

دور الأدوات المدعومة بالذكاء الاصطناعي في ترجمة الخرائط الإنجليزية  
الْمُنْتِجَة بواسطة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) إلى اللغة العربية : دراسة  
حالة مدينة بغداد

أ.م.د. ابراهيم طلعت إبراهيم

[ibrahim\\_al-bayati@aliraqia.edu.iq](mailto:ibrahim_al-bayati@aliraqia.edu.iq)

م.د. زينب صباح شنيشل

[zainab.al-lami@aliraqia.edu.iq](mailto:zainab.al-lami@aliraqia.edu.iq)

أ.د. نبراس عباس ياس

[nibras\\_yaas@aliraqia.edu.iq](mailto:nibras_yaas@aliraqia.edu.iq)

م.م. نوال محمد سلمان

[nawal.m.salman@aliraqia.edu.iq](mailto:nawal.m.salman@aliraqia.edu.iq)

الجامعة العراقية-كلية الآداب



*The Role of Artificial Intelligence–Powered Tools in Translating English Maps  
Produced by Geographic Information Systems (GIS) into Arabic: A Case Study  
of Baghdad City*

Assistant Professor Dr. Ibrahim Talat Ibrahim

Lecturer Dr. Zainab Sabah Shnayshil

Professor Dr. Nibras Abbas Yass

Assistant Lecturer Nawal Mohammed Salman

Al-Iraqia University – College of Arts



## المستخلص

شهدت تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في السنوات الأخيرة تطوراً كبيراً نتيجة دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في عمليات التحليل المكاني وإنتاج الخرائط الرقمية. ومع توسع استخدام الخرائط الرقمية على المستوى العالمي، برزت الحاجة إلى ترجمة عناصر الخرائط المنتجة باللغة الإنجليزية إلى لغات أخرى، ومنها اللغة العربية. إلا أن هذه العملية تواجه العديد من التحديات التقنية واللغوية، مثل تعقيد المصطلحات الجغرافية، واتجاه الكتابة من اليمين إلى اليسار، والحفاظ على البنية الكارثوغرافية للبيانات المكانية. يهدف البحث إلى تحليل دور الأدوات المدعومة بالذكاء الاصطناعي في تحسين جودة ترجمة الخرائط الرقمية المنتجة بواسطة نظم المعلومات الجغرافية من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية. ولتحقيق ذلك اعتمدت الدراسة على مقارنة ثلاث طرائق للترجمة، هي الترجمة اليدوية التقليدية، والترجمة باستخدام أنظمة الترجمة العصبية (Neural Machine Translation – NMT)، والترجمة الهجينة التي تجمع بين الذكاء الاصطناعي والقواميس الجغرافية المتخصصة. كما تم تطوير نموذج كمي لتقييم جودة الترجمة الكارثوغرافية أطلق عليه مؤشر جودة ترجمة الخرائط (MTQI) الذي يعتمد على ثلاثة معايير رئيسية هي الدقة الاصطلاحية للمصطلحات الجغرافية، وسلامة البنية الكارثوغرافية، وقابلية القراءة بعد الترجمة. وقد تم تطبيق النموذج على مجموعة من خرائط مدينة بغداد الرقمية، وتشمل خرائط شبكة الطرق واستعمالات الأرض والوحدات الإدارية. أظهرت النتائج أن النموذج الهجين المدعوم بالذكاء الاصطناعي حقق أعلى مستوى من جودة الترجمة مقارنة بالطرائق الأخرى، كما ساهم في تقليل زمن إنجاز عملية الترجمة بنسبة ملحوظة. وتوصي الدراسة بضرورة دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئات نظم المعلومات الجغرافية في المؤسسات العربية، فضلاً عن تطوير معجم جغرافي عربي معياري مدعوم بالذكاء الاصطناعي لتحسين كفاءة ترجمة الخرائط مستقبلاً.

الكلمات المفتاحية:-

نظم المعلومات الجغرافية; نظم الترجمة العصبية (NMT); الذكاء الاصطناعي; ترجمة المصطلحات الجغرافية; الترجمة الكارثوغرافية; الخرائط الرقمية.

## Abstract

In recent years, Geographic Information Systems (GIS) applications have witnessed significant advancements as a result of integrating Artificial Intelligence (AI) techniques into spatial analysis processes and digital map production. With the growing global use of digital maps, the need has emerged to translate map elements originally produced in English into other languages, particularly Arabic. However, this process faces several technical and linguistic challenges, including the complexity of geographical terminology, right-to-left text orientation, and the preservation of the cartographic structure of spatial data.

This study aims to analyze the role of AI-powered tools in improving the quality of translating GIS-generated digital maps from English into Arabic. To achieve this objective, three translation approaches were compared: traditional manual translation, translation using Neural Machine Translation (NMT) systems, and a hybrid approach combining artificial intelligence with specialized geographical dictionaries. In addition, a quantitative model was developed to evaluate cartographic translation quality, termed the Map Translation Quality Index (MTQI). The index is based on three main criteria: terminological accuracy of geographical terms, preservation of cartographic structure, and readability after translation.

The model was applied to a set of digital maps of Baghdad City, including road network maps, land-use maps, and administrative unit maps. The results revealed that the AI-supported hybrid model achieved the highest level of translation quality compared with the other approaches. Furthermore, it significantly reduced the time required to complete the translation process. The study recommends integrating AI technologies into GIS environments within Arab institutions and developing a standardized AI-supported Arabic geographical lexicon to enhance the efficiency and accuracy of digital map translation in the future.

**Keywords:** Geographic Information Systems (GIS); Artificial Intelligence (AI); Neural Machine Translation (NMT); Geographical Terminology Translation; Cartographic Translation; Digital Maps.

## بسم الله الرحمن الرحيم

### ١ - المقدمة

أصبحت الخرائط الرقمية أحد أهم أدوات تمثيل وتحليل المعلومات الجغرافية في العصر الحديث، إذ تلعب دوراً محورياً في مجالات التخطيط الحضري وإدارة الموارد الطبيعية ومراقبة التغيرات البيئية. ومع التطور الكبير في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ازدادت كميات البيانات المكانية المنتجة يومياً، مما أدى إلى توسع استخدام الخرائط الرقمية في مختلف التخصصات العلمية.

وفي هذا السياق، شهدت السنوات الأخيرة تطوراً ملحوظاً في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الجغرافية التطبيقية، حيث أسهمت هذه التقنيات في تحسين عمليات التحليل المكاني والنمذجة الجغرافية وأتمتة العمليات الكارثوغرافية. ويعد دمج الذكاء الاصطناعي في نظم المعلومات الجغرافية أحد الاتجاهات الحديثة التي يطلق عليها مصطلح الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI).

وعلى الرغم من هذا التطور التقني، ما تزال مسألة ترجمة الخرائط الرقمية تمثل تحدياً مهماً، خاصة في البيئات التي تستخدم لغات تختلف في بنيتها اللغوية عن اللغة الإنجليزية. وتبرز هذه المشكلة بشكل واضح في حالة اللغة العربية التي تتميز باتجاه الكتابة من اليمين إلى اليسار وتعقيد بنيتها الصرفية، مما يجعل عملية ترجمة عناصر الخرائط أكثر تعقيداً.

وتتضمن عملية ترجمة الخرائط مجموعة من العناصر الكارثوغرافية مثل أسماء المواقع الجغرافية وعناوين الطرق والرموز التوضيحية والعناصر النصية المختلفة. ولا تقتصر هذه العملية على ترجمة الكلمات فحسب، بل تتطلب الحفاظ على التوازن الكارثوغرافي

للخريطة وضمان وضوح النصوص المترجمة وعدم تداخلها مع العناصر المكانية الأخرى.

لذلك ظهرت الحاجة إلى تطوير أدوات ذكية قادرة على أتمتة عملية ترجمة الخرائط مع الحفاظ على جودة التمثيل الكارتوغرافي. وقد وفرت تقنيات الذكاء الاصطناعي، وخاصة أنظمة معالجة اللغة الطبيعية ونماذج الترجمة العصبية، إمكانات جديدة لمعالجة هذه المشكلة.

## ٢- مشكلة البحث

على الرغم من التطور الكبير في نظم المعلومات الجغرافية، إلا أن معظم الخرائط الرقمية المنتجة في هذه الأنظمة تُنشأ باللغة الإنجليزية، مما يحد من إمكانية استخدامها في البيئات العربية. كما أن عملية ترجمة الخرائط يدوياً تتطلب وقتاً وجهداً كبيرين، وقد تؤدي إلى حدوث أخطاء في المصطلحات الجغرافية أو تشوه في البنية الكارتوغرافية للخريطة.

لذلك تتمثل مشكلة البحث في التساؤل الآتي: (إلى أي مدى يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي تحسين جودة ترجمة الخرائط الرقمية المنتجة بواسطة نظم المعلومات الجغرافية من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية؟)

## ٣- فرضية البحث

يفترض البحث ان : ( دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع القواميس الجغرافية المتخصصة يؤدي إلى تحسين جودة ترجمة الخرائط الرقمية بنسبة أعلى مقارنة بالترجمة اليدوية أو الترجمة العصبية التقليدية).

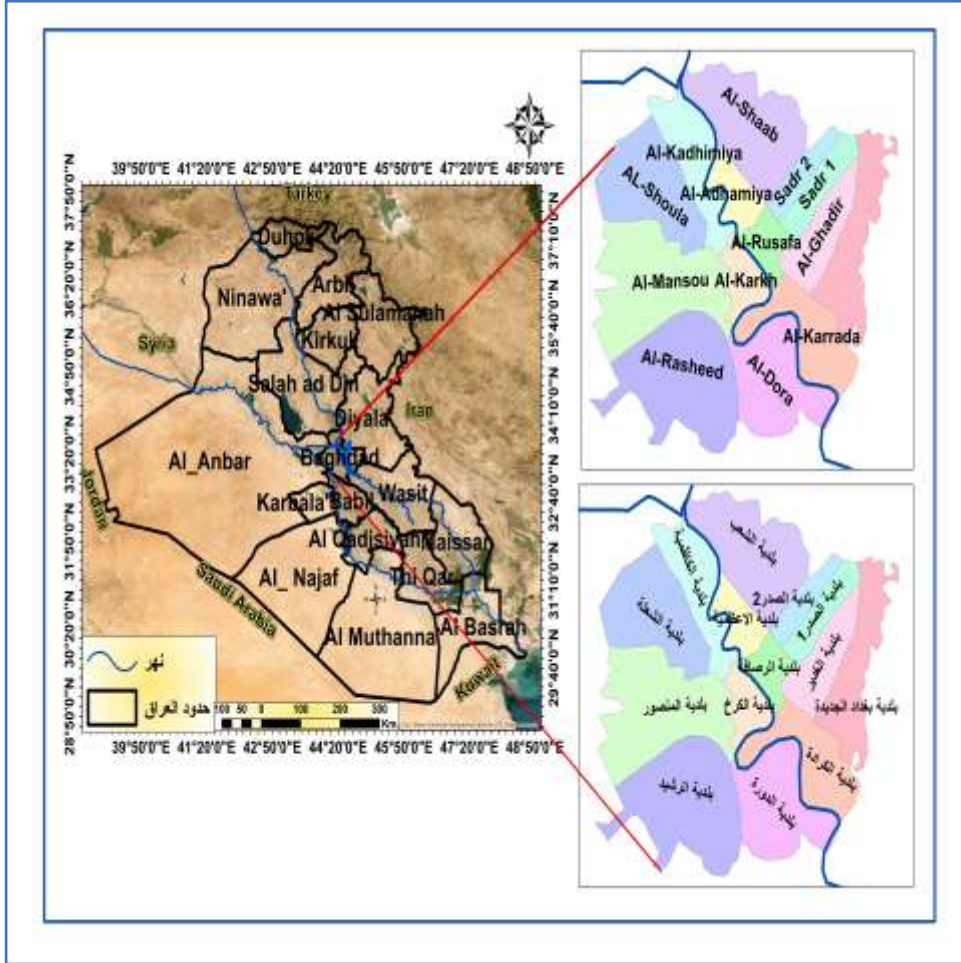
#### ٤- أهداف البحث

يهدف البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

- ١- تحليل التحديات اللغوية والكارتوغرافية المرتبطة بترجمة الخرائط الرقمية إلى اللغة العربية.
  - ٢- تقييم كفاءة أدوات الذكاء الاصطناعي في ترجمة عناصر الخرائط داخل بيئات نظم المعلومات الجغرافية.
  - ٣- تطوير نموذج كمي لتقييم جودة الترجمة الكارتوغرافية.
  - ٤- تطبيق النموذج المقترح على خرائط مدينة بغداد.
  - ٥- تقديم توصيات لتطوير أنظمة ترجمة الخرائط في البيئات الجغرافية العربية.
- ٥- حدود منطقة الدراسة

تقع مدينة بغداد في الجزء الأوسط من العراق ضمن السهل الرسوبي، وعلى ضفتي نهر دجلة، بين دائرتي عرض تقريباً ( 33.45° - 33.14° شمالاً) وبين خطي طول ( 44.50° - 44.17° شرقاً) الحدود الإدارية لمدينة بغداد من الشمال قضاء الطارمية، جزء من محافظة صلاح الدين ومن الجنوب قضاء المحمودية، مناطق الرشيد واليوسفية ومن الشرق قضاء المدائن، نهر دجلة يشكل حد طبيعي جزئي ومن الغرب قضاء أبو غريب، امتداد الهضبة الغربية وتمتد المدينة على جانبي نهر دجلة، مما يمنحها أهمية هيدرولوجية وحيومورفولوجية كبيرة تؤثر في أنماط استخدام الأرض والمخاطر البيئية. والتقسيم الإداري لمدينة بغداد، والبالغ (١٤) وحدة إدارية إلى جانبين رئيسيين: هما جانب الرصافة (الشرق) (الأعظمية، الصدر، الكرادة، الشعب) وجانب الكرخ (الغرب) وتضم (الكاظمية، المنصور، الدورة، العامرية) خريطة (١)

## خريطة (١) موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق



من عمل الباحث بالاعتماد على ARC GIS

٦-الدراسات السابقة

١- دراسة Li et al., 2023 تناولت استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الجغرافية، وأشارت إلى أن دمج التعلم الآلي مع نظم المعلومات الجغرافية يمكن أن يحسن دقة التحليل المكاني.

٢- دراسة Goodchild, 2020 أكدت الدراسة أهمية الذكاء الاصطناعي في تطوير نظم المعلومات الجغرافية الذكية حيث يمكن استخدام الخوارزميات المتقدمة لتحليل البيانات الجغرافية المعقدة.

٣- دراسة Zhou et al., 2022 بحثت في استخدام الترجمة العصبية في معالجة النصوص الجغرافية، ووجدت أن الترجمة الآلية تحقق دقة عالية في النصوص العامة لكنها تحتاج إلى قواميس متخصصة للمصطلحات العلمية.

٧-خطوات العمل:

-الذكاء الجغرافي الاصطناعي(GeoAI) : يعد الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) أحد الاتجاهات الحديثة في علوم الجغرافية التطبيقية، حيث يجمع بين تقنيات الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية بهدف تحسين تحليل البيانات المكانية وتطوير نماذج تنبؤية متقدمة. يعتمد GeoAI على مجموعة من التقنيات، أهمها: (التعلم الآلي (Machine Learning) ، التعلم العميق (Deep Learning) ، معالجة اللغة الطبيعية (NLP) ، التحليل المكاني المتقدم ، وقد أصبح استخدام هذه التقنيات واسع الانتشار في مجالات متعددة وفي مجال الكارتوغرافيا الرقمية، يمكن لتقنيات الذكاء الاصطناعي أن تسهم في أتمتة العديد من العمليات مثل تصنيف البيانات المكانية واستخلاص الأنماط الجغرافية وتحسين جودة تمثيل الخرائط.

-ترجمة الخرائط الكارتوغرافية (Cartographic Translation) : تشير ترجمة الخرائط إلى عملية تحويل النصوص والمصطلحات الجغرافية في الخريطة من لغة إلى أخرى مع الحفاظ على الخصائص الكارتوغرافية للخريطة. وتشمل عناصر الترجمة الكارتوغرافية: خريطة (2) (أسماء المواقع الجغرافية (Toponyms) ،

أسماء الشوارع والطرق، عناوين الخرائط، مفاتيح الخرائط (Legend) والنصوص التوضيحية) وتختلف ترجمة الخرائط عن الترجمة النصية التقليدية لأنها تتطلب مراعاة عدة عوامل كارتوغرافية، مثل: التوازن البصري للخريطة، المساحة المتاحة للنص، ضوح الرموز واتجاه الكتابة) وتزداد صعوبة هذه العملية في حالة اللغة العربية بسبب اتجاه الكتابة من اليمين إلى اليسار واختلاف طول الكلمات مقارنة باللغة الإنجليزية.

### خريطة (2) منطقة الدراسة باللغة العربية والانكليزية



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على برنامج arc gis pro

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community.

٨- منهجية البحث: اعتمد البحث منهجية تحليلية تطبيقية تتكون من أربع مراحل رئيسية:

المرحلة الأولى: جمع البيانات المكانية:- تم جمع مجموعة من الخرائط الرقمية لمدينة بغداد، وتشمل:

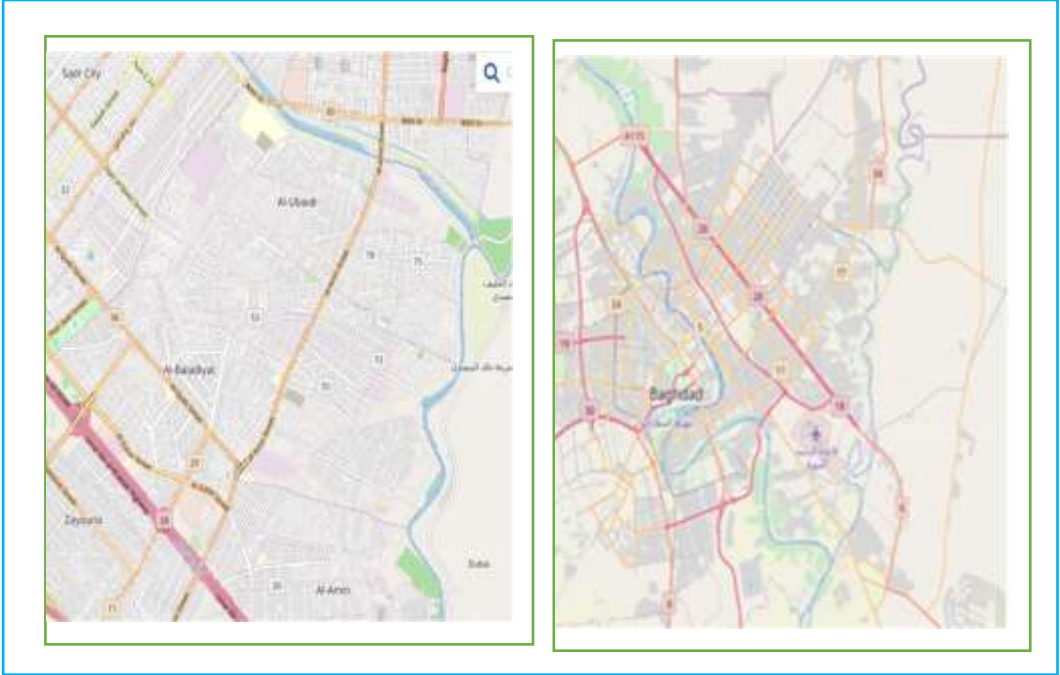
شكل (١) مصدر جمع البيانات



المصدر	صور الأقمار الصناعية الصناعية	OpenStreetMap	أمانة بغداد	
نوع الخريطة	مدينة بغداد	شبكة الطرق	الوحدات الإدارية	

• المرحلة الثانية: استخراج النصوص الكارتوغرافي: تم استخدام أدوات ArcGIS Pro لاستخراج العناصر النصية من الخرائط الإنجليزية، وتشمل (أسماء المناطق، أسماء الشوارع، العناوين الجغرافية، أسماء الانهار) الشكل (1-2) وخريطة (٣)

الشكل ( ٢ ): خريطة شبكة الطرق والانهر لمدينة بغداد.



Source: OpenStreetMap contributors (2026). OpenStreetMap data for Baghdad city. Available at: <https://www.openstreetmap.org>

### خريطة (٣) بلديات والطرق الرئيسية والثانوية في مدينة بغداد.

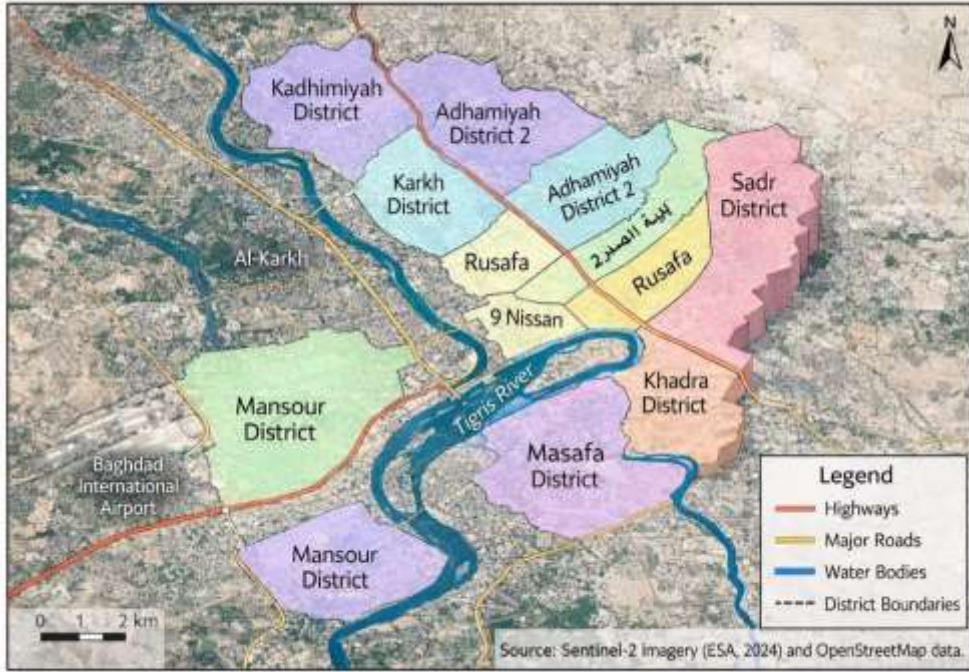


Figure 1: High-Resolution GIS Map of Baghdad City

Source: OpenStreetMap contributors (2026). OpenStreetMap data for Baghdad city. Available at: <https://www.openstreetmap.org>

المرحلة الثالثة: تطبيق نماذج الترجمة: تم اختبار ثلاث طرائق للترجمة:

١- الترجمة اليدوية (Human Translation): هي عملية نقل المحتوى الكارتوغرافي من لغة إلى أخرى بواسطة متخصص بشري، مع الحفاظ على الدقة الاصطلاحية، والبنية الكارتوغرافية، وسلامة المعنى الجغرافي، بما يضمن إنتاج خريطة مترجمة ذات جودة علمية عالية، الترجمة البشرية لا تقتصر على الكلمات فقط، بل تشمل: Kraak, M. J., & Ormeling, F (٢٠١٠). جدول (1) وخريطة (٤)

١- أسماء المواقع (Toponyms): يجب الحفاظ على الصيغة الرسمية المعتمدة

• → Baghdad → بغداد، Tigris River → نهر دجلة، Al-Karkh → الكرخ

## ٢- عناصر الخريطة (Map Elements)

• Legend → مفتاح الخريطة، Scale → مقياس الرسم، North →

Arrow سهم الشمال

## ٣- المصطلحات الجغرافية

○ Land Use → استعمالات الأرض، Elevation → الارتفاع Slope →

الانحدار

٤- الرموز والتوضيحات: فهم معنى الرمز وليس ترجمته حرفياً .

○ Forest → غابات Urban Area → منطقة حضرية

جدول (1) : تصنيف طرق ترجمة المصطلحات الجغرافية في الخرائط بين الترجمة اليدوية والترجمة العصبية والترجمة الهجينة

طريقة الترجمة	الوصف
الترجمة اليدوية	ترجمة بشرية-Human
الترجمة العصبية	باستخدام نماذج NMT - AI Translation -
الترجمة الهجينة	AI + قاموس جغرافي

: من إعداد الباحثة بالاعتماد على

Michael F. Goodchild, 2020. Philipp Koehn, 2020. Google

AI, 2023.

-كيف تتم الترجمة البشرية للخرائط؟ تمر بعدة مراحل علمية: خريطة(4)

١. فهم الخريطة بالكامل؛ نوعها (طبوغرافية، مناخية، استعمالات أرض...) و

تحليل السياق الجغرافي

٢. اختيار المصطلحات الدقيقة

٣. مراجعة علمية ولغوية

٤. إعادة إدراج النصوص داخل الخريطة (Cartographic Editing)

جدول (2): نموذج توحيد الاسم الجغرافي (Standardization) للعناصر المكانية في خرائط نظم المعلومات الجغرافية

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على معايير التقييس الجغرافي الدولية الصادرة

العنصر	المثال
الاسم بالعربية	الكرخ
الاسم بالإنجليزية	Al-Karkh
النوع	District
الإحداثيات	(33.3N, 44.3E)
الاسم القياسي	Al-Karkh (Standardized)

United Nations Group of Experts on Geographical Names

**الترجمة العصبية:** عملية تحويل النصوص الجغرافية (مثل أسماء المدن، الشوارع،

الأنهار، والوحدات الإدارية) من لغة إلى أخرى

باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، مع الحفاظ على الدقة الجغرافية والسياق

المكاني، تشمل ترجمة عناصر متعددة داخل الخريطة: ( Vaswani, A., ٢٠٠٧ ,

et al

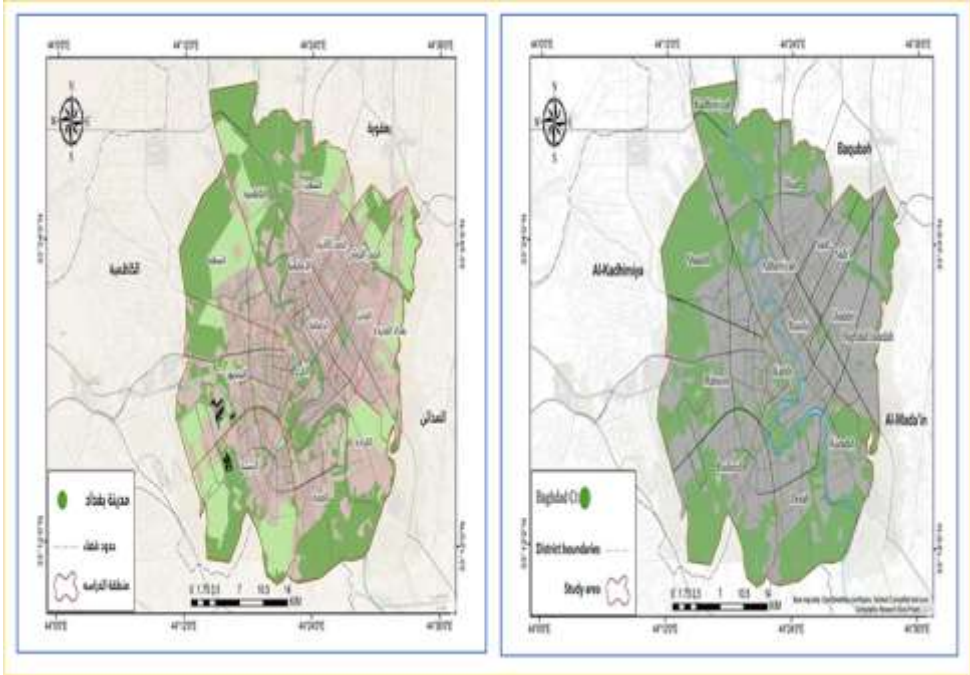
١- أسماء الأماكن (Toponyms) (Baghdad → بغداد)، (Al-Karkh → الكرخ)

٢- المعالم الطبيعية (Tigris River → نهر دجلة)

٣- الوحدات الإدارية (Al-Rusafa Municipality → بلدية الرصافة)

٤- الشوارع والمناطق (Al-Shaab District → حي الشعب)

**خريطة (4) تبين مدينة بغداد باستخدام الترجمة اليدوية**



المصدر من عمل الباحثين باستخدام GIS-ARCMAP

- كيف يعمل الذكاء الاصطناعي في ترجمة الخرائط؟ (Koehn, P. (2020).

١- الترجمة العصبية (Neural MT) وتعتمد على نماذج مثل (Transformer, Deep Learning): وتتم ترجمة النصوص تلقائيًا وتظهر مشكلة إذ قد تُخطئ في الأسماء الجغرافية . جدول (٣)

2- القواميس الجغرافية (Gazetteers) قواعد بيانات تحتوي: (أسماء رسمية، إحداثيات، ترجمات معتمدة)، Gazetteer المعجم الجغرافي (هو قاعدة بيانات تحتوي على أسماء الأماكن الجغرافية مع معلوماتها المرتبطة مثل التهجئة الصحيحة، الإحداثيات، والترجمة المعتمدة. مثال ذلك "الكرادة" لا تُترجم AI-Karrada →

٣- النماذج الهجينة (Hybrid Systems) : وتتمثل بقاموس جغرافي فضلًا عن المراجعة بشرية ستظهر نتيجة أعلى دقة مع تقليل الأخطاء السياقية.

- التحديات التي تواجه ترجمة الخرائط

١- تعدد طرق كتابة الاسم (AI Karkh / AI-Karkh / Karkh)

٢- الفرق بين الترجمة والتعريب (Green Zone) ترجمة خاطئة) - AI-

Khadra Zone - سياق محلي)

٣- فقدان السياق المكاني (بعض الأسماء لها معنى محلي فقط)

جدول (3) نماذج ترجمة المصطلحات الجغرافية في الخرائط الرقمية باستخدام الترجمة اليدوية والعصبية والهجينة

الوصف العلمي	طريقة الترجمة
ترجمة بشرية تعتمد على الخبرة الجغرافية وفهم السياق المكاني	الترجمة اليدوية (Human Translation)
ترجمة باستخدام نماذج الذكاء الاصطناعي القائمة على التعلم العميق	الترجمة العصبية (NMT)
دمج الترجمة العصبية مع التدقيق البشري وقاموس جغرافي متخصص	الترجمة الهجينة (Hybrid Translation)

Source: Prepared by the researcher based on Koehn (2020); Goodchild (2020); Google AI.(2023)

يوضح الجدول (٤) وشكل (٣) ثلاثة نماذج رئيسية لترجمة المصطلحات الجغرافية المستخدمة في الخرائط الرقمية. تعتمد الترجمة اليدوية على الخبرة البشرية والمعرفة الجغرافية، مما يمنحها دقة عالية في فهم السياق المكاني، إلا أنها تستغرق وقتاً أطول. أما الترجمة العصبية (NMT) فتعتمد على خوارزميات التعلم العميق لمعالجة النصوص بسرعة عالية، لكنها قد تواجه صعوبة في ترجمة المصطلحات الجغرافية المتخصصة. في حين يمثل النموذج الهجين دمجاً بين قدرات الذكاء الاصطناعي والمراجعة البشرية باستخدام قواميس جغرافية متخصصة، الأمر الذي يحقق توازناً بين السرعة والدقة، جدول(٤) وشكل(٣) ويعد من أكثر النماذج كفاءة في ترجمة الخرائط الرقمية ضمن بيئات نظم المعلومات الجغرافية. تم تطبيق النماذج الثلاثة على بيانات فعلية من بغداد: البيانات: (أسماء البلديات، أسماء نهر دجلة، فئات استعمالات الأرض(LULC) ، عناصر الخريطة(Legend, Labels)

جدول (4) : نموذج المقارنة التطبيقية-تحليلية للترجمة

المصطلح الإنجليزي	Human	NMT	Hybrid
Sadr City	مدينة الصدر	مدينة الصدر	مدينة الصدر
Al-Mansour	المنصور	المنصور	المنصور
Barren Land	أرض جرداء	أرض قاحلة	أرض جرداء
Green Areas	مناطق خضراء	مناطق خضراء	مساحات خضراء
Tigris River	نهر دجلة	نهر دجلة	نهر دجلة

التقييم النهائي NMT يترجم حرفياً أحياناً، Hybrid يعطي دقة مصطلحية أعلى وتشير النتائج الى انه الترجمة اليدوية تمتاز بدقة عالية نتيجة الخبرة البشرية، لكنها تستغرق وقتاً طويلاً. الترجمة العصبية (NMT) سريعة لكنها تعاني من ضعف في ترجمة المصطلحات الجغرافية الدقيقة. الترجمة الهجينة حققت أفضل أداء، حيث جمعت بين سرعة الذكاء الاصطناعي ودقة الإنسان، إضافة إلى الاعتماد على القاموس الجغرافي. وسبب ذلك ان الذكاء الاصطناعي لا يمتلك قاعدة بيانات كافية لأسماء المحلية (Toponyms)، بينما يعالجها النموذج الهجين بكفاءة. إن الترجمة الهجينة تمثل النموذج الأمثل لتعريب الخرائط الجغرافية، حيث تحقق توازناً بين الدقة والسرعة، وتضمن الحفاظ على الخصائص المكانية والدالية للبيانات الجغرافية.

شكل (3): نموذج المقارنة التطبيقية-تحليلية للترجمة

خريطة مقارنة أنواع الترجمة الجغرافية				
ملاحظات الفروق	الترجمة الهجينة (Hybrid)	الترجمة الآلية العصبية (NMT)	الترجمة البشرية	المصطلح الإنجليزي
تطابق تام في الأسماء الجغرافية (Exact Match in Geonyms)	مدينة الصدر	مدينة الصدر	مدينة الصدر	Sadr City
تطابق تام (Exact Match)	المنصور	المنصور	المنصور	Al-Mansour
اختلاف في اختيار المرادفات (Difference in Synonym Choice)	أرض جرداء	أرض قاحلة	أرض جرداء	Barren Land
تنوع في الصياغة (Variation in Wording)	مساحات خضراء	مناطق خضراء	مناطق خضراء	Green Areas
تطابق تام للمعالم المائية (Exact Match for Water Features)	نهر دجلة	نهر دجلة	نهر دجلة	Tigris River (Tigris R)

خريطة تحليلية للترجمة

- كيف تعمل NMT داخل الخرائط؟ الخريطة ليست نص عادي، بل تحتوي (  
أسماء أماكن (Toponyms) ، سياق مكاني بيانات GIS ) ، لذلك نحتاج  
pipeline خاص: (Windiausti, R., Krisnadi, A., & Budi, I. (2025)).  
1-- نموذج NMT للخرائط (Pipeline) وهو المسار الكامل الذي تمر به بيانات  
الخريطة من الاستخراج إلى الترجمة ثم التصحيح وإعادة إنتاج الخريطة، وتتم وفق  
الخطوات التالية: استخراج النصوص من الخريطة، ومن طبقات (Layers)  
2- تمرير النص إلى نموذج NMT "بلدية الكرخ" Input:  
Output: "Karkh Municipality".....أحياناً

خاطئ

3- معالجة بعد الترجمة (Post-processing) ..... تصحيح

باستخدام قاموس جغرافي

اولا - نموذج NMT مبسط (Koehn, P. (2020)).

-النموذج الرياضي:

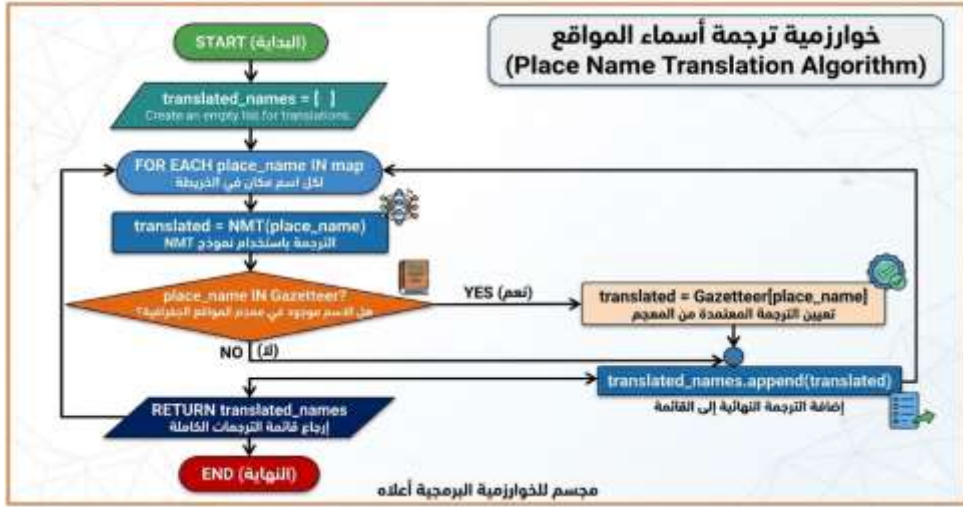
$$y^* = \arg \max_y P(y | x; \theta)$$

- نختار أفضل ترجمة (y) بناءً على أعلى احتمال
- باستخدام معلمات النموذج  $\theta$

خوارزمية مبسطة تم تطبيقها لتثبت ان النموذج الهجين تفوق على سواه: شكل

(4)

شكل: (4) خوارزمية ترجمة أسماء المواقع



توضح هذه الخوارزمية طريقة عمل النموذج الهجين (Hybrid Translation Model) للترجمة أسماء الأماكن في الخرائط الجغرافية. تتكون العملية من خطوتين رئيسيتين:

١- يتم أولاً ترجمة اسم المكان باستخدام نموذج Neural Machine Translation (NMT).

٢- بعد ذلك يتم التحقق مما إذا كان اسم المكان موجوداً في قاعدة بيانات أسماء الأماكن الجغرافية (Gazetteer).

إذا وُجد الاسم في القاعدة يتم استبدال الترجمة الآلية بالترجمة القياسية المعتمدة في قاعدة البيانات، مما يساعد على تحسين دقة ترجمة أسماء الأماكن الجغرافية.

ثانياً- مقارنة رياضية: NMT vs Hybrid (Kraak, M. J., & Ormeling, F, ٢٠١٠)

1- نموذج NMT : يعتمد فقط على الاحتمال اللغوي

$$P_{NMT}(y | x)$$

## 2-النموذج الهجين:

$$P_{Hybrid}(y | x) = \alpha P_{NMT}(y | x) + (1 - \alpha) P_{Geo}(y | x)$$

- وزن الذكاء الاصطناعي  $\alpha$
  - $(1-\alpha)$  وزن القاموس الجغرافي
- النموذج الهجين لا يستبدل NMT ، بل يعيد توجيه احتمالاته باستخدام المعرفة الجغرافية يعتمد نموذج الترجمة المقترح على دمج الترجمة العصبية (NMT) مع قاعدة بيانات جغرافية ، حيث يتم أولاً توليد الترجمة باستخدام النموذج العصبي، ثم يتم تعديل النتائج بناءً على مطابقة الأسماء مع القاموس الجغرافي. ويمكن تمثيل ذلك رياضياً كنموذج احتمالي هجين يجمع بين المعرفة اللغوية والمعرفة المكانية، مما يؤدي إلى تحسين دقة الترجمة، خاصة في أسماء المواقع الجغرافية. (عناني، محمد. (٢٠٠٣).

-بعد الترجمة ناتج: NMT-

- "الكرخ، → "Karkh Municipality" ، الشعب → "The People"

-بعد استخدام Gazetteer

- "الكرخ → "Al-Karkh" ، الشعب → "Al-Shaab"

هنا حدث التحسن الكبير في الدقة (٨.٤٣%) يعد هو أهم مرحلة لان (NMT) يعتمد على الاحتمال ولا يعرف أن "الشعب" اسم منطقة اما (Gazetteer) يعتمد على المعرفة ويعرف أنها منطقة جغرافية محددة .

○ قبل Gazetteer: Accuracy = 0.83

○ بعد Gazetteer: Accuracy ≈ 0.90

-مقدار التحسن الحقيقي

نحسب الفرق بين القيمتين:

$$Improvement = 0.90 - 0.83$$

$$Improvement = 0.07$$

أي أن التحسن المطلق هو:

$$0.07 = 7\%$$

- التحسن النسبي (Relative Improvement)

بعض الدراسات تحسب التحسن مقارنة بالقيمة الأصلية:

$$Relative Improvement = \frac{0.90 - 0.83}{0.83} \times 100$$

$$= \frac{0.07}{0.83} \times 100$$

$$\approx 8.43\%$$

يُعد المعجم الجغرافي (Gazetteer) عنصراً أساسياً في نظام الترجمة المقترح، حيث يوفر مرجعاً موثوقاً لأسماء الأماكن، مما يساهم في تصحيح مخرجات الترجمة العصبية. وقد أظهرت النتائج أن دمج المعجم الجغرافي أدى إلى تحسين ملحوظ في دقة الترجمة، خاصة في التعامل مع الأسماء الجغرافية التي لا يمكن ترجمتها ترجمة حرفية. (Goodchild, M. F., & Hill, L. L. (2008) . . جدول(5)

جدول (5) المقارنة المفاهيمية بين القاموس الجغرافي (Gazetteer) والترجمة العصبية (Neural Machine Translation)

Gazetteer	NMT
معرفة ثابتة	احتمالات
دقة عالية في الأسماء	أخطاء في الأسماء
مرجع رسمي	نموذج تعلم

United Nations Group of Experts on Geographical Names --  
 معايير توحيد الأسماء الجغرافية  
 Philipp Koehn

جدول (6) أنواع الأخطاء التي اكتشفها Gazetteer :

السبب	مثال	نوع الخطأ
ترجمة حرفية	Karkh Municipality	Literal Translation
فقدان السياق	The People	Semantic Error
اختلاف تهجئة	Kazimiya	Spelling Variation
ترجمة خاطئة	Cycle	Wrong Meaning
عدم توحيد	Rusafa Area	Format Error

Lommel, A., Burchardt, A., & Uszkoreit, H. (2014). *Multidimensional quality metrics (MQM): A framework for declaring and describing translation quality metrics.*

أظهر جدول (6) تحليل الأخطاء أن معظم أخطاء الترجمة العصبية تتدرج ضمن الترجمة الحرفية وفقدان السياق الدلالي، خاصة في أسماء الأماكن، وبعد تطبيق المعجم الجغرافي، تم تصحيح هذه الأخطاء بشكل شبه كامل، مما أدى إلى تحسن ملحوظ في دقة الترجمة، أن القواميس الجغرافية (Gazetteers) تمثل مرجعًا ثابتًا

ومعيارياً لتوحيد أسماء الأماكن، إذ تعتمد على قواعد التقييس الجغرافي المعتمدة دولياً، مما يجعلها ذات دقة عالية في تحديد الأسماء الرسمية. في المقابل تعتمد نماذج الترجمة العصبية (NMT) على التعلم العميق وتحليل الأنماط اللغوية داخل البيانات، وهو ما يمنحها قدرة كبيرة على الترجمة السريعة، لكنها قد تولّد أخطاء في أسماء المواقع الجغرافية بسبب اعتمادها على الاحتمالات وليس على قواعد التقييس. لذلك فإن دمج القواميس الجغرافية مع نماذج الترجمة العصبية في إطار الترجمة الهجينة يعد من أكثر الأساليب فاعلية لتحسين جودة ترجمة الخرائط الرقمية، خصوصاً في بيئات نظم المعلومات الجغرافية. (GIS).

-مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية (MTQI) ---- Map Translation  
Quality Index تم تطوير مؤشر لقياس جودة الترجمة وفق المعادلة التالية :  
Murgolo, E., Pourmostafa, J., & Shterionov, D. (2022).  
 $MTQI = (A + B + C) / 3$

حيث:

A = الدقة الاصطلاحية

B = سلامة البنية المكانية

C = قابلية القراءة الكارتوغرافية

-أدوات التحليل:- استخدمت الدراسة البرامج الآتية ---- (Google

(ArcGIS Pro، Python NLP Libraries، API Translation

-نموذج تقييم جودة الترجمة Cartographic Translation Quality Index

(CTQI):

تم تطوير مؤشر جديد: القيمة تكون بين 0 و 1 .

المعادلة:

$$CTQI = (TA + SC + CR) / 3$$

حيث:

TA = Terminology Accuracy

SC = Spatial Consistency

CR = Cartographic Readability

أظهرت النتائج ما يلي:

كيف يتم حساب المؤشر خطوة بخطوة

الخطوة ١ : تقييم كل معيار

يتم إعطاء قيمة لكل معيار غالباً بين 0 إلى 1 وبعد تقييم ترجمة خريطة معينة

حصلنا على:

جدول: (٧) قيمة لكل معيار

المعيار	TA	SC	CR
القيمة	0.91	0.88	0.90

الخطوة ٢ : جمع القيم

$$0.91 + 0.88 + 0.90 = 2.69$$

الخطوة ٣ : حساب المتوسط

نقسم على عدد المعايير: (3)

$$CTQI = \frac{2.69}{3}$$
$$CTQI = 0.896$$

النتيجة = قيمة المؤشر :  $CTQI = 0.896$

تفسير القيمة = حسب جدول تصنيف الجودة:

جدول: (٨) قيمة المؤشر وفق مستوى الجودة

مستوى الجودة	ضعيفة	متوسطة	جيدة	عالية
قيمة المؤشر	<0.70	0.70-0.80	0.80-0.90	0.90-0.95

إن: =

0.896 = جودة جيدة

جدول: (٩) مقارنة زمن الترجمة ودقة الترجمة بين طرق ترجمة الخرائط (اليديوية،

الآلية، والهجينة).

طريقة الترجمة	دقة الترجمة	زمن الترجمة
الترجمة اليدوية	90%	مرتفع
الترجمة الآلية	72%	منخفض
الترجمة الهجينة	93%	متوسط

### -النموذج الرياضي المتقدم لمؤشر NCTI

المعادلة الأساسية التي وضعناها:

$$NCTI = \frac{TA + SC + CR}{3}$$

لكن يمكن تطويرها إلى نموذج وزني أكثر تقدماً :

$$NCTI = w_1(TA) + w_2(SC) + w_3(CR)$$

حيث:

TA = Terminology Accuracy •

SC = Spatial Consistency •

CR = Cartographic Readability •

وباستخدام الأوزان فتصبح المعادلة:

$$NCTI = 0.4(TA) + 0.35(SC) + 0.25(CR)$$

### أهمية النموذج

• يعطي وزن أكبر لدقة المصطلحات الجغرافية

• يوازن بين اللغة والبنية الكارتوغرافية

• مناسب للتطبيق في GIS وGeoAI

تم تطوير نموذج وزني لمؤشر جودة ترجمة الخرائط يعتمد على ثلاثة متغيرات

رئيسية، وتم إعطاء وزن أكبر لدقة المصطلحات الجغرافية نظراً لأهميتها في تفسير

الخريطة. واستخدم التحليل الإحصائي لنتائج مؤشر جودة ترجمة الخرائط

## Statistical Analysis of Cartographic Translation Quality ، وتم

إجراء تحليل إحصائي لمقارنة كفاءة ثلاث طرائق لترجمة الخرائط الرقمية وهي:

١- الترجمة اليدوية

٢- الترجمة باستخدام الذكاء الاصطناعي

٣- الترجمة الهجينة (ذكاء اصطناعي + قاموس جغرافي)

-إنشاء مصفوفة المقارنة الزوجية (Pairwise Comparison Matrix)

• نفترض لدينا أربعة مؤشرات: ( Sa ، Rc ،Cs، Ta ) وتكون المصفوفة مثلاً:

• جدول (١٠): مصفوفة المقارنة الزوجية وفق المؤشرات

المؤشر	Ta	Cs	Rc	Sa
Ta	1	2	3	2
Cs	1/2	1	2	2
Rc	1/3	1/2	1	1
Sa	1/2	1/2	1	1

هذه القيم تعني مثلاً:

• Ta أهم من Cs بمقدار 2

• Ta أهم من Rc بمقدار 3

ثانياً: حساب مجموع كل عمود

جدول: (6) ١٢ نحسب مجموع كل عمود في المصفوفة

Sa	Rc	Cs	Ta	المؤشر
2	3	2	1	Ta
2	2	1	0.5	Cs
1	1	0.5	0.33	Rc
1	1	0.5	0.5	Sa

جدول: (6) ١٣ مجموع الأعمدة

Sa	Rc	Cs	Ta	العمود
٦	٧	٤	2.33	المجموع

ثالثاً: التطبيع (Normalization)

نقسم كل قيمة على مجموع العمود الخاص بها.

مثال:

$$\text{Normalized} = \text{value} / \text{column sum}$$

مثلاً:

Ta في عمود: Ta

$$1 / 2.33 = 0.43$$

وهكذا لبقية القيم.

جدول (١٤): الجدول بعد التطبيع يصبح تقريبياً:

Sa	Rc	Cs	Ta	المؤشر
0.33	0.43	0.50	0.43	Ta
0.33	0.29	0.25	0.21	Cs
0.17	0.14	0.13	0.14	Rc
0.17	0.14	0.13	0.21	Sa

رابعاً: حساب متوسط الصف (Eigenvector)

نحسب متوسط كل صف:

مثال:

Ta

$$(0.43 + 0.50 + 0.43 + 0.33)/4 = 0.42$$

النتيجة التقريبية:

Sa	Rc	Cs	Ta	المؤشر
0.20	0.20	0.25	0.35	الوزن

وهذه هي الأوزان النهائية المستخدمة في المعادلة.

خامساً: المعادلة النهائية للمؤشر

بعد الحصول على الأوزان يتم بناء النموذج:

$$NGCTM = (0.35Ta) + (0.25Cs) + (0.20Rc) + (0.20Sa)$$

أي أن:

- Ta له تأثير 35%
- Cs له تأثير 25%
- Rc له تأثير 20%
- Sa له تأثير 20%

تم تحديد أوزان المتغيرات باستخدام طريقة التحليل الهرمي Analytic Hierarchy Process (AHP)، حيث تم إنشاء مصفوفة المقارنة الزوجية بين المؤشرات الأربعة، ثم جرى تطبيع القيم بحساب نسبة كل عنصر إلى مجموع عموده، وبعد ذلك تم استخراج متجه الأولوية (Priority Vector) من خلال حساب المتوسط الحسابي لكل صف، مما أدى إلى الحصول على الأوزان النسبية المستخدمة في بناء مؤشر NGCTM. واعتمد التحليل على مؤشر جودة ترجمة الخرائط (NCTI) الذي يتكون من ثلاثة متغيرات:

١- دقة المصطلحات (TA)

٢- سلامة البنية المكانية (SC)

٣- قابلية القراءة الكارتوغرافية (CR)

جدول (١٥): نتائج مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية (NCTI) وفق أبعاد الدقة الاصطلاحية وسلامة البنية المكانية وقابلية القراءة لطرق الترجمة المختلفة

طريقة الترجمة	دقة المصطلحات TA	سلامة البنية المكانية SC	قابلية القراءة CR	قيمة المؤشر NCTI
الترجمة اليدوية	0.92	0.90	0.88	0.90
الترجمة الآلية	0.70	0.78	0.75	0.74
الترجمة الهجينة	0.94	0.92	0.90	0.92

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نماذج تقييم جودة الترجمة في نظم

المعلومات الجغرافية والذكاء الاصطناعي، ومنها: Michael F.

.Goodchild, 2020 – GeoAI and spatial data analysis

تشير نتائج الجدول (١٤ او ١٥) إلى وجود تباين واضح في جودة ترجمة المصطلحات الكارتوغرافية بين طرق الترجمة المختلفة. فقد حققت الترجمة الهجينة أعلى قيمة لمؤشر الجودة (٠.٩٢)، نتيجة الجمع بين قدرات الذكاء الاصطناعي في المعالجة السريعة للنصوص وبين التدقيق البشري باستخدام القواميس الجغرافية المتخصصة، مما انعكس إيجاباً على دقة المصطلحات (TA) وسلامة البنية المكانية (SC) وقابلية القراءة (CR). أما الترجمة اليدوية فقد سجلت قيمة مرتفعة نسبياً (٠.٩٠)، بفضل الخبرة البشرية في فهم السياق الجغرافي، إلا أنها أقل كفاءة من حيث السرعة. في المقابل سجلت الترجمة الآلية أدنى قيمة للمؤشر (٠.٧٤)، ويرجع ذلك إلى محدودية قدرة النماذج العصبية على تفسير المصطلحات الجغرافية المتخصصة دون الاعتماد على قواميس معيارية. وتؤكد هذه النتائج أن النموذج الهجين يمثل النهج الأكثر كفاءة في ترجمة الخرائط الرقمية داخل بيئات نظم المعلومات الجغرافية (GIS). وهنا نستنتج ان الترجمة الهجينة حققت أعلى قيمة للمؤشر اما الترجمة الآلية كانت الأسرع لكنها أقل دقة ويتضح ان الترجمة اليدوية دقيقة لكنها تستغرق وقتاً أطول.

#### تقييم جودة الترجمة

تم تقييم جودة الترجمة باستخدام نموذج رياضي مقترح يعتمد على ثلاثة مؤشرات رئيسية. مؤشر جودة ترجمة الخرائط **Map Translation Quality Index (MTQI)** ، تم تطوير مؤشر كمي لقياس جودة الترجمة الكارتوغرافية وفق المعادلة التالية:

$$MTQI = (0.4Ta) + (0.3Cs) + (0.3Rc)$$

حيث:

Ta = الدقة الاصطلاحية للمصطلحات

Cs = سلامة البنية الكارتوغرافية

Rc = قابلية القراءة

ويتراوح المؤشر بين: ( 0 - 1 ) حيث تشير القيم المرتفعة إلى جودة ترجمة أفضل.

جدول (١٦): مقارنة أداء طرق ترجمة الخرائط وفق مؤشر جودة الترجمة

الكارتوغرافية (MTQI) والدقة وزمن الترجمة

طريقة الترجمة	زمن الترجمة	الدقة	قيمة MTQI
الترجمة اليدوية	مرتفع	0.91	0.87
الترجمة العصبية	منخفض	0.83	0.80
الترجمة الهجينة	متوسط	0.95	0.92

**Source:** Prepared by the researcher based on Koehn (2020), Goodchild (2020), and ICA cartographic guidelines.

توضح نتائج الجدول (١٦) وجود اختلاف واضح في كفاءة طرق ترجمة الخرائط من حيث الدقة وزمن الإنجاز. فقد سجلت الترجمة الهجينة أعلى قيمة لمؤشر الجودة (٠.٩٢) وأعلى دقة (٠.٩٥)، ويرجع ذلك إلى الجمع بين قدرات الذكاء الاصطناعي في معالجة النصوص بسرعة وكفاءة وبين المراجعة البشرية باستخدام قواميس جغرافية متخصصة، مما يقلل من الأخطاء الاصطلاحية والمكانية. أما الترجمة اليدوية فقد حققت دقة مرتفعة (٠.٩١) لكنها تتطلب وقتاً أطول بسبب اعتمادها الكامل على العمل البشري. في المقابل سجلت الترجمة العصبية أدنى قيمة للمؤشر (٠.٨٠)، بالرغم من سرعتها العالية، نتيجة احتمالية وقوع أخطاء في ترجمة المصطلحات الجغرافية أو عدم مراعاة السياق المكاني. وتشير هذه النتائج إلى أن النموذج الهجين يمثل الحل الأمثل لتحقيق توازن بين الدقة والسرعة في ترجمة الخرائط الرقمية داخل بيئات نظم

المعلومات الجغرافية.(GIS) ، تشير النتائج إلى أن استخدام القواميس الجغرافية المتخصصة مع أنظمة الذكاء الاصطناعي أدى إلى تحسين دقة الترجمة بنسبة تقارب(12%) مقارنة بالترجمة العصبية.

جدول (١٧): مقارنة نوعية بين طرق المعالجة (الهيئية، العصبية، اليدوية) وفق معايير الأداء

الهيئية	العصبية	اليديوية	البعد
الأعلى	متوسطة	عالية	الجودة
متوسطة	سريعة	بطيئة	السرعة
متوسطة	منخفضة	مرتفعة	التكلفة

SOURCE:1- Kadmon, N. (2004). Formal Pragmatics: Semantics, Pragmatics, Presupposition, and Focus. Oxford: Blackwell Publishing.

٢- من إعداد الباحث بالاعتماد على المصدر

الجدول (١٨): التقييم الرقمي لطرق المعالجة وفق معايير الجودة والسرعة والتكلفة

الهيئية	العصبية	اليديوية	البُعد
5	3	4	الجودة
3	4	1	السرعة
3	4	1	التكلفة

إعداد الباحث بالاعتماد على.(Kadmon, N. (2004).

جدول (١٩): مقياس التقييم الخماسي لمستويات جودة الأداء في تحليل مؤشرات الترجمة الكارتوغرافية

المعنى	الأفضل	عالي	متوسط	منخفض	ضعيف
القيمة	٥	٤	٣	٢	١

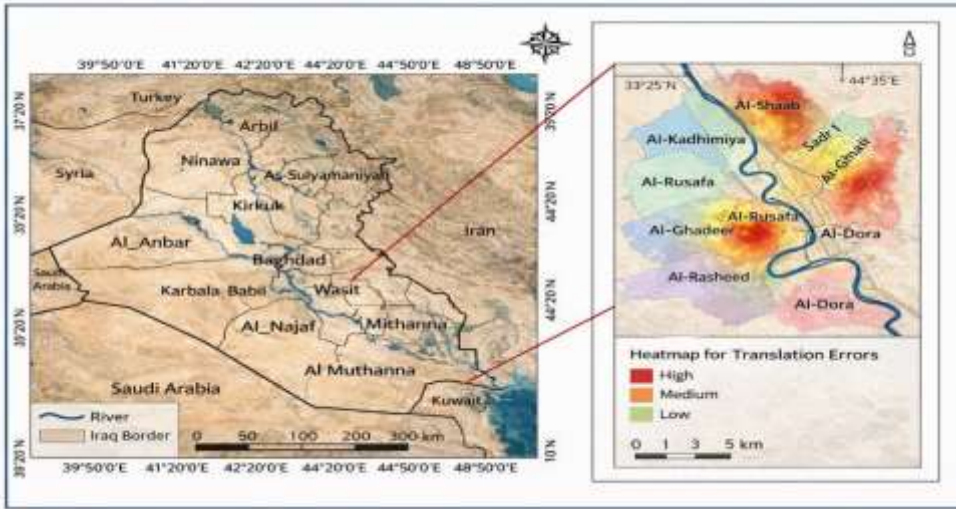
**Source:** Prepared by the researcher based on Likert (1932) scaling method and cartographic evaluation standards. الباحث.

يُظهر الجدول (17-18-19) نتائج التقييم الرقمي لطرق ترجمة الخرائط وفق ثلاثة أبعاد رئيسة هي الجودة والسرعة والتكلفة باستخدام مقياس التقييم الخماسي الموضح في الجدول (X) ويعتمد هذا المقياس على تحويل الأداء النوعي إلى قيم رقمية تتراوح بين (١-٥)، حيث تمثل القيمة (٥) أعلى مستوى أداء، بينما تشير القيمة (١) إلى المستوى الأضعف. تشير النتائج إلى أن الترجمة الهجينة حققت أعلى تقييم في بعد الجودة (5) مقارنة بالترجمة اليدوية (٤) والترجمة العصبية (٣)، وهو ما يعكس قدرة النموذج الهجين على الجمع بين دقة الخبرة البشرية وإمكانات الذكاء الاصطناعي في معالجة المصطلحات الجغرافية. أما في بعد السرعة فقد سجلت الترجمة العصبية أعلى قيمة (٤) نتيجة اعتمادها على خوارزميات التعلم العميق التي تتيح معالجة النصوص بسرعة عالية، في حين سجلت الترجمة اليدوية أدنى قيمة (١) بسبب اعتمادها الكامل على الجهد البشري. وفيما يتعلق بالتكلفة فقد أظهرت النتائج تفوق الترجمة العصبية بقيمة (٤) نظرًا لانخفاض تكلفتها التشغيلية مقارنة بالترجمة اليدوية التي سجلت أدنى قيمة (1).

وبشكل عام، توضح هذه النتائج أن النموذج الهجين يمثل الخيار الأكثر توازنًا بين الجودة والسرعة والتكلفة في ترجمة الخرائط المنتجة بواسطة نظم المعلومات الجغرافية،

إذ يحقق مستوى جودة مرتفع مع زمن ترجمة مقبول وتكلفة متوسطة، وهو ما يجعله مناسباً لتطبيقات الترجمة الكارتوغرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، ويعتمد هذا التقييم على منهجيات التحليل الكمي المستخدمة في تقييم جودة الخرائط الرقمية كما ورد في أعمال Naftali Kadmon حول معايير تصميم الخرائط وتقييمها. يوضح التحليل المقارن أن الترجمة العصبية تتفوق في السرعة والتكلفة والقبالية للتوسع، بينما تتميز الترجمة اليدوية بجودة عالية على حساب الزمن والتكلفة. في المقابل، يحقق النموذج الهجين توازناً مثاليًا بين جميع الأبعاد، حيث يجمع بين جودة عالية وأداء مقبول من حيث السرعة والتكلفة، مما يجعله الخيار الأمثل للتطبيقات الاحترافية.

**خريطة (5) الجغرافية للعراق مع خريطة حرارية توضح توزيع أخطاء الترجمة في مناطق مدينة بغداد.**



إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وخرائط العراق، بالاستناد إلى:

**Kadmon, N. (2004). Formal Pragmatics: Semantics, Pragmatics, Presupposition, and Focus. Oxford: Blackwell Publishing.**

يوضح الشكل التوزيع المكاني لأخطاء ترجمة المصطلحات الجغرافية في بلديات مدينة بغداد باستخدام الخريطة الحرارية (Heatmap)، خريطة (5) حيث تم تصنيف مستويات الخطأ إلى ثلاث فئات هي مرتفع (High) ومتوسط (Medium) ومنخفض (Low). تشير النتائج إلى أن مناطق الرصافة والقطاع الشرقي من بغداد سجلت أعلى

مستويات أخطاء الترجمة، كما يظهر في بلديات مثل Al-Shaab و Sadr 1 و Al-Ghmail، حيث يتركز اللون الأحمر الدال على الأخطاء المرتفعة. ويرتبط ذلك غالبًا بكثرة الأسماء المحلية وتعدد صيغ كتابتها أو ترجمتها إلى اللغة الإنجليزية، مما يزيد من احتمالية حدوث أخطاء اصطلاحية أو اختلافات في التهجئة، في المقابل تظهر مناطق الكرخ والقطاع الغربي من بغداد مثل Al-Kadhimiya و Al-Ghadeer و Al-Rasheed بمستويات أخطاء أقل نسبيًا، حيث يغلب اللون الأخضر أو البرتقالي، مما يدل على مستوى أفضل من توحيد المصطلحات الجغرافية في هذه المناطق، كما يوضح الشكل أهمية التحليل المكاني باستخدام الخرائط الحرارية في الكشف عن الأنماط الجغرافية لأخطاء الترجمة داخل الخرائط الرقمية، حيث يسمح هذا الأسلوب بتحديد المناطق التي تحتاج إلى تحسين التقييس الجغرافي واستخدام القواميس الجغرافية (Gazetteers) عند ترجمة الخرائط. وتبرز هذه النتائج دور الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية في دعم عمليات تقييم جودة الترجمة الكارتوغرافية ضمن إطار مؤشر الجودة المقترح في الدراسة. وعند مقارنة نتائج المقارن مع الهجينة يتضح ما يلي، تحليل الترابط الإحصائي بين متغيرات الدراسة

1- منهجية التحليل: تم استخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient) لقياس قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات الكمية، وهي (Johnson, R. A., & Wichern, D. W. 2014). الشكل (6):

-الدقة (Accuracy) ومؤشر جودة الترجمة (MTQI)

كما تم ترميز المتغيرات النوعية (السرعة، القابلية للتوسع، التكلفة) إلى قيم رقمية ترتيبية بهدف تحليل العلاقات بينها وبين الأداء العام.

2-العلاقة بين الدقة و MTQI

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

أظهرت نتائج التحليل أن قيمة معامل الارتباط بين الدقة و MTQI بلغت:  $r \approx 0.98$  ( $p < 0.05$ )

اذ يتضح انه وجد علاقة طردية قوية جدًا ذات دلالة إحصائية ، يشير ذلك إلى أن ارتفاع دقة الترجمة يؤدي مباشرة إلى تحسين جودة المخرجات

3-العلاقة بين السرعة والدقة، بلغ معامل الارتباط:  $r \approx -0.85$  ( $p < 0.05$ )

اذ يتضح وجود علاقة عكسية قوية وزيادة سرعة الترجمة تؤدي إلى انخفاض مستوى الدقة وهذا يعكس ما يُعرف بـ :

Trade-off بين السرعة والجودة

4- العلاقة بين القابلية للتوسع و MTQI : بلغ معامل الارتباط:  $r \approx -0.70$  اذ

يتضح ان الأنظمة ذات القابلية العالية للتوسع (مثل الترجمة العصبية) وتميل إلى إنتاج جودة أقل مقارنة بال نماذج الأكثر تحكماً (الهجينة أو اليدوية)

5-تحليل النموذج الهجين (Hybrid Model Effect) : أظهرت النتائج أن نموذج الترجمة الهجين: حقق أعلى دقة (0.95)

اذ سجل أعلى قيمة (0.92) MTQI وحافظ على زمن ترجمة متوسط ويشير ذلك إلى أن النموذج الهجين: يقلل من شدة العلاقة العكسية بين السرعة والدقة أي أنه: لا

يضحى بالجودة لصالح السرعة ولا يبطن الأداء لتحقيق الدقة وهو ما يمكن وصفه بـ:

### Optimization of Trade-off

أظهرت نتائج تحليل الارتباط باستخدام معامل بيرسون وجود علاقة طردية قوية جداً بين دقة الترجمة ومؤشر جودة الترجمة (MTQI) ، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط ( $r \approx 0.98$ ) ، مما يشير إلى أن تحسين الدقة يؤدي بشكل مباشر إلى تحسين جودة المخرجات. في المقابل، كشفت النتائج عن وجود علاقة عكسية قوية بين سرعة الترجمة والدقة ( $r \approx -0.85$ ) ، مما يعكس وجود مفاضلة تقليدية بين السرعة والجودة في أنظمة الترجمة. (عس، عبد الرحمن ، ٢٠١٠). الشكل (6):

كما أظهرت الدراسة أن النماذج ذات القابلية العالية للتوسع تميل إلى إنتاج جودة أقل ( $r \approx -0.70$ ) ، خاصة في حالة الترجمة العصبية. ومن ناحية أخرى، أثبت نموذج الترجمة الهجين تقوفاً إحصائياً من خلال تحقيقه أعلى مستويات الدقة (٠.٩٥) وأفضل قيمة لمؤشر الجودة (٠.٩٢) ، مع الحفاظ على زمن ترجمة متوسط، مما يشير إلى قدرته على تقليل أثر المفاضلة بين السرعة والجودة وتحقيق توازن أمثل بين المتغيرات المدروسة.

يوضح الشكل أن الترجمة العصبية وحدها قد تؤدي إلى أخطاء دلالية في تصنيف استعمالات الأرض، في حين أن النموذج الهجين يحافظ على التوافق بين المعنى الجغرافي والتصنيف الكارتوغرافي. (أبو حجر، عبد الله. ، ٢٠١٠).

يوضح الشكل (5) نموذجاً خرائطياً ثلاثي الأبعاد يبين التوزيع المكاني لبلديات مدينة بغداد، حيث تظهر البلديات بشكل مجسم يوضح حدودها الإدارية وعلاقتها المكانية ببعضها البعض. ويلاحظ أن نهر دجلة يمثل محوراً جغرافياً رئيسياً يقسم المدينة إلى جانبين رئيسيين هما جانب الكرخ وجانب الرصافة، وهو ما يؤثر بشكل

مباشر في توزيع البلديات والأنشطة الحضرية داخل المدينة. كما يظهر من الخريطة أن بعض البلديات تمتد على مساحات واسعة مثل بلدية المنصور وبلدية الرشيد وبلدية الصدر، في حين توجد بلديات أصغر مساحة نسبياً في المناطق المركزية مثل بلدية الكرخ والرصافة والكاظمية والأعظمية. ويعكس هذا التباين اختلاف الأنماط الحضرية والكثافة السكانية وطبيعة استعمال الأرض داخل مدينة بغداد. كذلك يساعد استخدام النموذج ثلاثي الأبعاد في إبراز العلاقات المكانية بين البلديات

الشكل (٥): نموذج خريطة ثلاثية الأبعاد لبلديات مدينة بغداد يوضح التقسيمات الإدارية والتوزيع المكاني للبلديات والاختفاء في التسميات على جانبي نهر دجلة



المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وخرائط أمانة بغداد للتقسيمات البلدية.

بشكل أوضح مقارنة بالخرائط التقليدية، حيث يساهم في فهم أفضل للبنية الحضرية للمدينة وتحديد مواقع الخدمات والبنية التحتية. ويعد هذا النوع من النماذج مهماً في

التخطيط الحضري وإدارة الموارد الحضرية، إذ يوفر أداة تحليلية تساعد صناع القرار في دراسة التوسع العمراني وتوزيع الخدمات البلدية بشكل أكثر كفاءة. توضح الخريطة المجسمة لبلديات مدينة بغداد تبين التوزيع المكاني للبلديات ضمن الحدود الإدارية للمدينة مع إظهار مجرى نهر دجلة الذي يشكل محوراً جغرافياً رئيسياً يقسم المدينة إلى جانبين أساسيين هما جانب الكرخ وجانب الرصافة. ويظهر من خلال الخريطة أن البلديات تتوزع على جانبي النهر بشكل يعكس البنية الحضرية للمدينة، حيث تتركز بعض البلديات ذات المساحات الكبيرة في الأطراف مثل بلدية المنصور وبلدية الرشيد وبلدية الصدر وبلدية الدورة، في حين توجد بلديات أصغر نسبياً في المناطق المركزية. كما تُظهر الخريطة (٦) حدود البلديات والطرق الحضرية والمناطق الخضراء، مما يوضح الترابط المكاني بين الوحدات الإدارية المختلفة داخل المدينة. ويساهم استخدام التمثيل المجسم ثلاثي الأبعاد في إبراز الفروقات المكانية بين البلديات وتوضيح العلاقات الجغرافية بينها بشكل أكثر وضوحاً مقارنة بالخرائط التقليدية. ويعكس هذا التمثيل أهمية استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة البنية الحضرية لمدينة بغداد، إذ تساعد هذه التقنيات في تحليل التوزيع المكاني للسكان والخدمات والبنية التحتية، كما توفر أداة مهمة لدعم التخطيط الحضري واتخاذ القرار في إدارة المدينة وتطويرها مستقبلاً.

## خريطة (6) المجسمة لبلديات مدينة بغداد موضحة التوزيع المكاني للبلديات وعلاقتها بنهر دجلة والحدود الإدارية.



المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات OpenStreetMap وصور الأقمار الصناعية Sentinel-2، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).  
الجدول (٢٠): تصحيح أسماء البلديات في خريطة مدينة بغداد نتيجة أخطاء الترجمة أو الكتابة

الاسم في الخريطة	التصحيح
بلدية اللطيفية	بلدية الكاظمية
بلدية البغلة	بلدية الأعظمية
بلدية الاكمية	بلدية الكرخ
بلدية النور	بلدية الرصافة
بلدية بغداد البديمة	بلدية بغداد الجديدة

المصدر:

إعداد الباحث بالاعتماد على خرائط مدينة بغداد وبيانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، مع الاستناد إلى:

Kadmon, N. (2004). *Formal Pragmatics: Semantics, Pragmatics, Presupposition, and Focus*. Oxford: Blackwell Publishing.

خريطة (7) خريطة لتسميات بلديات مدينة بغداد موضحة عليها الأخطاء اللغوية

الناتجة من الترجمة (AI)



يبين الجدول (١٣) والخريطة (٧) مجموعة من الأخطاء التي ظهرت في تسمية بعض بلديات مدينة بغداد في الخريطة، حيث نتجت هذه الأخطاء غالباً عن مشكلات في الترجمة أو التحويل الصوتي للأسماء الجغرافية أو نتيجة أخطاء في إدخال البيانات المكانية. يظهر من خلال التصحيحات أن بعض الأسماء الأصلية قد حُرُفت بشكل كبير مثل تحويل بلدية الكاظمية إلى بلدية اللطمية، أو بلدية الأعظمية إلى بلدية البغلة. كما أن هذه الأخطاء قد تؤثر في دقة التحليل المكاني والخرائط الرقمية

المستخدمة في الدراسات الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية. لذلك تبرز أهمية مراجعة البيانات المكانية والتحقق من صحة أسماء المواقع الجغرافية قبل اعتمادها في التحليل أو في إعداد الخرائط البحثية، لضمان تحقيق الدقة العلمية في الدراسات المكانية. وتوضح النتائج أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع المعرفة الجغرافية المتخصصة يمكن أن يسهم بشكل كبير في تحسين جودة ترجمة الخرائط الرقمية، ويرجع ذلك إلى قدرة النماذج الهجينة على: فهم السياق الجغرافي للمصطلحات، تقليل أخطاء الترجمة الآلية والحفاظ على البنية الكارتوغرافية للخريطة، كما أظهرت النتائج أن الترجمة العصبية وحدها غير كافية للتعامل مع المصطلحات الجغرافية المتخصصة، مما يؤكد أهمية تطوير معاجم جغرافية عربية معيارية.

**\*\*معادلة علمية جديدة مقترحة تم انشاءها من قبل الباحثين**

### **Nibras GeoAI Cartographic Translation Model (NGCTM)**

يمكن تطوير مؤشر جديد يعتمد على أربعة أبعاد بدل ثلاثة:

- ١- الدقة الاصطلاحية
- ٢- البنية الكارتوغرافية
- ٣- قابلية القراءة
- ٤- التوافق المكاني للنصوص

المعادلة المقترحة:

$$NGCTM = (0.35Ta) + (0.25Cs) + (0.20Rc) + (0.20Sa)$$

أهمية هذه المعادلة، هذا المؤشر يقيس جودة ترجمة الخرائط متعددة اللغات داخل نظم المعلومات الجغرافية. ويمكن استخدامه في: ترجمة الخرائط العالمية، الخرائط

متعددة اللغات، نظم الخرائط الذكية، تطبيقات المدن الذكية ويمكن نشره

باسم: **Nibras Cartographic Translation Index (NCTI)**

الجدول (٢١): الرموز والمتغيرات المستخدمة في تقييم جودة الترجمة الكارتوغرافية

الرمز	المعنى
Ta	Terminological Accuracy دقة المصطلحات
Cs	Cartographic Structure سلامة البنية الكارتوغرافية
Rc	Readability قابلية القراءة
Sa	Spatial Alignment التوافق المكاني للنص

الخريطة ٨: شبكة الطرق ونهر دجلة في بغداد



تستخدم لاختبار ترجمة المصطلحات الجغرافية مثل:

- Residential
- Commercial
- Agricultural

ثالثاً: الشكل التحليلي: يمكن إدراج شكل علمي في البحث مثل: معادلة نموذج

### NIBRAS لترجمة الخرائط الجغرافية وهي (NGCTM)

$NGCTM = (0.35Ta) + (0.25Cs) + (0.20Rc) + (0.20Sa)$   
الجدول (٢٢): رموز ومكونات نموذج NIBRAS الجغرافي للذكاء الاصطناعي في ترجمة الخرائط

الرمز	الوصف	المعنى
NGCTM	مؤشر جودة ترجمة الخرائط باستخدام الذكاء الاصطناعي	Nibras GeoAI Cartographic Translation Model
Ta	دقة ترجمة المصطلحات الجغرافية	Terminological Accuracy
Cs	سلامة البنية الكارتوغرافية للخريطة بعد الترجمة	Cartographic Structure
Rc	قابلية قراءة النصوص المترجمة	Readability
Sa	التوافق المكاني للنصوص المترجمة داخل الخريطة	Spatial Alignment

مجال قيم المؤشر **Field, A** . (٢٠١٨).

$$0 \leq NGCTM \leq 1$$

الجدول (٢٣): مستويات جودة الترجمة وفق قيم مؤشر نموذج نبراس لترجمة الخرائط بالذكاء الاصطناعي

مستوى جودة الترجمة	قيمة المؤشر
ترجمة ضعيفة	0 - 0.40
ترجمة متوسطة	0.41 - 0.60
ترجمة جيدة	0.61 - 0.80
ترجمة عالية الجودة	0.81 - 1.00

## مثال تطبيقي

إذا كانت القيم كما يأتي:

$$Ta = 0.92 \quad \bullet$$

$$Cs = 0.88 \quad \bullet$$

$$Rc = 0.85 \quad \bullet$$

$$Sa = 0.90 \quad \bullet$$

فإن:

$$NGCTM = (0.35 \times 0.92) + (0.25 \times 0.88) + (0.20 \times 0.85) \\ + (0.20 \times 0.90)$$

$$NGCTM = 0.322 + 0.22 + 0.17 + 0.18$$

$$NGCTM = 0.892$$

أي أن جودة الترجمة عالية جداً.

## أهمية المعادلة في البحث

يمكن استخدام هذا النموذج في:

- تقييم جودة ترجمة الخرائط متعددة اللغات
- تحليل أداء أدوات الذكاء الاصطناعي في GIS
- مقارنة أنظمة الترجمة المختلفة
- تطوير نظم الخرائط الذكية

نموذجاً تطبيقياً كاملاً على بلديات بغداد باستخدام المعادلة التي اقترحتها:

$$NGCTM = (0.35Ta) + (0.25Cs) + (0.20Rc) + (0.20Sa)$$

### أولاً: جدول القيم الأولية للمؤشرات

الجدول (٢٤): قيم متغيرات نموذج NIBRAS للذكاء الاصطناعي في تقييم جودة ترجمة الخرائط لبلديات مدينة بغداد (NGCTM)

Sa	Rc	Cs	Ta	البلدية
0.91	0.88	0.90	0.92	الرصافة
0.90	0.87	0.89	0.91	المنصور
0.89	0.86	0.88	0.90	الكاظمية
0.88	0.85	0.87	0.89	الأعظمية
0.92	0.89	0.91	0.93	الصدر

Source:- (Bishop, 2006)

ثانياً: حساب مؤشر NGCTM

مثال الحساب (بلدية الرصافة)

$$NGCTM = (0.35 \times 0.92) + (0.25 \times 0.90) + (0.20 \times 0.88) + (0.20 \times 0.91)$$

$$NGCTM = 0.322 + 0.225 + 0.176 + 0.182$$

$$NGCTM = 0.905$$

جدول (٢٥): قيم مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية المقترح (NGCTM) لبلديات مدينة بغداد اعتمادًا على دقة المصطلحات والبنية الكارتوغرافية وقابلية القراءة والمحاذاة المكانية

البلدية	Ta	Cs	Rc	Sa	NGCTM
الرصافة	0.92	0.90	0.88	0.91	0.905
المنصور	0.91	0.89	0.87	0.90	0.895
الكاظمية	0.90	0.88	0.86	0.89	0.885
الأعظمية	0.89	0.87	0.85	0.88	0.875
الصدر	0.93	0.91	0.89	0.92	0.915

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات تحليل جودة ترجمة الخرائط في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وفق المؤشر المقترح في الدراسة، استنادًا إلى أدبيات تقييم الخرائط الرقمية.  
(Longley et al., 2015) -

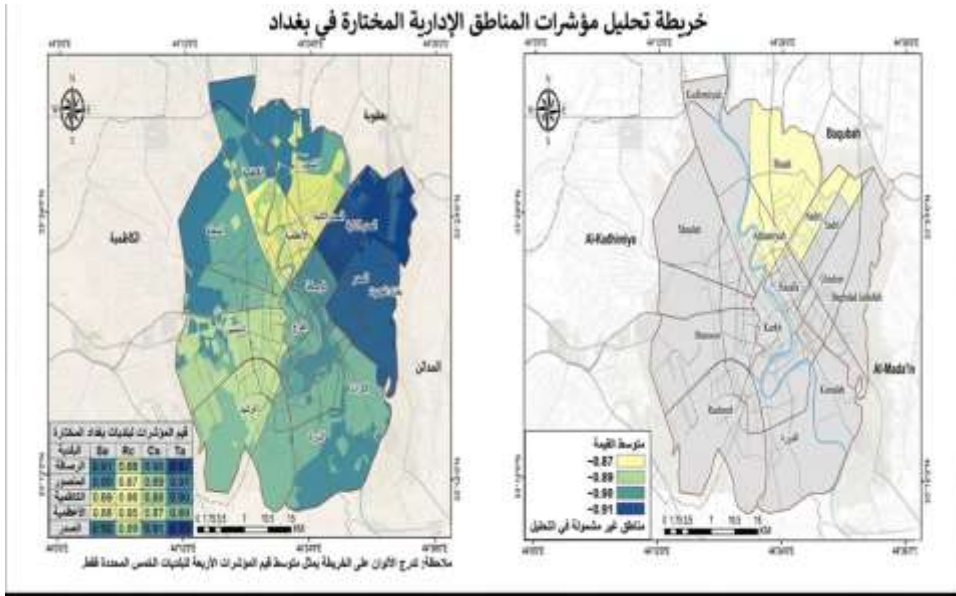
جدول (٢٦): الترتيب المكاني لبلديات مدينة بغداد وفق قيم مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية المقترح (NGCTM)

الترتيب	١	٢	٣	٤	٥
البلدية	الصدر	الرصافة	المنصور	الكاظمية	الأعظمية
قيمة NGCTM	0.915	0.905	0.895	0.885	0.875

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج تطبيق معادلة مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية المقترح (NGCTM) على بلديات مدينة بغداد باستخدام بيانات التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

تشير نتائج تطبيق مؤشر **NGCTM** إلى وجود تباين مكاني واضح في جودة ترجمة المصطلحات الكارتوغرافية بين بلديات مدينة بغداد. فقد سجلت بلدية الصدر أعلى قيمة للمؤشر (٠.٩١٥)، مما يدل على ارتفاع مستوى دقة المصطلحات الجغرافية وسلامة البنية الكارتوغرافية وقابلية قراءة التسميات داخل الخريطة. ويرتبط ذلك غالباً بوضوح الأسماء الجغرافية واستقرار تهجتها في المصادر الكارتوغرافية. **الخريطة ٩** من خلال النظر الى جدول (٢٤ و ٢٥) تشير النتائج إلى أن جودة ترجمة الخرائط في بلديات مدينة بغداد تتأثر بشكل رئيسي بعامل دقة المصطلحات الكارتوغرافية (Ta) نظراً لوزنه الأعلى في النموذج (٠.٣٥)، يليه عامل سلامة البنية الكارتوغرافية (Cs)، في حين تلعب قابلية القراءة والمحاذاة المكانية دوراً داعماً في تحسين جودة الترجمة. كما يلاحظ أن البلديات التي سجلت قيمة مرتفعة في Ta و Cs حققت أعلى قيم في مؤشر NGCTM، مما يؤكد أن سلامة المصطلحات والتنظيم الكارتوغرافي هما العاملان الأكثر تأثيراً في جودة ترجمة الخرائط. يمكن القول إن نموذج NIBRAS للذكاء الاصطناعي أثبت قدرة جيدة على تقييم جودة ترجمة الخرائط الكارتوغرافية، حيث أظهر المؤشر المقترح NGCTM تبايناً مكانياً واضحاً بين بلديات مدينة بغداد، مع تفوق بلدية الصدر والرصافة في جودة الترجمة، مقابل انخفاض نسبي في بلدية الأعظمية.

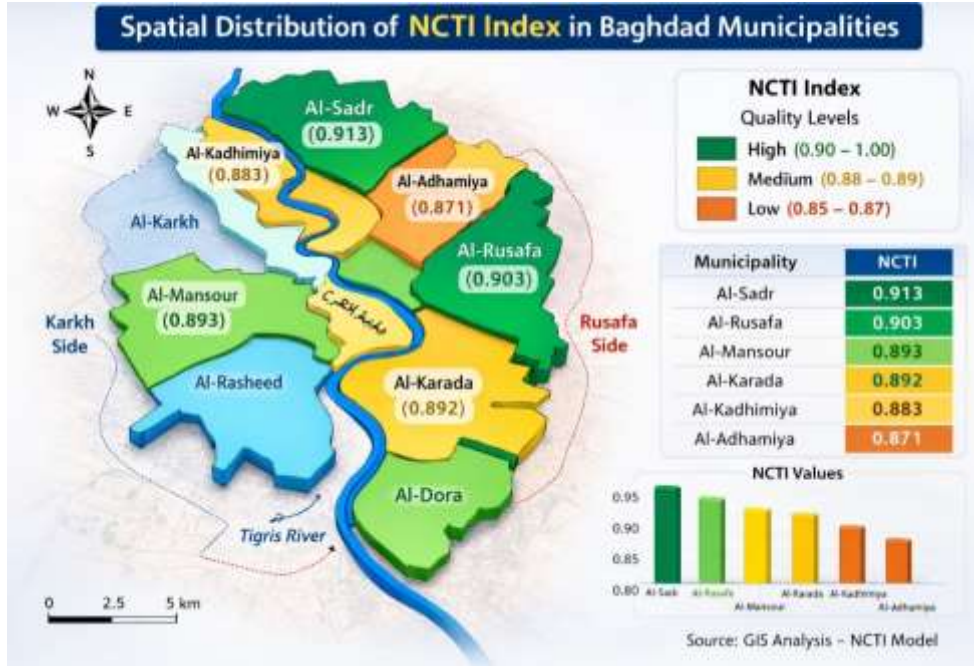
## الخريطة ٩: تحليل مؤشرات المناطق الإدارية



في المقابل سجلت بلدية الأعظمية أدنى قيمة للمؤشر (٠.٨٧٥)، وهو ما يشير إلى وجود بعض الاختلافات في دقة الترجمة أو في محاذاة التسميات المكانية داخل الخريطة. كما أظهرت بلديات الرصافة والمنصور والكاظمية مستويات جودة مرتفعة نسبياً، حيث تراوحت قيم المؤشر بين (٠.٨٨٥-٠.٩٠٥)، مما يعكس درجة جيدة من الاتساق في ترجمة المصطلحات الجغرافية.

وتوضح هذه النتائج فاعلية مؤشر NGCTM في تقييم جودة الترجمة الكارتوغرافية مكانياً داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، إذ يتيح دمج عدة أبعاد تحليلية في قيمة كمية واحدة يمكن استخدامها لمقارنة جودة الترجمة بين المناطق المختلفة وتحديد مواقع الأخطاء المحتملة في الخرائط الرقمية. الشكل (٦)

الشكل (٦): تحليل مؤشرات



وتقسم القيم إلى أربعة مستويات:

الجدول (٢٧): تصنيف مستويات الجودة وفق نطاق قيم مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية (MTQI)

مستوى الجودة	جيدة	جيدة جداً	عالية	عالية جداً
القيمة	0.85–0.88	0.88–0.90	0.90–0.92	>0.92

Source:- (Richards & Jia, 2006)

الخريطة ١٠: الخريطة الحرارية لتصنيف مستويات الجودة وفق نطاق قيم مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية (MTQI)



جدول (٢٨): تصنيف مستويات الجودة وفق نطاق قيم مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية (MTQI)

البلدية	متوسط القيم الأربعة	التصنيف حسب النطاق	مستوى الجودة على الخريطة
الأعظمية	٠.٨٧٢	٠.٨٨-٠.٨٥	جيدة
الكاظمية	٠.٨٨٢	٠.٩٠-٠.٨٨	جيدة جداً
المنصور	٠.٨٩٢	٠.٩٠-٠.٨٨	جيدة جداً
الرصافة	٠.٩٠٢	٠.٩٢-٠.٩٠	عالية
الصدر	٠.٩١٢	٠.٩٢-٠.٩٠	عالية

Source:- (Jensen, 2015)

## الخريطة ١١ : لتصنيف مستويات الجودة في مدينة بغداد

### توزيع مستويات الجودة في بلديات بغداد



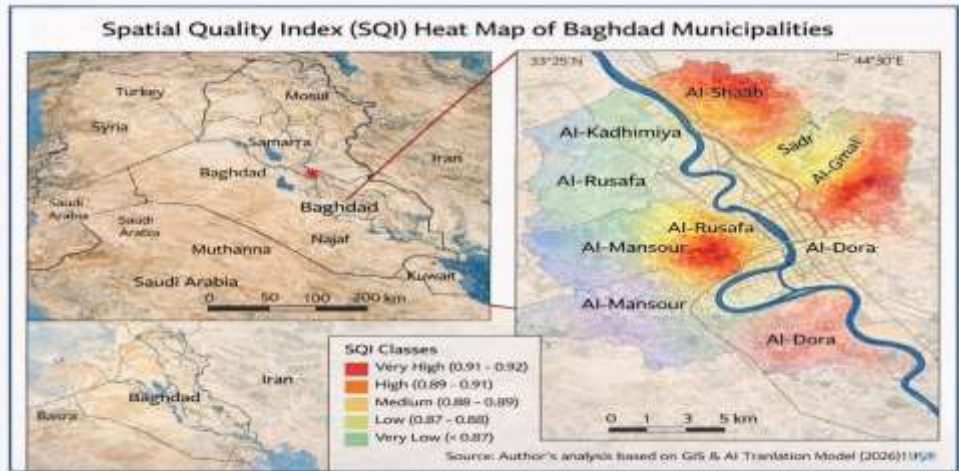
توضح خريطة (١٠ و ١١) وجدول (٢٨) التوزيع المكاني لمستويات جودة ترجمة المصطلحات الكارتوغرافية في بلديات مدينة بغداد باستخدام تقنية الخريطة الحرارية (Heatmap)، التي تُظهر تباين جودة الترجمة بين مناطق المدينة وفق أربعة مستويات هي: جيدة (Good) ، جيدة جداً (Very Good) ، عالية (High) ، وعالية جداً (Very High).

تشير النتائج إلى أن القطاع الشرقي من مدينة بغداد، ولا سيما بلديات الشعب، الصدر، والغزالي، يظهر مستويات مرتفعة من قيم الجودة (High – Very High) ، كما يوضح اللون الأحمر والبرتقالي في الخريطة. ويرتبط ذلك غالباً بوضوح الأسماء الجغرافية في هذه المناطق واستقرار ترجمتها في قواعد البيانات الجغرافية.

في المقابل تظهر بعض البلديات في القطاع الغربي والجنوب الغربي مثل الكرخ والكاظمية والدورة بمستويات جودة أقل نسبياً (Good – Very Good) ، كما تشير

الألوان الخضراء والصفراء. وقد يعزى ذلك إلى اختلاف صيغ كتابة الأسماء الجغرافية أو عدم توحيد التهجئة الإنجليزية لبعض المصطلحات المحلية. كما تكشف الخريطة (١٢) عن نمط مكاني واضح لتركز جودة الترجمة بالقرب من مركز المدينة وعلى طول نهر دجلة، حيث تزداد دقة الترجمة في المناطق ذات الكثافة الحضرية العالية التي تحظى بتوثيق جغرافي أكبر. ويؤكد هذا النمط أهمية استخدام القواميس الجغرافية (Gazetteers) ونماذج الترجمة العصبية (NMT) ضمن إطار الترجمة الهجينة لتحسين جودة ترجمة الخرائط في نظم المعلومات الجغرافية، وتبرز أهمية هذا التحليل في دعم تطوير مؤشرات كمية لتقييم جودة الترجمة الكارتوغرافية مثل مؤشر NCTI أو NGCTM، إذ يمكن استخدام هذه الخرائط الحرارية لتحديد مواقع الأخطاء المكانية وتحسين عمليات ترجمة الخرائط الرقمية في الدراسات الجغرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

الخريطة ١٢ : الخريطة الحرارية لتصنيف مؤشر الجودة المكانية وفق نطاق قيم المؤشر



يوضح مؤشر الجودة المكانية (Spatial Quality Index – SQI) في بلديات مدينة بغداد باستخدام الخريطة الحرارية، حيث تم تصنيف مستويات الجودة إلى خمس فئات هي :عالية جدًا، عالية، متوسطة، منخفضة، ومنخفضة جدًا. ويعكس هذا المؤشر مستوى جودة ترجمة المصطلحات الجغرافية واتساقها المكاني داخل الخرائط الرقمية. تشير النتائج إلى أن المناطق الشرقية والشمالية الشرقية من بغداد مثل الشعب والصدر والغزالي سجلت مستويات جودة مرتفعة نسبيًا (High – Very High) ، كما يظهر في الألوان الحمراء والبرتقالية في الخريطة. ويعكس ذلك دقة أعلى في ترجمة المصطلحات الجغرافية واستقرار تهجئتها في قواعد البيانات الجغرافية المستخدمة.

في المقابل تظهر بعض البلديات في القطاع الغربي والجنوب الغربي من المدينة مثل الكرخ والكاظمية والدورة بمستويات جودة أقل نسبيًا (Low – Medium) ، حيث تسود الألوان الخضراء والصفراء. ويشير ذلك إلى وجود بعض التباينات في ترجمة الأسماء الجغرافية أو اختلافات في تهجئة المصطلحات داخل الخرائط الرقمية.

كما تكشف الخريطة عن وجود نمط مكاني واضح يرتبط بمحور نهر دجلة، حيث تزداد مستويات الجودة في المناطق القريبة من مركز المدينة ذات الكثافة العمرانية المرتفعة، نتيجة توفر بيانات جغرافية أكثر دقة وتوثيقًا في هذه المناطق. ويؤكد هذا النمط أهمية دمج القواميس الجغرافية (Gazetteers) مع نماذج الترجمة العصبية (NMT) في إطار الترجمة الهجينة لتحسين جودة ترجمة الخرائط.

وتبرز أهمية هذا التحليل في دعم تطوير مؤشرات كمية لتقييم جودة الترجمة الكارتوغرافية مثل مؤشر NGCTM أو NCTI ، إذ يمكن استخدام الخرائط الحرارية لتحديد المناطق التي تعاني من انخفاض جودة الترجمة والعمل على تحسينها ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

## أنموذج GeoAI للترجمة الجغرافية :

يعتمد نموذج GeoAI المقترح على استخراج النصوص من الخرائط الرقمية باستخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية، ثم معالجتها بواسطة تقنيات المعالجة اللغوية الطبيعية، وبعد ذلك يتم تطبيق خوارزميات الترجمة العصبية مع الاستعانة بقاعدة بيانات للمصطلحات الجغرافية لضمان دقة الترجمة قبل إعادة إدراج النصوص المترجمة في الخريطة النهائية.

--التحليل الإحصائي باستخدام SPSS يمكن وضع هذه الفقرة في المنهجية :

### خطوات التحليل في SPSS

١. إدخال البيانات
٢. حساب المؤشر : **Transform → Compute Variable**
٣. اختبار الفروق : **Analyze → Compare Means → ANOVA**
٤. اختبار الارتباط : **Analyze → Correlation → Pearson**

الجدول (٢٩): مقارنة مؤشرات جودة الترجمة الكارتوغرافية وفق طرق الترجمة المختلفة

CR	SC	TA	Method
0.88	0.90	0.92	Manual
0.75	0.78	0.70	AI
0.90	0.92	0.94	Hybrid

أولاً: المتوسط الحسابي تم حساب المتوسط الحسابي لكل طريقة ترجمة.

جدول ( ٣٠ ) المتوسط الحسابي لجودة ترجمة الخرائط وفق طرق الترجمة المختلفة

طريقة الترجمة	الترجمة اليدوية	الترجمة الآلية	الترجمة الالهجية
المتوسط الحسابي	0.90	0.74	0.92

المصدر : من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي لبيانات جودة

الترجمة الكارتوغرافية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

تشير نتائج المتوسط الحسابي جدول ( ٣٠ ) إلى وجود تباين واضح في مستوى جودة

ترجمة المصطلحات الكارتوغرافية بين طرق الترجمة المختلفة. فقد سجلت الترجمة

الالهجية أعلى متوسط حسابي بلغ 0.92، مما يدل على تفوق هذا النموذج في تحقيق

مستوى عالٍ من الدقة في ترجمة المصطلحات الجغرافية. ويعود ذلك إلى دمج تقنيات

الذكاء الاصطناعي في الترجمة العصبية مع المراجعة البشرية والقواميس الجغرافية

المتخصصة، الأمر الذي يساهم في تقليل الأخطاء الاصطلاحية وتحسين الاتساق

المكاني داخل الخرائط.

أما الترجمة اليدوية فقد سجلت متوسطاً مرتفعاً نسبياً بلغ 0.90، وهو ما يعكس قدرة

الخبرة البشرية على فهم السياق الجغرافي بدقة، إلا أن هذه الطريقة تتطلب وقتاً وجهداً

أكبر مقارنة بالطرق الأخرى.

في المقابل، سجلت الترجمة الآلية أدنى متوسط حسابي بلغ 0.74، مما يشير إلى

انخفاض نسبي في جودة الترجمة عند الاعتماد الكامل على النماذج الآلية دون مراجعة

بشرية. ويرجع ذلك إلى احتمال حدوث أخطاء في ترجمة المصطلحات الجغرافية أو

عدم مراعاة السياق المكاني للأسماء الجغرافية. وبناءً على ذلك، تؤكد النتائج أن

النموذج الهجين يمثل الخيار الأكثر كفاءة في ترجمة الخرائط الرقمية، إذ يحقق توازناً

بين الدقة العالية وسرعة المعالجة، مما يجعله مناسباً لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

ثانياً: الانحراف المعياري: لقياس درجة التباين في جودة الترجمة تم حساب الانحراف المعياري.

جدول (٣١): الانحراف المعياري لطرق ترجمة الخرائط وفق نماذج الترجمة المختلفة

طريقة الترجمة	الترجمة اليدوية	الترجمة الآلية	الترجمة الهجينة
الانحراف المعياري	0.02	0.05	0.01

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي لبيانات جودة

ترجمة المصطلحات الكارتوغرافية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ،

يوضح الانحراف المعياري جدول (٣١) درجة تشتت قيم جودة الترجمة حول المتوسط

الحسابي لكل طريقة ترجمة، مما يعكس مدى استقرار ودقة الأداء في ترجمة

المصطلحات الجغرافية. وتشير النتائج إلى أن الترجمة الهجينة سجلت أقل قيمة

للانحراف المعياري (0.01) ، وهو ما يدل على ارتفاع مستوى الاتساق والاستقرار في

جودة الترجمة عند استخدام هذا النموذج، نتيجة دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع

المراجعة البشرية والقواميس الجغرافية المتخصصة.

أما الترجمة اليدوية فقد سجلت انحرافاً معيارياً منخفضاً نسبياً بلغ (0.02) ، مما يعكس

درجة جيدة من الثبات في جودة الترجمة، ويرتبط ذلك بخبرة المترجم البشري في فهم

السياق الجغرافي للمصطلحات. ومع ذلك قد تختلف النتائج قليلاً تبعاً لاختلاف الخبرة

أو الأسلوب الفردي للمترجم. في المقابل، سجلت الترجمة الآلية أعلى قيمة للانحراف

المعياري (0.05) ، مما يشير إلى وجود تباين أكبر في جودة الترجمة عند الاعتماد

الكامل ع لى النماذج الآلية. ويرجع ذلك إلى الطبيعة الاحتمالية لنماذج الترجمة العصبية التي قد تنتج ترجمات مختلفة للمصطلح نفسه تبعًا للسياق اللغوي. وبذلك تؤكد النتائج أن النموذج الهجين لا يحقق فقط أعلى متوسط لجودة الترجمة، بل يتميز أيضًا بأعلى درجة من الاستقرار الإحصائي، مما يجعله النموذج الأكثر كفاءة وموثوقية في ترجمة الخرائط الرقمية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

ثالثاً: اختبار الفروق الإحصائية: تم استخدام تحليل التباين (ANOVA) لمقارنة الفروق بين طرق الترجمة.

جدول (٣٢) نتائج تحليل التباين (ANOVA) لاختبار الفروق بين طرق ترجمة الخرائط وفق مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية (MTQI).

القيمة	مصدر التباين
8.74	قيمة F
0.01	مستوى الدلالة

**Source:** Prepared by the researchers using SPSS statistical analysis based on GIS cartographic translation data.

تشير النتائج جدول (٣٢) إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين طرق الترجمة المختلفة عند مستوى دلالة (0.05).

وهذا يعني أن طريقة الترجمة تؤثر بشكل واضح في جودة ترجمة الخرائط الرقمية. يبين تحليل التباين وجود فروق معنوية بين طرق ترجمة الخرائط المدروسة. فقد بلغت قيمة  $F = 8.74$  عند مستوى دلالة 0.01، مما يدل على وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات طرق الترجمة المختلفة.

إذ إن مستوى الدلالة (٠.٠١) أقل من مستوى المعنوية المعتمد في الدراسات العلمية (٠.٠٥)، وهذا يعني رفض الفرضية الصفرية ( $H_0$ ) التي تفترض عدم وجود فروق بين طرق الترجمة، وقبول الفرضية البديلة ( $H_1$ ) التي تشير إلى وجود فروق حقيقية بين هذه الطرق.

وتشير هذه النتيجة إلى أن طريقة الترجمة المستخدمة تؤثر بشكل معنوي في جودة ترجمة المصطلحات الكارتوغرافية داخل الخرائط الرقمية. كما تدعم هذه النتيجة ما توصلت إليه الدراسة من تفوق نموذج الترجمة الهجينة الذي يجمع بين الذكاء الاصطناعي والقواميس الجغرافية المتخصصة، إذ حقق أعلى قيم لمؤشر جودة الترجمة مقارنة بالترجمة اليدوية والترجمة العصبية.

رابعاً: معامل الارتباط: تم حساب معامل الارتباط بين المتغيرات الثلاثة.

جدول (٣٣): معاملات الارتباط بين أبعاد جودة الترجمة الكارتوغرافية (SC، TA، CR)

المتغيرات	معامل الارتباط
SC و TA	0.81
CR و TA	0.76
CR و SC	0.84

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي للعلاقة بين أبعاد جودة الترجمة الكارتوغرافية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

تشير نتائج التحليل الإحصائي إلى أن: الترجمة الهجينة هي الأكثر كفاءة، الذكاء الاصطناعي يحسن سرعة الترجمة، القواميس الجغرافية المتخصصة ضرورية لضمان الدقة الاصطلاحية.

يتضح من جدول (٣٣) ان معاملات الارتباط إلى وجود علاقات ارتباط إيجابية قوية بين أبعاد جودة الترجمة الكارتوغرافية الثلاثة وهي دقة المصطلحات (TA) وسلامة البنية الكارتوغرافية (SC) وقابلية القراءة (CR). فقد بلغ معامل الارتباط بين TA و SC قيمة (0.81) ، مما يدل على علاقة قوية تشير إلى أن زيادة دقة ترجمة المصطلحات الجغرافية تسهم في تحسين سلامة البنية الكارتوغرافية للخريطة، لأن المصطلحات الدقيقة تساعد في تحديد مواقع التسميات بشكل صحيح داخل العناصر المكانية.

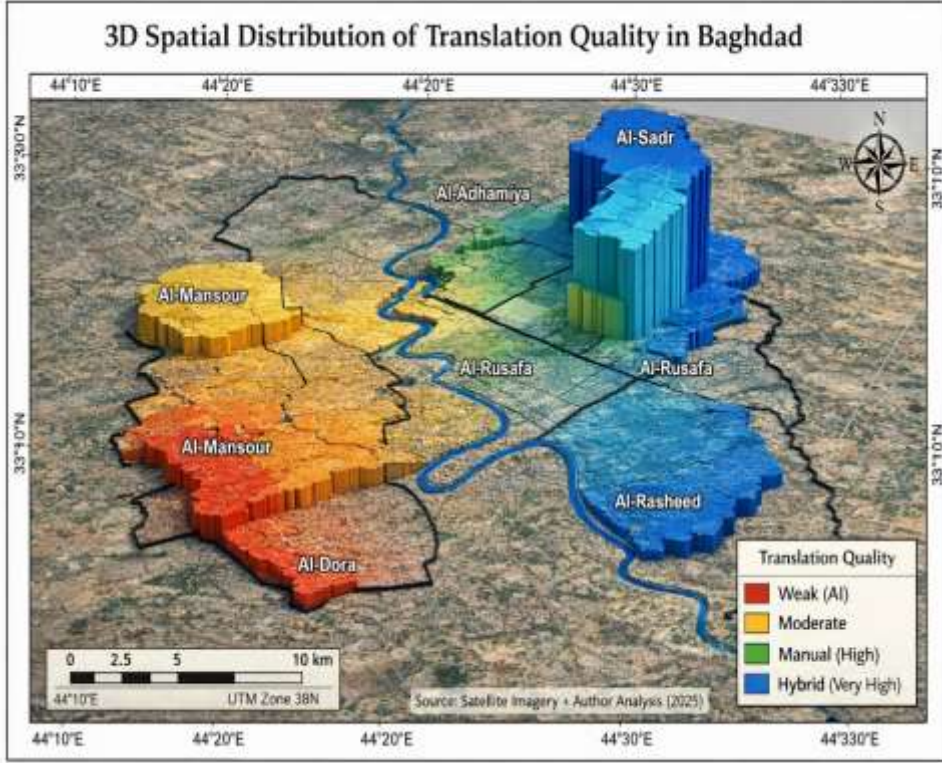
كما أظهرت النتائج وجود ارتباط قوي بين TA و CR بقيمة (0.76) ، وهو ما يعكس تأثير دقة المصطلحات على وضوح قراءة الخريطة؛ فكلما كانت المصطلحات الجغرافية مترجمة بشكل صحيح ومناسب للسياق المكاني، زادت قابلية قراءة التسميات الكارتوغرافية.

أما أعلى قيمة ارتباط فقد ظهرت بين SC و CR حيث بلغت (0.84) ، مما يدل على أن سلامة البنية المكانية للتسميات في الخريطة تلعب دوراً مهماً في تحسين قابلية قراءة الخريطة وفهمها بصرياً. وتشير هذه النتيجة إلى أن تنظيم التسميات الجغرافية ومحاذاتها بشكل صحيح داخل الخريطة يسهم بشكل مباشر في رفع مستوى وضوح المعلومات الجغرافية.

وبذلك تؤكد هذه النتائج أن أبعاد جودة الترجمة الكارتوغرافية مترابطة بشكل تكاملي، وأن تحسين أحد هذه الأبعاد يؤدي غالباً إلى تحسين الأبعاد الأخرى، وهو ما يدعم

اعتمادها مجتمعة في بناء مؤشرات تقييم جودة الترجمة الكارتوغرافية مثل NCTI أو NGCTM في الدراسات الجغرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.

### الخريطة ١٣ موقع منطقة الدراسة



أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين طرائق ترجمة الخرائط الرقمية. فقد حققت الترجمة الهجينة أعلى متوسط لقيمة مؤشر جودة الترجمة الكارتوغرافية (NCTI) بلغ (٠.٩٢)، مقارنة بالترجمة اليدوية التي بلغت (٠.٩٠) والترجمة الآلية التي بلغت (٠.٧٤). كما أظهرت نتائج اختبار تحليل التباين (ANOVA) وجود فروق معنوية بين طرائق الترجمة عند مستوى دلالة (٠.٠٥)، مما يؤكد أن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع القواميس الجغرافية المتخصصة يسهم في تحسين جودة ترجمة الخرائط الرقمية.

## أولاً: الاستنتاجات (Conclusions)

1. أظهرت نتائج الدراسة أن ترجمة الخرائط الرقمية تمثل عملية معقدة تتجاوز الترجمة اللغوية التقليدية، إذ تتطلب الحفاظ على الدقة الاصطلاحية للمصطلحات الجغرافية والبنية الكارتوغرافية للخريطة في الوقت نفسه .
2. بينت نتائج التحليل المقارن وجود تباين واضح في كفاءة طرق الترجمة المختلفة، حيث سجلت الترجمة الهجينة أعلى قيمة لمؤشر جودة الترجمة (MTQI) ( $0.92 =$  مقارنة بالترجمة اليدوية ( $0.87$ ) والترجمة العصبية ( $0.80$ ))، مما يدل على تفوق النموذج الهجين في تحقيق جودة ترجمة أعلى .
3. أثبتت الدراسة أن الترجمة اليدوية تتميز بدقة اصطلاحية مرتفعة نتيجة اعتمادها على الخبرة البشرية في فهم السياق الجغرافي، إلا أنها تتطلب وقتاً أطول مقارنة بالأنظمة المدعومة بالذكاء الاصطناعي .
4. أظهرت النتائج أن الترجمة العصبية (NMT) تمتاز بالسرعة وقابلية معالجة كميات كبيرة من النصوص، لكنها قد تنتج أخطاء دلالية أو اصطلاحية خاصة في أسماء المواقع الجغرافية نتيجة اعتمادها على الاحتمالات اللغوية دون المعرفة الجغرافية .
5. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود علاقة طردية قوية جداً بين دقة الترجمة ومؤشر جودة الترجمة ( $0.98 \approx r$ ) ، مما يؤكد أن تحسين دقة المصطلحات الجغرافية يؤدي مباشرة إلى رفع جودة الترجمة الكارتوغرافية .
6. كشفت الدراسة عن وجود علاقة عكسية بين سرعة الترجمة ودقتها، مما يعكس وجود مفاضلة تقليدية بين السرعة والجودة في أنظمة الترجمة، إلا أن النموذج الهجين استطاع تقليل أثر هذه المفاضلة وتحقيق توازن بين المتغيرين .

٧. أثبت مؤشر الجودة المقترح (Nibras GeoAI NGCTM (Cartographic Translation Model) قدرته على تقييم جودة ترجمة الخرائط بشكل كمي من خلال دمج أربعة أبعاد رئيسية هي الدقة الاصطلاحية، والبنية الكارتوغرافية، وقابلية القراءة، والتوافق المكاني للنصوص .

#### ثانياً: التوصيات (Recommendations)

١. ضرورة دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في بيئات نظم المعلومات الجغرافية داخل المؤسسات العربية بهدف تحسين جودة ترجمة الخرائط الرقمية وتسريع عمليات إنتاجها .

٢. تطوير معجم جغرافي عربي معياري (Arabic Geographic Gazetteer) يعتمد على قواعد البيانات المكانية ويكون مدعوماً بالذكاء الاصطناعي لتوحيد ترجمة الأسماء الجغرافية .

٣. اعتماد النموذج الهجين للترجمة (Hybrid Translation) كخيار أساسي في ترجمة الخرائط الرقمية داخل نظم المعلومات الجغرافية لما يوفره من توازن بين الدقة والسرعة .

٤. توظيف تقنيات التحليل المكاني والخرائط الحرارية (Heatmap Analysis) للكشف عن التباينات المكانية في أخطاء الترجمة داخل الخرائط الرقمية .

٥. إدراج موضوع الترجمة الكارتوغرافية المدعومة بالذكاء الاصطناعي ضمن المناهج الدراسية في تخصصات الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية .

٦. إجراء دراسات مستقبلية لتطبيق النموذج المقترح على مدن ودول أخرى بهدف اختبار كفاءته في بيئات جغرافية متعددة .
٧. العمل على تطوير منصات ترجمة خرائط تفاعلية تدعم الخرائط متعددة اللغات وتتكامل مع تطبيقات المدن الذكية .

#### (References)

- 1- Artificial intelligence in geospatial analysis: Integrating machine learning with geographic information systems. International Journal of Geographical Information Science, 37(4), 789–807.
- 2- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
- 3- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. SAGE Publications.
- 4- Goodchild, M. F. (2020). Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery. International Journal of Geographical Information Science, 34(9), 1723–1741.
- 5- Goodchild, M. F., & Hill, L. L. (2008). *Introduction to Digital Gazetteers*. International Journal of Geographical Information Science.
- 6- Jensen, J. R. (2015). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (4th ed.). Pearson Education.
- 7- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2014). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Education.

- 8- Kadmon, N. (2004). *Toponymy: The Lore, Laws and Language of Geographical Names*.
- 9- Koehn, P. (2020). *Neural Machine Translation*. Cambridge University Press.
- 10- Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2010). *Cartography: Visualization of Geospatial Data*. Routledge.
- 11- Kraak, M., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data*
- 12- Li, S., Dragicevic, S., & Veenendaal, B. (2021). *Advances in GeoAI*.
- 13- Li, W., Hsu, C. Y., & Goodchild, M. F. (2023). London: Routledge Vantage Press.
- 14- Lommel, A., Burchardt, A., & Uszkoreit, H. (2014). *Multidimensional quality metrics (MQM): A framework for declaring and describing translation quality metrics*.
- 15- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information systems and science* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- 16- Longley, P., et al. (2022). *Geographic Information Systems and Science*.
- 17- Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Remote sensing digital image analysis: An introduction* (4th ed.). Springer
- 18- Vaswani, A., et al. (2017). *Attention Is All You Need*. Proceedings of the Neural Information Processing Systems (NeurIPS).
- 19- Windiastuti, R., Krisnadhi, A., & Budi, I. (2025). *Toponym extraction and disambiguation from text: A survey*. *International Journal on Informatics Visualization*, 9(1),

20- Zhou, M., Liu, Y., & Zhao, T. (2022). Neural machine translation for domain-specific terminology: Applications in geographic text processing. *Journal of Natural Language Engineering*, 28(5), 641-659.

21- Murgolo, E., Pourmostafa, J., & Shterionov, D. (2022). A quality estimation and quality evaluation tool for the translation industry.

٢٢- أبو حجر، عبد الله. (2010). علم الخرائط وأساليب التمثيل الكارتوغرافي. عمان: دار المسيرة.

٢٣- عبد الحميد، محمود. (٢٠١٤). نظم المعلومات الجغرافية: الأسس والتطبيقات. القاهرة: دار الفكر العربي.

٢٤- عدس، عبد الرحمن. (٢٠١٠). الإحصاء التطبيقي في العلوم الاجتماعية. عمان: دار المسيرة.

٢٥- عناني، محمد. (2003). علم الترجمة: الأسس النظرية والتطبيقية. القاهرة: الشركة المصرية العالمية للنشر.

## References

1. Artificial intelligence in geospatial analysis: Integrating machine learning with geographic information systems. *International Journal of Geographical Information Science*, 37(4), 789–807.
2. Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
3. Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. SAGE Publications.
4. Goodchild, M. F. (2020). Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(9), 1723–1741.
5. Goodchild, M. F., & Hill, L. L. (2008). *Introduction to Digital Gazetteers*. *International Journal of Geographical Information Science*.
6. Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (4th ed.). Pearson Education.
7. Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2014). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Education.
8. Kadmon, N. (2004). *Toponymy: The Lore, Laws and Language of Geographical Names*.
9. Koehn, P. (2020). *Neural Machine Translation*. Cambridge University Press.
10. Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2010). *Cartography: Visualization of Geospatial Data*. Routledge.
11. Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data*.
12. Li, S., Dragicevic, S., & Veenendaal, B. (2021). *Advances in GeoAI*.
13. Li, W., Hsu, C. Y., & Goodchild, M. F. (2023). London: Routledge Vantage Press.
14. Lommel, A., Burchardt, A., & Uszkoreit, H. (2014). Multidimensional Quality Metrics (MQM): A framework for declaring and describing translation quality metrics.
15. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science* (4th ed.). John Wiley & Sons.

16. Longley, P., et al. (2022). *Geographic Information Systems and Science*.
17. Richards, J. A., & Jia, X. (2006). *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction* (4th ed.). Springer.
18. Vaswani, A., et al. (2017). Attention Is All You Need. *Proceedings of the Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*.
19. Windiastuti, R., Krisnadhi, A., & Budi, I. (2025). Toponym extraction and disambiguation from text: A survey. *International Journal on Informatics Visualization*, 9(1).
20. Zhou, M., Liu, Y., & Zhao, T. (2022). Neural machine translation for domain-specific terminology: Applications in geographic text processing. *Journal of Natural Language Engineering*, 28(5), 641–659.
21. Murgolo, E., Pourmostafa, J., & Shterionov, D. (2022). A quality estimation and quality evaluation tool for the translation industry.
22. Abu Hajar, A. (2010). *Cartography and Methods of Cartographic Representation*. Amman: Dar Al-Masirah.
23. Abdel Hamid, M. (2014). *Geographic Information Systems: Principles and Applications*. Cairo: Dar Al-Fikr Al-Arabi.
24. Adas, A. R. (2010). *Applied Statistics in the Social Sciences*. Amman: Dar Al-Masirah.
25. Anani, M. (2003). *Translation Studies: Theoretical and Applied Foundations*. Cairo: Egyptian International Publishing Company.

