الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) دراسة فلسفية لدوره في تطور المعرفة الجغرافية

أ.د. إبراهيم ناجي عباس

كلية الآداب/ قسم الجغرافيا

تاريخ استلام البحث : ٢٠٢٥/٦/١٨

تاريخ قبول النشر : ٢٠٢٥/٦/٢٩

الملخص

يسلط هذا البحث الضوء على دور الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) في تطور المعرفة الجغرافية من منظور فلسفي، اذ يركز على كيفية إعادة تشكيله لأساليب التحليل المكاني ومقارنتها بالمنهجيات التقليدية. ناقش البحث الفروقات بين التحليل الجغرافي التقليدي القائم على النماذج التفسيرية، والتحليل القائم على الذكاء الاصطناعي الذي يعتمد على استنتاج الأنماط من البيانات الضخمة. كما تناول البحث التحديات الفلسفية والأخلاقية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في البحث الجغرافي، خاصة فيما يتعلق بمسائل الشفافية، تفسير النتائج، والمسؤولية العلمية.إضافة الى محاولة استكشاف العلاقة بين الذكاء الاصطناعي الجغرافي ونظرية المعرفة عند الفيلسوف إيمانويل كانت، اذ تم تحليل مدى توافق الذكاء الاصطناعي مع مفهوم المعرفة القبلية (A Priori) والمعرفة التجريبية .(A Posteriori) ، وناقش البحث كيف يمكن للذكاء الاصطناعي الجغرافي استخراج الأنماط المكانية دون الحاجة إلى إطار نظري مسبق، مقابل المنهجيات الجغرافية التقليدية التي تعتمد على بناء فرضيات مسبقة وتفسير العلاقات السببية. كما يتم تحليل مدى قدرة الذكاء الاصطناعي على توفير معرفة جغرافية موثوقة، وما إذا كان مجرد أداة تنبؤية أو يمكن اعتباره وسيلة لإنتاج معرفة جغرافية جديدة.

يهدف البحث إلى تقديم رؤية نقدية حول حدود وإمكانات الذكاء الاصطناعي الجغرافي، متسائلًا عن دوره في تعزيز أو استبدال الذكاء الجغرافي البشري. كما يطرح تساؤلات حول كيفية دمج التحليل القائم على الذكاء الاصطناعي مع التفكير الجغرافي التقليدي، لتحقيق فهم أعمق للأنماط والعلاقات المكانية، مع مراعاة الجوانب الفلسفية والأخلاقية لضمان تطوير مناهج بحثية مستدامة في علم الجغرافيا.

الكلمات المفتاحية : الذكاء الأصطناعي الجغرافي ، المعرفة الجغرافية ، التحليل المكاني

Geographic Artificial Intelligence (GeoAI): A Philosophical Study of its Role in the Development of Geographical Knowledge

Prof.Dr. Ibrahim Naji Abbas

College of Arts / Department of Geography

Research Submission Date: June 18, 2025

Publication Acceptance Date: June 29, 2025

Abstract

This research highlights the role of Geographic Artificial Intelligence (GeoAI) in the development of geographical knowledge from a philosophical perspective, focusing on how it reshapes spatial analysis methodologies and comparing them to traditional approaches. The study examines the differences between conventional geographic analysis, which relies on explanatory models, and AI-driven analysis, which extracts patterns from big data. Additionally, the research addresses the philosophical and ethical challenges associated with the use of AI in geographic research, particularly concerning issues of transparency, result interpretation, and scientific accountability.

Furthermore, the study explores the relationship between GeoAI and Immanuel Kant's theory of knowledge, analyzing the extent to which AI aligns with the concepts of a priori and a posteriori knowledge. It discusses how GeoAI can extract spatial patterns without requiring a predefined theoretical framework, in contrast to traditional geographic methodologies that rely on hypothesis-driven reasoning and causal explanations. The research also examines the extent to which AI can provide reliable geographical knowledge, questioning whether it is merely a predictive tool or if it can be considered a means of generating new geographical insights.

The study aims to offer a critical perspective on the limitations and capabilities of GeoAI, questioning its role in enhancing or replacing human geographic intelligence. It also raises questions about how AI-based analysis can be integrated with traditional geographic thinking to achieve a deeper understanding of spatial patterns and relationships while considering philosophical and ethical dimensions. Ultimately, the research advocates for the development of sustainable research methodologies in geography that balance AI's analytical power with human cognitive reasoning.

Keywords: Geographic Artificial Intelligence, Geographical Knowledge, Spatial Analysis

المقدمة

يعدّ الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) مجالًا ناشئًا يدمج بين تقنيات الذكاء الاصطناعي وعلوم المكان لحل المشكلات المكانية بطرائق جديدة معتمدة على البيانات. وقد حظي الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) باهتمام واسع من الأوساط الأكاديمية نظرًا لإمكاناته في معالجة تحديات مكانية ومجتمعية معقدة. أثار الانتشار السريع لتطبيقات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) تساؤلات فلسفية ومعرفية مهمة حول كيفية إنتاج المعرفة الجغرافية ومعنى "الفهم" في سياق تتولى فيه الخوارزميات دورًا أكبر في التحليل المكاني. في هذه المراجعة، نركّز على التأثيرات الفلسفية والمعرفية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا، بما في ذلك كيفية إعادة تشكيله للمعرفة الجغرافية، والمقارنة من منظور فلسفي بين التحليل الجغرافي التقليدي والتحليل المدعوم بالذكاء الاصطناعي، والتحديات الفلسفية والأخلاقية المترتبة على الاعتماد المتزايد على GeoAI، وأخيرًا التحولات في طرق التفكير الجغرافي نتيجة ذلك. تمثلت مشكلة البحث بالأسئلة الاتية:

١- كيف يعيد الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) تشكيل المعرفة الجغرافية؟
٢- ما الفروقات الفلسفية بين التحليل الجغرافي التقليدي والتحليل المدعوم بالذكاء الاصطناعي؟
٣- ما هي التحديات الفلسفية والأخلاقية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في البحث الجغرافي؟
٤- إلى أي مدى يمكن اعتبار الذكاء الاصطناعي الجغرافي محاكاة للذكاء الجغرافي البشري أو بديلاً عنه؟
٥- كيف يمكن تفسير نتائج الذكاء الاصطناعي الجغرافي وفقاً لنظرية المعرفة عند إيمانويل كانت؟

تتمثل الفرضيات المجيبة عن الأسئلة أعلاه ، أن الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) يعيد تشكيل المعرفة الجغرافية عبر إدخال نماذج تعلم آلي تتيح تفسير الظواهر المكانية بشكل يتجاوز المناهج التقليدية، مما يؤدي إلى نشوء نمط معرفي جديد يعتمد على المعالجة الرقمية أكثر من الحدس البشري. وأن هناك فروقًا فلسفية جوهرية بين التحليل الجغرافي التقليدي الذي يقوم على منطق استدلالي بشري، وبين التحليل المدعوم بالذكاء الاصطناعي الذي يعتمد على خوارزميات قد تفتقر للشفافية أو للتفسير العقلاني المباشر.

فضلا عن أن هذه التحولات تثير تحديات فلسفية تتعلق بمصدر المعرفة ومعايير صحتها، بالإضافة إلى تحديات أخلاقية تتعلق بالتحيز الخوارزمي وغياب الرقابة البشرية على النتائج. وما يُتوقع أن الذكاء الاصطناعي الجغرافي يحاكي بعض جوانب الذكاء البشري في استقراء العلاقات المكانية، لكنه لا يُعد بديلًا كاملاً له بسبب

افتقاده للوعي السياقي والقدرة على التأويل المعرفي. وأخيرًا، تُفهم نتائج – GeoAI وفقًا لنظرية المعرفة عند إيمانويل كانت – كمزيج من المعطيات الحسية (البيانات) والبُنى القبلية (الخوارزميات)، مما يشير إلى أن الفهم الجغرافي يمكن أن يُعاد تركيبه من قبل "عقل آلي" بطريقة مشابهة للعقل البشري ولكن دون ذاتية أو قصدية.

تأتي أهمية البحث من كونه محاولة لإضافة فكرية حول تأثير التكنولوجيا على المعرفة الجغرافية. وتحليل نقدي لمستقبل الجغرافيا في ظل الذكاء الاصطناعي، فضلا عن دعم الفهم الفلسفي لدور الذكاء الاصطناعي الجغرافي في تطور المعرفة الجغرافية، واكتشاف حدود وقدرات الذكاء الاصطناعي الجغرافي وفقًا للنظرية المعرفية وبخاصة عند كانتKANT.وتسليط الضوء على التحديات الفلسفية والأخلاقية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي في البحث الجغرافي.

اما أهداف البحث فتتمثل باستكشاف التحولات في المعرفة الجغرافية بسبب الذكاء الاصطناعي ومناقشة ما إذا كان الذكاء الاصطناعي يُحاكي الذكاء الجغرافي البشري أم يستبدله وكذلك تحليل الفروقات بين التحليل الجغرافي التقليدي والتحليل القائم على الذكاء الاصطناعي.

اعتمد البحث منهج مقارن تحليلي لمقارنة المعرفة البشرية والمعرفة الاصطناعية، ومنهج استدلالي فلسفي لاستكشاف فرضيات وإمكانيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي، مع منهجية نقدية فلسفية لتحليل فلسفي قائم على المعرفة والحدود العقلية.

مفهوم الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI):

هو مجال متعدد التخصصات يجمع بين تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) والبيانات الجغرافية المكانية (Geospatial Data) لتحليل المعلومات المتعلقة بالموقع الجغرافي واتخاذ قرارات مبنية على هذه البيانات. يُعتبر الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) امتدادًا لعلوم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ولكنه يعتمد بشكل أكبر على تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل التعلم الآلي (Machine Learning)، التعلم العميق (Deep Learning)، ومعالجة اللغة الطبيعية (NLP) لتحسين دقة التحليل واستخلاص رؤى أكثر عمقاً. وبذلك فهو يدمج بين الذكاء الاصطناعي مع البيانات الجغرافية لتحليل الأنماط والعلاقات المكانية واتخاذ قرارات مبنية على هذه البيانات.

يرتبط تطور الذكاء الجغرافي الاصطناعي (GeoAI) بالنمو المتزايد في البيانات المكانية الضخمة. يعتمد هذا المجال على منهجيات قائمة على البيانات، وغالبًا ما تستخدم تقنيات التعلم الآلي للتنبؤ من خلال كميات هائلة من البيانات. يعد أحيانا الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) منهجًا تحليليًا يعتمد على الأنماط، حيث لا يتطلب فهمًا معمقًا للعمليات المكانية لتحديد واستخلاص المتغيرات المؤثرة في النماذج المكانية. تستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) الأنماط المكانية الحالية أو البيانات التدريبية، حيث تكون النتائج معروفة مسبقًا، لإجراء تنبؤات يمكن تمثيلها مكانيًا أو زمنياً. حقق الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) العديد من النجاحات والاكتشافات، حيث يتم استخدامه في مجالات متعددة ضمن علم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) مثل تصنيف البيانات، واكتشاف المعالم الجغرافية والاستيفاء المكاني، ومن أبرز مزايا الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) قدرته على الاكتشاف والتنبؤ بالأنماط المكانية المستقبلية بدقة. وتكمن أهمية هذه القدرة في إمكانية التنبؤ بالتغيرات المكانية المستقبلية دون الحاجة إلى فهم العمليات التي تولد هذه الأنماط. فعندما تكون كمية البيانات المتاحة كبيرة، يمكن استخدام الأنماط المكانية المسجلة كبديل عن العمليات المعقدة التي أدت إلى ظهورها. يمكن تشبيه الأنماط المكانية بلقطة شاشة من مقطع فيديو، مثل حركة المركبات على الطرق. اعتمادًا على اللحظة التي يتم فيها إيقاف الفيديو، ستختلف الصورة الناتجة عن تدفق حركة المرور. لكن عند جمع عدد كافٍ من الصور التي توضح مواقع المركبات، يصبح من الممكن التنبؤ بمواقع المركبات المستقبلية بدقة، حتى في ظل العشوائية التي تحكم بعض الجوانب الحركية. بعبارة أخرى، لا يكون من الضروري فهم العمليات الأساسية التي تحكم حركة المركبات والتوزيع المكاني لها للتنبؤ بالحركة المستقبلية، خاصة عندما تتوفر بيانات كافية. من خلال استغلال العناصر المتكررة والقابلة للتنبؤ في هذه الأنماط، يمكن توقع التوزيعات غير المقاسة عبر المكان والزمان، بغض النظر عن العمليات التي أدت إليها. وبهذا، يعزز الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) قدرات التحليل والتنبؤ في العلوم الجغرافية من خلال استثمار البيانات الضخمة لاستخلاص الأنماط المكانية واستقراءها بدقة وفعالية.[١]

تشكيل المعرفة الجغرافية بواسطة الذكاء الاصطناعي ومنهجية التفكير الجغرافي

يُعتبر دمج الذكاء الاصطناعي مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) خطوة طبيعية في تطور تقنيات الجغرافيا، حيث يعزز من قدرة المحللين على معالجة كميات هائلة من البيانات الجغرافية المكانية بسرعة ودقة [٢] . وقد أسهم الذكاء الاصطناعي في إعادة تشكيل عملية إنتاج المعرفة الجغرافية من خلال تغيير طبيعة ما يعتبر

دليلًا أو تفسيرًا مقبولًا تقليديًا، لقد سعى الجغرافيون إلى فهم الظواهر المكانية عبر بناء نظريات وتفسيرات سببية مدعومة بأدلة تجريبية. أما في عصر GeoAI، فهناك تركيز متزايد على نماذج التعلّم الآلي التنبؤية التي تستخلص الأنماط من البيانات الضخمة غالبًا دون إطار نظري مُسبق. يرى باحثون أن هذا التحول نحو التنبؤ على حساب التفسير قد يقلل مساهمة التحليل الجغرافي في تطوير المعرفة العلمية، إذ يبقى الفهم (التفسير السببي) جوهر العلم، بينما التركيز المفرط على مجرد التنبؤ "لا يُعَدُّ تقدمًا في العلم" على سبيل المثال، يشير مايكل جودتشايلد إلى أن حماس البعض لقدرات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) التنبئية (كتوقع الأسواق أو الأوبئة) يعيد توجيه الاهتمام بعيدًا عن الأسئلة التفسيرية التي كانت تقليديًا في صلب البحث الجغرافي.[٣]

كذلك تقبل بعض منهجيات علم البيانات إمكانية الحصول على المعرفة من خوارزميات "الصندوق الأسود" دون فهم شفاف لآلية عملها، وهو افتراض جديد معرفيًا يُضعف التأكيد القديم على ضرورة الرؤية السببية الواضحة، وبذلك، يُعيد الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) تشكيل المعرفة الجغرافية نحو نهج يستكشف العلاقات والأنماط المستترة في بيانات هائلة الحجم، ولكنه يطرح سؤالًا فلسفيًا حول ما إذا كان مجرد الكشف عن الأنماط كافيًا لاعتباره معرفة جغرافية راسخة دون فهم الآليات الكامنة ورائها.

أدى صعود الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) إلى تحولات جوهرية في منهجية التفكير الجغرافي وكيفية ممارسة البحث المكاني. من هذه التحولات بروز نموذج علمي جديد يضاف إلى النماذج التقليدية التجريبية والنظرية في الجغرافيا، إذ شهدنا انتقالًا نحو الاكتشاف العلمي المعتمد على البيانات الضخمة بوصفه "الباراديم الرابع The fourth paradigm "* للعلم. في هذا النموذج، يقوم الباحثون بتوليف ودمج مصادر بيانات متعددة للحصول على رؤى مكانية أشمل، وأحيانًا لاختبار فرضيات جديدة تظهر من البيانات نفسها بدلًا من الاعتماد حصريًا على نظرية سابقة يسلط هذا النموذج الرابع للاستكشاف المكثف للبيانات الضوء على الدور المتزايد لتوليف البيانات إلى جانب التحليل. وهذا يعني أنه يمكن استخدام مصدر بيانات واحد كبديل لمجموعة بيانات أخرى يصعب الحصول عليها. كما يشير إلى أن الجمع بين مصادر بيانات متعددة قد يدعم فهمًا أكثر شمولاً لسؤال بحثي أو قد يساعد في التخفيف من مشاكل ندرة البيانات أو التحيز التمثيلي.

ولإعطاء مثال ملموس، تم استخدام شبكة متاحة بسهولة من آلاف كاميرات الويب (منخفضة الجودة) على وسائل التواصل الاجتماعي لتحديد بداية نمو أوراق الربيع. هذا النموذج أظهر كيف يمكن استخدام وسائل التواصل الاجتماعي من مجموعة متنوعة من المصادر للكشف عن مادة معرفية غامضة (بداية نمو الأوراق في الربيع) وتحديدها وكيف يتم استخراج المناطق التي تشبه تلك المكتسبة من المشاركين البشريين المباشرين[٤].

هذا يعني أن الجغرافيين باتوا يتبنون التحليل الاستكشافي المكثف بالبيانات كنهج مكمل (وأحيانًا بديل) للطريقة الاستدلالية التقليدية، مما وسّع نطاق الأسئلة التي يمكن معالجتها وأتاح الكشف عن أنماط مكانية معقدة لم تكن ظاهرة من قبل. إضافة الى ذلك، هناك توجه متزايد نحو دمج الفكر الجغرافي ضمن تصميم نماذج الذكاء الاصطناعي، بحيث لا تعمل تلك النماذج بمنأى عن المفاهيم المكانية الأساسية. على سبيل المثال، يجري تطوير نماذج *مكانية صريحة* تراعي البعد المكاني بوضوح في خوارزميات التعلّم الآلي، وتم إدخال مفاهيم جغرافية كلاسيكية (مثل مشكلة الوحدات المناطقية المعدلة والتوزيعات المكانية غير المتجانسة) إلى مجتمع أبحاث الذكاء الاصطناعي لفهم تحيزات البيانات المكانية .هذا التلاقي بين علوم المكان وعلوم الحاسوب غيّر طريقة تفكير الجغرافيين، فبدل النظر إلى الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) كمجرد تطبيق للأدوات الحاسوبية على مسائل جغرافية، يُنادى الآن بأن تستوعب نماذج الذكاء الاصطناعي نفسها الخصائص المكانية (كالاعتماد المكاني والتباعد المكاني وعلاقات المكان–والزمان) لتحقيق فهم أدق للنتائج. وقد أظهرت جهود حديثة نجاح دمج الهياكل المكانية ضمن نماذج التعلم العميق، مما يحسّن قدرتها على تمثيل وترميز العلاقات المكانية المعقدة من جهة أخرى، شهدت الثقافة العلمية في الجغرافيا تحولًا نحو اهتمام أكبر بالجوانب الأخلاقية والمنهجية مع انتشار GeoAI، فبعد أن كان النظر في أخلاقيات التقنية يأتي متأخرًا كملاحظة ختامية في الدراسات، بدأ الباحثون بوضع الاعتبارات الأخلاقية في الصدارة أثناء تصميم بحوث GeoAI.

هذا التحول في التفكير يعني طرح أسئلة نقدية منذ البداية حول تأثيرات النماذج ونتائجها على المجتمع والبيئة، وضمان المساءلة في كل مراحل البحث. كما أدى التعرض لتحديات الذكاء الاصطناعي إلى إعادة تأكيد أهمية بعض مبادئ التفكير الجغرافي التقليدية (مثل الاهتمام بعدم اليقين والتباين المكاني) ولكن ضمن أطر جديدة فمثلًا، دفعت محدودية الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) الحالية بعض الجغرافيين إلى اعتبارها فرصة لإحياء الدمج بين النظرية الجغرافية والنمذجة، من خلال المطالبة بتضمين النظريات المكانية لزيادة قابلية تفسير النماذج وتحسين قدرتها على التعميم.[٥]

ومع بروز الحاجة إلى مهارات جديدة، توجب على الجغرافي المعاصر الإلمام بأساسيات علوم البيانات وتعلم الآلة جنبًا إلى جنب مع معرفته المكانية، مما أفرز توجهًا نحو تطوير مناهج تعليمية بينية تمزج الجغرافيا بالحوسبة.

باختصار، يدفع الذكاء الاصطناعي الجغرافي باتجاه نهج تفكير جغرافي أكثر تكاملًا وانفتاحًا ، نهجٌ يستفيد من وفرة البيانات وقوة الخوارزميات، وفي الوقت ذاته يُبقي الإنسان في الدائرة عبر إعمال الفكر النقدي

النظري والأخلاقي. هذا التحول الواعد – إذا أحسن توجيهه – كفيل بأن يطور علم الجغرافيا، ليس فقط بإتاحة أدوات أقوى، بل أيضًا بإثراء الفهم الفلسفي للمعرفة المكانية وكيفية تشكلها في عصر الآلات الذكية.

التحليل المعرفي للذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) من منظور Immanuel Kant

التوافق بين الذكاء الاصطناعي الجغرافي ونظرية (Kant كانت) في المعرفة

فرّق (كانت) بين نوعين من المعرفة :المعرفة التجريبية (a posteriori) المكتسبة من التجربة والملاحظة المباشرة، والمعرفة القبلية (a priori) السابقة على التجربة والتي تستمد صحتها من العقل نفسه وفي مجالGeoAI ، يمكن توضيح هذا الفرق كما يلي:

المعرفة التجريبية (البعدية) :هي النتائج والمعارف التي يستخلصها نظام الذكاء الاصطناعي الجغرافي من تحليل البيانات المكانية الضخمة. على سبيل المثال، اكتشاف نمط انتشار مرض معين في منطقة ما بالاعتماد على بيانات وبائية ومكانية هو معرفة استقرائية بعدية، أي أن النظام تعلم من البيانات التجريبية نفسها. تعتمد أساليب التعلم الآلي (ML) والتعلم العميق (DL) في الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) على استنباط العلاقات والأنماط من البيانات دون فرض نظريات مسبقة حول آلية تولّد تلك البيانات. هذه المقاربة شبيهة بموقف التجريبيين (هيوم والمدرسة الحسية) الذين رأوا أن كل المعرفة تأتي من التجربة. وبالفعل، إحدى مزايا تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) الحديثة أنها تستطيع التعرف على أنماط معقدة في البيانات المكانية بدون الحاجة لفهم ميكانيكي مسبق للعمليات الجغرافية، أي بدون فرض معرفة نظرية قبلية عن تلك العمليات.[٦]

المعرفة القبلية (السابقة على التجربة): في المقابل، تتضمن عمليات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) قدرًا من المعرفة المسبقة التي يضعها الخبراء أو المصمّمون ضمن النموذج. مثلاً، اختيار تمثيل البيانات المكانية وهيكلتها (كتمثيل المواقع بنظام إحداثي معين، أو تعريف مفهوم "المسافة" و"الجوار المكاني") هو إدخال معرفة قبلية .هذه العناصر القبلية تشبه ما وصفه (كانت) بالشرط القبلي الضروري لفهم أي معطى حسي – مثل اعتبار (كانت) الفضاء (المكان) والزمان حدوسًا قبليّة تجعل التجربة المنظمة ممكنة[٧]

وفعليًا، لا يستطيع أي نظام للذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) تحليل بيانات جغرافية إلا ضمن إطار مرجعي مكاني وزماني محدد مُسبقًا من قبل المصمم ، مثل نظام GIS أو نظام إسقاط الخرائط، وهذا الإطار شرط ضروري لفهم العلاقات المكانية كما أن إدراكنا البشري يفترض مسبقًا وجود المكان والزمان. إضافة إلى

ذلك، قد تستخدم بعض نماذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) معرفة نظرية قبلية، فمثلًا قد يُدمج خبراء الجغرافيا قواعد فيزيائية أو بيئية معروفة في نموذج الذكاء الاصطناعي لضبط نتائجه. تشير دراسة حديثة إلى أن تضمين معرفة مجالية تخصصية وقواعد فيزيائية ضمن تدريب النماذج يمكن أن يفرض قيودًا نظرية قوية فوق القيود المستنتجة من البيانات التجريبية نفسها .هذا يعني أن الجمع بين بيانات المكان (البعدية) والمعرفة الجغرافية النظرية (القبلية) غالبًا ما يعطي فهمًا أعمق وأوثق للنتائج. وبدلاً من الاعتماد كليًا على الخوارزمية لاكتشاف العوامل المؤثرة، يمكن مثلا تزويد النموذج بمعرفة مسبقة حول قوانين انتشار الملوثات في الهواء، مما يوجه الذكاء الاصطناعي الجغرافي لاكتشافات أكثر موثوقية ومعقولة سببيًا[٨] . باختصار، المعرفة البعدية في الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) هي ما يتعلمه النموذج من البيانات (كالأنماط والعلاقات المستنبطة تجريبيًا)، بينما المعرفة القبلية تتمثل في كل ما نضعه نحن فيه مقدمًا من بنى ومفاهيم (كتمثيل المكان والزمان وافتراضات الخبراء). ومن منظور (كانت)، لا غنى عن تفاعل الاثنين: فلا تحليل البيانات وحده يكفي لتشكيل "معرفة" ما لم يتم تفسيره ضمن إطار مفاهيمي عقلي، ولا تنفع المفاهيم القبلية بلا بيانات تملؤها.

يؤكد إيمانويل كانت في نقد العقل المحض أن المعرفة نتاج تفاعل بين معطيات الحواس (التجربة) وبُنى عقلية قبلية ينظم بها العقل تلك المعطيات، فالعقل البشري ليس صفحة بيضاء تمامًا تُنقش فقط بالخبرة الحسية، بل يمتلك مقدمًا أشكالًا ومفاهيم فطرية (قبليّة) يفرضها على التجربة لجعل المعرفة ممكنة

في مجال الذكاء الاصطناعي الجغرافي(GeoAI) ، نجد موازاة واضحة مع رؤية (كانت): تعتمد أنظمة الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) على البيانات الجغرافية التجريبية (المعطيات الحسية بالمعنى الواسع) لاكتشاف أنماط وعلاقات مكانية، لكن لابد أيضًا من إطار نظري أو نماذج ضمنية لفهم تلك البيانات، فعلى سبيل المثال، يتبنى علم البيانات افتراضًا معرفيًا أساسيًا بأن المعرفة يمكن اكتسابها عبر الملاحظة[٩]

وهذا يعكس جانب المعرفة التجريبية (a posteriori) في فلسفة (كانت). وفي الوقت نفسه، تُظهِر ممارسات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) أن تحليل البيانات المكانية يتطلب هيكلة مسبقة – مثل نظام الإحداثيات والخريطة والمفاهيم الجغرافية الأساسية – وهي بمثابة عناصر قبلية (a priori) تُمكّن من فهم البيانات المكانية. هذه البُنى القبلية في الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) تشبه لدى (كانت) مقولات العقل وصور الحدس الحسي التي بدونها لا يمكن لأي خبرة أن تُفضي إلى معرفة منظمة .وبعبارة أخرى، كما يرى (كانت) أن العقل يساهم بنشاط في بناء المعرفة بتوفير قالب مسبق لتجربة الحواس، فإن نماذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) وخوارزمياته تتضمن افتراضات مكانية وزمانية تسمح بإدراك الأنماط المكانية في البيانات الخام.

تطبيق فئات الفهم عند (كانت) على تحليل البيانات الجغرافية

قدم (كانت) في كتابه نقد العقل المحض مقولات البنى العقلية القبلية (A Priori Structures) التي يستخدمها العقل البشري لتنظيم التجربة الحسية وتحويلها إلى معرفة قابلة للفهم ، وتسمى مقولات الفهمCategories of Understanding ، وتشمل مفاهيم أساسية مثل **مقولات الكمّ Of Quantity** (الوحدةUnity، التعددPlurality، العموم او الكليةTotality) **ومقولات الكيفOf Quality** (الواقعReality، النفيNegation، التحديدLimitation) **ومقولات العلاقة** (التلازم والثبوت Inherence and Subsistence، السببية والاعتمادCausality and Dependence المجتمع أو التفاعل المتبادل Community) **ومقولات الجهة أو الإمكان** (Of Modality) (الإمكان والاستحالة Possibility–Impossibility، الوجود والعدم Existence–Nonexistence، الضرورة والاحتمالية Necessity–Contingency) يرى (كانت) أن هذه المقولات هي مفاهيم عقلية ضرورية تنظّم كل معرفة بشرية، فهي شروط مسبقة لتجربة مفهومة، ويجب أن تنطبق على جميع موضوعات المعرفة الممكنة على سبيل المثال، لا يمكننا إدراك أي ظاهرة بشكل منظم دون مفاهيم العدد أو السببية وغيرها، إذ تشكل هذه المقولات إطارًا قبليًا لفهمنا للعالم.[١٠]

تطبيق المقولات في تحليل البيانات الجغرافية والذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI)

يسعى مجال الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) إلى دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع البيانات المكانية والجغرافية لفهم الأنماط والعلاقات المكانية. يمكن تفسير عمل نظم الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) من خلال عدسة مقولات (كانت) على النحو التالي:

الكم :(Quantity)

في مفهوم الوحدة والتعدد (Unity & Plurality): يؤكد (كانت) أن العقل يفهم التجربة عبر تجميع الكثير الحسي في مفهوم واحد شامل، أي إدراك الوحدة في إطار التعدد ففي نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتحليلات GeoAI، نرى تطبيق ذلك عند تجميع نقاط بيانات متعددة (plurality) ضمن أنماط أو مناطق موحّدة (unity) فمثلًا، تحويل آلاف النقاط الفردية لبيانات السكان إلى خريطة كثافة أو منطقة موحدة الخصائص هو حكم عقلي بالكلّية (Totality) على أساس الكثرة المفردة. الخوارزميات العنقودية clustering في تعلم الآلة تجمع بيانات متفرقة في مجموعات متجانسة، مما يعكس مفهوم الوحدة المنظم للكثرة. هكذا تُستخدم مقولة الكمّ بشكل غير مباشر، فالخوارزمية تكتشف الكتل لكن المحلل يُسميها منطقة أو فئة معتبرًا إياها

كيانًا واحدًا ذا خصائص عامة. هذا التنظيم لا يوجد في البيانات نفسها بل يأتي من عندنا وهو ما قصده (كانت) بمقولات الفهم التي نفرضها لنرتب المعطيات لمفهوم الكم في الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI)

تعتمد دقة نماذج التعلم الآلي المكانية على كمية البيانات التدريبية المتاحة، إذ تؤدي زيادة حجم العيّنات والمشاهدات المكانية إلى تحسين أداء النماذج .يشير باحثون إلى أن تقنيات التعلم العميق تعتمد بشدة على توفر بيانات وافرة، حيث يتحسّن النموذج كلما زاد عدد الأمثلة المكانية التي يستعملها في السياق الجغرافي، يشمل الكم أيضًا مقياس التحليل (مثال: على مستوى المدينة أم البلد) ودقة الوحدات المكانية (مثل درجة وضوح صور الأقمار الصناعية). تحديات تعدّدية البيانات تظهر هنا أيضًا، فقد تتنوع مصادر البيانات المكانية (صور فضائية، بيانات مستشعرات، خرائط) من حيث الكمّ والدقة، مما يتطلب معالجة كميات ضخمة من المعلومات الموزعة مكانياً .[١١]

الكيف :(Quality)

تشير مقولة الكيف إلى نوعية الخصائص والصفات فيGeoAI ، يظهر ذلك في اختلاف نوع البيانات المكانية وخصائصها، البيانات الجغرافية متنوعة (صور رقمية، بيانات ارتفاعات، سجلات مناخية...)، ولكل منها طبيعة نوعية خاصة ويتعين على نماذج الذكاء الاصطناعي معالجة التباين في نوعية البيانات وهو ما يسميه الجغرافيون التباين المكاني، مثلًا تختلف خصائص الظواهر بين منطقة وأخرى (بيئيًا واجتماعيًا)، ما يجعل العلاقات المستنتجة في منطقة غير صالحة في أخرى بدون ان يتم تعديلها ، لذا بدأت الأبحاث الحديثة بتطوير نماذج تأخذ بالحسبان عدم تجانس المكان، على سبيل المثال، قد يُقسَّم المجال الجغرافي إلى مناطق فرعية متجانسة نسبيًا، ويُدرَّب نموذج ذكاء اصطناعي مخصص لكل منطقة لضمان دقة أعلى، بدلًا من نموذج واحد لكل المناطق .أيضًا يظهر مفهوم الكيف في جودة البيانات المكانية نفسها – مثل دقة القياسات وصحة تصنيفها. أخطاء أو نقص الجودة في البيانات (كوجود قيم مفقودة أو قياسات خاطئة) تؤثر في مخرجات النماذج. لذلك تُبذل جهود في الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) لتحسين نوعية المدخلات عبر المعالجة المسبقة للبيانات وتصحيح العيوب قبل نمذجتها.[١٢] فضلا عما ذكرنا سابقا من الحرص على دمج خبرات الخبراء الجغرافيين بالنماذج، فأن إدخال المعرفة التخصصية (كالمبادئ الجغرافية الفيزيائية أو الخرائطية) إلى خوارزميات الذكاء الاصطناعي يحسّن موثوقية النتائج ويجعلها أكثر تطابقًا مع الواقع .مثل هذا الدمج بين المعرفة البشرية والنموذج الآلي يرفع دقة القرارات المكانية ويضبط خصائصها النوعية لتكون معقولة.[١٣]

العلاقة:(Relation)

وتعد مقولة السببية (Causality): عند (كانت) عنصرًا قبليًا أساسيًا يفرضه العقل لفهم تسلسل الأحداث، وفي تحليل البيانات الجغرافية، نسعى غالبًا لتفسير الأنماط المكانية تفسيرات سببية (مثلاً: هل يسبب التلوث الصناعي ارتفاعًا في معدلات المرض في منطقة معينة؟). غير أن خوارزميات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) بطبيعتها تستخرج ارتباطات من البيانات ولا تملك فهمًا متأصلًا لمفهوم "العلية" ذاته. هنا يأتي دور الباحث أو المحلل البشري الذي يفسر نتائج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) ضمن إطار سببي: أي يُسقط مقولة العلية لفهم العلاقة بين المتغيرات المكانية، فمن منظور (كانت) العقل البشري هو من يضيف مفهوم السببية لتحويل الاقتران المُشاهَد في البيانات إلى حُكم معرفي بأن X سبب Y أما الذكاء الاصطناعي بذاته فلا يضمن هذا الإدراك السببي ما لم يُبرمَج بطريقة ما لإدخال معلومات سببية أو نماذج توليدية في التحليل.

تمثل مقولة العلاقة التلازم والثبوت (Inherence and Subsistence) عند (كانت) من الأساسيات في تكوين المعرفة، حيث يرى أن كل خاصية أو صفة تعتمد على وجود جوهر (Substance) تستند إليه، أي أن الخصائص لا توجد بذاتها، بل داخل موضوع معين. في GeoAI، يُمثل كل كيان جغرافي (مكان أو منطقة أو نقطة على الخريطة) الجوهر الذي تتلازم به الخصائص الجغرافية الأخرى. أي ان التحليل المكاني القائم على الذكاء الاصطناعي، تكون العلاقة بين الموقع الجغرافي والصفات التي يحملها ذلك الموقع علاقة تلازميه. لكن تعتمد العلاقة بين الصفات والموقع على طريقة جمع البيانات، مما يطرح مشكلتين: الصفات قد لا تكون "متلازمة" بطبيعتها مع الموقع: على سبيل المثال، يمكن أن تسجل الأقمار الصناعية درجة حرارة معينة لموقع معين، لكن تلك الدرجة يمكن أن تتغير باستمرار، ولا يمكن اعتبارها متلازمة حقيقية بالمكان نفسه وإعادة تخصيص البيانات قد تفكك العلاقة التلازمية مثلا يتم تقدير قيم مناخية لمناطق لم يكن فيها محطات مناخية، فإن العلاقة التلازمية بين البيانات والموقع تصبح علاقة افتراضية وليست جوهرية.

ان إدراك **الروابط بين الظواهر مثل السببية والتفاعل المتبادل** في التحليل الجغرافي أساسية جدًا فالترابط المكاني (Spatial autocorrelation)وهو القانون الأول للجغرافيا والذي يعني ان كل الأشياء مرتبطة ببعضها، وان الأشياء القريبة مكانيًا أكثر ارتباطًا من البعيدة. هذا المفهوم جرى تضمينه صراحةً في نماذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) الحديثة،على سبيل المثال استثمر باحثون مبدأ الترابط المكاني لتحويل مهمة الكشف عن أجسام في صور فضائية إلى مسألة سلسلة زمنية، بحيث تأخذ الشبكة العميقة بعين الاعتبار تسلسل المواقع المجاورة بدلاً من معالجة كل موقع بمعزل؛ نتيجة لذلك أمكن للنموذج اكتشاف معالم (على

الأرض وعلى المريخ) بدقة أعلى رغم توفر معلومات تدريب محدودة –أي أن فهم العلاقة المكانية بين البيانات عوّض عن نقص الكمّ كذلك تشمل *العلاقة* مفهوم السببية المكانية أي تحديد العوامل المؤثرة في حدوث ظاهرة مكانية معينة. هنا يظهر اختلاف بين الفهم البشري والنموذج الآلي: العقل البشري (وفقًا ل(كانت)) يفترض مبدأ السببية لكل حدث، لكن خوارزميات التعلم الآلي التقليدية لا تدرك السببية تلقائيًا بل تبحث عن الارتباطات الإحصائية. مثلًا، قد يجد نظام ذكاء اصطناعي أن انتشار مرض ما يرتبط مكانيًا بتوزيع معيّن للنباتات دون أن *يفهم* أن العامل الحقيقي ربما هو وجود بعوض بهذا الغطاء النباتي يسبب المرض. لذا فإن تفسير نتائج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) يتطلب تدخلًا بشريًا لاستنتاج السببية الحقيقية من الارتباط، من الناحية العملية بدأ الباحثون يهتمون بمجال الذكاء الاصطناعي التفسيري في الجغرافيا (X–GeoAI) لتوليد تفسيرات مفهومة للبشر، مثلًا حول **لماذا** صنّف النموذج منطقة ما بأنها عالية الخطورة؟ ان توفير تفسيرات للعلاقات (مثل تحديد العوامل المكانية التي أدّت إلى قرار النموذج) مهم لبناء الثقة بنتائج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) واستخدامها في قرارات مصيرية كإدارة الكوارث.[١٤]

اما مقولة المجتمع أو التفاعل المتبادل Community فتشير إلى العلاقة بين الظواهر المختلفة حيث تؤثر كل ظاهرة على الأخرى في علاقة تكاملية وليست سببية فقط. ووفقًا ل(كانت)، هذه العلاقة تختلف عن السببية، لأن الظواهر في التفاعل المتبادل لا تتبع نمط السبب والنتيجة الخطي، بل تتفاعل مع بعضها البعض بشكل ديناميكي متبادل، هذه المقولة مهمة في تحليل الأنظمة المكانية والجغرافية، حيث لا يمكن فهم أي ظاهرة جغرافية بمعزل عن التأثيرات التي تتبادلها مع غيرها.

باختصار، مقولة العلاقة حاضرة في الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) عبر الاهتمام بالاتصالات المكانية (جوار، مسافة، شبكة طرق... إلخ) وضرورة فهم علاقات السببية أو التأثير وراء الأنماط التي يكشفها الذكاء الاصطناعي الجغرافي.

الإمكان:(Modality)

الإمكان والضرورة (Possibility & Necessity): في التحليل المكاني، نفرّق بين ما هو ممكن مكانيًا أو إحصائيًا وما هو ضروري أو حتمي على سبيل المثال، قد يشير نموذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) إلى احتماليات انتشار ظاهرة ما في المستقبل (مجال الممكن)، لكن تحديد ما إذا كان حدوثها حتميًا أو طارئًا يتجاوز مجرد الحسابات الاحتمالية البحتة. العقل البشري هو الذي يضفي حكمًا يتعلق بالضرورة أو الإمكان عند تفسير نتائج السيناريوهات المكانية المستخرجة من النماذج.

الخوارزمية بحد ذاتها تقدم تنبؤات احتمالية (a posteriori)، أما تقييمنا لما إذا كانت هذه العلاقات تعكس قوانين ضرورية أم مجرد مصادفات، فهو حكم عقلي قبلي نطبقه أثناء فهم النتائج. أي ان هذه المقولة تتعلق بمدى إمكان وجود شيء أو حدوث حدث، وواقعيته أو ضرورته. في سياقGeoAI ، يظهر ذلك في التنبؤات المكانية واحتمالاتها .كثير من تطبيقات الذكاء الاصطناعي الجغرافي تكون تنبؤية بطبيعتها – مثل توقع المناطق المعرضة لزلازل أو فيضانات، أو نمذجة انتشار ظاهرة معينة مستقبلًا. هنا يتعين على النظام التعامل مع عدم اليقين وإعطاء نتائج على شكل احتمالات. في التعلم الآلي عمومًا، تعبّر مخرجات النموذج عن درجة إمكان أو احتمال انتماء كيان ما إلى فئة معينة .على سبيل المثال، عند إعطاء صورة قمر صناعي لنموذج تصنيف أراضي، قد يكون المخرج احتمال ٧٠% أنها منطقة غابات، ٢٠% أراضٍ عشبية، ١٠% جرداء، هذا التوزيع الاحتمالي هو تمثيل رقمي لمقولة الإمكان – أي أن النموذج لا يجزم تصنيفًا قطعيًا بل يعطي درجة ثقة قابلة للتأويل كاحتمال. في التحليل الجغرافي، يُستخدم ذلك عمليًا في خرائط المخاطر التي تلوّن المناطق حسب احتمالية حدوث الظاهرة (مثلاً خريطة تبين احتمال فيضان كل منطقة بنسبة مئوية). علاوة على ذلك، يرتبط الإمكان بمفهوم السيناريوهات المكانية الممكنة .على سبيل المثال، في تخطيط المدن المدعوم بالذكاء الاصطناعي، قد يولّد النظام عدة سيناريوهات محتملة لتوسع عمراني مستقبلًا بناءً على معطيات حالية كل منها يمثل إمكانًا مختلفًا. ثم يُقيّم المخططون البشريون هذه السيناريوهات (مثلاً: هذا السيناريو *ممكن* لكن غير مرغوب، والآخر أكثر *احتمالاً* وفق المعطيات...). أخيرًا، تشير **مقولة الضرورة** أيضًا إلى القيود أو القوانين التي يجب تحققها دائمًا. في النمذجة المكانية، هناك حقائق ضرورية فيزيائية أو هندسية (مثل استحالة وجود قيمة سالب لمساحة أرض أو ضرورة اتصال شبكة الطرق في الخريطة). نماذج الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) الناجحة تأخذ هذه الضرورات كقيود أثناء التعلم، حتى لا تنتج مخرجات غير منطقية رياضياً أو واقعياً.

نقد موثوقية المقولات عند توظيفها في الذكاء الاصطناعي الجغرافي:

بالرغم من وجاهة إسقاط مقولات (كانت) على تحليل الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) لفهم آلية عمله، هناك نقاش فلسفي حول مدى تطابق هذه المقولات مع طبيعة التعلم الآلي الرياضية والإحصائية .يشير النقاد إلى عدة فروق جوهرية: أولًا، مقولات (كانت) بُنِيت لوصف ذهن الإنسان وكيف يفهم العالم بصورة قبلية. أما أنظمة الذكاء الاصطناعي الحالية فهي تعتمد على التعلم من البيانات التجريبية بكميات هائلة بدلًا من البنى القبلية. على سبيل المثال، الأطفال (البشر) قادرون على تعلم مفاهيم جديدة من بضع مشاهدات فقط، في حين يتطلب النموذج الآلي آلاف الأمثلة المصنفة ليصل لمستوى أداء مماثل. تقنيات الذكاء الاصطناعي الجغرافي

تعتمد بقوة على الاستقراء من البيانات التجريبية (وهي منهجية بعدية تمامًا). ان الاستقراء وحده لا يضمن الوصول إلى حقائق ضرورية أو قوانين كلية، وأن التجربة يمكنها كشف تتابعات منتظمة للأحداث، لكنها لا تستطيع برهنة مبدأ ضروري كعلاقة السببية "كل حدث له سبب") أو الاستمرارية عبر الزمن. اذ اننا سنجد أن النماذج التي تعتمد فقط على البيانات قد تقع في نفس إشكالية هيوم: تستخرج أنماطًا لكنها لا تستطيع ذاتيًا تمييز الضروري من العرضي أو السببي من الاقتراني. إن المعرفة المنتجة آليًا بدون إطار نظري قد تبقى معرفة ظاهرية تفتقر لليقين السببي أو التفسير الضروري. فالذكاء الاصطناعي قد يخبرنا أن ظاهرتين تحدثان معًا مرارًا، لكن هل هي علاقة سبب بمسبب أم مجرد صدفة احصائية؟ هنا تظهر حدود الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) ما لم نقحمه في سياق نظري أوسع. (كانت) حل هذه المعضلة عبر القول بأن العقل يمدّنا قبليًا بمبدأ السببية وغيره من المبادئ الضرورية التي تجعل العلم ممكنًا.

العالم الحقيقي لا يأتي مُعنونًا وجاهزًا بشكل منظم كما في بيانات التدريب مما يعني أن طريقة تعلّم الآلة تختلف جذريًا عن فهم الإنسان منذ البداية. من منظور (كانت)، المعرفة ليست مجرد تنظيم للبيانات بل فعل حكم يقوم به ذات عارفة تمتلك فهمًا واعيًا للمفاهيم. الآلة في GeoAI، مهما بلغت قدرتها الحسابية، تظل تفتقر إلى ذاتية الفهم (Self-conscious understanding) التي اعتبرها (كانت) شرطًا أساسيًا للحكم والمعرفة. صحيح أن الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) قادر على إصدار أحكام (مثال: هذه المنطقة ذات خطورة فيضانات عالية بناءً على البيانات)، ولكن هل هذه الأحكام ناتجة عن فهم conceptually understood أم مجرد مخرجات حسابية؟ يشير بعض الباحثين من منظور (كانتي) إلى أن أحكام الذكاء الاصطناعي تأخذ شكلًا لا يمكن مساواته تمامًا بأحكام الفهم الإنساني[١٥] ان عدم امتلاك الذكاء الاصطناعي لمقولات فطرية مدمجة، تجعله لا يعرف عن الوحدة أو السببية أو الضرورة إلا إذا برمجناها فيه أو استنتجها إحصائيًا، لذا قد يقع النظام في أخطاء في التصنيف والفهم لا يقع فيها العقل البشري المدرك للمفاهيم. مثال شهير في الذكاء الاصطناعي (وإن لم يكن جغرافيًا) هو خطأ نظام صور جوجل عام ٢٠١٥ حين صنّف وجوه أشخاص من ذوي البشرة السمراء على أنهم فصيلة من القرود نتيجة تشابه بصري سطحي. هذا الخطأ الفادح يعكس قصور النظام عن استيعاب مفهوم الشخص الإنساني مقابل الحيوان – أي غياب بعض مقولات الكيف والعلاقة (لا يملك مفهومًا عن الجوهر الإنساني أو عن سياق العلاقة بين المصوِّر والموضوع).[١٦]

في السياق الجغرافي، قد يظهر مكافئ لهذه المشكلة عندما يسيء النموذج تفسير نمط مكاني ما لأنه يفتقر لفهم السياق أو العلاقات السببية خلف البيانات. على سبيل المثال، قد يتوهم نموذج تنبؤي أن وجود نوع معين من

النباتات سببٌ لانتشار مرض في منطقة لأنهما متلازمان مكانيًا في بيانات التدريب – بينما يدرك العقل البشري أن النبات بحد ذاته غير مسبب بل هناك عامل آخر (مثل المناخ أو الحشرات) وهو العلة.

كما أن أنظمة التعلم العميق كثيرًا ما توصف بأنها صندوق أسود في قراراتها، أي يصعب تفسير كيف وصلت إلى نتيجة معينة. هذا الغموض التفسيري يتعارض مع شرط (كانت) بأن المعرفة تتطلب وضوحًا في كيفية تطبيق المفهوم على الظاهرة. فإذا كان حتى مطورو الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) عاجزين عن شرح الآليات السببية أو المنطقية خلف مخرجات النموذج (بسبب تعقيد الشبكات العصبية مثلاً)، فهذا يعني أن ما يقدمه الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) أشبه بمعرفة غير مشروحة لا ترقى لمستوى المعرفة المفهومة عقليًا التي اشترطها (كانت) ،والذي شدّد أن الفهم بدون الحدوس الحسية أعمى، والحدوس الحسية بدون فهم عمياء، وبالمثل، مخرجات الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) بلا تفسير عقلي ربما تكون عمياء فلسفيًا ومفيدة كأدوات تنبؤ إحصائي لكنها غير مُبرهَنة ضمن إطار سببي أو عقلي واضح.[١٧]

اعتبر (كانت) أن معرفتنا محصورة في عالم الظواهر (الأشياء كما تظهر لنا من خلال قوالب إدراكنا) ولا تطال الأشياء في ذاتها. يمكن مجازًا تطبيق هذا على الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) بالقول إن النماذج الحاسوبية تتعامل مع معطيات ظاهرة (data) تم قياسها ورصدها، لكنها قد لا تكشف لنا الجوهر الكامن وراء تلك المعطيات. فعلى سبيل المثال، قد يتعرف نظام الذكاء الاصطناعي على نمط معين في توزيع الغطاء النباتي، لكن تفسير السبب العميق (كأن يكون مرتبطًا بتغير مناخي أو نمط تربة معين) قد لا يبرز تلقائيًا من البيانات. يبقى جوهر العلاقة السببية أو القانون العلمي خلف النمط خفيًا ما لم يتم إدماج المعرفة العلمية البشرية. وبذلك يمكن القول إن الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) يصف الظواهر المكانية ولكنه لا يكشف الأسباب الكامنة إلا بقدر ما نوجهه نحن لذلك. وبالتالي، تظل معرفة الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) مقيدة بقصور البيانات وظروف جمعها، فهي مرآة لما هو ظاهر في عين البيانات، وليست عصا سحرية للوصول إلى حقائق تتجاوز ذلك الظاهر. هذا يتفق مع (كانت) في أن هناك حدودًا بِنيوية للمعرفة الآلية – فذكاء الآلة لا يمكنه القفز خارج إطار المعطيات الحسية المزوَّدة لها ولا تمتلك الحدوس أو المقولات الخاصة بها كما نحن. إن دور الباحث الإنساني يظل أساسيًا لإضفاء المعنى والمعرفة الحقة على نتائج GeoAI، عبر دمج النتائج في سياق نظري أوسع والتأكد من اتساقها مع مبادئ عقلانية أعمق.

ان موثوقية النتائج هنا محل تساؤل إن اعتمدنا فقط على استنتاجات النموذج دون تمحيص مفاهيمي، من المنظور (الكانتي)، فان (كانت) نفسه حذّر أن المقولات لا معنى لها إن لم تطبق على معطيات الحس والتجربة، فالتطبيق الأعمى للمقولات بدون ارتباط فعلي بالواقع قد يقود إلى أخطاء. وفي حالة الذكاء

الاصطناعي، الوضع معكوس فالنموذج ينتج أنماطًا من البيانات دون امتلاك مقولات منظمة، ثم يأتي دورنا نحن في محاولة إسقاط مقولات الفهم عليها لفهمها .هذا يفتح الباب أمام عدم التطابق أو المحدودية، مثلًا هل التصنيف الذي يقوم به النموذج يعادل حكمًا ضمن مقولة الكم والكيف عند العقل؟ أم أنه مجرد ملاءمة رياضية للأنماط لا ترقى إلى حكم عقلي؟ هناك من الباحثين من يشك بأن الشبكات العصبية الحالية تحقق فهمًا بمعنى (كانت) ، ويعتبرونها أدوات إحصائية قوية فحسب، رغم ذلك يجادل آخرون بإمكانية التقريب بين الطرفين. بعض الأبحاث الحديثة سعت إلى جسر الهوّة بين مقولات الفهم والذكاء الاصطناعي بشكل منهجي. على سبيل المثال، قدّم ريتشارد إيفانز مقاربة باسم" **محرك الإدراك** "**Apperception Engine** يُحاول فيها محاكاة بنية الإدراك (الكانتية) داخل نظام تعلّم آلي يربط هذا النموذج المدخلات الحسيّة الخام بعلاقات ثنائية أولية، ويشتق منها *مفاهيم أحادية* تماثل مقولات الفهم (مثل الوحدة والسببية)، بهدف تمكين الآلة من بناء تجربة موحّدة من بيانات مبعثرة .هذه المقاربة التجريبية تدل على أن مقولات (كانت) يمكن أن تكون ملهمة في تصميم خوارزميات تجعل فهم الآلة أقرب لفهم الإنسان مع ذلك، تبقى هذه المحاولات في بداياتها، ولا يزال هناك نقاش حول مدى نجاحها ومدى حاجتنا إليها[١٨].

الاستنتاجات

يوفر منظور (كانت) النقدي إطارًا ثريًا لفهم إمكانات وحدود الذكاء الاصطناعي الجغرافي فمن ناحية، يذكرنا بأن المعرفة المكانية التي ينتجها الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) تعتمد دائمًا على تضافر المعطيات التجريبية مع الهياكل المفاهيمية، سواء كانت تلك الهياكل مبرمجة صراحةً في النموذج أم موفرة من قِبل محلل بشري يفسّر النتائج. ومن ناحية أخرى، ينبهنا إلى أن الاقتصار على النهج الاستقرائي الآلي دون فهم أو تأطير نظري قد يجعل "معرفة "الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) سطحية أو معرضة لسوء التفسير. في نهاية المطاف، لضمان أن يكون ما تنتجه أنظمة الذكاء الاصطناعي الجغرافي **معرفة** وليس مجرد أنماط رقمية، فلا بد من دمج بصيرة الإنسان (المزوَّدة بمقولات العقل وفهمه السببي) مع قدرة الآلة في المعالجة. بهذا التكامل فقط يمكن تجاوز محدودية الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) كأداة تجريبية صرف نحو بناء معرفة جغرافية أعمق تتوافق مع شروط الفلسفية العلمية لقيام معرفة موضوعية وصحيحة.

References

1. Dipanwita Chakrabarti, The Kantian Notion of Categories and their Origin, Athens Journal of Philosophy - Volume 3, Issue 3, September 2024.
2. Evans, Richard, The Apperception Engine. In Hyeongjoo Kim & Dieter Schönecker, Kant and Artificial Intelligence. De Gruyter,2022. https://philarchive.org/rec/EVATA
3. Hu, Yingjie. et al. 'A five-year milestone: reflections on advances and limitations in GeoAI research', Annals of GIS, Volume 30, Issue (1),2024.
4. Janiak, Andrew, Kant's Views on Space and Time, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2022 Edition), Edward N. Zalta (ed.). https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/kant-spacetime
5. Jongwoo Seo, Unexplainability of Artificial Intelligence Judgments in Kant's Perspective, arXiv:2407.18950v2 [cs.AI] 8 Sep 2024. https://arxiv.org/pdf/2407.18950v2
6. Krzysztof Janowicz, Philosophical Foundations of GeoAI: Exploring Sustainability, Diversity, and Bias in GeoAI and Spatial Data Science. https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.06508
7. Krzysztof Janowicz. et al. GeoAI: Spatially Explicit Artificial Intelligence Techniques for Geographic Knowledge Discovery and Beyond, International Journal of Geographical Information Science, Volume 34, Issue 4,2020.
8. Levi John, Richard Harris ،Alison Heppenstall, A Research Agenda for Spatial Analysis, Wolf, Edward Elgar, UK,2024.
9. Roberto Pierdicca , Marina Paolanti, GeoAI: a review of artificial intelligence approaches for the interpretation of complex geomatics data, Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, Volume 11, issue 1,2022.
10. Tobias Schlicht, Minds, Brains, and Deep Learning: The Development of Cognitive Science Through the Lens of Kant's Approach to Cognition, Kant and Artificial Intelligence,EDT. Hyeongjoo Kim and Dieter Schönecker, Walter de Gruyter GmbH, Berlin,2022.
11. Wenwen Li.et.al, GeoAI for Science and the Science of GeoAI, JOURNAL OF SPATIAL INFORMATION SCIENCE, Number 29 ,2024.

روابط لمواقع الكترونية

https://www.esri.com/ar-sa/capabilities/geoai/overview

هوامش البحث :

1. Levi John, Richard Harris ،Alison Heppenstall, A Research Agenda for Spatial Analysis, Wolf, Edward Elgar,UK,2024 p19,
2. https://www.esri.com/ar-sa/capabilities/geoai/overview
3. Hu, Yingjie. et al. 'A five-year milestone: reflections on advances and limitations in GeoAI research', Annals of GIS, Volume 30, Issue (1),2024. pp. 1–14.

* البارادايم الرابع (The Fourth Paradigm) هو مصطلح يشير إلى التحول في منهجية البحث العلمي نحو علم البيانات. تم تقديم هذا المصطلح من قبل جيم غراي (Jim Gray)، عالم الكمبيوتر الشهير، ليصف الثورة في البحث العلمي المدفوعة بالتطور الهائل في جمع البيانات وتحليلها.

4. Krzysztof Janowicz. et al. GeoAI: Spatially Explicit Artificial Intelligence Techniques for Geographic Knowledge Discovery and Beyond, International Journal of Geographical Information Science, Volume 34, Issue 4,2020, P.2
5. Hu, Yingjie, op.cit. pp. 1–14
6. Roberto Pierdicca , Marina Paolanti, GeoAI: a review of artificial intelligence approaches for the interpretation of complex geomatics data, Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, Volume 11, issue 1,2022.P. 195–218.
7. Janiak, Andrew, Kant's Views on Space and Time, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2022 Edition), Edward N. Zalta (ed.). https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/kant-spacetime
8. Roberto Pierdicca, Marina Paolanti, op.cit. pp.195-218
9. Krzysztof Janowicz, Philosophical Foundations of GeoAI: Exploring Sustainability, Diversity, and Bias in GeoAI and Spatial Data Science. https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.06508
10. Dipanwita Chakrabarti, The Kantian Notion of Categories and their Origin, Athens Journal of Philosophy - Volume 3, Issue 3, September 2024 – Pages 149-162.
11. Roberto Pierdicca, Marina Paolanti, op.cit. pp. 195-218
12. Wenwen Li.et.al, GeoAI for Science and the Science of GeoAI, JOURNAL OF SPATIAL INFORMATION SCIENCE Number 29 (2024), pp. 1–17.
13. Roberto Pierdicca, Marina Paolanti. op.cit. pp. 195-218
14. Wenwen Li.et.al, op.cit. pp. 1-17.
15. Jongwoo Seo, Unexplainability of Artificial Intelligence Judgments in Kant's Perspective, arXiv:2407.18950v2 [cs.AI] 8 Sep 2024. https://arxiv.org/pdf/2407.18950v2
16. Tobias Schlicht, Minds, Brains, and Deep Learning: The Development of Cognitive Science Through the Lens of Kant's Approach to Cognition, Kant and Artificial Intelligence,EDT. Hyeongjoo Kim and Dieter Schönecker, Walter de Gruyter GmbH, Berlin,2022.P.20
17. Krzysztof Janowicz, op.cit. https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.06508
18. Evans, Richard ,The Apperception Engine. In Hyeongjoo Kim & Dieter Schönecker, Kant and Artificial Intelligence. De Gruyter,2022, pp. 39-104. https://philarchive.org/rec/EVATA