

الذكاء الاصطناعي التوليدي في الجغرافيا:

بنية وتطور مجال ناشئ

ساي-ليونغ نغ 1،* وشين-مين تشو 2

1Department of Geography, Chinese Culture University, Taipei 11114, Taiwan

2Department of Geography, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung 80201, Taiwan;

t4898@mail.nknu.edu.tw

Correspondence: wsl7@ulive.pccu.edu.tw; Tel.: +886-2-2861-0511 (ext. 25722)

ترجمة بتصرف

أ.د. مضر خليل عمر

١. مقدمة

أصبح الذكاء الاصطناعي محركاً رئيسياً للتحويل في مجال البحوث الجغرافية، إذ أعاد تشكيل كيفية توليد البيانات المكانية وتحليلها وتفسيرها . على مدى العقد الماضي، أدت التطورات في مجال التعلم الآلي والتعلم العميق إلى توسيع القدرة التحليلية للجغرافيا بشكل كبير، لا سيما في مجالات مثل علوم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، والنمذجة البيئية، والدراسات الحضرية . ومؤخراً، مثل ظهور الذكاء الاصطناعي التوليدي تحولاً نوعياً في هذا المسار . يشير الذكاء الاصطناعي التوليدي إلى مجموعة من النماذج الحاسوبية القادرة على إنتاج مخرجات جديدة إحصائياً تحاكي البيانات الموجودة، بما في ذلك الصور والنصوص والأنماط المكانية المعقدة . على النقيض من الأجيال السابقة من الذكاء الاصطناعي التي ركزت بشكل أساسي على الاستدلال القائم على القواعد أو التنبؤ التمييزي صُممت نماذج الذكاء الاصطناعي من الجيل الجديد لتوليد بيانات وتمثيلات وسرديات جديدة مما يفتح آفاقاً جديدة لإنتاج المعرفة الجغرافية . هذا التحول يثير تساؤلات مهمة حول كيفية تبني الذكاء الاصطناعي من الجيل الجديد في الجغرافيا، كعلم.

غالباً ما تتطوي الظواهر الجغرافية على ملاحظات غير مكتملة، وحدود غير مؤكدة، وتفاعلات متعددة المستويات، مما يجعل الأساليب التوليدية جذابة لمهام مثل زيادة البيانات المكانية، وتقليص النطاق، وتوليد السيناريوهات، ودمج المعلومات المكانية والنصية . ونتيجة لذلك، انتشرت تطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي بسرعة عبر العديد من المجالات الفرعية للجغرافيا. في الجغرافيا الطبيعية والبيئية، تم استخدام النماذج التوليدية لتحسين صور الاستشعار عن بعد، ومحاكاة تغيرات الغطاء الأرضي وتوليد مجموعات بيانات مناخية أو بيئية عالية الدقة من ملاحظات متفرقة . في الجغرافيا البشرية والحضرية، تم تطبيق الذكاء الاصطناعي التوليدي على محاكاة الشكل الحضري ونمذجة أنماط التنقل وتحليل السرديات المكانية المستمدة من بيانات نصية واسعة النطاق . في علوم نظم المعلومات الجغرافية ورسم الخرائط، تدعم التقنيات التوليدية إنتاج الخرائط الآلي، وإسناد البيانات المكانية، وأشكالاً جديدة للتصور الجغرافي وسرد القصص .

على الرغم من تزايد حجم الأبحاث، ما تزال الدراسات المنشورة حول الذكاء الاصطناعي العام في الجغرافيا مجزأة. تركز معظم الدراسات بشكل ضيق على مناهج أو مجموعات بيانات أو مجالات تطبيق محددة، وتنتشر في مجموعة واسعة من المجالات في الجغرافيا وعلوم الحاسوب، والعلوم البيئية، والدراسات الحضرية . على الرغم من أن العديد من المراجعات السردية قد تناولت تطبيقات الذكاء الاصطناعي العام في الجغرافيا ، إلا أن هذه المراجعات تعتمد عادةً على مجموعة صغيرة نسبياً من الدراسات. ونتيجة لذلك، غالباً ما تعتمد استنتاجاتها على توليف انتقائي والتفسير النوعي للمؤلفين الأفراد. في المقابل، ركز عدد محدود من المراجعات المنهجية على فروع جغرافية محددة، مثل علم المعلومات الجغرافية ، والاستشعار عن بعد والدراسات الإقليمية ، أو التخطيط الحضري . بينما تُقدّم هذه المراجعات رؤية قيّمة، إلا أنها تميل إلى إعطاء

الأولوية للأداء التقني أو النتائج الخاصة بمجال مُحدد، بدلاً من دراسة البنية العامة وتطور مجال البحث. ونتيجةً لذلك، ما يزال من غير الواضح كيف تطورت أبحاث الذكاء الاصطناعي العام في الجغرافيا بمرور الوقت، ولم يُولَ اهتمام كافٍ لتحديد موضوعاتها الرئيسية.

يُقدّم التحليل الببليومتري وسيلة فعالة لمعالجة هذه القيود. فمن خلال التحليل الكمي لكميات كبيرة من الأدبيات العلمية، تُمكن الأساليب الببليومترية من رسم خرائط منهجية لأداء البحث، والتطور الموضوعي، والشبكات الفكرية والتعاونية، مما يُوفّر منظوراً على مستوى كلي لإنتاج المعرفة. يُعدّ تطبيق منظور ببليومتري على دراسة الذكاء الاصطناعي العام في الجغرافيا أمراً مناسباً في الوقت المناسب لعدة أسباب. **أولاً**، أدّت الوتيرة السريعة للابتكار المنهجي، لا سيما بعد إصدار نماذج لغوية كبيرة مثل ChatGPT واعتمادها على نطاق واسع في عام 2022، إلى زيادة حادة في المنشورات ذات الصلة في السنوات الأخيرة. يتجلى هذا النمو في الدراسات التطبيقية التي تستخدم نماذج التعلم الآلي في المهام الجغرافية المكانية وسير العمل، بما في ذلك نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتطوير نماذج التعلم الآلي في المجال الجغرافي المكاني، وتوليد الشفرات الجغرافية المكانية واستخدام الأدوات، ورسم الخرائط والتصميم الخرائطي باستخدام اللغة الطبيعية.

ينعكس هذا النمو أيضاً في دراسات المقارنة والتقييم التي تبحث في قيود نماذج التعلم الآلي في الإدراك المكاني، والاستدلال المكاني، وأداء المهام الجغرافية المكانية. **ثانياً**، تُشكل الطبيعة متعددة التخصصات لأبحاث الذكاء الاصطناعي من الجيل الجديد تحديات إضافية، حيث غالباً ما تكون الدراسات ذات الصلة مُضمنة ضمن مجالات أوسع في الذكاء الاصطناعي، أو علم البيانات، أو مجالات مُحددة، بدلاً من أن تُصاغ بشكل صريح كبحث جغرافي. ويمكن لتحليل ببليومتري شامل أن يُساعد في توضيح كيفية معالجة هذه القضايا، أو تجاهلها، في الأدبيات الحالية.

يمكن لتحليل ببليومتري شامل أن يُساعد في توضيح كيفية معالجة هذه القضايا، أو تجاهلها، في الأدبيات الموجودة. في هذا السياق، تهدف هذه الدراسة إلى تقديم مراجعة ببليومترية منهجية للبحوث المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي في الجغرافيا، مع التركيز على الجغرافيا كمجال تخصصي أساسي، مع دمج مجالات البحث الجغرافي المكاني الأوسع نطاقاً، بما في ذلك علوم نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بعد، والدراسات الحضرية. وعلى وجه التحديد، تسعى الدراسة إلى رسم خريطة للبنية المعرفية لهذا المجال الناشئ، وتحديد محاور البحث الرئيسية وتطورها الزمني، ودراسة الأسس الفكرية وشبكات التعاون في إطاره تحديد الأدبيات، وتبسيط الضوء على الاتجاهات الناشئة والفجوات البحثية.

منهجياً، يجمع التحليل بين مؤشرات الأداء وتقنيات رسم خرائط العلوم، بما في ذلك تحليل الكلمات المتكررة (لتحديد المواضيع وتطورها)، وتحليل الاستشهاد المشترك (للتبعية الأسس الفكرية). وبذلك، تقدم هذه الورقة توليفاً في الوقت المناسب للمرحلة الأخيرة من تبني الذكاء الاصطناعي العام في الجغرافيا، موفرةً خريطة منهجية واسعة النطاق لتطور المجال وبنيته وتنظيمه الفكري، تتجاوز المراجعات الحالية القائمة على دراسات الحالة والمخصصة في مجالات محددة. وبالتالي، تُسهّم هذه الدراسة في فهم أوضح لكيفية إعادة تشكيل الذكاء الاصطناعي العام للبحث الجغرافي. ويمكن أن تُفيد النتائج في التطوير المنهجي المستقبلي، والتعاون متعدد التخصصات، والتفكير النقدي في دور التقنيات التوليدية في إنتاج المعرفة الجغرافية.

2.مراجعة الأدبيات

2.1.تطور الذكاء الاصطناعي والبحوث الجغرافية

يسبق تطبيق الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا الاهتمام المتزايد مؤخرًا بالذكاء الاصطناعي التوليدي، ويمكن تتبعه إلى الجهود المبكرة في أنظمة الخبراء، ودعم اتخاذ القرارات المكانية، والنمذجة القائمة على القواعد ضمن نظم المعلومات الجغرافية. سعت هذه المناهج المبكرة إلى صياغة الاستدلال الجغرافي ودعم مهام التخطيط والإدارة، ولكنها كانت مقيدة بقدرة حاسوبية محدودة وتمثيلات معرفية جامدة. مع توسع البيانات المكانية الرقمية والتقدم في الحوسبة، بدأت تقنيات التعلم الآلي تلعب دورًا أكثر بروزًا في البحوث الجغرافية، مما مكّن من التصنيف والتجسيم والتنبؤ القائم على البيانات عبر نطاق واسع من المشكلات المكانية. شكّل ظهور التعلم العميق نقطة تحول مهمة في هذا التطور. أظهرت الشبكات العصبية الالتفافية، والشبكات العصبية المتكررة، والبنى ذات الصلة، أداءً قويًا في مهام مثل تصنيف الصور، واكتشاف الأجسام، ونمذجة التسلسلات، مما انعكس بشكل طبيعي على الاستشعار عن بُعد، والتعرف على الأنماط المكانية، والتنبؤ المكاني الزمني. شهدت هذه الفترة ترسيخ ما يُشار إليه غالبًا بالذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني (GeoAI)، وهو نموذج بحثي يدمج تقنيات الذكاء الاصطناعي مع العلوم المكانية لمعالجة المسائل الجغرافية المعقدة. في حين أن معظم تطبيقات التعلم العميق ظلت تميزية بشكل أساسي، مع التركيز على تصنيف أو التنبؤ بالمتغيرات المعروفة، فقد أرست الأساس المنهجي والمفاهيمي لاعتماد المناهج التوليدية لاحقًا. يمتد الذكاء الاصطناعي التوليدي على هذا المسار من خلال تحويل التركيز التحليلي من التنبؤ إلى التركيب. بدلاً من استنتاج المخرجات من المدخلات ضمن فئات محددة مسبقًا، تهدف النماذج التوليدية إلى تعلم عمليات توليد البيانات الأساسية، وإنتاج نماذج جديدة ومعقولة للبيانات الجغرافية. هذا التمييز ذو أهمية خاصة في الجغرافيا، حيث يمثل نقص تغطية البيانات، وعدم تطابق المقاييس، وعدم اليقين تحديات مستمرة. نتيجة لذلك، تم استكشاف النماذج التوليدية بشكل متزايد كأدوات ليس فقط لتحسين دقة التنبؤ، بل أيضًا لتوسيع القدرات التمثيلية والاستكشافية للتحليل الجغرافي. في الفترة التي تلت عام 2022، ارتبط جزء كبير من هذا الزخم بالأنظمة القائمة على نماذج التعلم الخطي (LLM) ونماذج التحويل التوليدية المدربة مسبقًا (GPT)، والتي انتشرت بسرعة في مجالات علوم نظم المعلومات الجغرافية والمجالات الجغرافية، وحفزت سير عمل جديدة للتفاعل مع البيانات الجغرافية المكانية باستخدام اللغة الطبيعية. من بين التقنيات التوليدية، تُعدّ الشبكات التوليدية التنافسية (GANS) الأكثر استخدامًا في البحوث الجغرافية حتى الآن. تتكون هذه الشبكات من مُولّد ومُدرّبين على التنافس، مما يُتيح توليد بيانات اصطناعية واقعية للغاية. في الجغرافيا، طُبِّقت الشبكات التوليدية التنافسية على نطاق واسع في الاستشعار عن بُعد ومراقبة الأرض، بما في ذلك مهام مثل تحسين دقة صور الأقمار الصناعية، وإزالة السحب، وتوليف الغطاء الأرضي، وترجمة البيانات بين أجهزة الاستشعار المختلفة. تُبرز هذه التطبيقات أهمية هذه التقنيات قدرة الشبكات التوليدية الخصومية (GANS) على معالجة فجوات الدقة المكانية وندرة البيانات، لا سيما في المناطق التي تندر فيها الملاحظات عالية الجودة.

وفي الآونة الأخيرة، تمثل نماذج اللغة الطبيعية (LLMs) ونماذج الأساس متعددة الوسائط توسعًا إضافيًا للقدرات التوليدية ذات الصلة بالجغرافيا. تتميز نماذج اللغة الطبيعية بقدرتها على معالجة وتوليد اللغة الطبيعية على نطاق واسع، مما يتيح تطبيقات مثل استخراج المعرفة الجغرافية وإزالة الغموض عن أسماء الأماكن، والاستدلال المكاني على النصوص، وتوليف السرديات المكانية. منذ عام 2022، أصبح العمل الذي يركز على نماذج اللغة الطبيعية اتجاهًا بارزًا بشكل خاص في علوم نظم المعلومات الجغرافية والبحوث الجغرافية، ويرجع ذلك جزئيًا إلى أن مصطلحات مثل "LLM" و "GPT" و "ChatGPT" تُستخدم بشكل

متكرر في العناوين والملخصات والكلمات المفتاحية لوصف أطر عمل نماذج اللغة الطبيعية الجغرافية المكانية الجديدة وتطبيقاتها وتقييماتها . عند دمجها مع المدخلات المرئية والمكانية، تُسهّل النماذج متعددة الوسائط دمج الخرائط والصور والنصوص، مما يفتح آفاقاً جديدة للتصور الجغرافي والتواصل الخرائطي والتفاعل بين الإنسان والحاسوب في البحوث الجغرافية.

تشمل المساهمات الحديثة الموجهة نحو علوم نظم المعلومات الجغرافية أطر عمل نماذج التعلم اللغوي الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية أو الموجهة نحو الذكاء الاصطناعي الجغرافي ، ومناقشات تحديد الأولويات حول الفرص والتحديات لدمج نماذج التعلم اللغوي مع مفاهيم وأساليب علوم نظم المعلومات الجغرافية . كما تم استكشاف الأنظمة القائمة على نماذج التعلم اللغوي للتفاعل مع البيانات الجغرافية المكانية باستخدام اللغة الطبيعية من خلال تجزئة المهام واستخدام الأدوات في سير العمل .

في رسم الخرائط والتصور الجغرافي، استُخدمت نماذج التعلم اللغوي لدعم سير عمل تصميم الخرائط القائم على اللغة الطبيعية، والذي يقلل من الحواجز التقنية مع الحفاظ على القيود الخرائطية . إلى جانب هذه التطبيقات، بدأت أعمال التقييم في تحديد حدود نماذج التعلم الآلي في الإدراك المكاني، والاستدلال المكاني، وأداء المهام الجغرافية المكانية وهو أمر أساسي لتقييم مدى موثوقية مخرجات هذه النماذج في التحليل الجغرافي . تتحدى هذه التطورات التمييزات التقليدية بين المناهج الكمية والنوعية، مما يشير إلى مستقبل أكثر تكاملاً للبحث الجغرافي.

2.2. تطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي في الجغرافيا

يشمل تطبيق الذكاء الاصطناعي التوليدي مجالات متعددة في الجغرافيا، مما يعكس تنوع هذا التخصص وتداخله بين التخصصات. في الجغرافيا الطبيعية والبيئية، تُستخدم النماذج التوليدية بشكل شائع لتحسين البيانات الرصدية ودعم النمذجة البيئية وتشمل التطبيقات توليد مجموعات بيانات مناخية عالية الدقة . من خلال تعزيز الملاحظات التجريبية، يُمكن الذكاء الاصطناعي التوليدي من إجراء تحليل أكثر تفصيلاً للتغير البيئي، ويدعم جهود النمذجة في السياقات التي تفتقر إلى البيانات. في الجغرافيا البشرية والحضرية، طُبقت المناهج التوليدية على نمذجة الشكل الحضري، وشبكات النقل، وأنماط التنقل البشري. تستخدم دراسات المحاكاة الحضرية النماذج التوليدية لاستكشاف سيناريوهات التنمية البديلة، وتقييم آثار البنية التحتية، وتصور مستقبل المدن المحتمل .

كما استُخدمت النماذج التوليدية النصية لتحليل مجموعات كبيرة من بيانات وسائل التواصل الاجتماعي، ووثائق التخطيط، والنصوص التاريخية، مما يُسهّل دراسة إدراك المكان، والسرديات الاجتماعية المكانية، والذاكرة الجماعية . تُبرز هذه التطبيقات إمكانات الذكاء الاصطناعي التوليدي في الربط بين التحليل المكاني والأبعاد الاجتماعية والثقافية للجغرافيا. بالمقارنة مع الاستشعار عن بُعد، قد يكون هذا المجال أكثر تنوعاً من الناحية المنهجية، حيث يجمع بين الدراسات الموجهة نحو المحاكاة والتحليلات اللغوية التي تستمد من العلوم الاجتماعية الحاسوبية والعلوم الإنسانية الرقمية. في مجال علوم نظم المعلومات الجغرافية ورسم الخرائط، ساهم الذكاء الاصطناعي التوليدي في تطوير الخرائط الآلية، ومعالجة البيانات المكانية، والتحليلات الجغرافية المرئية.

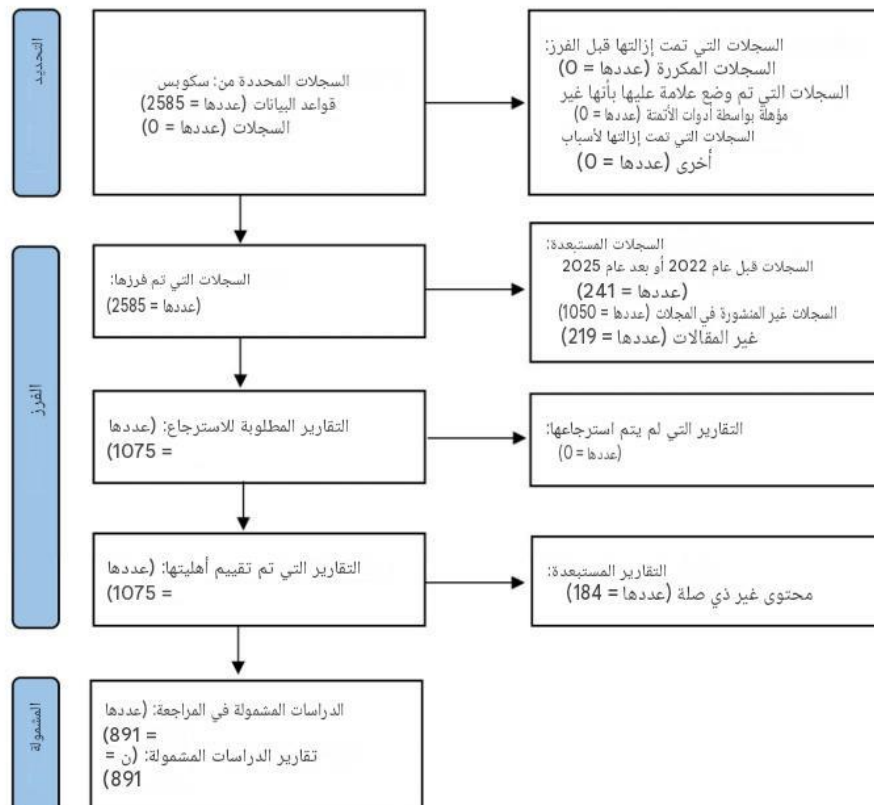
تدعم التقنيات التوليدية إنشاء خرائط وتمثيلات مرئية مصممة خصيصاً لمستخدمين محددين أو سياقات معينة، بالإضافة إلى توليف مجموعات البيانات المكانية التي تدمج مصادر ومقاييس متعددة . تتوافق هذه التطورات مع التوجهات الأوسع نحو نظم المعلومات الجغرافية التي تركز على المستخدم والتصور الجغرافي التفاعلي، حيث يمكن للنماذج التوليدية أن تتكيف ديناميكياً مع التمثيل لتلبية الاحتياجات التحليلية . ولأن علم

نظم المعلومات الجغرافية يقع بين تطبيقات المجال والتطوير المنهجي، فإنه قد يعمل كحلقة وصل تربط بين الجوانب البيئية والحضرية، والجوانب التي تركز على الإنسان في أبحاث الذكاء الاصطناعي التوليدي. في هذه المجالات، يعكس تبني الذكاء الاصطناعي التوليدي كلاً من الفرص التكنولوجية والتجريب المنهجي. ومع ذلك، ما تزال التطبيقات غير متساوية مع تركيز كبير في الاستشعار عن بعد والنمذجة البيئية، وعدد أقل نسبياً من الدراسات في البحوث الجغرافية النوعية أو النقدية أو التشاركية. هذا الخلل يجعل رسم الخرائط على مستوى المجال أمراً بالغ الأهمية، سواء لتحديد المواضيع غير المُمثلة بشكل كافٍ أو لتوضيح ما إذا كانت المناقشات الأخلاقية والمعرفية مُدمجة في البحوث التطبيقية السائدة أم أنها لا تزال معزولة.

3. المنهجية

3.1. جمع البيانات

تضمن هذه الدراسة استرجاع البيانات البليوغرافية بشفافية وقابلية للتكرار من خلال وفقاً لإرشادات PRISMA 2020 (بنود الإبلاغ المفضلة للمراجعات المنهجية والتحليلات التلوية) (الشكل 1). وقد تم تطبيق ذلك من خلال ثلاث خطوات متسلسلة: التحديد، والفرز، والإدراج تم تحديد مجموعة المراجع من خلال البحث عن الوثائق ذات الصلة في سكوبس.



الشكل 1. عملية اختيار الأدبيات وفقاً لإرشادات PRISMA 2020 (بنود الإبلاغ المفضلة للمراجعات المنهجية والتحليلات التلوية).

على الرغم من أن سكوبس وويب أوف ساينس (WoS) معترف بهما على نطاق واسع كونهما من قواعد البيانات الببليوغرافية الرائدة لدراسات قياسات الإنتاج الفكري، فقد تم اختيار سكوبس كمصدر البيانات الوحيد لثلاثة أسباب. أولاً، تتداخل قاعدتا البيانات بشكل كبير في العديد من المجالات، ولكن توفر سكوبس عادةً تغطية أوسع للمجلات المحكمة في مجالات الجغرافيا، ونظم المعلومات الجغرافية، والدراسات الحضرية، والعلوم البيئية، والمنافذ متعددة التخصصات ذات الصلة. وتُعدّ هذه الميزة مفيدة للمواضيع متعددة التخصصات التي تتوزع مخرجاتها على مجالات متعددة بدلاً من تركيزها في مجموعة صغيرة من المجالات الأساسية. ثانياً، قد تؤدي الاختلافات في ممارسات الفهرسة وهياكل البيانات الوصفية بين سكوبس و WoS إلى عدم تجانس عند دمج مجموعات البيانات. لذا، فإن استخدام قاعدة بيانات واحدة متسقة داخلياً يحسّن الشفافية وقابلية التفسير لرسم الخرائط على مستوى المجال. ثالثاً، يُسهّل التركيز على قاعدة بيانات واحدة عملية تكرار البحث والفرز.

تم تنفيذ استعلام البيانات في 5 يناير 2026 باستخدام المنطق البولياني ومجموعتين من الكلمات المفتاحية ذات الصلة: العنوان-القيمة المطلقة-المفتاح ((الذكاء الاصطناعي التوليدي" أو GenAI أو "الذكاء الاصطناعي التوليدي" أو "نموذج اللغة الكبير*" أو LLM* أو "المحول التوليدي المدرب مسبقاً" أو ChatGPT أو "GPT-5" أو "GPT-5" أو "GPT-4" أو GPT4 أو "GPT-3.5" أو GPT3.5 أو "GPT-3" أو GPT3) و(البيانات الجغرافية* أو البيانات المكانية أو "البيانات المكانية" أو نظام المعلومات الجغرافية* أو GIS أو رسم الخرائط* أو "الاستشعار عن بعد" أو "مراقبة الأرض" أو "علوم نظم المعلومات الجغرافية" أو GeoAI أو التصور الجغرافي* أو المناطق الحضرية* أو "استخدام الأراضي" أو غطاء الأرض)).

صُممت سلسلة الكلمات المفتاحية هذه لاسترجاع الوثائق التي تربط بشكل صريح بين الذكاء الاصطناعي التوليدي والبحوث الجغرافية أو الجغرافية المكانية، وبالتالي تشمل كلاً من الدراسات التي تركز على الجغرافيا ومجالات البحوث الجغرافية المكانية ذات الصلة التي تُسهم في إنتاج المعرفة الجغرافية. تُفَعّل كتلة الكلمات المفتاحية الأولى خطاب الذكاء الاصطناعي التوليدي من خلال الجمع بين المصطلحات الشاملة غير المرتبطة بنموذج معين (مثل "الذكاء الاصطناعي التوليدي"، "GenAI" مع مصطلحات الفهرسة عالية التردد المتعلقة بنماذج اللغة الكبيرة (مثل "نموذج اللغة الكبير*"، "GPT"، "ChatGPT")، والتي تعكس المفردات السائدة المستخدمة لوصف أبحاث الذكاء الاصطناعي التوليدي بعد عام 2022 في المنافذ الموجهة للجغرافيا، وتوفر حدوداً تشغيلية واضحة وقابلة للتكرار لمجموعة البيانات.

يجمع القسم الثاني بين المصطلحات التخصصية (مثل: الجغرافيا، علوم نظم المعلومات الجغرافية، رسم الخرائط) مع تطبيقاتها الأساسية (مثل: الاستشعار عن بُعد، رصد الأرض، استخدام الأراضي/غطائها، المناطق الحضرية) لرصد التوزيع متعدد التخصصات لأبحاث الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول. تم تنفيذ عملية الفرز على مرحلتين. أولاً، طُبقت فلاتر قواعد البيانات لحصر السجلات ضمن النطاق الزمني المستهدف، ونوع المصدر، ونوع الوثيقة. تحديداً، حُدِدت سنوات النشر بين عامي 2022 و 2025 أمر الفلتر (PUBYEAR > 2021 AND PUBYEAR < 2026)؛ مما يعكس الانتشار الأخير لتقنيات الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول المرتبطة بظهور وانتشار برامج الماجستير في القانون. تم الاحتفاظ فقط بالمنشورات في المجالات العلمية أمر التصنيفية "j" (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j") : لضمان محتوى علمي مُحكَم من قِبل النظراء، ولتقليل التناقضات في تغطية الفهرسة واكتمال البيانات الوصفية الشائعة في أوراق المؤتمرات وفصول الكتب وغيرها من المخرجات غير المنشورة في المجالات. وللحصول على البحوث الأصلية، تم الاحتفاظ فقط بالمقالات البحثية (أمر التصنيفية (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) : ثانياً،

أزيلت السجلات المكررة بمقارنة معرفّات الكائنات الرقمية (DOIs) ، وفي حال عدم وجودها، تم مطابقة العناوين وأسماء المؤلفين لتحديد الإدخالات المتداخلة. وشملت عملية الفرز أيضاً التحقق من الأهلية بناءً على مراجعة العناوين والملخصات لضمان أن الدراسات المُحتفظ بها تُركز بشكل صريح على أساليب الذكاء الاصطناعي التوليدي، وأنها ذات صلة بسياقات البحث الجغرافية أو الجغرافية المكانية. تم استبعاد السجلات التي تُركز على أساليب الذكاء الاصطناعي غير التوليدي، أو التي تفتقر إلى عنصر مكاني أو جغرافي واضح. بعد الفرز، تم إدراج 891 مقالة لتحليلها البليومتري.

3.2. تحليل البيانات وتصويرها

قبل إجراء التحليل البليومتري، تم تنظيف مجموعة البيانات يدوياً بناءً على مجموعة محددة مسبقاً من قواعد التوحيد المطبقة بشكل متسق على جميع أجزاء مجموعة البيانات. ركز التنظيف على توحيد التناقضات وتقليل التجزئة المصطنعة الناتجة عن اختلافات التسميات، بما في ذلك الاختلافات بين الدول (مثل: المملكة المتحدة/المملكة المتحدة، الولايات المتحدة الأمريكية/الولايات المتحدة)، والاختلافات الإملائية، وصيغ الجمع والمفرد، والوصلات، والاختصارات (مثل: نظم المعلومات الجغرافية مقابل نظم المعلومات الجغرافية). ضمنت عملية التنظيف صحة هياكل الشبكة المستمدة من الكلمات المفتاحية للمؤلفين، والكلمات المفتاحية المفهرسة، والانتماءات، وحقول البلدان.

لاستكشاف بنية وتطور أبحاث الذكاء الاصطناعي التوليدي في الجغرافيا، تطبق هذه الدراسة مزيجاً من تحليل الأداء وتقنيات رسم خرائط العلوم، باتباع مناهج قياس الإنتاج العلمي المعتمدة. يوفر تحليل الأداء نظرة عامة على اتجاهات النشر وإنتاجية البحث. تشمل المؤشرات الرئيسية مخرجات النشر السنوية، والمجلات الرائدة، والمؤلفين والبلدان الأكثر إنتاجية. توفر هذه المؤشرات أساساً وصفيًا لفهم نمو وتوزيع أبحاث الذكاء الاصطناعي التوليدي في الجغرافيا. يدرس رسم خرائط العلوم بنية وديناميكيات مجال علمي باستخدام تقنيات قياس الإنتاج العلمي القائمة على الشبكات. على وجه التحديد، تحليل التواجد المشترك للكلمات المفتاحية لرسم خريطة البنية الموضوعية بناءً على أنماط التواجد المشترك للكلمات المفتاحية، وتحليل الاستشهاد المشترك لتحديد الأسس الفكرية بناءً على المراجع أو المصادر المستشهد بها بشكل مشترك، على التوالي. تحليل التواجد المشترك للكلمات المفتاحية لرسم خريطة البنية الموضوعية بناءً على أنماط التواجد المشترك للكلمات المفتاحية، وتحليل الاستشهاد المشترك لتحديد الأسس الفكرية بناءً على المراجع أو المصادر المستشهد بها بشكل مشترك، على التوالي. أُجريت جميع التحليلات والتصورات باستخدام برنامج VOSviewer (الإصدار 1.6.20).

في التصورات، تُمثل العقد عناصر بليوغرافية (مثل الكلمات المفتاحية، والوثائق، والمصادر، أو البلدان). يعكس حجم العقدة مدى أهمية السمة (مثل التكرار أو الاستشهادات)، ويشير سُمك الرابط إلى قوة العلاقة (مثل التواجد المشترك أو قوة الترابط)، ويعكس التقارب المكاني درجة الترابط. تقوم خوارزمية التجميع في VOSviewer بتجميع العناصر في مجموعات تدعم تفسير الموضوعات والمجموعات الفكرية. تم تحديد قيم العتبة وتكوينات التجميع من خلال اختبار تكراري لتحقيق التوازن بين تغطية الشبكة وقابلية التفسير. تؤدي العتبات المنخفضة إلى زيادة كثافة الشبكة لكنها قد تُقلل من الوضوح بسبب تداخل المجموعات، بينما تؤدي العتبات المرتفعة إلى تحسين الفصل لكنها قد تستبعد عناصر ذات صلة. يوفر التكوين المُختار بنية تجميع واضحة وقابلة للتفسير مع الحفاظ على تمثيل كافٍ لمجموعة البيانات. تم فحص حلول التجميع المؤلدة في ظل إعدادات معلمات مختلفة للتأكد من ثبات الأنماط الموضوعية الرئيسية ودلالاتها الجوهرية.

4.النتائج.

4.1.مخرجات النشر

يوضح الشكل 2 التوزيع السنوي للمقالات المنشورة في المجلات العلمية حول الذكاء الاصطناعي العام والجغرافيا من عام 2022 إلى عام 2025. تُظهر مخرجات النشر مسار نمو واضح وسريع على مدى هذه السنوات الأربع، بمعدل نمو سنوي يتجاوز 300%، مما يدل على الظهور السريع وترسخ الذكاء الاصطناعي العام كمحور بحثي ضمن العلوم الجغرافية. في عام 2022، نُشر 11 مقالاً فقط متعلقاً بالذكاء الاصطناعي العام، ليرتفع العدد إلى 45 مقالاً في عام 2023، ثم إلى 204 مقالات في عام 2024، قبل أن يصل إلى ذروته عند 631 مقالاً في عام 2025. إجمالاً، نُشر 835 مقالاً، تمثل 93.7% من مجموعة البيانات، خلال العامين الأخيرين.

يشير نمط النشر هذا إلى أن المجال لم يتطور عبر انتشار منهجي تدريجي، بل عبر تبني سريع حفزه النشر العام لنماذج اللغة الكبيرة وأنظمة التوليد متعددة الوسائط، وما تلاه من استقرارها. وبالمقارنة مع الموجات السابقة لتطبيقات الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا خلال العقد الأول من الألفية الثانية، والتي امتدت على مدى فترة أطول وانتشرت تدريجياً عبر مجالات فرعية مثل الاستشعار عن بعد والتحليل المكاني، فإن الأدبيات المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام تُظهر دورة تبني متسارعة بشكل ملحوظ. ويشير هذا النمط إلى أن الذكاء الاصطناعي العام دخل الجغرافيا ليس كامتداد تدريجي للأدوات الموجودة، بل كمجموعة من الأنظمة سهلة الوصول التي خفضت الحواجز التقنية للتجريب والتطبيق.

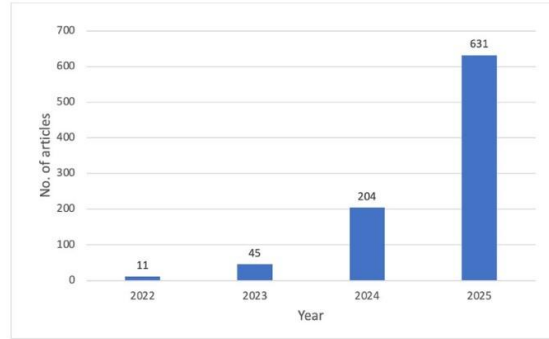


Figure 2. Number of articles on GenAI and geography research.

يُظهر التوزيع الجغرافي للمنشورات تفاوتاً كبيراً (الشكل 3). تُساهم الصين بـ 364 مقالاً، مُشكّلةً 40.9% من إجمالي المنشورات، تليها الولايات المتحدة بـ 201 مقالاً (22.6%) وتحتل المملكة المتحدة المرتبة الثالثة بـ 64 مقالاً (7.2%)، بينما تُشكّل ألمانيا (43 مقالاً، 4.8%)، وإسبانيا (38 مقالاً، 4.3%)، وكندا (35 مقالاً، 3.9%)، وأستراليا (33 مقالاً، 3.7%)، مجموعة ثانية من الدول المُساهمة. وبذلك، تُساهم الصين والولايات المتحدة معاً بـ 565 مقالاً، أي ما يُعادل 63.4% من إجمالي المنشورات، مُشيرةً إلى تركيز قوي للبحوث الجغرافية المُتعلّقة بالذكاء الاصطناعي العام ضمن هذين النظامين البحثيين الوطنيين. تساهم مجموعة أوسع من الدول بمخرجات أقل تواضعاً، تتراوح عادةً بين 10 و31 مقالاً لكل منها، وتشمل المملكة العربية السعودية، وكوريا الجنوبية، والهند، وإيطاليا، وهونغ كونغ، وسنغافورة، واليابان، وفرنسا، وهولندا، وبولندا، والإمارات العربية المتحدة، وماليزيا، وسويسرا، والبرازيل، وتايوان، والنمسا، وجمهورية التشيك، ونيوزيلندا، وتركيا. ويعكس هذا التوزيع نمطاً طويلاً الذيل، حيث يهيمن عدد قليل من الدول على الإنتاج النشر، بينما تشارك مجموعة أكبر من الدول بمستويات أدنى. ويعكس التوزيع المؤسسي النمط على

مستوى الدول (الجدول 1). ومن بين المؤسسات الثماني عشرة التي لديها 10 منشورات على الأقل، تقع 14 مؤسسة في الصين، واثنان في الولايات المتحدة، وواحدة في ألمانيا، وواحدة في هونغ كونغ. تنصدر جامعة ووهان القائمة بـ 42 مقالاً، تليها الأكاديمية الصينية للعلوم بـ 30 مقالاً، ثم جامعة تسينغها بـ 22 مقالاً. تشمل المؤسسات الصينية الأخرى ذات الإنتاجية العالية: جامعة الأكاديمية الصينية للعلوم، ووزارة التعليم في جمهورية الصين الشعبية، وجامعة الصين للعلوم الأرض، وجامعة بيهانغ، وجامعة بكين، وجامعة تونغجي، وجامعة تشجيانغ، وجامعة جنوب شرق، وعدد من معاهد البحوث الوطنية. أما خارج الصين، فتسجل جامعة هونغ كونغ 15 مقالاً، بينما يساهم معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة تكساس إيه آند إم بـ 14 و 11 مقالاً على التوالي. وتُعد جامعة ميونخ التقنية المؤسسة الأوروبية الأعلى إنتاجاً بـ 11 مقالاً. يتطابق تركيز المؤسسات الرائدة في الصين والولايات المتحدة بشكل وثيق مع حصصها المهيمنة من الناتج النشر الوطني، مما يشير إلى أن بروزها على مستوى الدولة مدفوع بعدد قليل نسبياً من الجامعات ومراكز الأبحاث عالية الإنتاجية، وليس بقاعدة مؤسسية واسعة الانتشار. وتستند إحصاءات الانتماء إلى الإحصاء الكامل لانتماءات المؤلفين كما هو مفهرس في سكوبس، وهي ممارسة شائعة في تحليل الأداء الببليومتري.

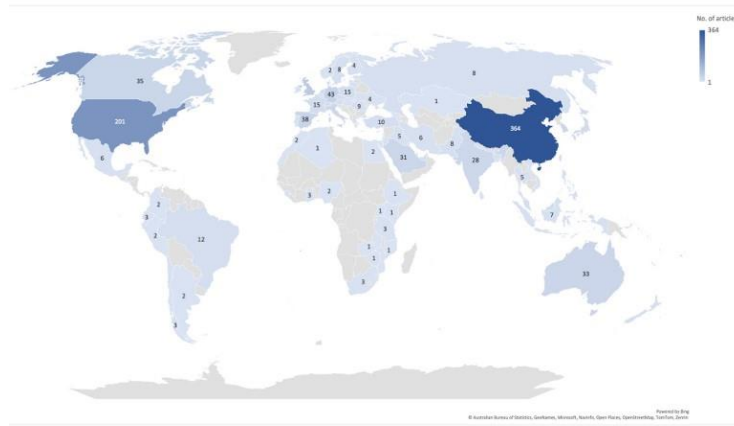


Figure 3. Number of articles on GenAI and geography research (Note: numbers and colors shown on the map indicate the number of articles contributed by each country or territory. The map was created using Microsoft Excel for Mac, Version 16.78.3 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).).

Table 1. Productive institutes on GenAI and geography research.

Rank (nth)	Institute ¹	Country/Territory	Articles
1	Wuhan University	China	42
2	Chinese Academy of Sciences	China	30
3	Tsinghua University	China	22
4	University of Chinese Academy of Sciences	China	20
5	Ministry of Education of the People's Republic of China	China	19
6	China University of Geosciences	China	17
7	Beihang University	China	16
8	Peking University	China	16
9	The University of Hong Kong	Hong Kong	15
10	Massachusetts Institute of Technology	United States	14
11	State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing	China	14
12	Tongji University	China	12
13	Aerospace Information Research Institute	China	12
14	Southwest Jiaotong University	China	11
15	Technische Universität München	Germany	11
16	Texas A&M University	United States	11
17	Zhejiang University	China	10
18	Southeast University	China	10

¹ Only the institutes with at least 10 articles are listed.

٤,٢. المجالات الموضوعية

يكشف توزيع المجالات الموضوعية للبحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام عن نمط عام يتميز بنواة حسابية ومنهجية قوية، مدعومة بمشاركة كبيرة من علوم الأرض والبيئة وتوسع موازٍ في المجالات الاجتماعية المكانية (الجدول ٢). من بين جميع المجالات الموضوعية، علوم الحاسوب (٣٦٨ مقالة، ٤١,٣٪)، والعلوم الاجتماعية (٣٥٢ مقالة، ٣٩,٥٪)، والهندسة (٢٩٤ مقالة، ٣٣,٠٪) تستحوذ على الحصة الأكبر من المنشورات، مما يشير إلى أن هذا الحقل مدفوع بتقاطع تطوير الخوارزميات، وتصميم الأنظمة التطبيقية، والاستقصاء الاجتماعي-المكاني. وتنعكس هيمنة هذا المجال الفرعي في المجالات التي تنشر أكبر عدد من الدراسات الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي التوليدي (الجدول 3). ومن بين أكثر المنافذ إنتاجاً، مجلة IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (29 مقالاً)، و International Journal of Geo-Information (29)، و ISPRS International Journal of Geographical Information Science (22)، وهي مجلات عابرة للتخصصات تنتمي أساساً إلى مجالي علوم الحاسوب والهندسة، مع إدماج تطبيقات من علوم الأرض والكواكب، ولا سيما من خلال البحث في الحوسبة الجيومكانية والاستشعار عن بُعد.

Table 2. Subject areas of articles on GenAI and geography research.

Rank (nth)	Subject Area ¹	Article ²	%
1	Computer Science	368	41.3
2	Social Sciences	352	39.5
3	Engineering	294	33.0
4	Earth and Planetary Sciences	235	26.4
5	Environmental Science	120	13.5
6	Business, Management and Accounting	67	7.5
7	Arts and Humanities	47	5.3
8	Physics and Astronomy	47	5.3
9	Materials Science	44	4.9
10	Mathematics	40	4.5
11	Energy	35	3.9
12	Decision Sciences	33	3.7
13	Agricultural and Biological Sciences	30	3.4
14	Economics, Econometrics and Finance	24	2.7
15	Medicine	23	2.6
16	Psychology	20	2.2
17	Chemical Engineering	17	1.9

¹ Only the subject areas with more than 15 articles are listed; ² The total count is larger than the total number of articles because some belong to more than one subject area.

Table 3. Productive journals on GenAI and geography research.

Rank (nth)	Journal ¹	Articles
1-2	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing; ISPRS International Journal of Geo Information	29
3	International Journal of Geographical Information Science;	22
4	IEEE Access;	20
5	Remote Sensing Applied Sciences Switzerland	17
6-9	IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing; ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing; International Journal of Digital Earth	13
10-12	Computers Environment and Urban Systems; Journal of Geo Information Science; Sustainable Cities and Society Buildings;	10
13-16	IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters; IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems; International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	9

إلى جانب هذا الأساس الحسابي، تبرز المساهمات الملحوظة لعلوم الأرض والكواكب 235 مقالاً، 26.4% وعلوم البيئة (120 مقالاً، 13.5%) وتتجلى هذه المساهمات أيضاً في تركيز المنشورات في المجالات المتخصصة في رصد الأرض والتحليل البيئي. وتشير مجلات مثل Remote Sensing (17 مقالاً)، و ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (13 مقالاً)، و IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (13 مقالاً) إلى أن أساليب الذكاء الاصطناعي العام تُدمج بنشاط في عمليات رصد البيئة، ونمذجة نظام الأرض، والتحليل المكاني. يشير هذا التوافق إلى أن تبني الذكاء الاصطناعي العام كان سريعاً بشكل خاص في السياقات البحثية التي كانت فيها البيانات المكانية واسعة النطاق والتجارب الحسابية مُثبتة بالفعل. تنعكس الحصة الكبيرة للعلوم الاجتماعية (352 مقالة، 39.5%) أيضاً في وجود مجلات مثمرة موجهة نحو النظم الحضرية والتخطيط والتحليلات الاجتماعية المكانية. توفر منشورات مثل Computers, Environment and Urban Systems (10 مقالات)، Sustainable Cities, Planning Environment and Society (10)، Smart Cities (7)، Cities (6)، و B: Urban Analytics and City Science (6) منصات نشر لتطبيقات الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول في الحوكمة الحضرية، وصنع القرار المكاني، وتحليل السياسات. يشير بروزها إلى أن الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول يُستخدم بشكل متزايد لدعم العمل التحليلي حول العمليات الاجتماعية والمؤسسية في الجغرافيا، لا سيما في السياقات التي تكون فيها البيانات النصية، والسياساتية، والبيانات متعددة الأساليب أساسية.

يشير بروزها إلى أن الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول يُستخدم بشكل متزايد لدعم العمل التحليلي حول العمليات الاجتماعية والمؤسسية في الجغرافيا، لا سيما في السياقات التي تكون فيها البيانات النصية، والسياساتية، والبيانات متعددة الأساليب أساسية. تنعكس المساهمات الأصغر حجماً، ولكنها ما تزال بارزة، في مجالات تخصصية مختلفة، بما في ذلك إدارة الأعمال والمحاسبة (67 مقالاً، 7.5%) والفنون والعلوم الإنسانية (47 مقالاً، 5.3%)، في ظهور مجلات متعددة التخصصات وموجهة نحو التطبيق، مثل العلوم التطبيقية (13 مقالاً)، والاستدامة (8 مقالات)، والأراضي (6 مقالات)، والمباني (9 مقالات)، والعلوم الإنسانية واتصالات العلوم الاجتماعية (6 مقالات). تميل هذه المجالات إلى استيعاب البحوث الشاملة والبحوث الموجهة نحو الممارسة، مما يشير إلى أن الذكاء الاصطناعي للجيل الجديد بدأ ينتشر في مجالات الاستدامة التطبيقية، والتخطيط، والتصميم، والدراسات الجغرافية التفسيرية، على الرغم من أن هذه المجالات ما تزال ثانوية مقارنةً بالمجالات المهيمنة في الحوسبة، وعلوم الأرض، والمجالات الاجتماعية المكانية.

4.3. الكلمات المفتاحية

يُبرز التوزيع التكراري للكلمات المفتاحية المفاهيم السائدة والتركيز المنهجي في البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي للجيل الجديد (الجدول 4). بشكل عام، تشير النتائج إلى أن المجال يتمحور حالياً حول نماذج لغوية ضخمة وتقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدية، المرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مع اهتمام متزايد بالتحليل الدلالي، واتخاذ القرارات، والتطبيقات الحضرية.

Table 3. Cont.

Rank (nth)	Journal ¹	Articles
17-19	Applied Soft Computing; Sustainability Switzerland; Transactions in GIS	8
20	Smart Cities Cities;	7
21-26	Environment and Planning B Urban Analytics and City Science; Humanities and Social Sciences Communications; IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine; International Journal of Architectural Computing; Land	6
27-28	Analysis and Metaphysics; IEEE Communications Magazine	5

¹ Only journals that have at least 5 articles are shown.

الكلمة المفتاحية الأكثر تكرارًا هي "نموذج اللغة الكبير" (452 مرة)، تليها "الذكاء الاصطناعي" (294 مرة) و"نموذج اللغة" (269 مرة). يعكس هذا النمط الدور المحوري لنماذج اللغة القائمة على المحولات في توجيه أبحاث الجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي خاصةً منذ النشر العلني للنماذج واسعة النطاق التي أتاحت إجراء تجارب واسعة النطاق عبر مختلف التخصصات. يشير التواجد المشترك لمصطلحات الذكاء الاصطناعي العامة والكلمات المفتاحية الخاصة بالنماذج إلى أن الأدبيات تشمل كلاً من المناقشات المفاهيمية للذكاء الاصطناعي والدراسات التطبيقية التي تركز على الأساليب القائمة على نماذج اللغة الكبيرة في سياقات جغرافية محددة.

يشير التكرار العالي لعبارة "الاستشعار عن بعد" (220) إلى أن الذكاء الاصطناعي التوليدي قد تم دمج بسرعة في أحد أكثر المجالات الفرعية كثافةً للبيانات في الجغرافيا. ويتمشى هذا مع المسارات السابقة التي تم فيها اعتماد أساليب التعلم الآلي والتعلم العميق لأول مرة في الاستشعار عن بعد نظرًا لتوافر صور واسعة النطاق ووجود بنى تحتية حاسوبية راسخة. وتشير الكلمات المفتاحية ذات الصلة مثل "التعلم الآلي" (98) و"التعلم العميق" (65) إلى استمرارية مع تطبيقات الذكاء الاصطناعي السابقة، حتى مع تحول اهتمام البحث نحو الأساليب التوليدية. تشير الكلمات المفتاحية المرتبطة بمعالجة اللغة والدلالات، بما في ذلك "معالجة اللغة الطبيعية" (86)، و"الدلالات" (79)، و"اللغويات الحاسوبية" (53)، و"مخطط حواف المعرفة" (44)، إلى اهتمام متزايد باستخلاص وهيكلة المعرفة المكانية من المصادر النصية والمتعددة الوسائط. وهذا يدل على دور متنامٍ للذكاء الاصطناعي من الجيل الأول في التحليل الجغرافي التفسيري والموجه نحو المعنى، بما يتجاوز المهام الرقمية والصورية.

توضح الكلمات المفتاحية الموجهة نحو التطبيقات كيف يتم دمج الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول ضمن الممارسات الجغرافية الراسخة. تشير "نظم المعلومات الجغرافية" (67) و"التحليل المكاني" (53) إلى التكامل مع الأطر التحليلية الأساسية، بينما تشير "صنع القرار" (70) و"التخطيط الحضري" (63) إلى استخدام التطبيق في السياسات ذات الصلة والتخطيط الحضري. وأخيرًا، تُبرز كلمات مفتاحية مثل "متعدد الوسائط" (52) و"تحليل الصور" (44) الاهتمام المتزايد بدمج البيانات النصية والمرئية والرقمية ضمن سير عمل تحليلي موحد، وهي سمة مميزة لأنظمة الذكاء الاصطناعي العام المعاصرة. لفحص الارتباطات الموضوعية التي تتجاوز ترددات الكلمات المفتاحية الفردية، أُجري تحليل التواجد المشترك على 29 كلمة مفتاحية ظهرت سبع مرات على الأقل. في تصور الشبكة (الشكل 4)، تبرز العقد "نموذج لغوي كبير"، و"الذكاء الاصطناعي العام"، و"الذكاء الاصطناعي"، و"ChatGPT"، والتي تظهر بتردد عالٍ وتحتل مواقع مركزية في الشبكة، مما يشير إلى ارتباطات واسعة مع مجموعات كلمات مفتاحية متعددة.

تجمع الشبكة الناتجة هذه الكلمات المفتاحية في خمس مجموعات، تمثل كل منها تركيزًا موضوعيًا متميزًا ولكنه متداخل جزئيًا ضمن البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام. تُصنف الشبكة الناتجة

هذه الكلمات المفتاحية في خمس مجموعات، تمثل كل منها تركيزًا موضوعيًا متميزًا ولكنه متداخل جزئيًا ضمن البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام. تركز المجموعة الحمراء، "الذكاء الاصطناعي الجغرافي ونظم المعلومات الجغرافية القائم على نماذج اللغة الكبيرة"، على الذكاء الاصطناعي الجغرافي الموجه نحو نماذج اللغة الكبيرة، وعلى سير العمل الجغرافي القائم على اللغة. وتشمل هذه المجموعة كلمات مفتاحية مثل "نموذج اللغة الكبير"، و"GPT"، و"ChatGPT"، و"الذكاء الاصطناعي الجغرافي"، و"نظم المعلومات الجغرافية"، و"رسم الخرائط"، و"معالجة اللغة الطبيعية"، و"هندسة الموجه"، و"الوكيل".

يعكس هذا التجميع الأبحاث التي تركز على التفاعل باللغة الطبيعية مع البيانات الجغرافية المكانية، والتصميم الخرائطي الآلي، والاستدلال المكاني القائم على نماذج اللغة الكبيرة، وتنسيق المهام. ويشير الارتباط بين المصطلحات المتعلقة بنماذج اللغة الكبيرة ومفاهيم نظم المعلومات الجغرافية إلى أن نماذج اللغة التوليدية تُستخدم عمليًا كواجهات، أو مكونات استدلال، أو وكلاء ضمن بنى المعلومات الجغرافية القائمة بدلاً من كونها أنظمة لغوية مجردة بحتة. وتؤكد المجموعة الخضراء، "الذكاء الاصطناعي التوليدي في التواصل العلمي والتعليم"، على الاستخدامات التعليمية والتحليلية والتأملية للذكاء الاصطناعي التوليدي في السياقات الجغرافية. تتضمن هذه المجموعة كلمات مفتاحية مثل "الذكاء الاصطناعي" و"الذكاء الاصطناعي العام" و"التعليم" و"التعليم العالي" و"وسائل التواصل الاجتماعي".

في مجال الجغرافيا، تشمل هذه المجموعة التطبيقات التي تستخدم الذكاء الاصطناعي العام كأداة لتحليل السرديات المرجعية المكانية والرأي العام والتواصل العلمي، بالإضافة إلى دعم التدريس والتعلم في الجغرافيا والمجالات ذات الصلة. أما المجموعة الزرقاء، "أساسيات التعلم الآلي ورصد الأرض"، فتُهيمن عليها الكلمات المفتاحية المتعلقة بالنمذجة الحاسوبية والقائمة على الصور. وتشمل هذه المجموعة كلمات مفتاحية مثل "رؤية الحاسوب" و"التعلم العميق" و"نموذج الانتشار" و"التعلم الآلي" و"الاستشعار عن بُعد". يشير هيكل هذه المجموعة إلى استمرارية بين أبحاث الاستشعار عن بُعد القائمة على التعلم العميق الأساليب التوليدية الحديثة، ولا سيما أساليب توليد الصور وتحسينها القائمة على الانتشار.

تضم المجموعة الصفراء، "التحليلات الحضرية القائمة على المعرفة"، كلمات مفتاحية مثل "مخطط المعرفة"، و"التوليد المعزز بالاسترجاع"، و"المدينة الذكية"، و"التخطيط الحضري". وتُجمع هذه الكلمات المفتاحية معًا، مما يشير إلى تركيز موضوعي على دمج المعرفة الجغرافية المنظمة مع النماذج التوليدية لدعم مهام التحليل والتخطيط الحضري. وتشير هذه الكلمات المفتاحية إلى أن الذكاء الاصطناعي التوليدي يُستخدم بشكل متزايد بالتزامن مع قواعد المعرفة الخارجية وآليات الاسترجاع لتعزيز الوعي السياقي ودعم اتخاذ القرار في الأنظمة الحضرية المعقدة. وتضم المجموعة البنفسجية، "أدوات ومنصات الذكاء الاصطناعي التوليدي الجغرافية المكانية"، تطبيقات جغرافية مكانية خاصة بالمنصات والتطبيقات. وتُعرّف هذه المجموعة كلمات مفتاحية مثل "DeepSeek"، و"توليد الشفرة الجغرافية المكانية"، و"Google Earth"، و"التصميم الحضري". وتعكس هذه المجموعة تجارب مع منصات وأدوات وأنظمة ترميز توليدية ملموسة تُفعل الذكاء الاصطناعي التوليدي ضمن بيانات جغرافية مكانية عملية.

Table 4. Frequently occurring keywords on GenAI and geography research.

Rank (nth)	Keyword ¹	Occurrence
1	Large Language Model	452
2	Artificial Intelligence	294
3	Language Model	269
4	Remote Sensing	220
5	Generative AI	163
6	Machine Learning	98
7	ChatGPT	97
8	Natural Language Processing	86
9	Semantics	79
10	Decision Making	70
11	Geographic Information Systems	67
12	Deep Learning	65
13	Urban Planning	63
14–15	Computational Linguistics	53
16	Spatial Analysis	52
17–18	Multi-modal Data Set	50
19	Visual Languages	49
20	Information Management	48
21	Learning Systems	46
22–23	Numerical Model	44
	Image Analysis	
	Knowledge Graph	

¹ Only the keywords that have at least 100 occurrences are shown.

يكشف التمثيل المرئي المترابط، القائم على متوسط تكرار الكلمات المفتاحية، عن تطور زمني واضح في البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام (الشكل 4ب). وبشكل عام، تُظهر النتائج تحولاً من البحث المبكر الذي يركز على النموذج ويتسم بالتأمل، إلى بحوث أكثر تكاملاً، وتركيزاً على الأدوات، وتطبيقاتها. وتشير الكلمات المفتاحية ذات متوسط التكرار الأقدم، والموضحة باللون الأرجواني أو الأزرق، مثل GPT و ChatGPT ورسم الخرائط، إلى أن الاهتمامات البحثية الأولية تأثرت بشدة بالانتشار السريع لنماذج لغوية كبيرة محددة، ولا سيما ChatGPT، التي كانت بمثابة موضوع بحث وأداة تحليلية متاحة. ويتوافق هذا النمط مع التحولات التكنولوجية السابقة في الجغرافيا، حيث يتم استكشاف الأدوات الرقمية الجديدة أولاً من خلال التأطير المفاهيمي.

تشير مجموعة انتقالية من الكلمات المفتاحية، المُركزة باللون الأخضر، إلى مرحلة ترسيخ هذا المجال. وتشير مصطلحات مثل نموذج اللغة الكبير، والذكاء الاصطناعي العام، والذكاء الاصطناعي، إلى التحول من الأنظمة المُسمّاة إلى فئات نماذج أوسع. في الوقت نفسه، يعكس التعلم العميق، والتعلم الآلي، والاستشعار عن بعد، ورؤية الحاسوب، ونموذج الانتشار، دمج المناهج التوليدية في التقاليد الحسابية ورصد الأرض الراسخة. وتشير الكلمات المفتاحية مثل معالجة اللغة الطبيعية، ووسائل التواصل الاجتماعي، وتحليل المشاعر، إلى التوسع في استخدام البيانات النصية والاجتماعية المكانية، بينما تشير المدن الذكية، والتعليم، والتعليم العالي، إلى الاهتمام المتزايد بالسياقات التطبيقية والمؤسسية.

تشير الكلمات المفتاحية الأكثر ظهوراً مؤخراً، والمميزة باللون الأصفر، إلى تحول إضافي نحو التكامل على مستوى النظام وسير العمل العملي. وتعكس مصطلحات مثل الهندسة الفورية، والتوليد المعزز بالاسترجاع، ومخطط المعرفة، وتوليد الشفرة الجغرافية المكانية، التركيز المتزايد على استخدام الأدوات التي تجمع بين النماذج التوليدية والمعرفة المنظمة والعمليات المكانية القابلة للتنفيذ. ويشير ظهور نظم المعلومات الجغرافية، والتخطيط الحضري، والتصميم الحضري، إلى دمج أعمق للذكاء الاصطناعي التوليدي ضمن الأدوات الجغرافية الأساسية والممارسات المهنية، لا سيما في السياقات الحضرية.

٤,٤. الوثائق

تشير الوثائق التي حظيت بأعلى نسبة استشهاد إلى أن المساهمات المؤثرة للغاية تنتوزع على ثلاثة مجالات تطبيق رئيسية (الجدول ٥). يتعلق المجال الأول بالتعليم العالي وسياقات التعلم بما في ذلك النزاهة الأكاديمية، والإمكانيات التربوية، وتبني المستخدمين. تتناول المقالة الأكثر استشهادًا الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول ومستقبل التعليم العالي من منظور النزاهة الأكاديمية ، بينما تتناول أعمال أخرى حظيت بأعلى نسبة استشهاد تدريس اللغات ، والاستخدام المسؤول لروبوتات الدردشة المدعومة بالذكاء الاصطناعي في التعليم والتعلم ، وتبني المستخدمين لـ ChatGPT باستخدام إطار قبول التكنولوجيا ، والتحليل المنهجي لـ ChatGPT في التعليم العالي . تركز هذه الوثائق الاستشهادات في المنافذ التعليمية ومواقع التفاعل بين الإنسان والحاسوب، مما يشير إلى أن مسائل النشر والحوكمة في التعليم تشكل جانبًا بارزًا ضمن هذه المجموعة.

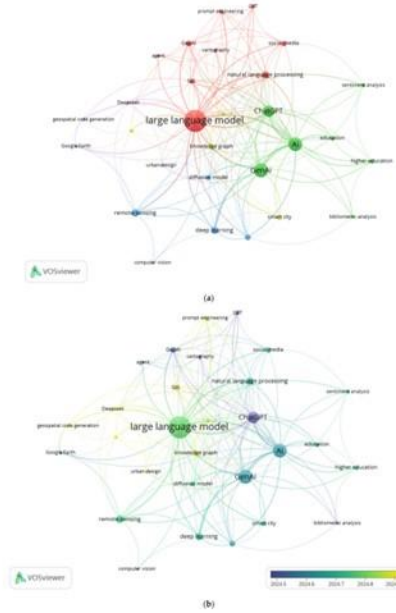


Figure 4. Network map of keywords on GenAI and geography research. (a) co-occurrence network visualization showing the clustering structure of keywords (above); (b) overlay visualization showing the average occurrence time of keyword occurrences (below). (Note: In (a), colors represent the cluster membership assigned by VOSviewer (version 1.6.20) to density groups of related keywords. In (b), colors represent the average occurrence time assigned by VOSviewer (version 1.6.20), as indicated by the color legend).

يركز محور ثانٍ على الاستشعار عن بُعد ومراقبة الأرض، مع أعمال مؤثرة تركز على الفهم متعدد الوسائط، والتعليق، وتفسير التغيرات. تشمل المساهمات التي حظيت باقتباسات كثيرة نموذج لغة-رؤية متعدد الوسائط لفهم صور الاستشعار عن بُعد ، ومراجعات نماذج لغة-رؤية في الاستشعار عن بُعد ، والتعليق على تغيرات صور الاستشعار عن بُعد والأساليب ذات الصلة بالتعلم التلقيني أو فضاء الحالة ، ونماذج لغة-رؤية كبيرة للتعليق المشترك والإجابة عن الأسئلة في صور الاستشعار عن بُعد . يتركز التأثير في هذا المحور في منشورات الاستشعار عن بُعد وعلوم الأرض التابعة لمعهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات بما يتوافق مع اقتصاد الاستشهادات ذي التوجه التقني الذي يُعطي الأولوية للمعايير القابلة للتطوير والبنى القابلة للتعميم والمسارات القابلة للتكرار.

يعكس محور ثالث علوم نظم المعلومات الجغرافية ودعم المهام الجغرافية المكانية، حيث تعمل وثائق مؤثرة على تطوير أو توقع مساعدين قائمين على نماذج لغة-رؤية وأنظمة نظم معلومات جغرافية مدعومة بالذكاء الاصطناعي. تتضمن الوثائق الأكثر استشهادًا بها مساعدًا لفهم ومعالجة المهام الجغرافية المكانية ، وإطار عمل لتعلم نموذج التعلم الخطي (LLM) لعلوم المعلومات الجغرافية ، ومفاهيم نظم المعلومات الجغرافية ذاتية التشغيل أو المدعومة بالذكاء الاصطناعي من الجيل التالي ، ومساعدين لنماذج أساسية خاصة بمجالات محددة في سياقات تطبيقية مجاورة، مثل نماذج أساسية لحركة المرور ومنصات قائمة على نموذج التعلم الخطي (LLM) لنمذجة طاقة المباني المؤتمتة . وتدمج العديد من الوثائق الأكثر استشهادًا بها في هذا المجال موارد المعرفة الخارجية بشكل صريح مع سير العمل الجغرافي المكاني بما في ذلك نموذج التعلم الخطي الموجه بالمعرفة الجغرافية لاستخراج أوصاف المواقع من وسائل التواصل الاجتماعي المتعلقة بالكوارث ونموذج التعلم الخطي (LLM) القابل للتفاعل مع نظم المعلومات الجغرافية لدعم إدراك مخاطر الفيضانات . وتركز هذه الوثائق الاستشهادات في علوم نظم المعلومات الجغرافية ومنافذ رصد الأرض التطبيقية مما يشير إلى أن التأثير مرتبط ارتباطاً وثيقاً ببناء الأدوات و تفعيل المهام.

لاستكشاف الأسس الفكرية لهذا المجال، أُجري تحليل للاستشهاد المشترك على 46 مرجعًا بحد أدنى لتكرار الاستشهاد المشترك يبلغ خمسة، مما أسفر عن تسع مجموعات (الشكل 5). في تمثيل الشبكة الناتج، تشغل أربع مجموعات متداخلة (الأحمر، والبني، والبرتقالي، و البنفسجي) المنطقة المركزية، بينما تمتد خمس مجموعات أخرى (الأخضر، والأزرق، والأصفر، والفيروزي، و الوردي) للخارج من هذه النواة، مما يشير إلى علاقات استشهاد أكثر تخصصًا أو هامشية. لا يمثل الهيكل الموضوعي للشبكة مجرد مقارنة بسيطة بين التطور التقني والنقاش المعياري، بل يعكس جهداً مستمراً لجعل الذكاء الاصطناعي التوليدي قابلاً للاستخدام، وموثوقاً، وخاضعاً للمساءلة في إنتاج المعرفة الجغرافية. عبر المجموعات، يؤكد البحث مراراً وتكراراً على ضرورة ترسيخ النماذج التوليدية في أنظمة قياس موثوقة، ووضعها ضمن سرديات تخصصية مشتركة وممارسات رسم الخرائط، وتحديد استخدامها من خلال مراعاة صريحة للمخاطر والحكمة والآثار التعليمية. الآثار التعليمية تضم المجموعة الحمراء ووثائق في الجيوديسيا، وتصحيح الغلاف الجوي، ونمذجة أنظمة الملاحة عبر الأقمار الصناعية (GNSS) التي تدعم تحديد المواقع المكانية وتقدير تأخير التروبوسفير، إلى جانب مناهج التعلم الآلي المبكرة المطبقة على النمذجة البيئية والجغرافية المكانية . تربط المجموعة البنفسجية أساليب رسم الخرائط واسعة النطاق ببنى معالجة اللغة الطبيعية الأساسية والأوراق البحثية التي يُستشهد بها بكثرة عند تحديد موقع المجال ووصف عائلات النماذج المستخدمة في التطبيقات الجغرافية . تجمع المجموعة البرتقالية المناقشات النقدية والمجتمعية حول الذكاء الاصطناعي من الجيل الأول (GenAI)، بما في ذلك المخاطر والأضرار، والآثار التعليمية، إلى جانب التحليلات التطبيقية لكيفية تأثير الأدوات التوليدية على التعليم وسياقات التواصل مع الجمهور . تتمحور المجموعة البنية حول بنى المحولات وخطاب النموذج الأساسي، بما في ذلك آلية الانتباه، والحجج المؤثرة حول قدرات النموذج الأساسي، وتكيفات المجال لمهام اللغة الجغرافية مثل التعرف على أسماء الأماكن و استخراجها. تُصوّر هذه المجموعات الأربع المتداخلة مجاًلاً يتبلور حول ترجمة الذكاء الاصطناعي العام سريع التطور إلى مجال شديد الاعتماد على المنهجية، ومرتبطة بالبنية التحتية، وله تبعات اجتماعية.

Table 5. Highly cited articles on GenAI and geography research.

Rank (nth)	Articles ¹	Title	Year	Journal	Citations
1	Yusuf et al. [44]	Generative AI and the future of higher education: A threat to academic integrity or reformation? Evidence from multicultural perspectives	2024	International Journal of Educational Technology in Higher Education	241

Table 5. Cont.

Rank (nth)	Articles ¹	Title	Year	Journal	Citations
2	Hu et al. [49]	Geo-knowledge-guided GPT models improve the extraction of location descriptions from disaster-related social media messages	2023	International Journal of Geographical Information Science	130
3	Haluza & Jungwirth [50]	Artificial intelligence and ten societal megatrends: An exploratory study using GPT-3	2023	Systems	127
4	Jiang et al. [51]	Generative urban design: A systematic review on problem formulation, design generation, and decision-making	2024	Progress in Planning	120
5	Zhang et al. [52]	EarthGPT: A universal multimodal large language model for multi-sensor image comprehension in remote sensing domain	2024	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	120
6	Crompton et al. [45]	AI and English language teaching: Affordances and challenges	2024	British Journal of Educational Technology	111
7	Ma et al. [47]	Exploring user adoption of ChatGPT: A technology acceptance model perspective	2025	International Journal of Human-Computer Interaction	108
8	Li et al. [53]	Vision-language models in remote sensing: Current progress and future trends	2024	IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine	106
9	Li & Ning [54]	Autonomous GIS: The next-generation AI-powered GIS	2023	International Journal of Digital Earth	103
10	Liu et al. [55]	RSCAMA: Remote sensing image change captioning with state space model	2024	IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	102
11	Zhang et al. [26]	GeoGPT: An assistant for understanding and processing geospatial tasks	2024	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	89
12	Liu et al. [56]	A decoupling paradigm with prompt learning for remote sensing image change captioning	2023	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	79
13	Zhang et al. [17]	TrafficGPT: Viewing, processing and interacting with traffic foundation models	2024	Transport Policy	77

Table 5. Cont.

Rank (nth)	Articles ¹	Title	Year	Journal	Citations
14	Jiang et al. [57]	Eplus-LLM: A large language model-based computing platform for automated building energy modeling	2024	Applied Energy	75
15	Baig & Yadegaridehkordi [48]	ChatGPT in the higher education: A systematic literature review and research challenges	2024	International Journal of Educational Research	72
16	Mai et al. [58]	On the opportunities and challenges of foundation models for GeoAI	2024	ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems	67
17	Zhu et al. [59]	A flood knowledge-constrained large language model interactable with GIS: Enhancing public risk perception of floods	2024	International Journal of Geographical Information Science	63
18	Bazi et al. [60]	RS-LLAVA: A large vision-language model for joint captioning and question answering in remote sensing imagery	2024	Remote Sensing	62

19	Tao & Xu [61]	Mapping with ChatGPT	2023	ISPRS International Journal of Geo-Information	61
20	Chauncey & McKenna [46]	A framework and exemplars for ethical and responsible use of AI chatbot technology to support teaching and learning	2023	Computers and Education: Artificial Intelligence	58
21	Zhang et al. [27]	BB-GeoGPT: A framework for learning a large language model for geographic information science	2024	Information Processing and Management	57
22	Liu et al. [62]	Change-agent: Toward interactive comprehensive remote sensing change interpretation and analysis	2024	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	56
23	Liao et al. [63]	GPT-4 enhanced multimodal grounding for autonomous driving: Leveraging cross-modal attention with large language models	2024	Communications in Transportation Research	55
24	Yang et al. [64]	Bootstrapping interactive image-text alignment for remote sensing image captioning	2024	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing	53

Table 5. Cont.

Rank (nth)	Articles ¹	Title	Year	Journal	Citations
25	Zou et al. [65]	Deep learning for cross-domain data fusion in urban computing: Taxonomy, advances, and outlook	2025	Information Fusion	51

¹ Only the articles that have at least 50 citations are shown.

تنبثق من هذه النواة خمس مجموعات تمثل تطبيقات أكثر تخصصاً وتوجهات منهجية. تركز المجموعة الخضراء على فهم المشهد الدلالي الذي يجمع بين تعلم التمثيل المرئي، والتقييم القائم على المعايير، ونمذجة الرؤية واللغة الموجهة نحو التعليمات لتحليل الصور القابل للتفسير البشري. تشمل المجموعة الزرقاء عائلات نماذج الأساس الأساسية وتقارير النماذج المفتوحة، بما في ذلك الوثائق التقنية لـ GPT-4، وإصدارات عائلة LLaMA، وموارد تعلم التمثيل المستخدمة على نطاق واسع في المواءمة متعددة الوسائط. تهيمن دراسات نمذجة الرؤية واللغة والاستشعار عن بعد والنمذجة متعددة الوسائط على المجموعة الصفراء، بما في ذلك مناهج التعليق، والتحديد، وتفسير التغيير، ومساعدتي الاستشعار عن بعد متعدد الوسائط. تربط

المجموعة الفيروزية بين التعلم الآلي وأسس نمذجة المواضيع في السياقات الجغرافية التطبيقية . وأخيرًا، تشمل المجموعة الوردية التحليل الموضوعي النوعي والتقييم المنهجي لنماذج اللغة الكبيرة .

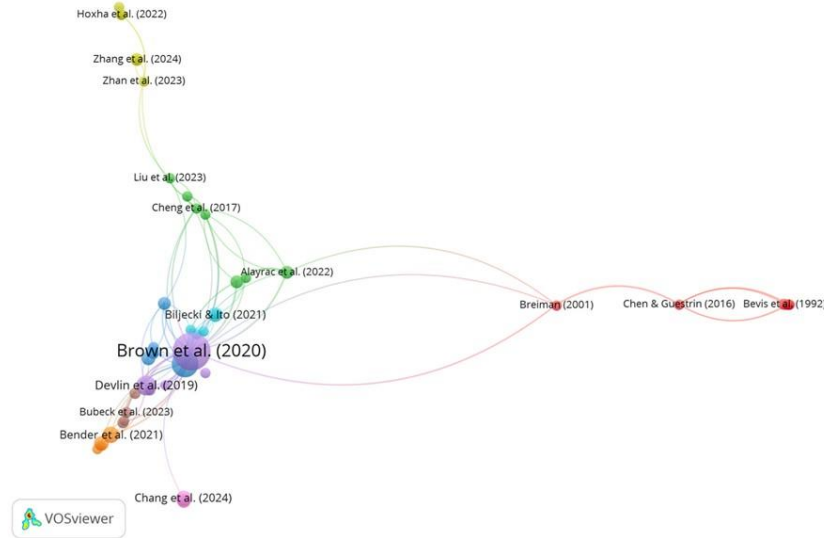


Figure 5. Co-citation clusters of documents on GenAI and geography research. (Note: colors represent the cluster membership assigned by VOSviewer (version 1.6.20) to denote groups of related documents).

٥ . المناقشة

٥.١ . التطور الزمني والمكاني للمجال

تكشف النتائج عن مسار زمني مضغوط بشكل استثنائي في تطور البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي التوليدي. في البداية، لم يُنشر سوى ١١ مقالاً حول مواضيع متعلقة بالذكاء الاصطناعي التوليدي في عام ٢٠٢٢. ويعكس هذا العدد القليل من المنشورات المرحلة الناشئة لاعتماد الذكاء الاصطناعي التوليدي في الجغرافيا، حيث كانت تطبيقات الذكاء الاصطناعي ما تزال تهيمن عليها إلى حد كبير أساليب التعلم الآلي التقليدية والتعلم العميق، مثل التصنيف، والتنبؤ، والتعرف على الأنماط في الاستشعار عن بعد والتحليل المكاني، بدلاً من النماذج التوليدية . ازداد عدد المنشورات بشكل طفيف إلى ٤٥ مقالاً في عام ٢٠٢٣، مما يمثل بداية مشاركة أكثر منهجية مع الذكاء الاصطناعي التوليدي في البحوث الجغرافية يتوافق هذا الارتفاع مع الانتشار الأكاديمي الأوسع لنماذج اللغة الكبيرة ونماذج الأساس التوليدية بعد إصدارها للجمهور واعتمادها السريع عبر التخصصات . خلال هذه المرحلة، بدأت الدراسات الجغرافية تجربة الذكاء الاصطناعي العام (GenAI) في مهام مثل التحليل المكاني القائم على النصوص، واستخلاص المعرفة الجغرافية، وتوليد الخرائط، ومحاكاة السيناريوهات.

لوحظ تسارع ملحوظ في عام 2024، حيث نُشر 204 مقالات، ما يمثل زيادة تقارب خمسة أضعاف مقارنة بعام 2023. تشير هذه الزيادة الحادة إلى انتقال من التبني الاستكشافي إلى تطبيقات أكثر رسوخاً وتنوعاً للذكاء الاصطناعي العام في مجال الجغرافيا . استمر هذا الاتجاه التصاعدي في عام 2025، حيث نُشر 631 مقالاً خلال العام الذي تغطيه مجموعة البيانات. تشير هذه الزيادة الكبيرة إلى أن الذكاء الاصطناعي العام قد أصبح بسرعة موضوعاً بحثياً رئيسياً في الجغرافيا، جاذباً اهتماماً أكاديمياً مستمراً في مختلف المجالات الفرعية. يُبرز هذا الإنتاج البحثي القوي في عام 2025 الاعتراف المتزايد بالذكاء الاصطناعي

العام كأداة تحليلية قوية وموضوع للبحث النظري والأخلاقي في البحوث الجغرافية. تزامن الارتفاع السريع في الإنتاج المنشور مع تحولات في التركيز الموضوعي، والتي ستناقش لاحقاً في القسم 5.3. يشير التوزيع المكاني للمنشورات إلى تركيز قوي، حيث تستحوذ الصين (40.9%) والولايات المتحدة (22.6%) معاً على 63.4% من المجموعة. يتوافق مستوى التركيز هذا مع الدراسات التجميعية الحديثة في مجال الذكاء الاصطناعي الجغرافي، والتي تصف تفاوت القدرات في الحوسبة الجغرافية المكانية، وبنية البيانات التحتية، وتطوير النماذج، مع تركيز القيادة في عدد قليل من أنظمة الابتكار الوطنية. تُضيف النتائج على مستوى المؤسسات رؤية تكاملية لكيفية تنظيم الإنتاجية الوطنية. تحتوي قائمة المؤسسات الأكثر إنتاجية على العديد من المؤسسات من دولة واحدة، وتشمل منظمات جامعة كبيرة، مما يشير إلى إمكانية تركيز جزء كبير من الإنتاج الوطني في مجموعة من المراكز ذات الإنتاجية العالية التي تنتشر على نطاق واسع. في الوقت نفسه، يشير وجود حصة وطنية كبيرة، إلى جانب قلة المؤسسات المصنفة في المراتب الأولى، إلى أن إنتاج النشر يتوزع على العديد من الجامعات ومجموعات البحث، بدلاً من أن يتركز في عدد قليل من المراكز البحثية عالية الإنتاجية، وهو نمط لوحظ أيضاً في التحليلات الببليومترية الحديثة للذكاء الاصطناعي الجغرافي وعلوم البيانات الجغرافية المكانية، والتي تميز بين أنماط إنتاج المعرفة القائمة على المراكز والأنماط الموزعة. ويعني هذا التكوين أن الهيمنة الوطنية يمكن أن تنشأ من خلال مسارين مؤسسيين على الأقل، وهما: الإنتاج المركز في المراكز، والمشاركة المؤسسية الموزعة على نطاق واسع، وأن هذين المسارين يمكن أن يتعايشا ضمن المجال نفسه سريع التوسع.

5.2. التكوين التخصصي للبحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام

يؤكد التكوين التخصصي للمجموعة البحثية على التوزيع الهجين للذكاء الاصطناعي العام ضمن الجغرافيا. يعكس التمثيل القوي لعلوم الحاسوب والهندسة، وعلوم الأرض والكواكب، الأسس التقنية اللازمة لتطوير وتكييف النماذج التوليدية مع البيانات المكانية، وهو نمط يتوافق مع عمليات التوليف الحديثة للذكاء الاصطناعي الجغرافي التي تُحدد مكانة تطوير النماذج والتعلم متعدد الوسائط والحوسبة القابلة للتوسع كونها قيوداً رئيسية على القدرات في البحوث الجغرافية المكانية. ومن السمات المميزة في هذه المجموعة البروز المماثل للعلوم الاجتماعية، مما يشير إلى أن النماذج التوليدية لا تُستخدم فقط كأدوات تحليلية، بل أيضاً كموضوعات بحث في السياقات الحضرية والتخطيطية حيث تبرز مسائل الحوكمة والممارسة. تدعم الأدلة على مستوى المجالات هذا التركيب الهجين، فالمنافذ الرائدة تهيمن عليها مجالات الاستشعار عن بُعد، وعلوم الأرض، ونظم المعلومات الجغرافية، مما يدل على أن منافذ النشر ذات التوجه التقني ما تزال القنوات الرئيسية للبحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي التوليدي في الوقت نفسه، يشير وجود مجالات الدراسات الحضرية، والتخطيط، والاستدامة، والعلوم الإنسانية إلى مشاركة تخصصية أوسع مما هو مُركز عليه عادةً في مراجعات الذكاء الاصطناعي الجغرافي، والتي غالباً ما تُسلط الضوء على تطبيقات الاستشعار عن بُعد، ورسم الخرائط، والتحليلات المكانية. يتسق هيكل الربط الببليوغرافي مع التمييز حسب نوع المنفذ، حيث تتوافق المجموعات مع الاستشعار عن بُعد ومراقبة الأرض وعلوم نظم المعلومات الجغرافية والمعلومات المكانية، ومجالات التخطيط الحضري. ويشير وجود روابط بين هذه المجموعات إلى أن الذكاء الاصطناعي العام يعمل كطبقة منهجية رابطة تدعم قواعد الاستشهاد المشتركة وتبادل المعلومات بين المنافذ، وخاصة من خلال التقنيات اللغوية ومتعددة الوسائط التي يمكن تكييفها عبر المشكلات التقنية والاجتماعية.

5.3. موضوعات البحث واتجاهاته

يشير تحليل تكرار الكلمات المفتاحية، والتجميع الموضوعي، ومتوسط وقت الظهور إلى أن البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام قد شهدت تطوراً موضوعياً سريعاً خلال فترة زمنية قصيرة. ويتجلى هذا التطور في التحولات التي تسود المفردات التي تهيم على أجزاء مختلفة من شبكة الكلمات المفتاحية، وفي التغيرات التي تجذب فيها المجموعات الموضوعية أكبر قدر من الاهتمام. بينما ترتبط بعض المواضيع بالاهتمامات السابقة بمنصات الذكاء الاصطناعي الناشئة والاستكشاف المفاهيمي، تعكس مواضيع أخرى اهتماماً أحدث بالتطبيقات الخاصة بمجالات محددة، وتكامل سير العمل، والتنفيذ العملي. وبالتالي، تشير الأنماط الزمنية الملاحظة في التصور المتراكم إلى مشهد بحثي متزايد التنوع بدلاً من مسار تطوري موحد. يعمل موضوع الذكاء الاصطناعي الجغرافي ونظم المعلومات الجغرافية القائم على نماذج التعلم الموجه نحو اللغة (LLM) كنقطة محورية لأنه يربط مصطلحات النموذج العامة بالتمثيلات الجغرافية ولغة نظم المعلومات الجغرافية التشغيلية، يتحول مفرداته من مراجع المنصات السابقة والتأطير الخرائطي (GPT)، رسم الخرائط (إلى مصطلحات أحدث موجهة نحو سير العمل تدعم الاستخدام التشغيلي) هندسة المطالبات، والتوليد المعزز بالاسترجاع، ونظم المعلومات الجغرافية)، مما يشير إلى أن الاهتمام تحول من تجربة قدرات النموذج وآثاره التمثيلية إلى تكوين نماذج التعلم الموجه نحو اللغة (LLM) كمكونات في سلاسل أدوات موجهة نحو نظم المعلومات الجغرافية. يشير هذا النمط إلى تحول تدريجي في التركيز من الاستكشاف المتمحور حول المنصة نحو التكامل العملي لنماذج التعلم الآلي ضمن سير العمل الجغرافي المكاني.

يركز موضوع الذكاء الاصطناعي العام في التواصل الأكاديمي والتعليم على السياقات التحليلية التطبيقية والأطر المؤسسية حيث يكون التبني والممارسة والتقييم بارزة. تهيم على ملف الكلمات الرئيسية مصطلحات انتقالية (التعليم، التعليم العالي، وسائل التواصل الاجتماعي، تحليل المشاعر، معالجة اللغة الطبيعية) تشير إلى التكامل في مسارات التحليل الشائعة وبيئات التعلم بعد الاستخدام الأولي للمنصة. يُبرز هذا الموضوع أن جزءاً كبيراً من أعمال الذكاء الاصطناعي العام الجغرافية يتناول البيئات التي يتعامل معها الإنسان حيث أصبح ممارسات الاستخدام ومعايير التقييم جزءاً من أجندة البحث. يشير استمرار بروز هذه الكلمات الرئيسية إلى أن مسائل التبني والتقييم والاستخدام المسؤول ما تزال تشكل شواغل مستمرة ضمن التطور الأوسع لهذا المجال.

يتمحور موضوع أسس التعلم الآلي ورصد الأرض حول الأساليب الراسخة المتمحورة حول الصور وامتداداتها التوليدية. كلمات مفتاحية مثل: الاستشعار عن بعد، رؤية الحاسوب، التعلم العميق، التعلم الآلي، ونموذج الانتشار. يشير ذلك إلى خط عمل يُكيّف الأساليب التوليدية ومتعددة الوسائط مع مهام رصد الأرض، يربط التصور المتراكم الكثير من هذه المصطلحات بتطورات حديثة نسبياً في الشبكة، مما يوحي باهتمام متزايد بتوسيع نطاق الأساليب التوليدية لتشمل مجالات جغرافية غنية بالصور والبيانات، بالإضافة إلى التطبيقات التي تركز على اللغة.

يربط موضوع التحليلات الحضرية القائمة على المعرفة مصطلحات المجال الحضري بمكونات النظام التي تدعم الاستدلال المنظم. تظهر المدينة الذكية كنقطة ارتكاز انتقالية، بينما تشير مصطلحات أحدث مثل التخطيط الحضري والتصميم الحضري ومخطط المعرفة إلى تركيز متزايد على ربط النماذج التوليدية بموارد المعرفة المنظمة في سياقات دعم القرار. يشير ظهور هذه الكلمات المفتاحية الأحدث إلى اهتمام متزايد بتطبيقات التخطيط والحوكمة المتخصصة التي تتطلب دمج النماذج التوليدية مع هياكل معرفية صريحة. يشير هذا الموضوع إلى التوجه نحو بنى هجينة تجمع بين المخرجات التوليدية والتمثيلات الصريحة المستخدمة في

تطبيقات التخطيط الحضري . يركز موضوع أدوات ومنصات الذكاء الاصطناعي المكاني على التنفيذ والنشر والتفاعل مع بيانات البرمجيات المكانية. تشير الكلمات المفتاحية الحديثة، مثل توليد الشفرة المكانية والتوليد المعزز بالاسترجاع، إلى جانب إشارات المنصة ومصطلحات نظم المعلومات الجغرافية، إلى تحول نحو بناء الأدوات والعمليات المعتمدة على الشفرة على البيانات المكانية. يشير النمط الزمني لهذه المجموعة إلى أن التشغيل أصبح أكثر أهمية مع نضوج المجال. يشير بروز هذه الكلمات المفتاحية المتزايد إلى اهتمام متزايد بآتمنة سير العمل، والعمليات المكانية القابلة للتنفيذ، والنشر العملي ضمن البيانات المكانية.

في جميع هذه المواضيع، تعمل مجموعة صغيرة من الكلمات المفتاحية العامة للنماذج (LLM) ، (AI، GenAI) كعناصر ربط شاملة وليست مجرد مُعرِّفات للمواضيع. يعكس موقعها المركزي في الشبكة كيف توفر نماذج التعلم المعزز نقاط مرجعية مشتركة تدعم مجالات تطبيق متعددة، بينما يتم التمييز الموضوعي من خلال كلمات مفتاحية أكثر تحديدًا للمجال وسير العمل. يتوافق هذا التفسير مع الدراسات التجميعية الحديثة للذكاء الاصطناعي الجغرافي المكاني التي تصف النماذج الأساسية بأنها بنية تحتية تمكينية يتجلى تأثيرها من خلال سير العمل اللاحق وتكيفات المجال.

5.4. الأعمال الرائدة والأسس الفكرية

تسلط الوثائق الأكثر استشهادًا الضوء على المجالات التي أنتجت فيها البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي الجغرافي مساهمات واسعة النطاق. يتركز التأثير في التعليم، والاستشعار عن بعد، وعلوم نظم المعلومات الجغرافية، مما يشير إلى أن العمل عالي التأثير يظهر حيث تتقاطع الأنظمة التوليدية مع مجتمعات المستخدمين الكبيرة والمتطلبات التشغيلية الفورية. في مجال التعليم، تتناول المساهمات الأكثر استشهادًا النزاهة الأكاديمية، والاستخدام المسؤول، والتبني في التعليم العالي، وتتردد أصداؤها مع مناقشات أوسع لما بعد عام 2022 والتي تم ترسيخها بسرعة من خلال توجيهات المجالات ومناقشات السياسات. في مجال الاستشعار عن بُعد ومراقبة الأرض، تُعطي الأعمال التي تحظى باقتباسات كثيرة الأولوية للرؤية متعددة الوسائط ونماذج اللغة، وتفسير التغيرات، وفهم الصور، مما يعكس تحولاً نحو القرارات التفاعلية والتوليدية للصور الجغرافية المكانية وسياقات التغير المكاني والزمني. في علم نظم المعلومات الجغرافية، تُركز المساهمات التي تحظى باقتباسات كثيرة على المساعدين وأنظمة نظم المعلومات الجغرافية المستقلة أو شبه المستقلة، والنماذج الأساسية الخاصة بالمجال مما يشير إلى توجه نحو التكامل على مستوى سير العمل والأنظمة التي يتدخل فيها العنصر البشري .

تمثل مجموعات المراجع المشتركة القاعدة الفكرية التي يتم حشدتها بشكل متكرر عبر المدونة، وهي تحمل إشارة مختلفة عن الوثائق التي تحظى باقتباسات كثيرة، حيث أن أنماط الاقتباس المشترك تُجسد الأسس النظرية والمنهجية والتقنية المشتركة بدلاً من الوضوح أو التأثير الذي يُقاس من خلال عدد الاقتباسات فقط. تركز المجموعات الأساسية في شبكة الاقتباس المشترك على مساهمات تأسيسية سابقة ، ظهور الذكاء الاصطناعي العام في الجغرافيا. وتشمل هذه الدراسات المبكرة في مجال الجيوديسيا وتصحيح الغلاف الجوي الضرورية لتحديد المواقع المكانية وقياسها ، بالإضافة إلى بنى التعلم الآلي ومعالجة اللغة الطبيعية الرائدة مثل المحولات ونماذج اللغة الكبيرة المدربة مسبقاً . يُبرز وجود هذه الأعمال مدى اعتماد البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام على بنى منهجية تم تطويرها خارج هذا التخصص. ومن الجدير بالذكر أيضاً التطبيقات المتخصصة والتوجهات المنهجية المستمدة من المساهمات الأساسية، بما في ذلك موارد التقييم والمقارنة المعيارية ، والتقارير الفنية لبرامج الماجستير في اللغة وتقييمها ، والنمذجة متعددة الوسائط الخاصة بالمجال . يشير هذا التكوين إلى أن مجموعة مشتركة من مراجع برامج الماجستير في اللغة توفر إطاراً فكرياً

متربطاً عبر المجالات الفرعية الجغرافية، بينما توفر الدراسات المتخصصة موارد موجهة للتحقق والتفسير والحوكمة.

5.5. فجوات البحث الناشئة والتوجهات المستقبلية

تكشف النتائج والمناقشة السابقة عن فجوات بحثية عدة تشير إلى توجهات مستقبلية مهمة للبحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي التوليدي.

أولاً، على الرغم من النمو السريع للدراسات الموجهة نحو سير العمل، ما يزال هناك نقص نسبي في أطر التقييم المنهجية لتقييم موثوقية مخرجات التوليد وقابليتها للتكرار وصحتها الجغرافية. يركز جزء كبير من العمل الحديث حول الهندسة الفورية، والتوليد المعزز بالاسترجاع، وتوليد الشفرة الجغرافية المكانية على العروض التوضيحية الوظيفية بدلاً من المقارنة المعيارية أو توصيف الأخطاء عبر السياقات المكانية. وبالمثل، تشير المراجعات الحديثة للذكاء الاصطناعي التوليدي الجغرافي المكاني إلى أن ممارسات التقييم متأخرة عن الابتكار المنهجي، لا سيما فيما يتعلق بالاستدلال المكاني، وانتشار عدم اليقين، والتحيز في المخرجات المرجعية جغرافياً. سيتطلب معالجة هذه الفجوة تطوير معايير خاصة بالمجال وبروتوكولات تقييم موحدة مصممة خصيصاً للمهام الجغرافية. يتطلب معالجة هذه الفجوة تطوير معايير خاصة بالمجال وبروتوكولات تقييم موحدة مصممة خصيصاً للمهام الجغرافية.

ثانياً، يُبرز التجميع الموضوعي الاهتمام المتزايد بالتحليلات الحضرية القائمة على المعرفة وتطبيقات دعم القرار، إلا أن الأدلة التجريبية حول تبنيها في الواقع العملي وتكاملها المؤسسي ما تزال محدودة. وبينما تشير كلمات مفتاحية مثل التخطيط الحضري، والتصميم الحضري، ومخطط المعرفة إلى اتجاه بحثي ناشئ، فإن معظم الدراسات ما تزال في مرحلة النموذج الأولي أو المستوى المفاهيمي. ويمكن للبحوث المستقبلية أن تدرس كيفية دمج الأنظمة التوليدية في سير عمل التخطيط، وعمليات الحوكمة، والبيئات التشاركية بالإضافة إلى كيفية تفاعل مخرجاتها مع الأطر التنظيمية والمعايير المهنية بالإضافة إلى المعايير المهنية. تتماشى هذه التساؤلات مع دعوات أوسع لدراسة الآثار الاجتماعية والتقنية للذكاء الاصطناعي من الجيل الجديد بما يتجاوز الأداء التقني وحده.

ثالثاً، يشير بروز الكلمات المفتاحية العامة لعائلات النماذج عبر المواضيع إلى الاعتماد الكبير على عدد قليل من النماذج والمنصات الأساسية. ويثير هذا التركيز تساؤلات حول تبعية النموذج، والشفافية، وإمكانية الوصول في البحوث الجغرافية بالإضافة إلى الترابط بين النماذج. على وجه الخصوص، يرتبط هذا الاعتماد ارتباطاً وثيقاً بهيمنة النماذج الاحتكارية التي قد تحد من الشفافية وتقلل من تحكم المستخدم في سلوك النموذج. في هذا السياق، يمكن لنماذج التعلم الخطي مفتوحة المصدر أن توفر مرونة أكبر للتخصيص والنشر المحلي والتكامل مع البيانات والأدوات الجغرافية المكانية الخاصة بالمجال، والتي غالباً ما تكون مطلوبة في التطبيقات الجغرافية التي تتضمن معلومات حساسة أو خاصة بمنطقة معينة. مقارنةً بالأنظمة الاحتكارية، قد تعزز هذه النماذج أيضاً الشفافية وقابلية التكرار من خلال السماح للباحثين بفحص هياكل النماذج وتكييفها مع سياقات مكانية محددة. ومع ذلك، على الرغم من هذه المزايا، فإن دورها في سير العمل الجغرافي ما يزال غير مستكشف بشكل كافٍ في الأدبيات الحالية. تؤكد المناقشات الحديثة في مجال الذكاء الاصطناعي الجغرافي وأبحاث النماذج الأساسية على الحاجة إلى التنويع والفحص النقدي لافتراضات النموذج، خاصةً في السياقات غير المتجانسة مكانياً والتي تفتقر إلى البيانات. يمكن للدراسات أن تستكشف آثار النماذج التوليدية الاحتكارية مقابل النماذج مفتوحة المصدر، وكذلك إمكانية نقل النتائج عبر بنى النماذج وأنظمة التدريب.

رابعاً، بينما تشير الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي العام يُناقش بشكل متزايد فيما يتعلق بالحوكمة والاستخدام المسؤول، فإن الكلمات المفتاحية المرتبطة بالأخلاقيات أو التحيز أو العدالة الجغرافية المكانية ليست بارزة في شبكة الكلمات المفتاحية أو تحليل التردد. يشير هذا النمط إلى أن البحوث الجغرافية الحالية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام لا تزال موجهة إلى حد كبير نحو الاستخدامات الأدائية والتطبيقية، مع تركيز محدود نسبياً على التفكير النقدي والمعياني. يمكن للبحوث المستقبلية أن تتناول بشكل أعمق الأبعاد الأخلاقية والاجتماعية والمتعلقة بالعدالة للذكاء الاصطناعي العام في السياقات الجغرافية.

5.6. الآثار النظرية والعملية

من منظور نظري، تشير النتائج إلى أن الذكاء الاصطناعي العام قد يُعيد تشكيل البحث الجغرافي ليس من خلال تقديم مجالات موضوعية جديدة كلياً، ولكن من خلال إعادة تكوين كيفية ترابط المفاهيم والأساليب والتطبيقات الحالية. يتماشى الدور المحوري لنماذج اللغة الكبيرة كبنية تحتية ربطية مع التحول نحو أشكال أكثر تكاملاً وتوجهاً نحو سير العمل في إنتاج المعرفة الجغرافية. وتوسع هذه الملاحظة نطاق الدراسات الحالية في مجال الذكاء الاصطناعي الجغرافي من خلال تسليط الضوء على أهمية التفاعل والتنسيق وتصميم النظام، بدلاً من مجرد حادثة الخوارزميات، كونها محركات رئيسية للتغيير المفاهيمي. عملياً، تشير النتائج إلى فرص متزايدة لنشر الذكاء الاصطناعي التوليدي ضمن السياقات الجغرافية التشغيلية، لا سيما في سير عمل نظم المعلومات الجغرافية والتخطيط الحضري والتعليم. ويشير ظهور المواضيع الموجهة نحو الأدوات إلى أن النماذج التوليدية تُوضع بشكل متزايد كواجهات بين المستخدمين والبيانات وأنظمة التحليل. ومع ذلك، يؤكد هذا التحول أيضاً على الحاجة إلى بناء القدرات والتوجيهات الأخلاقية وآليات الحوكمة لدعم الاستخدام المسؤول. تُبرز الدراسات الحديثة حول الذكاء الاصطناعي العام في الجغرافيا والتعليم البيئي الإمكانات التربوية والمخاطر المرتبطة بالتبني غير النقدي، مما يُعزز أهمية دمج الابتكار التقني مع الاعتبارات المؤسسية والمعارية.

5.7. القيود

ينبغي تفسير نتائج هذه الدراسة في ضوء العديد من القيود، التي يُشير كل منها إلى سبل لتحسين المنهجية في البحوث المستقبلية.

أولاً، يعتمد التحليل البليومتري على المنشورات المفهرسة في قاعدة بيانات واحدة، مما قد يُقلل من تمثيل الدراسات ذات الصلة المنشورة في المجالات غير الإنجليزية، أو المنافذ الإقليمية، أو وقائع المؤتمرات، أو المنتديات الموجهة للممارسين. يُمكن للبحوث المستقبلية معالجة هذا القيد من خلال دمج قواعد بيانات متعددة أو مصادر بيانات تكميلية، مما يُوفر تمثيلاً أكثر شمولاً للبحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام.

ثانياً، تُركز استراتيجية البحث على المصطلحات العامة المتعلقة بالذكاء الاصطناعي العام وبرنامج ماجستير القانون. لذلك، فإن المقالات التي تشير فقط إلى أسماء نماذج محددة (مثل نماذج الانتشار والنماذج متعددة الوسائط، بالإضافة إلى عائلات نماذج محددة مفتوحة المصدر أو مملوكة) دون إطار أوسع في مجال الذكاء الاصطناعي التوليدي أو نماذج التعلم الآلي قد تقع خارج نطاق البحث. ويمكن للبحوث المستقبلية معالجة هذا القيد عن طريق توسيع تصميم الكلمات المفتاحية ليشمل نطاقاً أوسع من فئات النماذج التوليدية.

ثالثاً، يعتمد التحليل على أنماط التواجد المشترك للكلمات المفتاحية والاستشهاد المشترك، والتي تعتمد على الكلمات المفتاحية التي يقدمها المؤلفون وممارسات الفهرسة. ونتيجة لذلك، قد لا يتم استيعاب بعض

الفروق الدقيقة المفاهيمية أو أفكار البحث الناشئة بشكل كامل، لا سيما في مجال سريع التطور حيث تتغير المصطلحات بسرعة. ولذلك، فإن رسم الخرائط الببليومترية يكمل القراءة المتأنية والتحليل النوعي، وليس بديلاً عنهما. وتعكس التصنيفات الموضوعية المخصصة للمجموعات تفسير المؤلفين لتجميعات الكلمات المفتاحية، و ينبغي التعامل معها على أنها استرشادية وليست نهائية. ويمكن للدراسات المستقبلية أن تجمع بين الخريطة الهيكلية المنتجة هنا باستخدام ترميز نوعي منهجي للمقالات التمثيلية ضمن كل مجموعة، مما يُتيح اختبار وإثراء التفسيرات الموضوعية المُستمدة من تحليل الشبكة وحده.

رابعاً، يقتصر النطاق الزمني للدراسة على المنشورات الصادرة بعد عام ٢٠٢٢. في حين أن هذا التركيز مناسب لدراسة ظهور الذكاء الاصطناعي العام، إلا أنه يُحد من القدرة على تتبع الاستمرارية والانقطاعات طويلة الأمد مع التوجهات السابقة للذكاء الاصطناعي الجغرافي والذكاء الاصطناعي يمكن للبحوث المستقبلية توسيع النطاق الزمني أو إجراء تحليلات مقارنة بين فترات ما قبل وما بعد الذكاء الاصطناعي العام لفهم التطورات الحديثة بشكل أفضل.

أخيراً، تكشف تحليلات التواجد المشترك والاستشهاد المشترك عن أنماط ارتباطية وليست علاقات سببية. لذلك، ينبغي فهم التفسيرات الهيكلية والتطورية المُقدمة في هذه المناقشة على أنها إرشادية وليست تفسيرية. يمكن للبحوث المستقبلية أن تُكَمِّل المناهج الببليومترية بدراسات تجريبية، أو تحليلات حالات، أو دراسات طويلة لفحص الآليات السببية الكامنة وراء ديناميكيات البحث الملحوظة.

6. الاستنتاجات

تقدم هذه الدراسة فحصاً ببليومترياً شاملاً للبحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي من الجيل الأول، والمنشورة منذ عام 2022، والتي ترصد الأنماط المرتبطة بالظهور السريع لهذا المجال وتوطيده في أعقاب التطورات في نماذج اللغة الكبيرة والأنظمة التوليدية. ومن خلال دمج تحليل الأداء مع تقنيات رسم الخرائط العلمية، تحدد الدراسة اتجاهات النشر، والتكوين التأديبي، والهيكل الموضوعية، والأسس الفكرية التي تميز المشهد البحثي الحالي.

تشير النتائج إلى أن البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي من الجيل الأول قد توسعت بوتيرة استثنائية، وتُظهر تركيزاً مكانياً واضحاً، مع أنماط وطنية ومؤسسية تعكس أنماطاً مختلفة لإنتاج المعرفة. يُبرز التحليل التخصصي الطبيعة الهجينة لهذا المجال، الذي يقع عند تقاطع الجغرافيا، ونظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بُعد، وعلوم الحاسوب، ومجالات التطبيقات ذات التوجه الاجتماعي.

تشير التحليلات القائمة على الكلمات المفتاحية إلى بنية موضوعية مُنظمة حول مواضيع بحثية متماسكة، مصحوبة بتحولات واضحة في تركيز البحث من التأطير الاستكشافي المبكر إلى التوحيد المنهجي، ومؤخراً نحو التكامل على مستوى سير العمل والتطبيق العملي.

تُشير التحليلات على مستوى الوثائق إلى أن المساهمات عالية الاستشهاد والقواعد الفكرية المُستشهد بها تُقدم رؤى تكملية حول التأثير والمعرفة الأساسية، مما يؤكد على البنية الطباقية لتطور هذا المجال. وبالنظر إلى النتائج والمناقشة مجتمعة، فإنها تُشير **إلى أن الذكاء الاصطناعي التوليدي قد يُعيد تشكيل البحث الجغرافي بشكل أساسي من خلال إعادة التكوين وليس الاستبدال الموضوعي.**

يبدو أن النماذج التوليدية تعمل كبنية تحتية رابطة تربط بين الأساليب الراسخة ومجالات التطبيق وسير العمل الناشئ، مما قد يُسرّع التكامل بين مسارات البحث المتميزة سابقاً. في الوقت نفسه، يُحدد التحليل فجوات هامة تتعلق بممارسات التقييم، والتضمين المؤسسي، والاعتماد على النماذج مما يُشير إلى أن التقدم

المستقبلي لن يعتمد فقط على الابتكار التقني، بل أيضاً على الدقة المنهجية، والحوكمة، والتفاعل التأملي مع الأبعاد الاجتماعية والتقنية للذكاء الاصطناعي من الجيل الأول.

من خلال رسم خريطة منهجية لتطور وبنية واتجاهات البحوث الجغرافية المتعلقة بالذكاء الاصطناعي من الجيل الأول، تُساهم هذه الدراسة في بناء أساس تجريبي منهجي وتكاملي يتجاوز المراجعات السردية والتطبيقية الحالية، مما يُوفر فهماً أوضح لكيفية دمج التقنيات التوليدية في الدراسات الجغرافية. تُقدم النتائج نقطة مرجعية للباحثين والمعلمين والممارسين الذين يسعون إلى وضع أعمالهم ضمن هذا المجال سريع التطور، كما تُقدم إرشادات للبحوث المستقبلية التي تهدف إلى تطوير التكامل النظري والعملي للذكاء الاصطناعي من الجيل الأول في الجغرافيا.