دور الذكاء الاصطناعي في إيجاد فرص عمل في اختصاص الجغرافيا في ظلّ ميّزاته وحدوده

ناجي كعدي*

تاريخ الورود:	**٢ آب ٢٠٢٥**
تاريخ الموافقة على النشر:	**٢٨ تموز ٢٠٢٥**
تاريخ التحرير والمراجعة:	**١٥ آب ٢٠٢٥**
تاريخ النشر:	**٣ أيلول ٢٠٢٥**

ملخص

يتناول هذا البحث دور الذكاء الاصطناعي (AI) في فتح آفاق جديدة لفرص عمل في مجال الجغرافيا، مع التركيز على مفهوم "الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI) . وتتجلّى الإشكالية الرئيسة التي يناقشها البحث في كيفيّة توظيف الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات الجغرافية المعقّدة بفعاليّة، مع مواجهة التحديّات المرتبطة بنقص البيانات الموثوقة والمخاوف الأخلاقية المحيطة باستخدامه. يفترض البحث أن GeoAI يمكن أن يحسّن دقّة التحليل الجغرافي، ويؤدّي إلى خلق وظائف جديدة مثل محلّلي البيانات الجغرافية، ومطوّري تطبيقات المدن الذكية. ومع ذلك، يتوقع أيضًا أن هذه التكنولوجيا ستواجه عقبات تتعلّق بالتحيّز في البيانات، نقص الشفافية في النماذج الحسابيّة، فضلًا عن التحديّات الاجتماعية المرتبطة بالفجوة التكنولوجية بين المناطق المتقدّمة والنامية. يهدف

* أستاذ دكتور في الجامعة، اللبنانية ، قسم الجغرافيا، لبنان، naji.kehdy@hotmail.com

البحث إلى استكشاف إمكانيات GeoAI في تطوير تخصّص الجغرافيا، مع التركيز على تحديد التحديّات التقنية والاجتماعية التي قد تعيق تبنّيه على نطاق واسع. من خلال هذا التحليل، تبيّن أن GeoAI يوفر فرصًا وظيفيّة كبيرة، ولكن هذه الفرص تأتي مشروطة بضرورة التغلّب على تحديّات متعلّقة بالقدرات الحاسوبية، والشفافية، وحماية البيانات. وخلص البحث إلى أنّ GeoAI يحمل إمكانيّات هائلة لدفع الجغرافيا نحو الأمام، إلّا أنّه يتطلّب حلًا جذريًا للتحديّات التقنية والأخلاقية لضمان الإفادة الكاملة من إمكانياته في المستقبل.

كلمات مفاتيح: GeoAI، جغرافيا، الذكاء الإصطناعي، فرص عمل، تحدّيات

مقدّمة

في السنوات الأخيرة، شهدت تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي (AI) تطورًا سريعًا أسهم في تغيير جذريّ للعديد من المجالات العلميّة والمهنيّة، ومنها تخصّص الجغرافيا. يُعد الذكاء الاصطناعي أداة قويّة تتيح إمكانية تحليل كميات هائلة من البيانات بدقة وسرعة ومعالجتها، إمكانية لم تكن ممكنة في الماضي، ممّا يفتح آفاقًا جديدة لإيجاد فرص عمل في هذا الاختصاص. ومن خلال تطبيقات الذكاء الاصطناعي، يمكن تحسين عمليّة التخطيط الحضريّ، وتحليل الأنماط البيئيّة، بالإضافة إلى التنبّؤ بالكوارث الطبيعية مثل الفيضانات والزلازل، وذلك بناءً على تحليلات دقيقة للبيانات التاريخية والجغرافية (Mitchell T.,2020). إضافة إلى ذلك، يُعد الذكاء الاصطناعي أداة فعالة في تحسين دقة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، حيث يساعد في تطوير خرائط جغرافيّة أكثر تفصيلًا ودقّة من خلال تحليل الصور الفضائيّة وصور الأقمار الصناعيّة (Gao et al., 2018). هذه الخرائط المحسنّة تُمثل أداة حيويّة للتخطيط في مجالات مثل الزراعة، وإدارة الأزمات، والتنمية الحضرية. كما أنّ هذه الابتكارات تفتح الباب لظهور وظائف جديدة، مثل محلّلي البيانات الجغرافية باستخدام الذكاء الاصطناعي، والذين يتعاملون مع البيانات البيئيّة والاجتماعية لتقديم رؤى تساعد في اتّخاذ القرارات المتعلّقة بالتنمية المستدامة (Chen & Jain,

2019). لكن، على الرّغم من هذه الإمكانيات الكبيرة، لا يخلو استخدام الذكاء الاصطناعي من التحديات. تعتمد فعاليّة هذه التقنيات بشكل كبير على جودة البيانات المُدخلة ودقتها ، حيث يمكن أن يؤدي وجود بيانات غير دقيقة أو غير كاملة إلى نتائج مضلّلة أو غير مفيدة. كما يظلّ الذكاء الاصطناعي محدودًا في القدرة على تنفيذ العمل الميداني الذي يتطلّب تفاعلًا بشريًّا ومهارات استكشاف مباشرة على الأرض، وهو عنصر لا يمكن تعويضه بالآلات أو البرمجيات.

وشهدت الأبحاث في السنوات الأخيرة تطورًا كبيرًا في مجال دمج الذكاء الاصطناعي (AI) بالجغرافيا، وأظهرت الدراسات أن الذكاء الاصطناعي يُسهم في تعزيز إمكانيّات التحليل الجغرافيّ، وفتح فرص عمل جديدة في مجالات متنوعة. على سبيل المثال، ناقش الباحثان Walker و Winders تأثيرات الذكاء الاصطناعي على النظم الجغرافيّة والسياسيّة والاقتصاديّة، مشيرَيْن إلى أنّ التوسّع في استخدام تقنياته قد يؤدّي إلى تغييرات جذريّة في كيفيّة معالجة البيانات الجغرافيّة وفهم الفضاء المكانيّ (Winders & Walker, 2021). كما أبرزت دراسة Ajithkumar ومجموعة من الباحثين أنّ الذكاء الاصطناعي يعمل على إعادة تشكيل سوق العمل من خلال أتمتة العديد من المهام الروتينيّة، وهو ما قد يؤدي إلى استبدال بعض الوظائف التقليديّة بفرص وظائف جديدة تعتمد على قدرات الذكاء الاصطناعي (Ajithkumar ,Li, & Zhou,2023). على صعيد آخر، ناقش Janowicz مع فريق بحثيّ مفهوم "GeoAI" أو الذكاء الاصطناعي الجغرافي، وأشاروا إلى الفرص والتحديات التي يواجهها مجال الجغرافيا نتيجة الاعتماد المتزايد على هذه التقنية، ممّا يعزّز الحاجة إلى تطوير مهارات جديدة للتعامل مع البيانات الجغرافية الضخمة. (Janowicz, Geo, McKenzie, G., & Adams, 2022)

استعرضت دراسة Damioli وفريق بحثه تأثير براءات الاختراع المتعلّقة بالذكاء الاصطناعي على سوق العمل، حيث أظهرت النتائج أنّ الابتكارات المرتبطة بالذكاء الاصطناعي تُسهم في خلق فرص عمل جديدة، خصوصًا في المجالات التي تتطلّب مهارات تقنية متقدمة (Damioli, Van Roy, Vertesy 2022).

١. أهداف البحث وإشكاليته

تتمثل الإشكالية الرئيسية لهذه الدراسة في تحديد كيفية استفادة تخصص الجغرافيا من الذكاء الاصطناعي لخلق فرص عمل جديدة، وما هي الحدود أو التحديات التي يواجهها هذا التخصّص في تبنّي هذه التقنيات. تنبثق من هذه الإشكالية مجموعة من الفرضيات، أبرزها أنّ الذكاء الاصطناعي يمكن أن يعزّز من كفاءة تحليل البيانات الجغرافية ويوفر فرصًا وظيفيّة جديدة، مع إمكانية حدوث تحديات تتعلّق بجودة البيانات وعدم قدرة هذه التكنولوجيا على تعويض العمل الميداني الجغرافيّ بشكل كامل.

وتهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، أبرزها استكشاف دور الذكاء الاصطناعي في تحسين التحليل الجغرافي وفتح آفاق وظيفيّة جديدة. بالإضافة الى تحليل الفوائد والتحديّات المرتبطة بتطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في مجال الجغرافيا. وتسهم في تحديد مدى قدرة الذكاء الاصطناعي على التعامل مع البيانات الجغرافية وتحسين دقة نظم المعلومات الجغرافية. ممّا يساعد على اقتراح حلول لدمج الذكاء الاصطناعي بشكل فعّال ومستدام مع الخبرة البشريّة في هذا المجال.

٢. فرص العمل الناشئة من استخدام الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا

إن دمج الذكاء الاصطناعيّ مع الجغرافيا لا يسهم فقط في تحسين الأداء وتحليل البيانات، بل يفتح أيضًا آفاقًا جديدة لفرص العمل التي لم تكن ممكنة من قبل. للمساعدة في توضيح أهمية هذه الفرص، سنقوم بتوضيح مقارنة بين الوضع الحالي بوجود الذكاء الاصطناعي والوضع السابق قبل تطبيقه.

٢. ١. محللو البيانات الجغرافية التنبؤية

قبل تطبيق الذكاء الاصطناعي، كان تحليل البيانات الجغرافية المعقدة يعتمد بشكل رئيسي على نماذج إحصائية تقليدية تعتمد على التقديرات البشرية المباشرة، مما أدى إلى بطء في التنبؤ وصعوبة في التعامل مع كميات ضخمة

من البيانات. على سبيل المثال، تحليل بيانات الطقس أو الزحف العمراني كان يتطلب أسابيع لتحليلها واتّخاذ القرارات بناءً على ذلك.

بوجود الذكاء الاصطناعي، يمكن الآن تحليل كميات هائلة من البيانات في وقت قياسيّ وبشكل أكثر دقة. في دراسة أجرتها (Johnson, Smith, Amankulova, 2023) تمكّنت نماذج التعلّم العميق من تحسين دقّة التنبؤ بالزحف العمراني بنسبة ٢٥٪ مقارنة بالطرق التقليديّة. باستخدام هذه النماذج، يتمكّن المحللون من تحديد المناطق المحتملة للنمو الحضريّ والتخطيط لها مسبقًا، مما يساعد على تجنّب الزحف غير المخطط الذي يسبب ازدحامًا عمرانيًا.

٢. ٢. الزراعة الذكيّة والمراقبة البيئيّة

في الماضي، كانت مراقبة صحة المحاصيل تتمّ عبر الفحص اليدوي أو باستخدام صور الأقمار الصناعية التي تتطلّب تحليلًا يدويًا من قبل الخبراء. كان هذا العمل يستغرق وقتًا طويلًا ولم يكن يوفر الدقّة اللازمة للتنبّؤ بالمشكلات البيئية المستقبلية. بفضل الذكاء الاصطناعي، وبخاصة تقنيات الاستشعار من بعد المدعومة بالتعلّم الآلي، أصبح بالإمكان مراقبة صحة المحاصيل في الوقت الفعلي.

في تجربة أُجريت باستخدام GeoAI ، تمكّنت الخوارزميات من تحديد مناطق ضعف المحاصيل بدقة ٩٠٪، مقارنة بـ ٧٠٪ فقط عند استخدام الطرق التقليديّة (Paolanti , Pierdicca, 2022). هذا التحسين في الأداء يمكن أن يقلّل من هدر المحاصيل ويزيد من الإنتاج الزراعيّ، مّما يخلق فرصًا وظيفيّة جديدة كمحللين زراعيين متخصّصين في الذكاء الاصطناعي.

في الهند، استخدمت شركة CropIn تقنية الذكاء الاصطناعي لتحليل صور الأقمار الصناعيّة ومراقبة حقول الأرز والقمح في الزمن الحقيقيّ. استطاعت المنصّة تحديد مناطق الإصابة بالآفات بدقة ٩٠٪، ما أدّى إلى تقليل خسائر المحاصيل بنسبة ٢٠٪ وزيادة الإنتاج في بعض المناطق بنسبة ١٧% (Cropin, 2022).

٢. ٣. إدارة الموارد الطبيعية

من دون الذكاء الاصطناعي، كانت إدارة الموارد الطبيعيّة تعتمد على أساليب يدوية لتحليل البيانات البيئية وجمع المعلومات. كان هذا يؤدي إلى تأخّر في اكتشاف موارد جديدة أو استنزاف غير مدروس للموارد الطبيعية، مثل المياه أو النفط.

في أثيوبيا، استخدمت منظمة اليونيسف مع باحثين من جامعة أوكسفورد خوارزميات ذكاء اصطناعي لتحليل بيانات الاستشعار من بعد وتحديد مواقع الآبار في المناطق الجافّة. بلغت دقّة النتائج ٨٥٪ مقارنة بـ ٦٠٪ عند استخدام الطرق التقليدية (Song,2020). هذا النوع من التحليل السريع والدقيق يتيح استغلال الموارد بشكل أكثر كفاءة ويقلّل من التكاليف والمخاطر المرتبطة بالبحث اليدوي، مما يخلق فرص عمل جديدة للمتخصّصين في إدارة الموارد باستخدام GeoAI.

٢. ٤. التخطيط الحضري والمدن الذكية

في الماضي، كان التخطيط الحضريّ يعتمد على المسوحات الميدانية والتقديرات اليدوية التي قد تستغرق سنوات. في غياب الذكاء الاصطناعي، كانت هذه العمليات تعاني من تأخر زمنيّ كبير وصعوبة في التنبؤ بتغيّرات المدينة المتسارعة.

أما مع الذكاء الاصطناعي، فقد أصبحت المدن الذكية حقيقة واقعة. باستخدام GeoAI ، يمكن تحليل بيانات التنقّل والنقل لتحديد أوقات الذروة وإعادة تخطيط حركة المرور بناءً على ذلك في الوقت الحقيقيّ. في دراسة على مدينة ذكية في أوروبا، أدى استخدام الذكاء الاصطناعي إلى تحسين تدفق حركة المرور بنسبة ٤٠٪ مقارنة بالحالة السابقة (Shaqfa , Alasta, 2022). هذا التطوّر يتطلّب جغرافيين متخصّصين في الذكاء الاصطناعي لتطوير حلول المدن الذكية وتنفيذها ، ما يفتح أبوابًا واسعة لتطوير تطبيقات وبرمجيات لتحسين حياة سكان المدن.

٢. ٥. البحث العلمي وتطوير خوارزميات جديدة

كان البحث التقليدي يعتمد بشكل أساسيّ على النماذج النظريّة والتحليل اليدويّ. كان تطوير الخوارزميّات وتحليل البيانات الضخمة يمثل تحديًّا كبيرًا، حيث كان الباحثون يواجهون صعوبة في معالجة البيانات الجغرافية على نطاق واسع.

اليوم، مع الذكاء الاصطناعي، يمكن للباحثين تطوير خوارزميات جديدة لتحليل البيانات المكانية والتنبّؤ بالظواهر المستقبليّة. في دراسة مقارنة أجريت بين الذكاء الاصطناعي والأساليب التقليدية، وجدت أن الذكاء الاصطناعي حقّق تحسنًا بنسبة ٣٠٪ في دقّة التحليل الجغرافي (Grekousis, 2019). هذه الإنجازات العلمية ستستمرّ في دفع تطوير خوارزميات جديدة وتوفير فرص عمل للباحثين المتخصّصين في GeoAI.

٣. أمثلة توظيفّية على الاستفادة من الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا

أحدث الذكاء الاصطناعي ثورة كبيرة في مجالات متعدّدة، ومن بينها تحليل البيانات الجغرافيّة، حيث غيّر الطريقة التقليدية التي كانت تعتمد على العمل اليدويّ والوقت الطويل. بفضل تطبيقات تعلّم الآلة والذكاء الاصطناعي، بات بالإمكان تحليل كميّات ضخمة من البيانات بسرعة ودقّة غير مسبوقة. يمتدّ تأثير هذه التقنية إلى مجالات حيويّة مثل تطوير المدن الذكية، حيث تسهم في تحسين تدفّق حركة المرور، وإدارة الكوارث الطبيعية بشكل أكثر كفاءة. هذه التحوّلات ليست فقط تحسينات تقنية، بل تفتح أيضًا آفاقًا جديدة لسوق العمل، حيث تظهر فرص وظيفية لمتخصّصي الذكاء الاصطناعي والجغرافيا في مجالات التحليل وإدارة الأزمات.

٣. ١. محللو البيانات الجغرافية

في السابق، كانت عملية تحليل البيانات الجغرافية الضخمة تتطلب وقتًا طويلًا وتعتمد بشكل كبير على الخبرة البشرية. محللو البيانات الجغرافية كانوا يقومون بتحليل الخرائط والصور الجوية باستخدام برامج تقليدية قد تستغرق أيامًا لتحليل البيانات.

مع الذكاء الاصـطناعي، يمكن تحليل البيانات الضـخمة في غضـون دقائق باسـتخدام نماذج تعلم الآلة. على سـبيل المثال، تمكن فريق من الباحثين في جامعة كولورادو من تقليص وقت تحليل البيانات الجغرافية من أسبوعين إلى يومين فقط باستخدام الذكاء الاصطناعي، مما زاد من دقة التحليلات بنسبة ٣٥٪ مقارنة بالطرق التقليدية. (Johnson, Smith,Amankulova, 2023)

٣. ٢. تطوير تطبيقات المدن الذكية

من دون الذكاء الاصطناعي، كان تطوير تطبيقات المدن الذكيّة يواجه العديد من التحديّات مثل التكلفة العالية وعدم القدرة على التكيّف مع التغيّرات في الوقت الحقيقي. مثلًا، كانت التطبيقات تعتمد على البيانات القديمة أو تقديرات يدويّة لتحسين تدفّق حركة المرور.

اليوم، مع الذكاء الاصطناعي، أصبحت هذه التطبيقات أكثر ذكاءً وقدرة على تحليل البيانات في الوقت الحقيقي. في مدينة دبي، تم تطوير تطبيق يعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحليل حركة المرور وتحسين تدفّق السيارات، ما أدّى إلى تقليل الازدحام بنسبة ٣٠٪ مقارنة بالحالة السابقة من دون الذكاء الاصطناعي (Liutkevicius, Yahia, 2022).

٣. ٣. مراقبة الكوارث الطبيعية وإدارة الأزمات

من دون الذكاء الاصطناعي، كانت إدارة الكوارث الطبيعية تعتمد بشكل رئيسي على التقديرات البشريّة ونماذج التنبؤ التقليدية، والتي غالبًا ما تفشل في توقع الكوارث في الوقت المناسب.

بفضل الذكاء الاصطناعي، أصبح بالإمكان التنبّؤ بالكوارث الطبيعيّة بشكل أكثر دقّة وسرعة. على سبيل المثال، تمكّن نظام تنبؤ يعتمد على الذكاء الاصطناعي من التنبؤ بحدوث فيضانات في تايلاند بدقة ٩٢٪ قبل وقوعها بأسبوعين، مقارنة بنسبة ٦٥٪ فقط باستخدام النماذج التقليديّة (Zhuang Liu, ،Hu, 2019). هذا النوع من الأنظمة يوفر فرص عمل جديدة لمتخصّصي الذكاء الاصطناعي والجغرافيا في إدارة الأزمات والكوارث.

من خلال هذه الأمثلة، يظهر جليًّا أنّ الذكاء الاصطناعي قد أحدث ثورة في الجغرافيا، حيث وفّر فرص عمل جديدة، وزاد من كفاءة التحليل واتّخاذ القرارات، مقارنة بما كان عليه الحال في غياب هذه التكنولوجيا المتقدّمة.

٤. تحديّات وحدود الذكاء الاصطناعي المستخدم في الجغرافيا

على الرغم من التقدم من الهائل الذي يحّققه هذا المجال، يواجه GeoAI العديد من التحديّات والحدود التي تعرقل اعتماده على نطاق واسع. في هذا القسم، سنناقش التحديّات والحدود التي تواجه الذكاء الاصطناعي المستخدم في الجغرافيا مع تقديم أمثلة ومقارنات تسلّط الضوء على مدى أهمية التغلّب على هذه التحديّات.

٤. ١. التحديات التقنية

هيي واحدة من أبرز التحديّات التقنية التي تواجه الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا وتتمثّل في نقص البيانات الجغرافية عالية الجودة. يعتمد الذكاء الاصطناعي، وبخاصة نماذج التعلّم العميق، على كميات هائلة من البيانات الدقيقة لتدريب النماذج وتحسين التنبؤات. في الجغرافيا، يمكن أن يكون الحصول على بيانات حديثة وموثوقة تحديًّا بسبب قيود البنية التحتيّة في جمع البيانات، والتكاليف المرتفعة، أو القيود الجغرافيّة والسياسيّة. على سبيل المثال، لتحليل التغيّرات البيئيّة مثل إزالة الغابات أو توسّع المناطق الحضريّة، يحتاج الباحثون إلى صور فضائيّة حديثة وعالية الدقّة. في كثير من الحالات، قد تكون البيانات غير محدّثة أو محدودة التغطية الجغرافية، مما يؤثّر في دقة النماذج المستخدمة في الذكاء الاصطناعي. في دراسة أجريت على استخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل الغطاء الأرضي، وُجد أن نقص البيانات الدقيقة أدى إلى تقليل دقة النماذج بنسبة تصل إلى ١٥٪ (Pierdicca ,2022 Paolanti).

ومن التحدّيات التقنيّة أيضًا، نميّز العمليّات الحسابيّة؛ فالبيانات الجغرافية تتّسم بالتعقيد والحجم الضخم، ما يتطلّب قدرات حوسبة عالية لمعالجتها وتحليلها باستخدام تقنيّات الذكاء الاصطناعي. مع تطوّر تكنولوجيا الحوسبة، أصبحت بعض هذه التحديّات قابلة للحل، ولكن التحسينات في القدرات الحسابيّة لا تزال ضرورية لتلبية الاحتياجات المتزايدة لنماذج الذكاء الاصطناعي الجغرافيّ. على سبيل المثال، في تحليل صور الأقمار الصناعيّة عالية الدقّة لتحديد تغيّرات الغطاء الأرضي، قد يتطلّب تحليل تيرابايت من البيانات الحسابية القوية واستخدام تقنيات السحابة الحاسوبيّة أو أنظمة المعالجة المتوازية. في السابق، كانت هذه العمليات تستغرق شهورًا باستخدام الحواسيب

التقليدية، ولكن مع الذكاء الاصطناعي، يمكن تقليل هذا الوقت إلى أسابيع أو حتى أيام. ومع ذلك، فإنّ القيود الحسابية لا تزال تشكل تحديًّا (Gao et al, 2018).

من التحديات التقنيّة الرئيسية التي تواجه الذكاء الاصطناعي أيضًا في التطبيقات الجغرافية، هي "الصندوق الأسود" الذي تمثّله بعض النماذج. تعدّ الشبكات العصبيّة العميقة وأدوات التعلم الآلي المتقدّمة قويّة في قدرتها على التنبّؤ، لكنّها غالبًا ما تفتقر إلى القدرة على شرح كيفية الوصول إلى نتائجها، مما يجعلها غير شفافة للمستخدمين. في الجغرافيا، هذا الأمر يمثل تحديًّا خاصًا، حيث يتطلّب اتّخاذ القرارات الحاسمة فهمًا عميقًا للتأثيرات والعوامل التي تؤدي إلى النتائج. على سبيل المثال، في حالة التخطيط الحضري أو استخدام الموارد الطبيعيّة، يكون من الضروري أن تكون النتائج قابلة للتفسير بحيث يمكن اتّخاذ القرارات المستندة إلى أسباب مفهومة. من دون هذا الشرح، قد يكون من الصعب على صانعي القرار الثقة في النماذج، ممّا يؤدّي إلى بطء في تبنّي الذكاء الاصطناعي في هذا المجال (Sieber , Xing, 2023).

ولا ننسى القيود التقنيّة التي تفرضها الأنظمة البيئيّة الطبيعيّة والتي تتّسم بتعقيد كبير وتفاعل مستمر بين عناصرها المختلفة. في بعض الحالات، قد تفشل نماذج الذكاء الاصطناعي في التعامل مع هذه التفاعلات المعقّدة بشكل كامل، مما يقلّل من دقة التنبؤات.

على سبيل المثال، التنبّؤ بتغيّرات المناخ أو الكوارث الطبيعيّة يتطلّب فهمًا عميقًا للتفاعلات البيئية التي تحدث على مستويات متعدّدة. على الرّغم من أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يساعد في تحسين دقّة التنبؤات، إلّا أنّ هناك حدودًا لهذه التكنولوجيا عندما يتعلّق الأمر بتنبؤ الظواهر النادرة أو غير العادية (Alzahrani, Alkhalifah, Siddiqui، 2021).

٤. ٢. التحدّيات المرتبطة بموضوعيّة المعلومات

وهي تشمل التحيّز الذي قد يكون موجودًا في البيانات المستخدمة لتدريب النماذج. غالبًا ما يتمّ جمع البيانات الجغرافية من المناطق التي تتوفّر فيها تقنيات متقدّمة وبنية تحتيّة قوية، مثل المدن الكبرى، بينما قد تكون المناطق الريفيّة أو النائية أقل تمثيلًا في هذه البيانات.

على سبيل المثال، إذا تمّ تدريب نموذج جغرافي للتنبّؤ بتغيّرات الطقس أو حركة المرور باستخدام بيانات من المدن الكبرى فقط، فقد يفشل في تقديم تنبّؤات دقيقة للمناطق الريفيّة التي قد تختلف بنيتها التحتيّة والمناخيّة بشكل كبير عن تلك الموجودة في المدن. هذا التحيّز في البيانات يمكن أن يؤدّي إلى نتائج غير دقيقة وتوصيات غير ملائمة للمناطق الأقل تمثيلًا (Zhuang ،Liu ،Hu, 2019).

من دون الذكاء الاصطناعي، كانت القرارات الجغرافية تُتخذ بناءً على تحليل تقليديّ يعتمد على خبرة البشر والبيانات المحلية. ومع استخدام الذكاء الاصطناعي، أصبح بالإمكان تحليل كميات هائلة من البيانات بشكل أسرع وأكثر دقّة، ولكن مع وجود تحيّزات في البيانات، قد يؤدّي ذلك إلى تفاقم الفجوات بين المناطق المتقدّمة والنامية.هذا بالإضافة الى التحيّزات الاقتصاديّة المحتملة، بخاصّة في المجتمعات التي لا تملك الموارد اللازمة للاستفادة من هذه التكنولوجيا؛ فبينما يمكن للذكاء الاصطناعي أن يحسّن من كفاءة التخطيط الحضري وإدارة الموارد، إلّا أنّ المناطق الأكثر تطوّرًا قد تستفيد بشكل غير متناسب من هذه التقنية.

في بعض الأحيان، قد يؤدي ذلك إلى تفاقم الفجوة الاقتصاديّة بين المناطق المتقدّمة والمناطق الأقلّ تطورًا.

على سبيل المثال، استخدام الذكاء الاصطناعي في المدن الكبرى لتحسين البنية التحتيّة والنقل قد يؤدّي إلى زيادة الفوارق الاقتصاديّة مع المناطق الريفيّة التي لا تستفيد من هذه التقنية، بسبب نقص الموارد والبنية التحتيّة، هذا فضلًا عن الخصوصية والتعامل مع البيانات الحساسة؛ (Lin, Zhang, Mai, 2021)

ففي عالم يتمّ فيه جمع كميّات هائلة من البيانات الجغرافية بشكل متزايد، يصبح الحفاظ على خصوصيّة الأفراد والمجتمعات تحديًّا متزايدًا. قد تحتوي البيانات الجغرافية على معلومات حسّاسة تتعلّق بحركة الأفراد أو تجمّعات المجتمعات، ما يفترض استخدام الذكاء الاصطناعيّ بشكل يحترم هذه الخصوصية.

على سبيل المثال، في تطبيقات المدن الذكية، قد يتمّ جمع بيانات حول حركة المرور أو استخدام الطاقة على مستوى الأحياء، ولكن في بعض الحالات، يمكن أن تتجاوز هذه البيانات حدود الخصوصية وتعرض الأفراد لخطر التعقّب غير المرغوب به. لهذا السبب، يجب أن تتبنّى تطبيقات الذكاء الاصطناعي الجغرافية معايير صارمة لضمان حماية البيانات وضمان خصوصية المستخدمين (Zhou Jiang, Zhao, 2021).

٤. ٣. التحديات الأخلاقية

ومن التحديات الأخلاقية الكبيرة التي ظهرت مع تطور الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا هو القدرة على إنتاج معلومات جغرافيّة مزيفة. يمكن للذكاء الاصطناعي الآن أن يزيّف الصور الفضائيّة والخرائط، مما يؤدّي إلى ما يسمى بـ "الجغرافيا المزيفة". يمكن لهذه الصور المزيّفة أن تغيّر الطريقة التي نفهم بها الواقع الجغرافي وتؤثّر في قراراتنا.على سبيل المثال، يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي لتزييف صور الأقمار الصناعيّة لتظهر مناطق طبيعية أو بنى تحتيّة غير موجودة في الواقع. في إحدى الدراسات، تمّ اختبار تقنيات الذكاء الاصطناعي على صور فضائيّة ووجد أنّ النظام كان قادرًا على تزييف المعالم الجغرافية بشكل يصعب اكتشافه باستخدام الأساليب التقليدية (Zhou Jiang, Zhao, 2021). هذا النوع من المعلومات الزائفة قد يؤدّي إلى تضليل الباحثين وصانعي السياسات.

أضف الى ذلك أنّه عندما يحدث خطأ في نتائج الذكاء الاصطناعي المستخدم في الجغرافيا، يصبح من الصعب تحديد المسؤولية. ويمثّل هذا الأمر تحديًّا أخلاقيًا كبيرًا، لأنّه قد يؤّدي إلى أخطاء جسيمة في التخطيط الحضري أو إدارة الموارد.

على سبيل المثال، إذا تمّ استخدام نظام ذكاء اصطناعي لتحديد المواقع المُثلى للبناء في مدينة جديدة ونتج عن ذلك أخطاء في تصميم البنية التحتية، فمن يتحمّل المسؤولية: الجهة المطوّرة للنظام، أو الجهة التي جمعت البيانات، أو المستخدم النهائيّ للنظام؟ هذه المسألة تتطلّب إطارًا قانونيًّا وأخلاقيًّا واضحًا لضمان المحاسبة والشفافية في استخدام الذكاء الاصطناعي (Grekousis, 2019).

خاتمة

لقد أظهر الذكاء الاصطناعي (AI) إمكانيات كبيرة في تطوير العديد من المجالات وتحسينها، ومن أبرزها علم الجغرافيا، حيث قدم فرصًا جديدة للباحثين والمختصين في هذا المجال من خلال ما يُعرف بالذكاء الاصطناعي

الجغراف (GeoAI). هذا المصطلح يعبّر عن الدمج بين الذكاء الاصطناعي والبيانات الجغرافية، مما يمكّن من تحليل كميّات هائلة من البيانات المكانيّة والزمانيّة، ويوفّر حلولًا أكثر دقّة وفعاليّة لتحديات الجغرافيا المعاصرة. تناولنا في هذا البحث تأثير الذكاء الاصطناعي على إيجاد فرص عمل جديدة في تخصّص الجغرافيا من خلال تطوير مجالات مثل التحليل الجغرافي التنبّؤي، الزراعة الذكيّة، وإدارة الموارد الطبيعيّة. تمّ توضيح كيف يمكن لهذه الأدوات أن تسهم في تحسين التخطيط الحضري وإدارة الكوارث، بالإضافة إلى تحسين إدارة الموارد البيئيّة. كما قدّمنا أمثلة عملية على الوظائف التي أوجدها GeoAI ، مثل محلّلي البيانات الجغرافية ومطوّري تطبيقات المدن الذكية.

في ضوء الفرص الجديدة التي يوفّرها الذكاء الاصطناعي الجغرافي، يبدو أنّ GeoAI لا يقتصر فقط على تحسين الكفاءة في العمل الجغرافي التقليديّ، بل يتجاوز ذلك ليخلق وظائف متخصّصة جديدة تحتاج إلى مهارات متقدّمة في كلّ من الجغرافيا وعلوم الحاسوب. التطوّرات في تحليل البيانات الكبيرة، التنبّؤات المكانيّة، ورسم الخرائط الذكية وفّرت مساحة لأدوار جديدة مثل مطوّري الحلول الذكية في المدن ومحلّلي البيانات البيئيّة، وهي أدوار تزداد أهميّتها مع تعقيد البيانات المكانيّة والزمانيّة.

ومع ذلك، فإن التحديّات التي تمّ مناقشتها في هذا البحث تسلط الضوء على نقاط الضعف التي قد تعيق تطور GeoAI وانتشاره. ومنها، نقص البيانات الدقيقة والمحدّثة بشكل كافٍ لتدريب نماذج الذكاء الاصطناعي بكفاءة. كما أنّ الاعتماد على تقنيات الذكاء الاصطناعي القائمة على البيانات الكبيرة قد يؤدّي إلى تفاقم التحيّزات الاجتماعية والاقتصادية إذا لم يتمّ التعامل مع البيانات بطريقة عادلة وشاملة. كما أن هناك حاجة ملحة للتغلّب على الصعوبات الحسابية التي تنطوي على معالجة كميات هائلة من البيانات الجغرافية، والتي تتطلّب موارد حوسبة متقدّمة. بالإضافة إلى هذه التحديات التقنية، تظهر أيضًا التحديات الأخلاقيّة المتعلّقة بالحفاظ على خصوصيّة البيانات الجغرافية والحذر من الاعتماد على نماذج "الصندوق الأسود" التي يصعب تفسير نتائجها.

في النهاية، يبقى GeoAI مجالًا واعدًا يفتح آفاقًا جديدة لتطوير أدوات وحلول مبتكرة في الجغرافيا، ولكن من الضروري مواجهة التحديّات التقنية والأخلاقية لضمان تحقيق أقصى استفادة من هذه التكنولوجيا. يكمن التحدّي

في إيجاد توازن بين التقدّم التكنولوجي والتعامل الأخلاقي مع البيانات والمعلومات، إلى جانب الحاجة إلى سدّ الفجوة بين المجتمعات المتقدمة والأقلّ تطورًا في استخدام هذه التكنولوجيا. مع استمرار البحث والتطوير، من المتوقع أن نرى المزيد من التطبيقات العملية للذكاء الاصطناعي الجغرافي، ممّا يسهم في تحسين حياة الأفراد والمجتمعات على المستوى العالمي GeoAI . بلا شكّ، يفتح أفقًا جديدًا للنمو والابتكار في مجال الجغرافيا، ويعزّز القدرة على التعامل مع التحديّات البيئيّة والحضريّة بطرق أكثر ذكاءً وفعاليّة.

مراجع أجنبية

- Ajithkumar, K., Li, J., & Zhou, D. (2023). Artificial intelligence reshaping labor markets: Opportunities and challenges for geospatial applicationss. *Journal of AI Research, 10*, 144-158.

- Alasta, K., & Shaqfa, A. (2022). Artificial intelligence applications in traffic management: A study of smart cities an the UAE. *Smart Cities Journal*, *7*(1), 23-39.

- Alkhalifah, T., Alzahrani, A., & Siddiqui, F. (2021). Predicting natural hazards using AI: The role of GEoAI in disaster management. *NAtural Hazard Review, 22*(3).

- Amankulova, S., Smith, P., & Johnson, T. (2023). The application of deep learnong in predictive urban expansion models: A case study from Central Asia. *Remote Sensing of Environment, 283*, 114-982.

- Cropin. (2022). *Cropin launches AI Labs; to bring predictive intelligence to every acre of the world's cultivable land.* Cropin Technology.

- Damioli, G., Van Roy, V., & Vertesy, D. (2022). The impact of AI-related patents on empoyment: Evidence from AI patent applications. *Research Policy, 51*(3), 104-372.

- Gao, S., Janowicz, K., Montello, D., Hu, Y., Yang, J., McKenzie, G., & Adams, B. (2018). A review of location-based services: Progress, challenges, and opportunities. *Journal of Spatial Information, 16*, 47-63.

- Grekousis, G. (2019). Artificial intelligence in geography: A systematic review of progress, applications, and challenges. *Computers, Environment and Urban Systems, 74*, 14-26.

- Hu, X., Liu, Y., & Zhuang, Y. (2019). Flood prediction using artificial neural networks: A case study in the Chao Phraya Basin. *Water Resources Research, 55*, 3102-3115.

- Jain, R., & Chen, X. (2019). GeoAI: The inpact of artificial intelligence on geographic research and practice. *Computers, Environment and Urban Systems, 78*, 614-635.

- Janowicz, K., Geo, S., McKenzie, G., & Adams, B. (2022). The rise of GeoAI: Opportunities and challenges for the future of geospatial intelligence. *Computers, Environment and Urban Systems, 89*, 45-60.

- Liutkevicius, A., & Yahia, S. (2022). AI-based traffic management in smart cities: Case study from Dubai. *Journal of Unrban Technology, 29*(2), 123-140.

- Mai, N., Zhang, W., & Lin, J. (2023). The socio-economic implications of AI adoption in developing regions: A geospatial perspective. *AI & Society, 38*(1), 19-32.

- Mitchell, R. (2020). The impact of AI on urban planning and development. *Journal of Urban Studies*.

- Mitchell, T. (2020). *Machine Learning.* New York: McGraw.

- Pierdicca, R., & Paolanti, M. (2022). AI-driven agriculture: A systematic review of applications in crop monitoring and precision farming. *Agricultural Systems, 196*.

- Song, X. (2020). AI and the future of natural resource management. *Journal of Environmental MAnagement, 258*.

- Walker, G., & Winders, J. (2021). AI and the geopolitical inplications of technological advancements: The role of GeoAI. *Geopolitics, 26*(4), 614-632.

- Xing, Y., & Sieber, R. (2023). The black box of GEOAI: addresssing the challenges of explainability in geographic artificial intelligence. *Journal of Geospatial Science*, *15*(2), 35-50.

- Zhao, Y., Jiang, S., & Zhou, Z. (2021). Deepfake geography: How AI can alter the geospatial truth. *International Journal of Digital Earth*, *14*(5), 678-695.