)، واعتمدت الدراسة على بيانات الجهاز المركزي للإحصاء في العراق وبرنامج (World Pop) بصيغة الصور النقطية (RASTER) ضمن منصة Google Earth Engine للمدة 2015-2024، بهدف قياس مستوى الدقة الزمكانية بين المصدرين، ثم التنبؤ بتوزيع السكان للمدة 2025-2030 باستخدام قواعد بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ومعادلة الانحدار الخطي، مع توظيف أساليب التعلم الآلي التي تستكشف العلاقات بين كثافات السكان ومجموعة من المتغيرات الجغرافية مثل الغطاء الأرضي، وشبكة الطرق، والارتفاع، والمسافة عن المراكز الحضرية، وتم اختبار نتائج الطريقتين باستخدام المؤشرات الإحصائية (الفرق العددي، الفرق النسبي، متوسط الخطأ المطلق، معامل الارتباط) لقياس مدى دقة البيانات، واعتمدت الدراسة على أسلوب التوزيع المكاني (Dasymetric Mapping) لإعادة توزيع السكان على مستوى البكسل بدقة مكانية مقدارها (100×100) متر، وأظهرت النتائج أن تقديرات (World Pop) تتميز بدقة مكانية مرتفعة مقارنة ببيانات الجهاز المركزي، كما بينت النمذجة المستقبلية اتجاهاً مستمراً في نمو السكان، مع تركيز ملحوظ في المحافظات الوسطى والجنوبية، وتؤكد الدراسة أهمية دمج تقنيات Geo-AI مع النماذج الإحصائية لتحسين جودة التحليل السكاني ودعم التخطيط المكاني المستدام في العراق.

Abstract:

This study aims to conduct a comparative cartographic analysis of Iraq's population distribution by comparing traditional population estimation methods with Geo-Artificial Intelligence (Geo-AI) techniques for the period 2015–2030. The research utilized population data from the Central Statistical Organization of Iraq and the World Pop database in raster format within the Google Earth Engine platform for the years 2015–2024 to assess the spatio-temporal accuracy between the two sources. Population distribution for the years 2025–2030 was then predicted using population databases from the Food and Agriculture Organization (FAO) and a linear regression model, while applying machine learning techniques to explore relationships between population density and several geographic variables such as land cover, road networks, elevation, and distance from urban centers. The accuracy of both approaches was evaluated using statistical indicators including numerical difference, relative difference, mean absolute error (MAE), and correlation coefficient (r). The study employed the Dasymetric Mapping technique to redistribute population data at a pixel resolution of 100×100 meters, achieving a more realistic spatial representation. The results revealed that the World Pop estimates exhibit higher spatial accuracy compared to the official census data, while the predictive modeling indicated a continuing population growth trend with noticeable concentration in the central and southern governorates. The study highlights the importance of integrating Geo-AI techniques with statistical models to enhance the quality of population analysis and support sustainable spatial planning in Iraq.

المقدمة:

تعد الخرائط أداة مركزية في التحليل الجغرافي، فهي لا تقتصر على عرض البيانات، بل تحول المعلومات المكانية إلى أنماط مرئية تساعد في فهم العلاقات المكانية والاتجاهات الزمنية، ومع تطور العلوم الجغرافية الرقمية أصبح إنتاج الخرائط وتحليلها يعتمد بدرجة متزايدة على تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (Geo-AI)، الذي يجمع بين خوارزميات التعلم الآلي ونظم المعلومات الجغرافية GIS لتحليل الظواهر المكانية بدقة عالية، وأن هذا الدمج بين الجغرافية والذكاء الاصطناعي أتاح إمكانيات جديدة في دراسة الظواهر السكانية، إذ لم تعد تقديرات السكان تعتمد فقط على الأساليب التقليدية المستندة إلى التعدادات، بل أصبحت تستند إلى نماذج مكانية ديناميكية قادرة على التنبؤ بالتغيرات المستقبلية استناداً إلى متغيرات بيئية واجتماعية متعددة (الزبيدي، الكبيسي، 2023، ص123).

يمثل توزيع السكان مؤشراً رئيساً للتنمية، إذ إن تحديده بدقة يساهم في تحسين إدارة الموارد وتوجيه الخطط الحضرية والخدمية، لكن الاعتماد على التعدادات السكانية وحدها لا يكفي، لكونها تجرى على فترات زمنية طويلة ولا تظهر التغيرات المكانية الدقيقة داخل الوحدات الإدارية، وهنا تبرز أهمية قواعد البيانات العالمية عالية الدقة مثل برنامج (World Pop) (World Pop, 08 October 2024)، الذي يعد من أبرز المشاريع البحثية المعتمدة في بناء خرائط سكانية تفصيلية بدقة مكانية تصل إلى (100×100) متر، وباستخدام خوارزميات تعلم آلي تستفيد من متغيرات جغرافية مثل الارتفاع، ونوع الغطاء الأرضي، وقرب الطرق والمراكز الحضرية، وأن هذه المنهجية تعد تحولاً نوعياً في تمثيل السكان، إذ تقدم منظوراً مكانياً أكثر واقعية من التقديرات التقليدية (GEE - WorldPop_GP_100m_pop).

ويتنامى الاهتمام الأكاديمي بتحليل التباينات بين الطرائق التقليدية في التقدير السكاني وتقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي، خاصة في الدول النامية التي تواجه تحديات في دقة البيانات الإحصائية وتحديثها، وخصوصاً في منطقة الدراسة التي تمثل نموذجاً واضحاً لذلك، ونظراً لتنوعه المكاني والسكاني الكبير وتفاوت دقة البيانات بين الوحدات الإدارية، ومن هنا تأتي أهمية الدراسة الحالية التي تسعى إلى الاستفادة من تقنيات Geo-AI في فهم التغيرات السكانية على المدى الزمني (2015-2030)، وتقديم تصور علمي قائم على النمذجة المكانية الدقيقة، بما يدعم التخطيط التنموي المستقبلي على أسس كمية وتحليلية أكثر تقدماً.

مشكلة الدراسة :

بالرغم من توفر بيانات سكانية من مصادر وطنية وعالمية، إلا أن الفجوة ما زالت قائمة بين التقديرات المستندة إلى الطرائق الإحصائية التقليدية وتلك المنتجة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (Geo-AI) وهذه الفجوة تؤثر في دقة التحليل المكاني للسكان وفي موثوقية التنبؤات المستقبلية، خصوصا في البيئات المتغيرة مثل العراق التي تتسم بتباين جغرافي وبشري واسع، ومن ثم تبرز الحاجة إلى تقييم علمي مقارن لمدى دقة وفعالية كل من الطريقتين في تمثيل التوزيع السكاني الحالي والمستقبلي، بهدف تحسين جودة الخرائط السكانية بما يخدم الباحثين، ومن خلال المشكلة الرئيسة يتم طرح التساؤلات الآتية:

1- ما الفروق الزمكانية بين نتائج التقدير السكاني الناتجة عن الطرائق الإحصائية التقليدية

والذكاء الاصطناعي الجغرافي (Geo-AI) خلال المدة (2015-2030)؟

2- كيف يمكن توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة (الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات

الجغرافية، النمذجة المكانية، والتعلم الآلي) في معالجة البيانات السكانية ورسم خرائطها

بدقة عالية تدعم التحليل المكاني المستقبلي؟

3- ما المؤشرات الإحصائية الأنسب لقياس دقة البيانات ومطابقتها بين المصادر المختلفة؟

فرضية الدراسة :

1- توجد فروق مكانية وزمانية جوهرية بين تقديرات السكان الناتجة عن الطرائق الإحصائية

التقليدية وتلك الناتجة عن تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (Geo-AI) خلال المدة

(2015-2030)، تعود إلى اختلاف منهجيات النمذجة ودقة البيانات المكانية

المستخدمة.

2- أن توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة، ولا سيما الاستشعار عن بعد RS ونظم

المعلومات الجغرافية GIS والتعلم الآلي، يسهم في رفع دقة التحليل المكاني للسكان

ويمكن من إنتاج خرائط سكانية أكثر واقعية وقابلة للتنبؤ بالمستقبل بدقة أعلى من

الطرائق التقليدية.

3- أن المؤشرات الإحصائية المستخدمة (متوسط الخطأ المطلق (MAE) ومعامل الارتباط

(r) والفرق النسبي (MAPE)) اثبتت فعاليتها في قياس دقة التقديرات السكانية،

واظهار الفروقات بين بيانات الذكاء الاصطناعي الجغرافي والبيانات التقليدية في التمثيل

المكاني والزمني.

أهداف الدراسة: يمكن تحديد اهداف الدراسة من خلال الآتي :

1- إجراء تحليل خرائطي مقارن لتوزيع سكان العراق من خلال مقارنة نتائج الطرائق الإحصائية التقليدية مع تقديرات تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (Geo-AI) للمدة (2015-2030).

2- تقييم دقة التقديرات السكانية بين المصدرين (الجهاز المركزي للإحصاء العراقي وبرنامج World Pop) من خلال تطبيق المؤشرات الإحصائية الكمية مثل متوسط الخطأ المطلق (MAE)، الفرق النسبي (MAPE)، ومعامل الارتباط (r).

3- استخدام تقنيات التعلم الآلي داخل منصة Google Earth Engine لبناء نموذج تنبؤي لتوزيع السكان في العراق للمدة (2025-2030) بالاعتماد على معادلة الانحدار الخطي وقواعد بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAO).

4- توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة، بما في ذلك الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والنمذجة المكانية، في معالجة البيانات السكانية وإعادة توزيعها باستخدام أسلوب Dasymetric Mapping بدقة مكانية (100×100 متر).

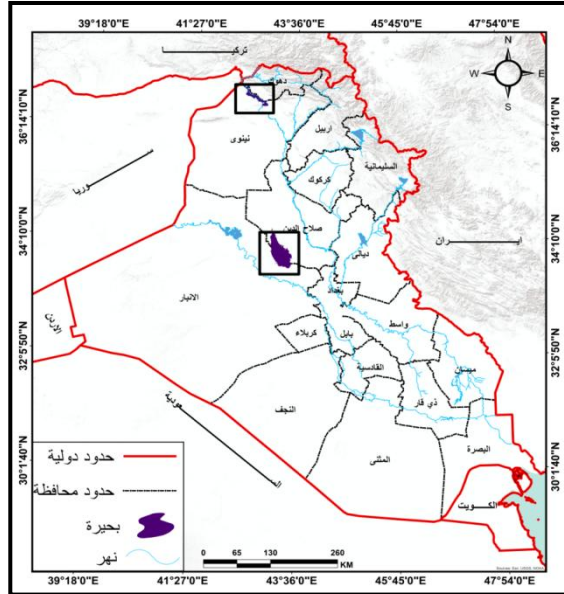
منهجية الدراسة:

تعتمد الدراسة على المنهج المقرن بين بيانات (الجهاز المركزي للإحصاء العراقي وبرنامج World Pop)، بالإضافة الى استخدام المنهج الاستقرائي إذ يتم الانتقال من الجزء إلى الكل لاستنباط وتقدير بيانات سكان العراق على مستوى البكسل باستخدام وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وبيانات الاستشعار عن بعد (RS) بهدف الوصول إلى تمثيل نماذج خرائطية دقيقة للبيانات السكانية.

موقع منطقة الدراسة :

يقع العراق في الجنوب الغربي من قارة آسيا، وفي الشمال الشرقي من الوطن العربي، ويحده من الشمال تركيا، ومن الشرق إيران، ومن الجنوب المملكة العربية السعودية والكويت، ومن الغرب سوريا والأردن، ويمتد العراق بين دائرتي عرض (05°_29: 22'_37°) شمال، وبين خطي طول (45°_38: 45'_48°) شرقاً، ويأخذ شكلاً طولياً من الشمال إلى الجنوب، بمساحة تقارب (438,317 كم²) والخريطة (1) توضح موقع منطقة الدراسة .

الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد برنامج Arc Gis Pro .

مواد وطرائق العمل :

1- البيانات السكانية: تم استخدام بيانات سنوية لسكان العراق للفترة 2015-2024 من مصدرين

رئيسيين وكالآتي:

-بيانات الجهاز المركزي للإحصاء العراقي (CSO): يعتمد على التعدادات السكانية والمسوح الإدارية والتقديرات الإحصائية.

-برنامج World Pop: بيانات شبكية (Raster) بدقة مكانية 100×100 متر، مستمدة من نماذج تعلم

آلي لتوزيع السكان على مستوى البكسل

-تم إدخال البيانات ومعالجتها داخل منصة (Google Earth Engine GEE) لاستخراج الجداول والتحليلات اللازمة.

جدول 1: الفرق بين بيانات الجهاز المركزي للإحصاء العراقي (CSO) و بيانات برنامج World Pop

ت	العناصر	الجهاز المركزي للإحصاء العراقي	برنامج World Pop
---	---------	--------------------------------	------------------

	(CSO)		
1	تقديرات احصائية بالاعتماد على معادلات	مصدر البيانات	تقدير باستخدام AI + صور اقمار صناعية
2	مستوى المحافظة و القضاء	الدقة المكانية	100 X100 متر
3	بطيء سنوات	معدل التحديث	سنوي - مستمر
4	بيانات رسمية	الغرض	نماذج مكانية تنبؤية
5	جدول رقمي	صيغة البيانات	RASTER

2- مؤشرات دقة البيانات السكانية: تم تقييم مستوى دقة كل مصدر باستخدام المؤشرات الإحصائية وكالاتي : متوسط الخطأ المطلق (MAE) ، الفرق النسبي (MAPE) ، معامل الارتباط (r) .

3- التنبؤ بعدد السكان للمدة 2025-2030: واعتمد التنبؤ على الآتي:

- قاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAO)
- معادلة الانحدار الخطي لتقدير النمو السنوي للسكان
- تطبيق خوارزميات التعلم الآلي لاستكشاف العلاقات بين كثافة السكان والمتغيرات الجغرافية مثل الغطاء الأرضي، شبكة الطرق، الارتفاع، والمسافة عن المراكز الحضرية.

4- توزيع السكان على مستوى البكسل

واستخدم برنامج World Pop طريقة Dasymetric Mapping لإعادة توزيع السكان بدقة مكانية 100×100 متر، لتقدير عدد السكان لكل بكسل اعتمادا على كثافة السكان والمتغيرات الجغرافية المكانية، لإنتاج خرائط دقيقة للمدة الحالية والمتوقعة.

5- الإخراج والتحليل النهائي

إنتاج خرائط سنوية لتوزيع السكان للمدة 2015-2030 بعد معالجتها داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS وباستخدام الاداة Zonal Statistics ، ثم تصنيف البكسل بحسب كثافة السكان، وتحليل الفرق المكاني بين بيانات الجهاز المركزي وWorld Pop، وتقييم جودة النماذج التنبؤية من خلال المؤشرات الإحصائية.

6- تقديرات بيانات سكان العراق للمدة 2015 - 2030 :



تمثل تقديرات بيانات سكان العراق للمدة من (2015 إلى 2030) التي يصدرها الجهاز المركزي للإحصاء العراقي محاولات منهجية لتحديد أعداد السكان وتوزيعهم الجغرافي عبر السنوات بناء على مجموعة من المعايير والإجراءات العلمية الدقيقة، واعتمدت هذه التقديرات بشكل أساسي على نتائج التعدادات السكانية السابقة، والمسوح الإحصائية المختلفة، والبيانات الإدارية المتعلقة بالولادات والوفيات والهجرة، كما تم الأخذ بعين الاعتبار العوامل الديموغرافية مثل العمر والجنس والبيئة الحضرية والريفية لتوزيع السكان بدقة أكبر.

وتتمثل الفكرة الأساسية في أن هذه التقديرات لا تقوم على الجرد الفعلي للسكان بشكل سنوي، بل هي نموذج تنبؤي إحصائي يستخدم بيانات التاريخ السابق لتقدير السكان في السنوات اللاحقة، ويعتمد النموذج على معدلات الخصوبة والوفيات والهجرة الداخلية والخارجية لكل محافظة، ما يسمح بوضع توقعات سنوية دقيقة لكل وحدة جغرافية على مستوى المحافظات، كما يركز الجهاز على الفئات العمرية الخمسية لتسهيل الدراسات السكانية المتعلقة بالتعليم والعمل والقوى العاملة، وهو ما يعزز من القدرة على استخدام هذه البيانات في الدراسات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والتخطيط العمراني.

ويعتمد الجهاز المركزي للإحصاء العراقي في تقديرات السكات على المعادلات ادناه:

أ- معدل النمو السكاني (حسن، بدون سنة، ص1-2):

$$100 \times \left(\frac{\ln(P_2/P_1)}{t} \right) = r$$

أو

$$100 \times \left(\frac{P_2 - P_1}{P_1 \times t} \right) = r$$

r: معدل النمو السنوي للسكان (%)
P₁: عدد السكان في التعداد الأول (بداية الفترة)
P₂: عدد السكان في التعداد الأخير (نهاية الفترة)
t: عدد السنوات بين التعدادين

السكان	العام	
12,800,000	1994	التعداد الأول
15,200,000	2004	التعداد الأخير
	10	الفترة الزمنية
	1.73	معدل النمو السنوي %

ب- تقدير عدد السكان (حسن، بدون سنة، ص1-2):

$$tP = {}_0P \times (r + 1)^t$$

P: عدد السكان المقدر في السنة المطلوبة
P₀: عدد السكان في سنة الأساس
r: معدل النمو السكاني السنوي (بالصيغة العشرية)
t: عدد السنوات بين سنة الأساس والسنة المراد التقدير لها

2004	عام الأساس
2010	العام المراد التقدير له
6	الفترة الزمنية
15,200,000	الحجم السكاني في عام الأساس
0.0173	معدل النمو السنوي
16,847,593	الحجم السكاني المقدر

الجدول 2: تقديرات سكان العراق للمدة 2015-2030

ت	السنة	التقدير
1	2015	35,212,600
2	2016	36,169,123
3	2017	37,139,519
4	2018	38,124,182
5	2019	39,127,900
6	2020	40,150,174
7	2021	41,190,658
8	2022	42,248,900
9	2023	43,324,000
10	2024	44,414,800
11	2025	45,520,500
12	2026	46,639,900
13	2027	47,771,600
14	2028	48,914,100
15	2029	50,061,500
16	2030	51,211,700

المصدر : جمهورية العراق، وزارة التخطيط والتعاون الانمائي، الجهاز المركزي للإحصاء وتكنولوجيا المعلومات ، العراق ، للمدة 2015-2030 .

https://cosit.gov.iq/ar/?option=com_content&view=article&layout=edit&id=174&jsn_setmobile

7- استنباط بيانات سكان العراق للمدة 2015 - 2024 باستخدام منصة Google Earth

: Engine

ان خرائط السكان هي تمثيلات بصرية تظهر توزيع السكان في منطقة معينة، سواء كانت دولة أو مدينة أو منطقة جغرافية، وتستخدم هذه الخرائط لتحليل الكثافة السكانية، وتوزيع الأعمار، والخصائص الاجتماعية والاقتصادية للسكان، وتساعد خرائط السكان

في فهم الأنماط السكانية، مثل المناطق ذات الكثافة العالية او المنخفضة World (Pop 2024) .

ويعتمد برنامج (World Pop) في تقديرات السكان الشبكية راستر للمدة 2015-2024 على طريقة تفرغ سكانية (من الأعلى إلى الأسفل) تتكوّن من خطوات عملية واضحة وهي كالاتي : ولتقدير سكان العراق السنوية لشبكة 100×100 م للمدة 2015-2024 باستخدام World Pop المبني على نماذج Random Forest وإعادة التوزيع الداسمترية: يبدأ العمل بجمع أرقام التعداد أو أفضل تقدير إداري متاح لكل وحدة إدارية دقيقة في العراق لعام مرجعي (مثلاً تعداد 2015 أو تقدير 2015 = 37,560,535 شخصاً بحسب سجلات) ثم يجمع الفريق مجموعة كبيرة من المتغيرات المساندة المكانية (covariates) لكل خلية شبكة 100 م: خرائط الاستيطان (World Settlement Footprint) ، طبقات مبانٍ من Sentinel/Landsat ، صور الإضاءة الليلية، استخدامات الأرض، ارتفاع/انحدار، قرب الطرق والخدمات، والمسافات إلى المياه، إلى جانب متغيرات بيئية واجتماعية متاحة؛ تدخل هذه المتغيرات مع بيانات تعداد عشرية (pop_admin) إلى نموذج تعلم آلي من نوع غابات عشوائية (Random Forest) لتوقع وزن مكاني w_cell لكل خلية يعكس صلاحية الخلية لاحتواء السكان، ثم تطبق إعادة توزيع داسمترية بحيث يوزع عدد سكان كل وحدة إدارية إلى خلاياها حسب أوزانها بموجب المعادلة:

$$\text{pop_cell} = (\text{w_cell} / \sum_{\text{cells} \in \text{admin}} \text{w_cell}) \times \text{pop_admin}$$

كمثال رقمي مبسط توضيحي: افترض وحدة إدارية (محافظة أو قضاء) لها pop_admin = 1,200,000 نسمة، ومجموع أوزان الخلايا داخلها $\sum w = 1,200$ لو كانت إحدى الخلايا تقدير $w_{\text{cell}} = 0.8$ فإن تقدير سكان تلك الخلية يصبح $\text{pop_cell} = (0.8 / 1,200) \times 1,200,000 = 800$ نسمة؛ وتجرى نفس العملية لكل خلية ثم تطبق معايرة لضبط المجموع الوطني كي يتطابق مع إجمالي مرجعي وطني مثل أرقام الأمم المتحدة (World Population Prospects) لكل سنة (مثال مرجعي: العراق 2015 $\approx 37,560,535$ و 2024 $\approx 46,042,000$ بحسب قواعد بيانات الأمم المتحدة) وبذلك تنتج مجموعة خرائط سنوية 2015-2024 متسقة مع الإجماليات الوطنية مع تقارير تقييم الدقة (RMSE, MAE, R²) ومطابقات مع بيانات محلية حيث توفرت؛ وهذه الخطوات والافتراضات هي جوهر منهج World Pop لإنتاج سجلات تقديرات سكان العراق للمدة 2015-2024.

المعادلات الأساسية المستخدمة في تقديرات سكان العراق باستخدام برنامج (World Pop) :

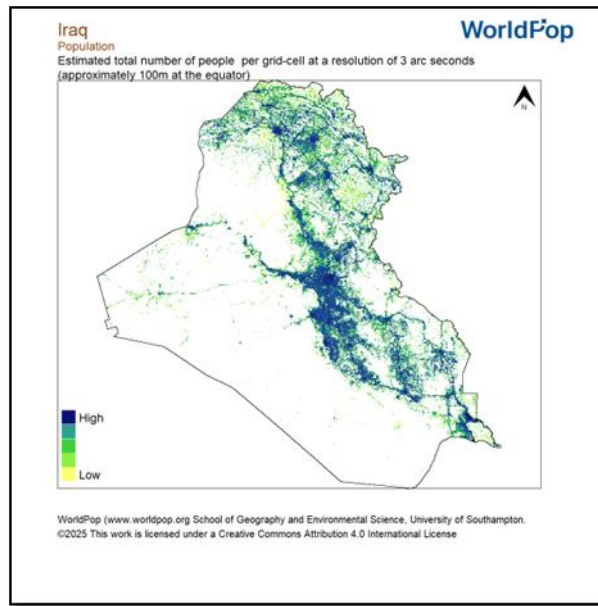
1- التوزيع المكاني (Dasymetric Mapping) لكل خلية داخل إدارة إدارية (World Pop 2024):

$$\text{pop_cell} = (\text{w_cell} / \sum_{\text{cells} \in \text{admin}} \text{w_cell}) \times \text{pop_admin}$$

2- إسقاط وحدوي بسيط بمعدل نمو سنوي مركب r بين سنتين مرجعيتين (World Pop 2024):

$$r = (\text{Pop}_{t2} / \text{Pop}_{t1})^{1/(t2-t1)} - 1$$
$$\text{pop_admin}(t) = \text{pop_admin}(t0) \times (1 + r)^{t-t0}$$

الشكل 2: تقديرات سكان العراق باستخدام برنامج World Pop



المصدر : [/https://www.worldpop.org/book-of-methods](https://www.worldpop.org/book-of-methods)

الجدول 3: تقديرات سكان العراق للمدة 2015-2024

ت	السنة	التقدير	المدى	المتوسط	الانحراف المعياري
1	2015	37.057.439	429.0	8.4	19.3
2	2016	38.042.408	436.7	8.6	19.8
3	2017	38.875.144	442.8	8.8	20.2
4	2018	39.777.407	449.5	9	20.7

21.2	9.2	456.5	40.731.204	2019	5
21.6	9.4	463.3	41.630.025	2020	6
22.1	9.6	470	42.579.597	2021	7
22.6	9.8	476.7	43.538.745	2022	8
23.1	10	483.9	44.577.765	2023	9
23.6	10.2	490.7	45.545.227	2024	10

المصدر : <https://www.worldpop.org/book-of-methods>

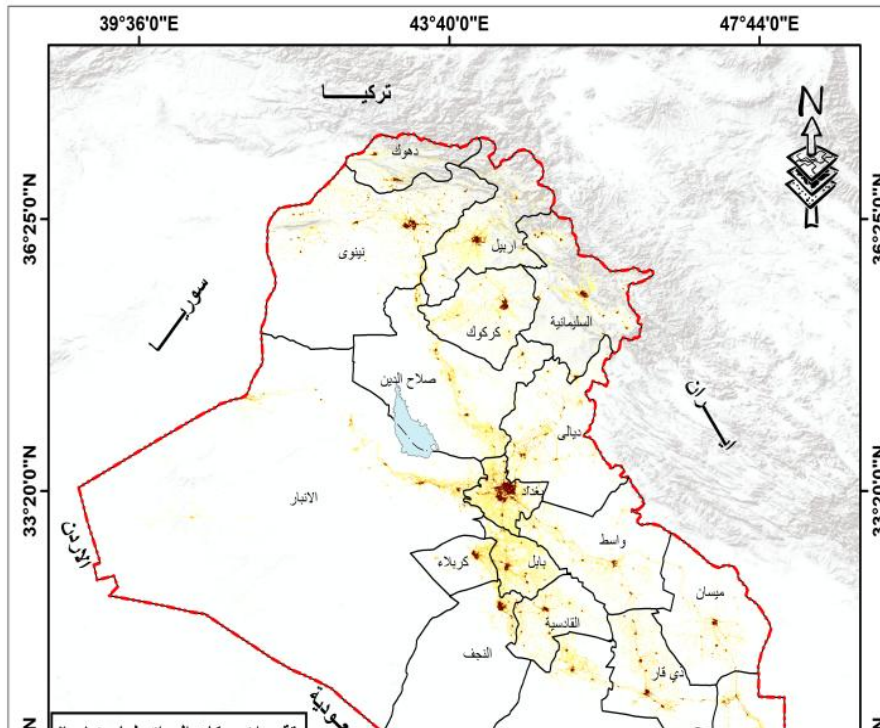
تم الحصول على تقديرات سكان العراق في الجدول (3) من البرنامج العالمي (World Pop) الذي يعتمد منهجيات إحصائية متقدمة لتوزيع السكان مكانياً واعتماداً على صور raster عالية الدقة بواقع 100 متر × 100 متر، ثم جرى معالجتها ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) واستخراج القيم النهائية باستخدام أداة (Zonal Statistics) التي تحسب الخصائص الإحصائية داخل حدود كل وحدة مكانية، وتمثل هذه النتائج تقديراً رقمياً وخرائطياً دقيقاً لتوزيع السكان في العراق خلال المدة (2015 - 2024) إذ تعكس الاتجاه العام للنمو والتباين المكاني في التوزيع السكاني وفق البيانات المكانية العالمية الحديثة.

تشير بيانات تقديرات سكان العراق للمدة 2015 - 2024 إلى اتجاه تصاعدي مستمر في عدد السكان خلال السنوات العشر الأخيرة، إذ ارتفع العدد من نحو 37.057 مليون نسمة عام 2015 إلى نحو 45.545 مليون نسمة عام 2024، أي بزيادة تقارب 8.5 ملايين نسمة خلال فترة قصيرة نسبياً، ويعكس هذا الارتفاع معدل نمو سكاني مرتفع وثابت تقريباً، مما يدل على استمرار العوامل الديموغرافية المؤثرة في زيادة السكان مثل ارتفاع معدلات الولادة واستقرار الأوضاع نسبياً في بعض الفترات، أما المدى الإحصائي فقد ارتفع تدريجياً من 429.0 إلى 490.7، وهو ما يعبر عن اتساع الفروق المكانية في توزيع السكان بين الوحدات الجغرافية التي شملها التحليل، أي أن هناك تفاوتاً متزايداً في الكثافات السكانية عبر مناطق العراق، وبالنسبة إلى المتوسط فقد ازداد من 8.4 إلى 10.2 خلال المدة المدروسة، مما يشير إلى زيادة عامة في القيم المتوسطة لمتغيرات السكان عبر المحافظات، أما الانحراف المعياري فقد ارتفع من 19.3 إلى 23.6 وهو ما يدل على تزايد التباين الداخلي بين المناطق السكانية، أي أن بعض المناطق تنمو سكانياً بوتيرة أسرع من غيرها، وهذا الارتفاع في قيم الانحراف المعياري يؤكد وجود عدم تجانس مكاني في النمو السكاني، مما يعكس فروقاً اقتصادية واجتماعية وعمرانية بين المحافظات العراقية.

8- طريقة التوزيع بالنقط :

أن طريقة التوزيع بالنقط على الخرائط من ابسط انواع الطرائق الخرائطية المستخدمة في تمثيل خرائط السكان، اذ يتم تمثيل علاقة وجود السكان بالموقع الجغرافي، وعلى هذا الاساس فهي من الطرائق الشائعة الاستخدام في تمثيل السكان لاختلاف توزيعهم وتركيزهم في المناطق المختلفة، ويتوقف عدد النقاط وحجم النقطة على مستوى الظاهرة من جهة وعلى مقياس رسم الخريطة من جهة اخرى، كذلك يجب ان لا يكون حجم النقطة كبيرا لأنه سيؤدي الى تلاحم النقاط مع بعضها حتى في المناطق المتوسطة الكثافة، اما اذا كان حجم النقطة صغيرا جدا فسوف يظهر التوزيع مشتتا وغير مدرك (ابراهيم، عبيد، 2021، ص495-497) ، وتم تمثيل بيانات الجدول (2) بطريقة التوزيع بالنقط، والخرائط (2-3-4) توضح ذلك.

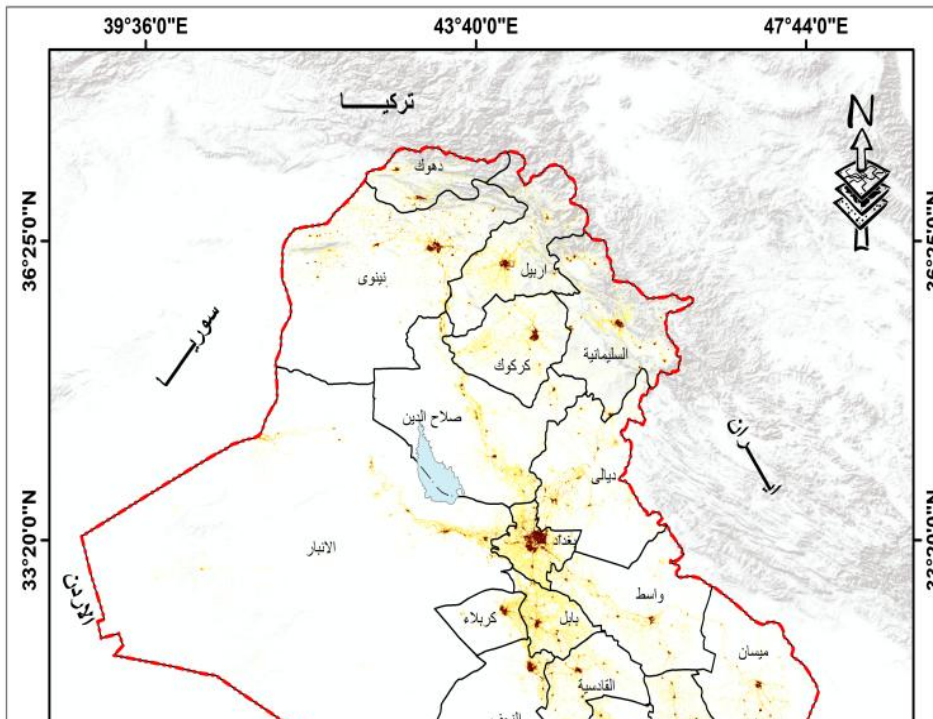
الخريطة 2: تقديرات سكان العراق لعام 2015



المصدر : بالاعتماد على [/https://www.worldpop.org/book-of-methods](https://www.worldpop.org/book-of-methods)

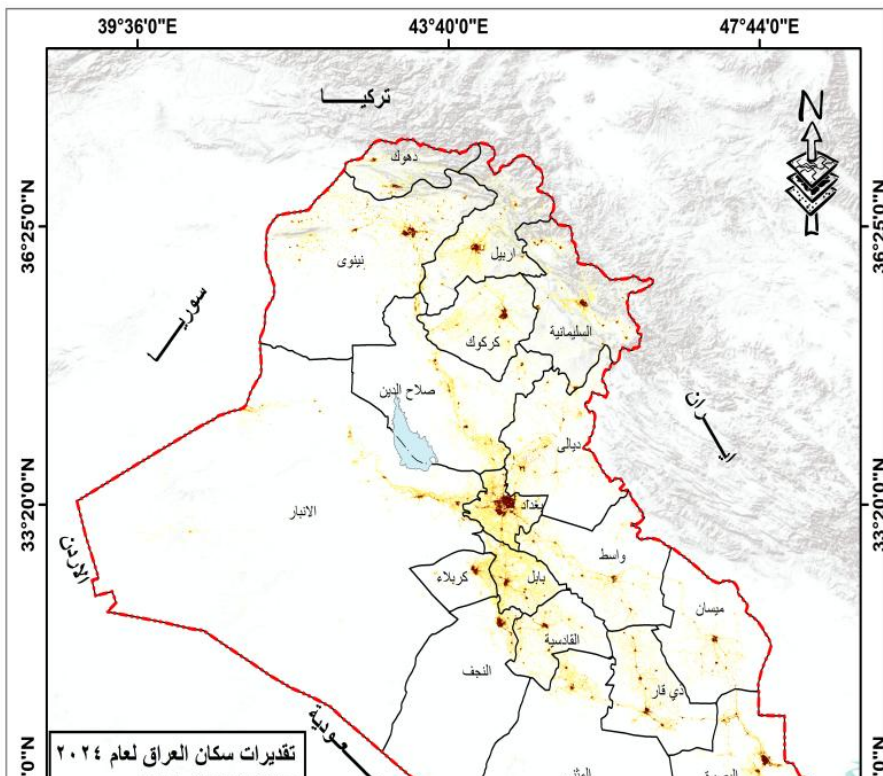
ومخرجات Arc GIS Pro.

الخريطة 3: تقديرات سكان العراق لعام 2020



المصدر : بالاعتماد على <https://www.worldpop.org/book-of-methods> ومخرجات
.Arc GIS Pro

الخريطة 4: تقديرات سكان العراق لعام 2024



المصدر : بالاعتماد على <https://www.worldpop.org/book-of-methods> ومخرجات
.Arc GIS Pro

9- التنبؤ بتقديرات بيانات سكان العراق للمدة 2025 - 2030 باستخدام منصة Google : Earth Engine

بالنسبة للتنبؤات للمدة 2030-2025 تم الاعتماد على برنامج (World Pop) على نهج مزدوج:
إنتاج إسقاطات فرعية إقليمية/محلية مبنية على اتجاهات التغير بين نقطتي زمن (غالباً نقطتا
تعداد أو نقاط مرجعية قريبة)، ثم توزيع هذه الإسقاطات مكانياً باستخدام نفس طبقات الأوزان
المكانية أو طبقات محسنة للسنة المستهدفة. باختصار تُنتج أولاً تقديرات وحدوية سنوية
(subnational projections) باستخدام منهجية إسقاط سكانية تضمن التوافق الوطني مع
(UNWPP) مثال: توافق نتائج 2030-2015 مع أرقام (WPP 2024) ، ثم تُفَرَّق هذه الأعداد
إلى شبكة الخلايا عبر طبقة الوزن المكانية الناتجة عن نماذج RF في كل سنة، اما معادلة
التوزيع السنوية تشبه المعادلة السابقة لكن مع $pop_admin(t)$ للإدارة في السنة (World
(Pop 2024

$$pop_cell(t) = (w_cell(t) / \sum_{cell \in admin} w_cell(t)) \times pop_admin(t)$$

حيث أن

$pop_admin(t)$ إسقاطات فرعية تعتمد على اتجاهات سابقة أو نماذج سكانية فرعية.

وتجمع النتائج لتنتج سلسلة سنوية 2030-2015 متسقة على المستوى الوطني، وان الموارد
والبيانات المستخدمة تتغير وتحسن عبر الإصدارات (أحدث إصدارات World - Global2
Settlement Footprint وبيانات محسنة)، وفي بعض البلدان التي تفتقر لبيانات تعداد موثوقة
تستخدم بدائل ومحاذاة مع مصادر دولية، وهناك أبحاث بديلة ومقارنة (مثل BART أو
تحسينات RF لكن إطار RF-dasymeric) هو الإطار القابل للتوسيع الذي اعتمده World
Pop لهذه السلسلة.

وأن آلية التنبؤ بتقديرات سكان العراق للمدة 2030-2025 باستخدام نفس إطار World Pop يتم كالتالي :

أولاً: ينتج World Pop أو يتوافق مع سلسلة إسقاطات فرعية على مستوى الوحدات الإدارية (subnational projections) بناء على اتجاهات النمو بين السنوات المرجعية (مثلاً بين 2015 و 2024) أو اعتماداً على سجلات الأمم المتحدة للتوقعات الوطنية، وبعد الحصول على $pop_admin(t)$ لكل وحدة إدارية في كل سنة مستقبلية t مثال عملي مبسط: حساب معدل النمو السنوي المركب r بين 2015 و 2024 ثم إسقاط pop_admin لعام t عبر المعادلة ادناه (United Nations, 2024).

$$pop_admin(t) = pop_admin(2024) \times (1+r)^{t-2024}$$

ويستخدم نفس نموذج الأوزان المكانية أو نسخة محدثة منه لتوزيع تلك الأعداد السنوية على خلايا الشبكة بواسطة المعادلة ادناه:

$$pop_cell(t) = (w_cell(t) / \sum_{cells \in admin} w_cell(t)) \times pop_admin(t)$$

وللتوضيح العددي المبسط:

يتم حساب أرقام مرجعية تقريبية (Iraq 2015 = 37,560,535) و (Iraq 2024 = 46,042,000) ونحصل على معدل نمو سنوي مركب $r \approx 2.288\%$ للمدة 2015-2024، فإذا افترضنا ثبات هذا المعدل يمكن إسقاط إجمالي العراق إلى 2030 عبر تطبيق $(1+r)^t$ مرات) على قيمة 2024 فنحصل على تقدير وطني 2030 $\approx 52,735,425$ نسمة؛ بعد ذلك يوزع هذا الإجمالي الوطني إلى وحداته الإدارية بحسب طرق إسقاط فرعية ولو توفرت دلائل محلية (هجرة داخلية، تغير حضري/قروي) يتم ادخالها لتعديل $pop_admin(t)$ قبل توزيعها مكانياً؛ وان World Pop عادة يضبط أو يحاذي هذه الإسقاطات مع سيناريوهات الأمم المتحدة أو مع إصدارات Global2 (2015-2030) ويصدر ملفات شبكية سنوية

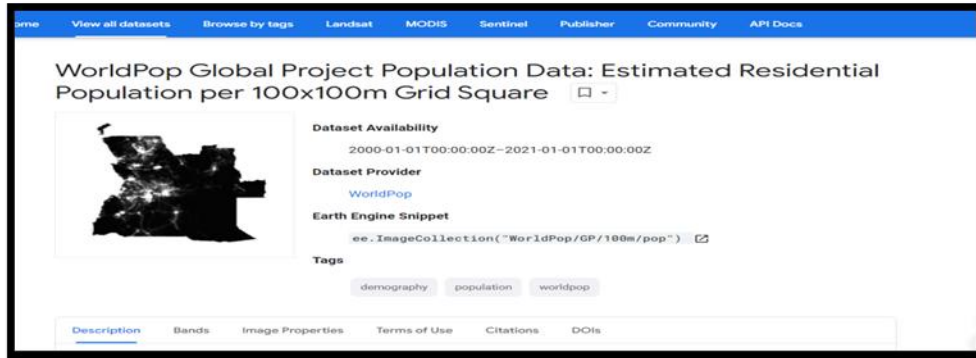
بيانات سكان العراق للمدة من 2015 إلى 2030 باستخدام منصة Google Earth Engine، يمكن اتباع الخطوات التالية:

• استخدم مكتبة Google Earth Engine لتحميل البيانات السكانية. يمكنك

استخدام بيانات مثل "World Pop" أو "Gridded Population of the

"World" التي توفر تقديرات سكانية على مستوى البكسل.

<https://code.earthengine.google.com/3ea16ede4acc8e93eab475fd19cb7c02?>



الجدول 4: التنبؤ بتقديرات سكان العراق للمدة 2025-2030

ت	السنة	اعداد السكان	المدى	المتوسط	الانحراف المعياري
1	2025	46.513.195	496.9	10.4	24.1
2	2026	47.502.227	503.4	10.6	24.6
3	2027	48.485.997	509.8	10.8	25.1
4	2028	49.461.679	517.2	11	25.5
5	2029	50.432.525	525.1	11.2	26
6	2030	51.425.907	533.4	11.4	26.5

المصدر : <https://www.worldpop.org/book-of-methods>

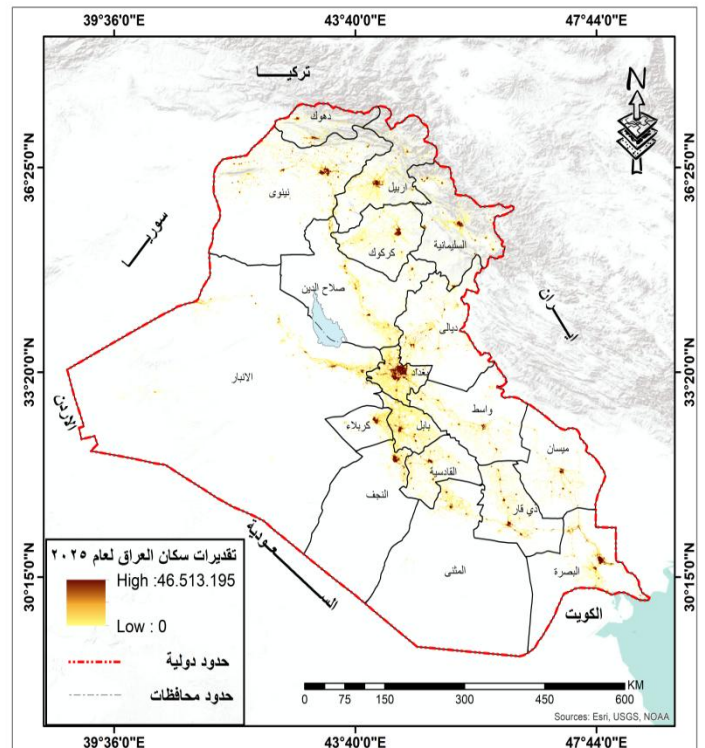
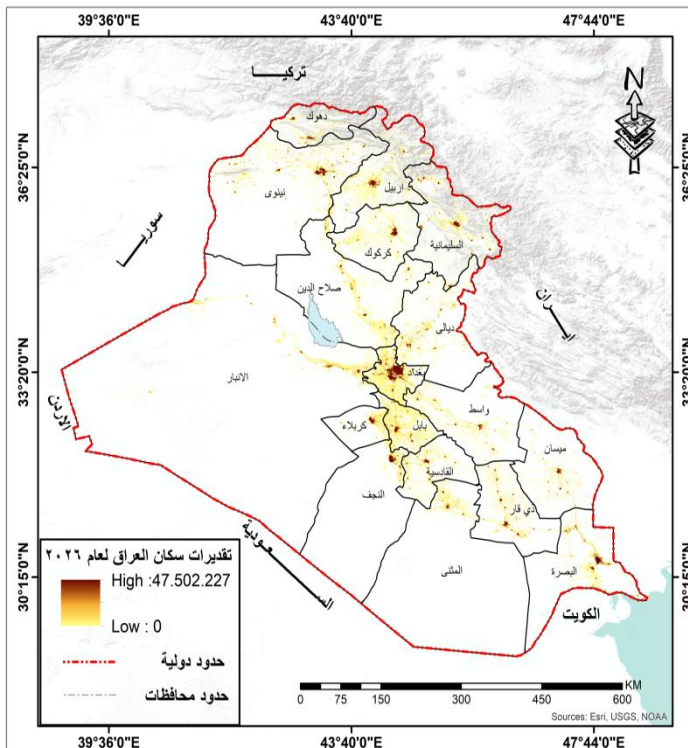
وقد تم اعتماد التقديرات المستقبلية في الجدول (4) استناداً إلى بيانات البرنامج العالمي (World Pop) الذي يوظف منهجيات النمذجة الإحصائية المكانية لتقدير النمو السكاني، بالاعتماد على صور raster بدقة 100 متر × 100 متر، وتمت معالجتها ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وجرى حساب القيم باستخدام أداة (Zonal Statistics) التي تحلل الخصائص الإحصائية داخل الوحدات المكانية المحددة، وتمثل هذه النتائج نموذجاً تنبؤياً يعكس الاتجاه المستقبلي للنمو والتوزيع السكاني في العراق حتى عام 2030، وتوفر قاعدة بيانات يمكن الاستناد إليها في علم الديموغرافية .

وتظهر بيانات الجدول (4) التنبؤ بتقديرات سكان العراق للمدة 2025 - 2030 استمرار الاتجاه التصاعدي في النمو السكاني الذي بدأ خلال العقد السابق، إذ يتوقع أن يرتفع عدد السكان من نحو 46.513 مليون نسمة عام 2025 إلى أكثر من 51.425 مليون نسمة عام 2030، أي بزيادة مقدارها نحو 4.9 ملايين نسمة خلال ست سنوات فقط، ويعكس هذا التغير استمرار معدلات النمو السكاني

المرتفعة، وهو ما يشير إلى زيادة طبيعية متوقعة ناتجة عن ارتفاع معدل الولادات واستمرار التركيب العمري الفتى للمجتمع العراقي.

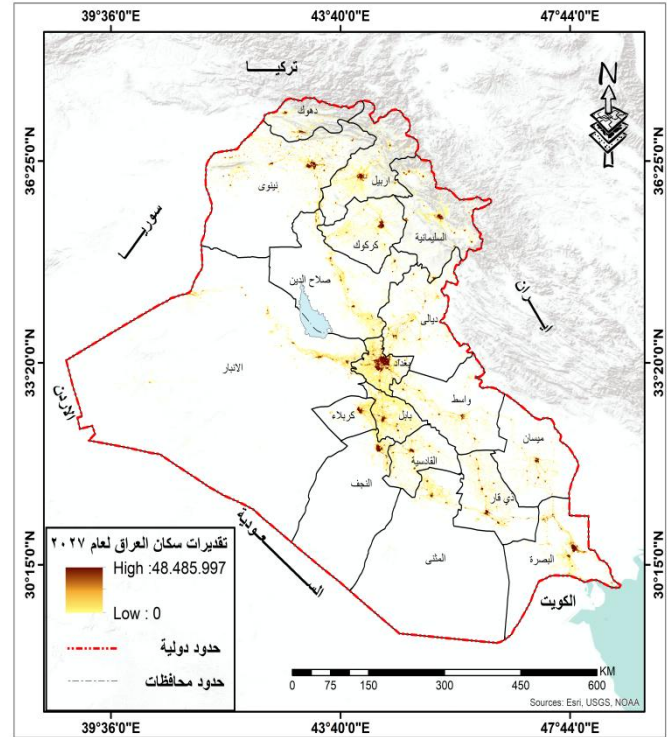
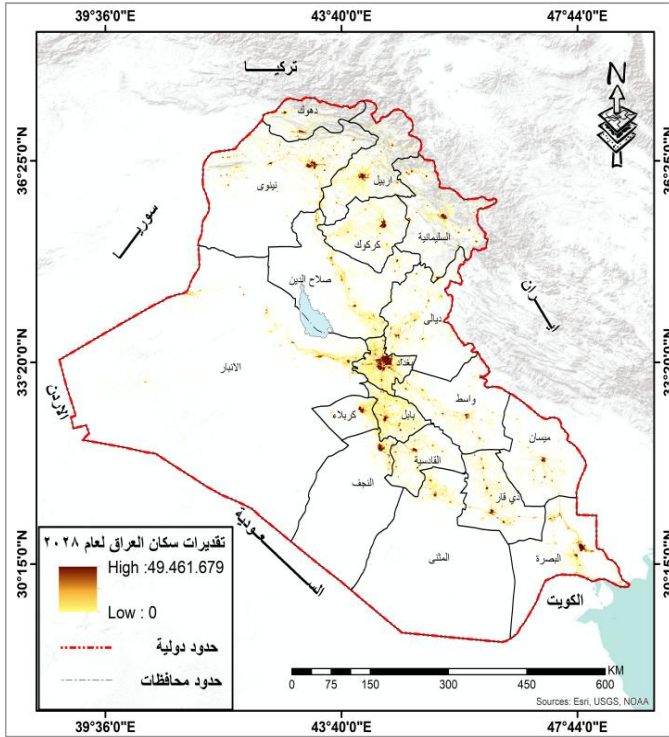
أما المدى الإحصائي فقد ازداد من 496.9 إلى 533.4، وهو ما يدل على اتساع الفروق المكانية بين المناطق في توزيع السكان، إذ تتزايد الفوارق بين المحافظات ذات الكثافة السكانية العالية وتلك الأقل سكاناً، وإن هذا الاتساع في المدى يعبر عن استمرار تمركز السكان في مناطق محددة مثل بغداد وبعض المحافظات الحضرية على حساب المناطق الريفية، كما أن المتوسط الإحصائي ارتفع تدريجياً من 10.4 إلى 11.4 خلال مدة التنبؤ، وهو ما يشير إلى استمرار الزيادة في القيم العامة لتوزيع السكان، مما يعزز فرضية النمو المنتظم والمتصاعد في عدد السكان الكلي، أما الانحراف المعياري فارتفع من 24.1 إلى 26.5، وهو ارتفاع ملحوظ يعبر عن تزايد التباين الداخلي في الكثافات السكانية بين الوحدات الجغرافية، وهذا يعني أن النمو السكاني لا يسير بوتيرة واحدة في جميع أنحاء العراق، بل يختلف بحسب الظروف الاقتصادية والعمرانية والخدمية لكل منطقة.

الخريطة 5: التنبؤ بتقديرات سكان العراق لعام 2025 الخريطة 6: التنبؤ بتقديرات سكان العراق لعام 2026



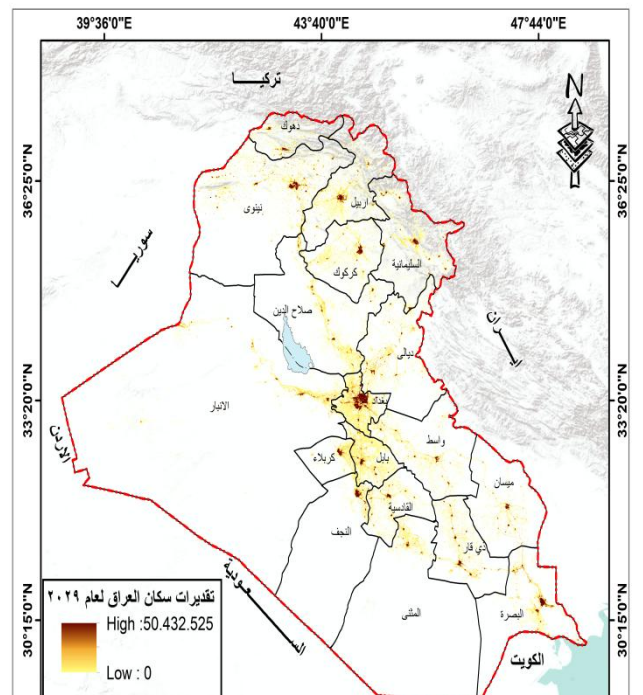
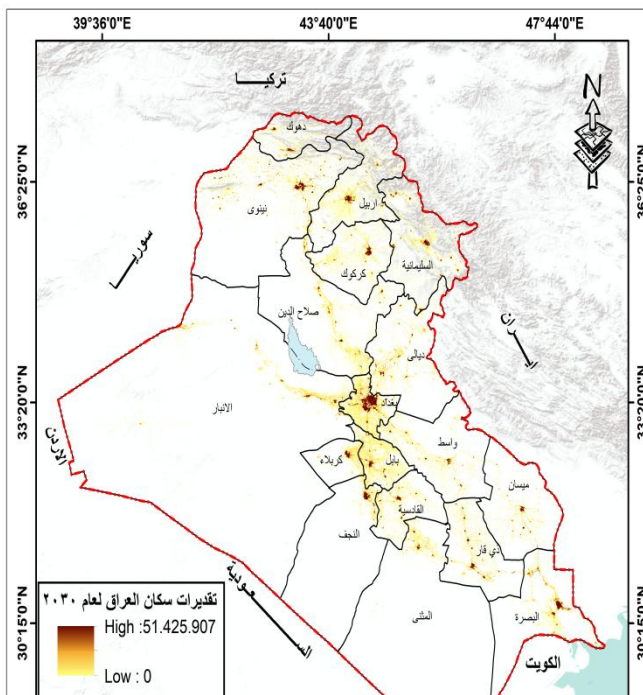
المصدر : بالاعتماد على <https://www.worldpop.org/book-of-methods> ومخرجات
.Arc GIS Pro

الخريطة 7: التنبؤ بتقديرات سكان العراق لعام 2027 الخريطة 8: التنبؤ بتقديرات سكان العراق لعام 2028



المصدر : بالاعتماد على <https://www.worldpop.org/book-of-methods> ومخرجات
.Arc GIS Pro

الخريطة 9: التنبؤ بتقديرات سكان العراق لعام 2029 الخريطة 10: التنبؤ بتقديرات سكان العراق لعام 2030



المصدر : بالاعتماد على [/https://www.worldpop.org/book-of-methods](https://www.worldpop.org/book-of-methods) ومخرجات Arc GIS Pro.

10- اختبار دقة بيانات تقديرات سكان العراق التي تم التنبؤ بها للمدة 2015-2030 :

تم اختبار دقة نتائج تقديرات سكان العراق للمدة (2015-2030) باستخدام طرائق الاختبار الاحصائية (Absolute Difference)، (Relative Difference %)، (Mean Absolute Error - MAE)، (Coefficient - r) ، وكالاتي :

الفرق العددي (Absolute Difference) :

الهدف من تطبيقه لمعرفة مقدار الاختلاف الفعلي في عدد السكان بين المصدرين بالسنة الواحدة، واستخدم لحساب "الفرق العددي" ، الذي يمثل مقدار الزيادة أو النقص في تقدير World Pop مقارنة بالتقدير الرسمي، ويفسر كلما كانت القيمة أصغر، كانت نتائج World Pop أقرب للبيانات الحقيقية (ابو راضي، 1989) .

$$|COSIY - WorldPopY| = \text{الفرق العددي}$$

الفرق النسبي (Relative Difference %) :

يستخدم للتعبير عن مقدار الاختلاف بين التقديرين كنسبة مئوية من التقدير الرسمي، ويستخدم لتحديد مدى دقة World Pop بشكل نسبي عبر السنوات المختلفة، بغض النظر عن حجم السكان، ويفسر كلما كانت النسبة أقل من 5%، فهذا يعني أن الدقة عالية جدا (ابو راضي، 1989).

$$100 \times \frac{|COSIY_{WorldPop} - Y|}{COSIY} = \text{الفرق النسبي \%}$$

متوسط الخطأ المطلق (Mean Absolute Error - MAE)



يستخدم لقياس متوسط الانحراف العددي عبر جميع السنوات ويعطي مؤشرا رقميا واحدا يمثل متوسط الاختلاف العام بين بيانات المصدرين. (ابو راضي، 1989).

$$|COSIY - WorldPopY| \sum \frac{1}{n} = MAE$$

متوسط الخطأ النسبي المطلق (Mean Absolute Percentage Error - MAPE)

يستخدم لمعرفة متوسط نسبة الخطأ لجميع السنوات كمؤشر نسبي، ويعطي فكرة عن مدى دقة World Pop بالنسبة للحجم الكلي للسكان (ابو راضي، 1989).

$$100 \times \left(\frac{|COSIY_{WorldPop} - Y|}{COSIY} \right) \sum \frac{1}{n} = MAPE$$

معامل الارتباط (Correlation Coefficient - r)

يستخدم لقياس مدى تطابق الاتجاه الزمني بين السلسلتين COSI و World Pop، ويستخدم لتحديد ما إذا كانت التغيرات في بيانات World Pop تتبع نفس النمط الزمني لبيانات الجهاز المركزي (ابو راضي، 1989).

$$r = \frac{(\bar{Y} - Y)(\bar{X} - X)\sum}{\sqrt{2(Y - Y)\sum^2(X - X)\sum}}$$

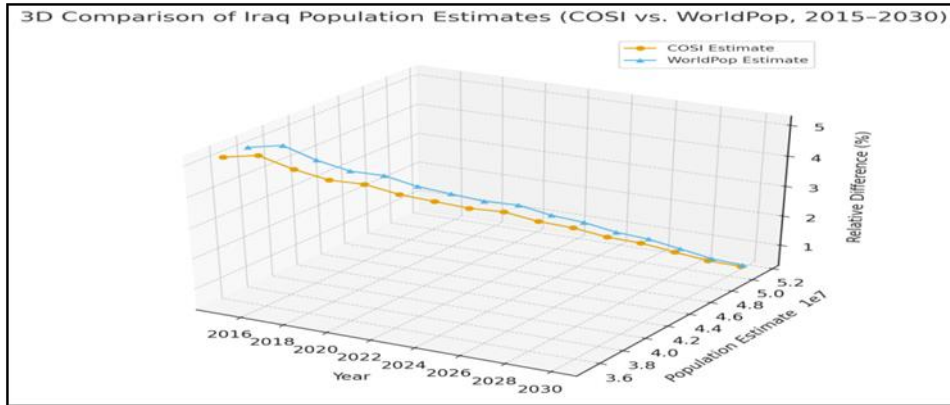
جدول 5 : المقارنة بين التقديرات السكانية (2030-2015)

السنة	تقدير COSI	تقدير World Pop	الفرق العددي	% الفرق النسبي
2015	35,212,600	37,057,439	1,844,839	5.2
2016	36,169,123	38,042,408	1,873,285	5.2
2017	37,139,519	38,875,144	1,735,625	4.7
2018	38,124,182	39,777,407	1,653,225	4.3
2019	39,127,900	40,731,204	1,603,304	4.1
2020	40,150,174	41,630,025	1,479,851	3.7
2021	41,190,658	42,579,597	1,388,939	3.4
2022	42,248,900	43,538,745	1,289,845	3.1
2023	43,324,000	44,577,765	1,253,765	2.9
2024	44,414,800	45,545,227	1,130,427	2.5
2025	45,520,500	46,513,195	992,695	2.2
2026	46,639,900	47,502,227	862,327	1.8
2027	47,771,600	48,485,997	714,397	1.5

2028	48,914,100	49,461,679	547,579	1.1
2029	50,061,500	50,432,525	371,025	0.7
2030	51,211,700	51,425,907	214,207	0.4

المصدر: بالاعتماد على الجدول (2-3-4)

الشكل 2: المقارنة بين التقديرات السكانية (2030-2015)



المصدر بالاعتماد على نتائج الجدول (4).

يتبين من الجدول (5) أن بيانات المقارنة بين تقديرات السكان الصادرة عن الجهاز المركزي للإحصاء العراقي (COSI) وتقديرات البرنامج العالمي (World Pop) للمدة 2030 - 2015 تشير إلى وجود تقارب تدريجي ومتزايد في نتائج التقدير بين المصدرين مع مرور الزمن، ففي السنوات الأولى من الفترة الزمنية وبالتحديد عام 2015 بلغ الفرق العددي بين التقديرين نحو 1.84 مليون نسمة وبنسبة 5.2%، وهو أعلى مستوى للفروق خلال السلسلة الزمنية، ما يدل على أن تقديرات World Pop كانت أعلى من التقديرات الوطنية في بداية الفترة، ويعزى ذلك إلى اختلاف منهجية التقدير بين الجهتين، إذ يعتمد الجهاز المركزي على النماذج الديموغرافية المبنية على نتائج التعدادات السابقة ومعدلات النمو الثابتة، بينما يعتمد World Pop على النمذجة المكانية الإحصائية التي تستخدم بيانات الأقمار الصناعية والتوزيع المكاني لل عمران والبنى التحتية لتقدير السكان ضمن خلايا مكانية صغيرة.

ومع مرور السنوات يلاحظ انخفاض مستمر في الفرق العددي والنسبي بين التقديرين، إذ تراجع الفرق العددي من 1.84 مليون نسمة في عام 2015 إلى نحو 214 ألف نسمة فقط في عام 2030، وانخفض الفرق النسبي من 5.2% إلى 0.4% في نهاية المدة، والسبب في ذلك يعود إلى تقارب كبير بين النموذجين في الاتجاه العام للنمو السكاني، ويشير إلى أن منهجية World Pop باتت تعكس بصورة دقيقة الواقع الديموغرافي الذي تسجله البيانات الوطنية، كما يعكس ذلك استقرار

النمو السكاني في العراق خلال السنوات الأخيرة، بحيث أصبحت معدلات التغير السنوي متقاربة بين النماذج المختلفة.

ويظهر الاتجاه العام للبيانات أن كلا التقديرين يتفقان على وجود نمو سكاني متواصل في العراق خلال المدة 2015 – 2030، إذ ترتفع أعداد السكان من نحو 35.2 مليون نسمة إلى أكثر من 51 مليون نسمة، أي بزيادة قدرها حوالي 16 مليون نسمة خلال خمسة عشر عاماً، غير أن منحني World Pop يميل إلى تسجيل قيم أعلى قليلاً من تقديرات الجهاز المركزي حتى عام 2025 تقريباً، ثم تتقارب القيم بصورة شبه تامة في السنوات الأخيرة، وهو ما يعزز موثوقية تقديرات World Pop كمصدر مكمل للبيانات السكانية العراقية الوطنية.

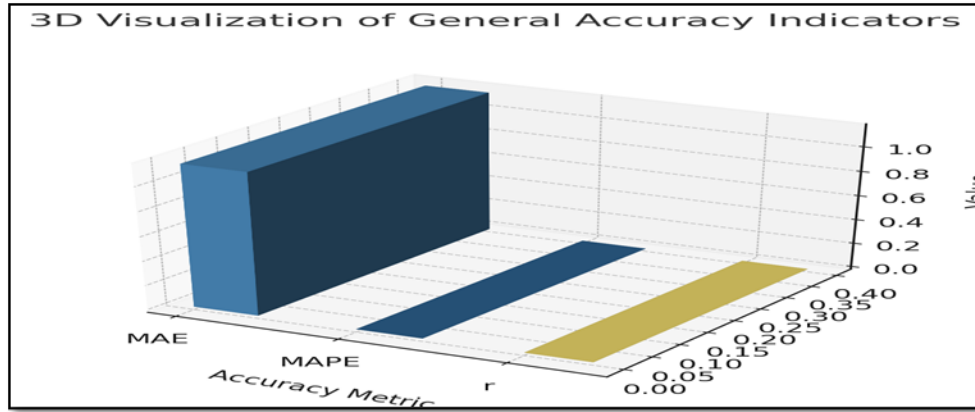
وإن هذا التقارب بين المصدرين يؤكد أن بيانات World Pop يمكن استخدامها بثقة في الدراسات الجغرافية والديموغرافية، خصوصاً في المناطق التي تفتقر إلى بيانات ميدانية دقيقة، كما يمكن الاستفادة منها في التحقق من دقة التقديرات الوطنية ومراقبة الاتجاهات المكانية للنمو السكاني، ويشير هذا الانسجام بين النموذجين إلى أن النمو السكاني في العراق يسير بوتيرة ثابتة ومتصاعدة ضمن نطاق طبيعي يتراوح بين 2 و 2.5% سنوياً خلال المدة المذكورة، مما ينعكس على التخطيط الحضري وتوزيع الخدمات والموارد في المستقبل.

الجدول 6 : مؤشرات الدقة العامة

المؤشر	القيمة	التفسير
(MAE) متوسط الخطأ المطلق	$\approx 1,160,000$	الفرق العددي المتوسط بين القيم
(MAPE) متوسط الخطأ النسبي	$\approx 3.1\%$	دقة عالية جداً (أقل من 5%)
(r) معامل الارتباط	≈ 0.99	تطابق قوي جداً في الاتجاه العام

المصدر : بالاعتماد على برنامج Spss .

الشكل 3: مؤشرات الدقة العامة



المصدر : بالاعتماد على الجدول (6) .

تشير نتائج الجدول (6) أن مؤشرات الدقة العامة تظهر توافقاً كبيراً بين تقديرات السكان المستخلصة من بيانات World Pop وتقديرات الجهاز المركزي للإحصاء العراقي (COSI)، ما يعكس موثوقية عالية للنموذج المستخدم في التحليل، ويظهر متوسط الخطأ المطلق (MAE) البالغ نحو 1,160,000 نسمة أن الفرق العددي بين القيم التقديرية في المتوسط يعد محدوداً مقارنة بالحجم الكلي للسكان، الذي تجاوز 40 مليون نسمة خلال معظم سنوات الدراسة، وهذا يعني أن الخطأ المطلق يمثل نسبة صغيرة من العدد الكلي للسكان ولا يؤثر على الاتجاه العام للنمو السكاني، مما يؤكد أن النموذج المطبق يوفر نتائج دقيقة على المستوى الوطني.

أما متوسط الخطأ النسبي (MAPE) فقد بلغ نحو 3.1%، وهي نسبة منخفضة جداً تشير إلى دقة عالية في التقديرات، فعندما تكون قيمة MAPE أقل من 5% تعد النتائج ذات موثوقية ممتازة في الدراسات الإحصائية والديموغرافية، مما يدل على أن الفروق بين التقديرات المستمدة من World Pop وتلك الرسمية محدودة جداً من حيث النسبة المئوية، وأن النموذج يعكس الواقع الديموغرافي العراقي بدقة كبيرة، وبالنسبة إلى معامل الارتباط (r) الذي بلغ 0.99، فهو يشير إلى وجود علاقة ارتباط شبة تامة بين السلسلتين الزمنية للتقديرات، أي أن كلا النموذجين يسيران في اتجاه واحد من حيث تطور عدد السكان على مدى المدة 2015 - 2030، وإن هذا التطابق العالي يعني أن التغيرات السنوية في تقديرات World Pop تتبع تقريباً نفس النمط الذي تسجله بيانات الجهاز المركزي، ما يعزز الثقة باستخدام بيانات World Pop كأداة مساعدة للتحقق من الاتجاهات الديموغرافية، كما تعكس هذه المؤشرات مستوى عالياً جداً من الدقة في نتائج المقارنة، وتؤكد أن نموذج World Pop قادر على محاكاة التغيرات السكانية بدقة كمية ومكانية عالية، ويمكن الاعتماد عليه في التحليل الجغرافي والديموغرافي، خاصة في الدراسات التي تتطلب بيانات مكانية محدثة وشاملة لتوزيع السكان على مستوى أدق من الوحدات الإدارية التقليدية.

الاستنتاجات :

- 1- أظهرت النتائج ان استخدام برنامج (POPLITION) تقلل من التقديرات غير الواقعية للسكان في المناطق غير المأهولة، كما أثبتت النتائج أن الطريقة الجديدة قادرة على تحويل التقديرات السكانية العشرية إلى أعداد صحيحة مع الحفاظ على كل من التوزيع المكاني والنسب الديموغرافية، مثل تركيب الفئات العمرية.
- 2- اوجدت الدراسة ان بيانات سكان العراق شهدت نموا سنويا مستمرا بمعدل (2-2.5%) بين 2015 و2024، مع توقع استمرار هذا النمو حتى 2030، مما يشير إلى ضغوط متزايدة على الخدمات والبنية التحتية.
- 3- كشفت الخرائط المكانية أن الكثافة السكانية مرتفعة في المحافظات الكبرى مثل بغداد والبصرة وأربيل، على عكس باقي المحافظات.
- 4- ان مقارنة بيانات الجهاز المركزي للإحصاء مع World Pop أظهرت أن بيانات World Pop دقيقة في المناطق الحضرية لكنها تقل دقتها في المناطق الريفية النائية، بينما توفر بيانات الجهاز المركزي معلومات أفضل على مستوى المحافظات لكنها تفتقر للدقة على مستوى البكسل.
- 5- ان استخدام تقنيات التعلم الآلي ونماذج Dasymetric Mapping أدى إلى خرائط أكثر واقعية ودقة، مكن من تحديد الفجوات المكانية في توزيع السكان بشكل أفضل.

المقترحات :

- 1- توصي الدراسة بتوسيع استخدام نماذج Geo-AI لتقديرات أكثر دقة على مستوى الوحدات الصغيرة (بكسل)، خصوصا في المناطق الريفية والنائية.
- 2- يجب دمج البيانات الرسمية مع البيانات المفتوحة مثل World Pop داخل نظام معلومات جغرافية مركزي لتسهيل التخطيط الحضري والسياسي.
- 3- يجب استخدام الخرائط السكانية لتوجيه توزيع الخدمات الصحية والتعليمية والمياه والكهرباء بشكل متوازن، خصوصا في المناطق عالية النمو السكاني.
- 4- إعادة تحديث البيانات السكانية وتحليلها سنويا لضمان استجابة التخطيط للمؤشرات الواقعية.

المصادر :

1 – World Pop. 2024. World Pop Book of Methods, Vol. I: Gridded Population Estimates. World Pop, University of Southampton. 08 October 2024.

2-https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/WorldPop_GP_100m_pop

3 – حسن ، امين علي محمد ، محاضرات في تقديرات السكان، استاذ الجغرافية المشارك ، كلية الآداب جامعة عدن، بدون سنة نشر .

4 – World Pop. (2024). *World Pop Book of Methods, Vol. I: Gridded Population Estimates*. World Pop, University of Southampton. Retrieved October 8, 2024, from <https://wpgp.github.io/bookworm/>

5 – World Pop. (2024). World Pop Book of Methods, Vol. I: Gridded Population Estimates. World Pop, University of Southampton. Retrieved October 8, 2024, from [https://wpgp.github.io/bookworm /](https://wpgp.github.io/bookworm/)

6 – World Pop. (2025). Global 2: Global high-resolution population estimates for 2015–2030 (Release statement R2024B). World Pop. Retrieved from https://data.worldpop.org/repo/prj/Global_2015_2030/R2024B/doc/Global2_Release_Statement_R2024B_v1.pdf

7 – ابراهيم، سعد ثامر، عبيد، ميس كريم ، استخدام النموذج الرقمي للتضرس DTM في تمثيل خريطة كثافة السكان في مدينة كركوك، بحث منشور، مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والانسانية، العدد 52-الجزء الثاني، المجلد 13، جامعة بابل، 2021
<https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2024/12/24/a9555703ccaa6013b2a1935d9fa8c4e2.pdf>

8 – United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2024). *World Population Prospects 2024*. Retrieved from <https://population.un.org/wpp/>

9- الزيدي، نجيب عبد الرحمن محمود ، الكبيسي، احمد محمد جهاد ، الذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني، ط1 ، دار الابداع للطباعة والنشر والتوزيع، صلاح الدين – تكريت ، 2023.



10- جمهورية العراق، وزارة التخطيط والتعاون الإنمائي، الجهاز المركزي للإحصاء وتكنولوجيا المعلومات، العراق، للمدة 2015-2030 .
https://cosit.gov.iq/ar/?option=com_content&view=article&layout=edit&id=174&jsn_setmobile

11- ابو راضي ، فتحي عبد العزيز ، التوزيعات المكانية دراسة في طرائق الوصف الاحصائي واساليب التمثيل العددي ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية ، 1989.

Reference :

- 1- Ameen, Ali Mohammed Hassan. *Lectures on Population Estimates*. Associate Professor of Geography, College of Arts, University of Aden, n.d.
- 2- Al-Hamdani, Saad Thamer Ibrahim, and Mays Kareem Ubaid. "Using the Digital Terrain Model (DTM) in Representing the Population Density Map in the City of Kirkuk." *Journal of the College of Basic Education for Educational and Human Sciences*, vol. 13, no. 52, part 2, University of Babylon, 2021.
- 3- Al-Zaidi, Najeeb Abdulrahman Mahmood, and Ahmed Mohammed Jihad Al-Kubaissi. *Geospatial Artificial Intelligence*. 1st ed., Dar Al-Ibda' for Printing, Publishing and Distribution, Salah al-Din – Tikrit, 2023.
- 4- Republic of Iraq, Ministry of Planning and Development Cooperation, Central Organization for Statistics and Information Technology. *Iraq: 2015-2030*.
- 5- Abu Radi, Fathi Abdul-Aziz. *Spatial Distributions: A Study in Statistical Description Methods and Numerical Representation Techniques*. Dar Al-Ma'rifa Al-Jami'iyya, Alexandria, 1989.