

عنوان البحث

النمذجة التنبؤية والتنمية المجالية: دور الذكاء الاصطناعي في تدبير المجال

محمد ولجي¹، محسن بطشي¹، طارق عروية¹، منير الشادي¹

¹ مختبر اعداد التراب جيويئية وتنمية كلية الآداب والعلوم الإنسانية والاجتماعية جامعة ابن طفيل، المغرب.

بريد الكتروني: mohamed.ouilji@uit.ac.ma

HNSJ, 2026, 7(7); <https://doi.org/10.53796/hnsj77/18>

المعرف العلمي العربي للأبحاث: <https://arsri.org/10000/77/18>

تاريخ النشر: 2026/07/01م

تاريخ القبول: 2026/06/20م

تاريخ الاستقبال: 2026/06/10م

المستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى إبراز التحول النوعي الذي يعرفه تدبير المجال الجغرافي في ظل التطور الرقمي، من خلال الانتقال من المقاربات الوصفية التقليدية إلى مقاربات استشرافية قائمة على البيانات الضخمة وتقنيات الذكاء الاصطناعي، ولا سيما النمذجة التنبؤية. وتنطلق الدراسة من إشكالية مفادها أن المجال المعاصر أصبح يواجه تحديات معقدة مرتبطة بالتوسع العمراني، والضغط الديموغرافي، وتدبير الموارد الطبيعية، والمخاطر البيئية، والعدالة المجالية، مما يفرض اعتماد أدوات تحليلية أكثر قدرة على فهم الديناميات المجالية وتوقع مساراتها المستقبلية. وقد اعتمدت الدراسة مقاربة تحليلية مفاهيمية تسعى إلى توضيح العلاقة بين المجال الجغرافي، والتنمية المجالية، والنمذجة التنبؤية، مع بيان أدوار الذكاء الاصطناعي في دعم التخطيط الحضري، وتدبير المشاريع، والاستشراف العمراني، وإدارة الموارد والمخاطر البيئية. وتخلص الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل أداة استراتيجية لتحسين جودة القرار الترابي، إذ يتيح محاكاة السيناريوهات المستقبلية، ورصد الاختلالات قبل وقوعها، وتوجيه الاستثمارات والخدمات نحو المجالات الأكثر حاجة، بما يعزز كفاءة التدبير المجالي ويخدم أهداف التنمية المستدامة. غير أن توظيف هذه التقنيات يظل مشروطاً بتجاوز عدد من الإكراهات، أبرزها ضعف جودة البيانات، وتشتت المعطيات المكانية، ومحدودية البنية التحتية الرقمية، ونقص الكفاءات المتخصصة، إلى جانب الحاجة إلى أطر قانونية ومؤسسية تواكب التحول الرقمي. وتؤكد الدراسة في نهايتها أن نجاح الذكاء الاصطناعي في تدبير المجال لا يرتبط بالجانب التقني وحده، بل بقدرته على التحول إلى ثقافة تديرية تشاركية تجعل المواطن والمجال في صلب القرار التنموي.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، النمذجة التنبؤية، المجال الجغرافي، التدبير المجالي، التنمية المجالية المستدامة، التخطيط الترابي.

RESEARCH TITLE

Predictive Modeling and Spatial Development: The Role of Artificial Intelligence in Spatial Management

Abstract

This study aims to highlight the qualitative transformation taking place in the management of geographical space in light of digital development, particularly the shift from traditional descriptive approaches to forward-looking approaches based on big data and artificial intelligence techniques, especially predictive modeling. The study addresses the issue that contemporary space faces complex challenges related to urban expansion, demographic pressure, natural resource management, environmental risks, and spatial justice, which requires the adoption of more advanced analytical tools capable of understanding spatial dynamics and anticipating their future trajectories. The study adopts a conceptual analytical approach to clarify the relationship between geographical space, spatial development, and predictive modeling, while demonstrating the role of artificial intelligence in supporting urban planning, project management, urban foresight, and the management of resources and environmental risks. The study concludes that artificial intelligence represents a strategic tool for improving the quality of territorial decision-making, as it enables the simulation of future scenarios, the early detection of spatial imbalances, and the direction of investments and services toward the areas most in need, thereby enhancing the efficiency of spatial management and supporting the goals of sustainable development. However, the use of these technologies remains dependent on overcoming several constraints, most notably poor data quality, fragmented spatial data, limited digital infrastructure, a shortage of specialized competencies, and the need for legal and institutional frameworks that keep pace with digital transformation. The study ultimately emphasizes that the success of artificial intelligence in spatial management is not limited to its technical dimension, but rather depends on its transformation into a participatory management culture that places both citizens and geographical space at the center of development decision-making.

Key Words: Artificial Intelligence, Predictive Modeling, Geographical Space, Spatial Management, Sustainable Spatial Development, Territorial Planning.

مقدمة:

يواجه التدبير المجالي المعاصر تحديات غير مسبقة على الصعيد العالمي بفعل الانفجار الديموغرافي والضغط المتزايد على الموارد الطبيعية بالدرجة الأولى. هذا الضغط ليس مجرد أرقام، بل هو حركية وتفاعلات يتعذر على العقل البشري أحيانا فك رموزه او ربما يخطئ في توقعاته، لكن ربما باعتمادنا على الذكاء الاصطناعي الذي يستخدم بيانات الأقمار الصناعية، وحساسات المدن الذكية، وحتى بيانات التنقل لتحليل وفهم كيف يتحرك السكان داخل المجال بشكل ادق يمكننا من تصميم شبكات نقل أكثر كفاءة في محاولة التنبؤ بالمناطق التي ستشهد طلبا مرتفعا لتوفير البنية التحتية مسبقا، ناهيك عن دور النمذجة التنبؤية التي تبرز كأداة للتحكم في ضغط الموارد الطبيعية عن طريق التحديد المسبق لنقاط العجز المائي بناءً على أنماط الاستهلاك، النمو السكاني، الفيضانات أو زحف التصحر، مما يسمح للمتدخل بوضع أحزمة خضراء أو قنوات تصريف في أماكنها الاستراتيجية قبل وقوع الأزمة. هذا الفعل الاستباقي يجعل من الذكاء الاصطناعي (AI) أداة استراتيجية قادرة على معالجة المتغيرات المجالية المعقدة. حيث لم يعد السؤال اليوم هو كيف ننظم ما هو موجود؟ بل كيف نتوقع ما سيكون لننظمه اليوم؟

المحور الأول: اوليات مفاهيمية

1- مفهوم المجال والمجال الجغرافي

1-1 المجال:

المجال لغة هو الفضاء او مكان له معالم واضحة أو أقل وضوحا، واصطلاحا يعني جزء أو كل محدد من مساحة الأرض هكذا يعرفه معجم Le robert¹ (2e éd.2001).

لكن المفكر الاقتصادي الفرنسي فرانسوا بيرو يرى ان المجال عبارة عن نطاق فيزيائي جغرافي ملموس محاط بحدود سياسية وإدارية. وأن هذا المجال وحده غير كافٍ لتفسير حركة الاقتصاد والإنتاج، لأن العلاقات الاقتصادية الحديثة تخترق هذه الحدود الجغرافية باستمرار فهو مجال مجرد شبه رياضي (مجموع العلاقات المجردة، ضد التكرار والنمطية الجغرافية)². يمكن القول ان المجال كيان متغير، يختلف، يتقطع، ينقسم، يتمدد، لكن رغم كل ذلك يملك هوية وشخصية، وقابل للمحلية والتعريف تبعا لخصائصه كتراب، كإقليم، مرتبط بتاريخ ولديه إيقاع.

يعد مفهوم "المجال" أحد أكثر المفاهيم استعصاءً على التعريف الأحادي، نظرا لتقاطعه مع حقول معرفية متعددة كالفلسفة، الرياضيات، القانون، الاقتصاد، والسوسيولوجيا وغيرها. فبينما اعتبر الفلاسفة الكلاسيكيون (كأرسطو) ان "المكان مقولة منطقية ذهنية ومعنى كلي لا تستقيم المعرفة بدونه"، او كما نقلته الأبيستمولوجيا المعاصرة ابان ثورات الرياضيات والفيزياء التي توجهت نحو العلاقة، بدل الماهية، وبدأ الاهتمام بالأبعاد والمقادير (إحداثيات، انغلاق، انفتاح، ما بين، تبادلية، تقاطع...) بدل الحدس والطبيعة. ففتحت الرياضيات والفيزياء بذلك البعد النسبي للمجال. وهي الخلفية المعرفية التي تحكمت في التصورات المعاصرة حول المجال، وخاصة المجال الجغرافي³.

¹ - لو روبر (Le Robert). Le Grand Robert de la langue française (2e éd.2001). Paris

² - Les espaces économiques مجلة Économie appliquée المجلد 3، العدد 1، ص 225-244.

³ - بن محمد قسطنطيني، ما هو المجال؟، مجلة محمد عابد الجابري، العدد 22.

2.1 المجال الجغرافي:

ظل مفهوم المجال الجغرافي دائما من بين المفاهيم التي أثارت مناوشات معرفية بين العديد من الجغرافيين والدارسين والمهتمين، حيث نرى ان كل منهم يعرفه حسب مجال تخصصه فاذا انطلقنا من الجغرافي المغربي محمد بلفقيه يرى ان المجال الجغرافي أداة وضعها الجغرافيون لصورنة خصائص المجال الأرضي صورنة علمية. وتتخلص هذه الخصائص فيكونه معطى، ومنتجا، ومدركا معاشا⁴ ويضيف أيضا ان المجال الجغرافي مفهوم مجرد وعيني، يقصد به نتيجة تفاعل المجتمع وسطح الأرض، فهو نتاج اجتماعي ذو خاصيات مادية⁵ ويزيدنا توضيحا ان المجال كلمة يتغير معناها، بحسب طريقة النظر والتفكير، فمجال الممارسة العادية غير مجال الهندسة، بسبب اختلاف التجارب والعمليات التي تحدده. فالمسألة إذا ليست مجرد مسألة اصطلاحية، بل قضية علمية حقيقية تستلزم التدقيق والضبط⁶، كما جاء على لسانه أيضا أن المجال الجغرافي هو العلاقة بين الأشياء، نقلا منه من كتابه "l'espace original" لجورج نيكولا ومن ثم فإن المجال الجغرافي ليس الا واحدا من بين المجالات الممكنة⁷.

أما إذا ربطنا المجال الجغرافي بالمجال المحلي نجد أن المجال المحلي هو بكل تأكيد المجال الأمثل لطرح القضايا الجوهرية للتنمية، ولتعميق التفكير والبحث في الخطوات المنهجية والمقاربات المتعلقة ببلورة وتنفيذ الخطط والبرامج التنموية، ومن ثم يعتبر المجال المحلي، بمثابة مختبر لفحص وتقييم مدى نجاعة وملائمة ما ينطبق من مناهج ومقاربات في صياغة وانجاز البرامج التنموية⁸.

اما "Olivier DOLLFUS" يرى ان المجال الجغرافي قبل تعريفه لا بد من دراسة خصائصه، باعتباره أولا قابل للتوطين ومختلف فالمشهد مثلا لا نجده مماثلا لآخر، ونفس الشيء بالنسبة للمجال الجغرافي فهو ذلك المجال المتغير الذي يصف ويوضح الوجه المتغير باستمرار للأرض⁹.

يأتي Romain Brunet مضيفا بتعريفه ان المجال الجغرافي عبارة عن نطاق الأراضي المستخدمة والمبنية من قبل المجتمعات البشرية من اجل استمراريتها، ويضيف أن المجال الجغرافي لا ينحصر فقط على الغذاء والمأوى بل أكثر تعقيدا حيث هو نتاج لنشاطات وأعمال بشرية لا تنتهي، فهو أيضا مجال حامل لمجموعة من الفاعلين (الأفراد والأسر والجماعات...)¹⁰.

2. ماهية النمذجة التنبؤية:

هي مصطلح مركب من كلمتين لكل منهما دلالة محددة يجتمعان لتعريف مفهوم تقني ولغويا تعتبر تركيبا إضافيا (أو وصفيا حسب السياق الإعرابي)، حيث تخصص الكلمة الثانية (التنبؤية) نوع الوظيفة التي يقوم بها النشاط الأول (النمذجة).

⁴ - بلفقيه، م 2002. الجغرافيا القول عنها والقول فيها المقومات الابستيمولوجية، المغرب دار نشر المعرفة، ص311.

⁵ - بلفقيه محمد. 2002 نفس المرجع السابق ص321.

⁶ - بلفقيه محمد 2002 نفس المرجع السابق ص301.

⁷ - بلفقيه محمد 2002 نفس المرجع السابق ص309.

⁸ - الأكل المختار 2004. اية منهجية للتدخلات العمومية من أجل التنمية بالمجالات البورية؟ حالة هضبة بنسليمان" في مناهج البحث في الوسط الريفي المغربي. تتسيق كرزاي موسى، ايت حمزة محمد، منشورات كلية الآداب والعلوم الانسانية بالرباط، سلسلة: ندوات ومناظرات رقم113 ص35-11 الرباط: المغرب

⁹ - - - Olivier DOLLFUS, L'espace géographique, P.U.F., 1970, p 126

¹⁰ - R. Brunet, Les mots de la géographie, Reclus, 1992

• **النمذجة** تعني عملية بناء "نموذج"، وهو تمثيل رياضي أو منطقي لظاهرة معينة أو لنظام واقعي بهدف فهمه أو محاكاته.

• **التنبؤية** هي صفة تشتق من "التنبؤ"، تعني استشراف المستقبل أو توقع نتائج مجهولة.¹¹

وبهذا تقنية احصائية متقدمة ومعاصرة لتحليل البيانات، فهي المنهجية العلمية التي توظف الخوارزميات الإحصائية وتقنيات التعلم الآلي لاستقراء الأنماط من البيانات التاريخية وصياغة احتمالات دقيقة للنتائج المستقبلية. وتتجاوز هذه العملية كونها مجرد إسقاط إحصائي تقليدي؛ فهي منظومة ديناميكية تعتمد على التغذية الراجعة المستمرة، حيث يتم تحديث النماذج وإعادة معايرتها استجابة للتدفقات المعلوماتية الجديدة، مما يضمن مرونتها وقدرتها على محاكاة المتغيرات الواقعية المتسارعة.

وتتنوع هياكل النمذجة وفقا لطبيعة الغاية التحليلية؛ فبينما تعمل نماذج التصنيف على حسم المتغيرات النوعية (كالفصل بين المعاملات المشروعة والاحتمالية)، تتجه نماذج التجميع نحو كشف البنى الكامنة في البيانات عبر تكتيل العناصر ذات الخصائص المتشابهة دون توجيه مسبق. وفي سياق المتغيرات الكمية، تبرز نماذج التنبؤ وتحليلات السلاسل الزمنية كأدوات محورية لتقدير القيم العددية المرتبطة بالزمن مستندة في ذلك إلى قياسات دورية دقيقة. ولضبط أمن الأنظمة واستقرارها، توفر نماذج الشذوذ قدرة فائقة على رصد الانحرافات الجوهرية عن الأنماط السلوكية المعتادة مما يسمح باستجابة فورية للمخاطر المحتملة.¹²

تكتمل الرؤيا بالتدخل الخوارزمي، هذا العلم الذي يركز على تمييز جوهري بين التعلم الآلي المعني بالبيانات المهيكلة، والتعلم العميق الذي يستهدف معالجة البيانات النوعية المعقدة كالنصوص والصور فهو يتعامل مع البيانات غير المنظمة، هذا النوع يعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية، وهي مصممة لمحاكاة طريقة عمل الدماغ البشري وتتجلى فاعلية هذه الخوارزميات في نماذج مثل الغابة العشوائية والتعزيز بالتدرج، اللذين يستثمران في تجميع أشجار القرار لرفع كفاءة التنبؤ وتقليل نسبة الخطأ. وفي حين يبرز النموذج الخطي المعمم كأداة مرنة للتعامل مع المتغيرات المعقدة.

إن هذا التكامل بين قوة الحاسوب والعمق الرياضي قد نقل النمذجة التنبؤية من حيز النظريات الأكاديمية إلى محرك أساسي لاتخاذ القرار الاستراتيجي في الوقت الفعلي عبر مختلف القطاعات الحيوية. بل أصبحت اليوم النماذج التنبؤية لا تكتفي فقط بالتنبؤ بـ "ماذا سيحدث"، بل انتقلت إلى ما يسمى التحليلات التوجيهية التي لا تخبرك فقط بالنتيجة المستقبلية، بل تقترح عليك الفعل الأمثل للتعامل مع تلك النتيجة قبل وقوعها.¹³

المحور الثاني: الذكاء الاصطناعي وتدبير المجال

1. دور النمذجة في التدبير المجالي:

النمذجة التنبؤية هي محاكاة رقمية تهدف إلى فهم كيف سيتغير المجال اعتمادا على مؤشرات وتحت تأثير عوامل معينة (النمو الديموغرافي، التغير المناخي، التوسع العمراني) بهدف الانتقال من تدبير علاجي أي إصلاح المشاكل بعد وقوعها إلى تدبير استباقي بهدف توقع المشاكل وتفاديها قبل وقوعها وذلك باستعمال طرق وأدوات تكنولوجيا مثل نظم المعلومات الجغرافية لتخزين وتحليل البيانات المكانية أو الاستشعار عن بعد للحصول على بيانات محدثة عبر الأقمار الصناعية.

¹¹ - المعجم الوسيط والقاموس المحيط أصل كلمة "نموذج".

¹² - بالهادي، عمر (إشراف وتنسيق). (1993). المجال: مفاهيم ومقاربات. أعمال مجموعة البحث والدراسات حول المجال (GREES). تونس: منشورات

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية بتونس]. [1.1.6] [1.2.4]

¹³ - كتاب " (ISL) Introduction to Statistical Learning للمؤلفين Trevor Hastie et Robert Tibshirani.

وتتعدد استخدامات النمذجة لتشمل مختلف جوانب التخطيط والتدبير انطلاقاً من دراسة التوسع العمراني وتوقع اتجاهات زحف الإسمنت نحو المناطق الفلاحية أو الغابوية خلال الـ 20 سنة القادمة، وذلك بوضع مخططات تهيئة عمرانية ناجعة. بالإضافة من امكانية رسم خرائط تنبؤية للمناطق المهدة بالفيضانات أو حرائق الغابات أو انجراف التربة بناءً على المعطيات المناخية والطوبوغرافية في إطار ادارة الموارد الطبيعية. اما فيما يخص تدبير الموارد المائية يمكن توقع حجم الطلب على الماء مستقبلاً وتحديد أماكن العجز المائي المحتملة. كما لا ننسى الدور الفعال الذي تلعبه النمذجة في تنظيم النقل واللوجستيك في محاولة لمحاكاة حركة السير المستقبلية لتحديد المواقع الأمثل لإنشاء طرق سياراً أو خطوط سكك حديدية جديدة.

2. تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التنمية المجالية:

لم يعد المجال مجرد حيز جغرافي صامت يضم المباني والطرق، بل تحول في ظل الطفرة التكنولوجية الحالية إلى كائن حي يتنفس بالبيانات الشيء الذي يتيح فرصة التدخل ليعزز الذكاء الاصطناعي كأداة لا غنى عنها لإعادة هندسة التنمية المجالية متجاوزاً المقاربات التقليدية البشرية السابقة. لتطفو مقاربة جديدة غايتها دمج الذكاء الاصطناعي في العلوم الجغرافية، أو ما يعرف بمصطلح الذكاء الاصطناعي الجغرافي الذي أحدث تحولاً جذرياً في كيفية معالجة وفهم البيانات المكانية مما سيزيد من القيمة الأكاديمية والتطبيقية لهذا الدمج في عدة مجالات حيوية؛ ففي التخطيط الحضري، تستخدم الخوارزميات للتنبؤ باتجاهات التوسع العمراني ومحاكاة نمو المدن، بينما تلعب دوراً محورياً في الدراسات البيئية من خلال رصد التغيرات في الغطاء النباتي وتتبع ظاهرة الاحتباس الحراري بدقة زمنية عالية، علاوة على ذلك ستساهم هذه التقنيات في تطوير نظم الإنذار المبكر، حيث يتم تحليل البيانات الجيومورفولوجية والمناخية للتنبؤ بالكوارث الطبيعية كالفيضانات والانهيئات الأرضية، مما يرفع من كفاءة إدارة الأزمات وتقليل الخسائر البشرية والمادية¹⁴.

1.2 على مستوى تدبير المشاريع:

يمثل اليوم دمج الذكاء الاصطناعي في تدبير المشاريع الجغرافية والمكانية نقلة نوعية تتجاوز الأساليب التقليدية، حيث يرتكز هذا التحول على الانتقال من الإدارة الوصفية إلى تقنية الإدارة التنبؤية الذكية التي تتيح لمديري المشاريع القدرة على معالجة المتغيرات المكانية المعقدة بمرونة عالية، من خلال استخدام خوارزميات التعلم الآلي التي تقوم بتحليل البيانات التاريخية والظروف الجيومورفولوجية للموقع، مما يضمن صياغة جداول زمنية دقيقة وتقديرات واقعية للتكاليف والموارد، مع تقليص هامش الخطأ خلال التخطيط الأولي. وفي مرحلة التنفيذ، يلعب الذكاء الاصطناعي دوراً محورياً في الحوكمة والرقابة المكانية؛ إذ تساهم تقنيات الرؤية الحاسوبية في تحليل تدفقات العمل عبر صور الأقمار الصناعية والطائرات المسيرة بشكل آلي، مما يسمح بالمطابقة الآلية بين المخططات الهندسية والإنجاز الميداني. علاوة على ذلك، تبرز قيمة هذه التقنيات في إدارة المخاطر الاستباقية، حيث تعمل النماذج الذكية على رصد المؤشرات البيئية والمكانية للتنبؤ بالعوائق المحتملة قبل حدوثها، مما يوفر لصناع القرار نافذة زمنية لاتخاذ إجراءات تصحيحية تضمن استمرارية المشروع¹⁵. هذا الدمج لا يقتصر على الكفاءة التشغيلية فحسب، بل يمتد ليشمل تحقيق الاستدامة حيث بواسطتها يمكن تقييم الأثر البيئي والمكاني للمشاريع الكبرى قبل البدء في تنفيذها، مما يضمن توازناً دقيقاً بين أهداف المشروع التنموية والاعتبارات الجغرافية المحيطة، وهو ما يعزز من مرونة البنية التحتية وقدرتها على التكيف مع التحديات المستقبلية.

¹⁴ - الخزامي، عزيزة محمد (2015). نظم المعلومات الجغرافية (SIG) وتطبيقاتها في التخطيط الحضري والإقليمي. القاهرة: دار الفكر العربي.

¹⁵ - شرف، الدين أحمد (2023). الحكامة الترابية والمدن الذكية: دور إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي في ترشيد كفاءة الموارد وإدارة الشبكات. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية.

2.2 على مستوى الاستشراف العمران:

تتمثل القيمة المضافة الأولى للذكاء الاصطناعي في قدرته على قراءة المستقبل المجالي. فمن خلال خوارزميات التعلم العميق، يستطيع المخططون اليوم محاكاة سيناريوهات التوسع العمراني لسنوات قادمة. عكس ما كان سابقا حيث كان شق طريق أو بناء منطقة صناعية عبارة عن قرار ودراسة نظرية فقط، اما الان فهو نتيجة لتحليل الملايين من البيانات المتعلقة بالكثافة السكانية، والنشاط الاقتصادي، وحتى البصمة البيئية. هذه التقنية تقربنا أكثر من تحقيق مفهوم العدالة المجالية، حيث توزع الموارد بناءً على الاحتياج الفعلي لا التقدير العشوائي بناء على وضع نماذج مسبقة ومحاكاة نمو المدينة بدقة مذهلة. مما يمكن المخططين من ضبط وتحديد خصوصية كل مجال وافاق تنميتها¹⁶.

3.2 على مستوى التدبير البيئي:

في ظل التحديات المناخية التي نعيشها اليوم أصبحت التنمية المجالية مرتبطة بمدى كفاءة الموارد، هنا يلعب الذكاء الاصطناعي دور "الحارس اليقظ"؛ فهو يدير الشبكات الكهربائية الذكية لتقليل الهدر، ويحلل بيانات التربة والمياه لتطوير الزراعة في المناطق القروية، ويراقب جودة الهواء في الحواضر كما يمكنه توقع المناطق المعرضة لزحف السكن غير المنظم ووضع حواجز تخطيطية أو بدائل سكنية استباقية. الشيء الذي يمكن الفاعل الترابي من اختبار الأثر الافتراضي لأي مشروع ضخم قبل التنفيذ الفعلي لتقليل الهدر المالي والمجالي وذلك باستخدام النمذجة كأداة لدعم القرار. فالذكاء الاصطناعي لا يخلق لنا موارد جديدة، بل يمنحنا القدرة على استغلال الموارد المتاحة بأقصى استفادة ممكنة. فبمجرد رقب بيانات المناخ والتضاريس، تستطيع الخوارزمية التنبؤ بمساحات الفيضانات، مناطق الجفاف او وضع خرائط الهشاشة مسبقا، مما يوجه الاستثمار العقاري بعيدا عن مناطق الخطر، وهو جوهر التنمية المستدامة¹⁷.

إن الانتقال من النظم الجغرافية الوصفية إلى النظم الجغرافية التنبؤية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، يفتح لنا آفاقا واسعة لصياغة حلول مستدامة للمشاكل المعقدة التي نواجهها، وتحسين كفاءة الخدمات اللوجستية والنقل في المدن الذكية، مما يكرس الجغرافيا كعلم محوري في قيادة الثورة الرقمية المكانية.

المحور الثالث: التحديات والإكراهات

1. المشاكل التقنية والمنهجية:

تعد نمذجة التدبير المجالي رافعة أساسية لتحقيق التنمية المستدامة لكن رغم إمكاناتها الهائلة تطرح مجموعة من التحديات والمشاكل المعقدة وتفعيلها الشامل يصطدم بمجموعة من الإكراهات المتداخلة التي تتطلب مقاربة نسبية تتجاوز الحلول التقنية الصرفة إلى إصلاحات مؤسساتية وهيكلية وتتصدر جودة وشمولية البيانات واجهة التحديات؛ حيث يعاني النظام المجالي من تشتت المعطيات المكانية ونقص التحيين، مما يخلق هوة بين النماذج النظرية والواقع الميداني. هذا الوضع يتفاقم في ظل تعقد النظم البيئية (ماء، طاقة، غذاء...)، مما يجعل محاكاة التدخلات البشرية أمراً بالغ الصعوبة. لذا، أصبح من الضروري صياغة خارطة طريق شاملة للذكاء الاصطناعي المجالي، تضمن الانتقال من جزر البيانات المعزولة إلى بنية تحتية موحدة للمعطيات المكانية، لضمان قابلية التشغيل البيئي بين مختلف القطاعات.

¹⁶ السعدي، مشعل (2021). المدن الذكية وتدبير المجال المعاصر: التكنولوجيا كأداة لتحقيق التنمية المستدامة. مجلة العلوم الجغرافية العربية، 12(2)، 45-68.

¹⁷ العنبي، خالد بن فهد (2024). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الاستشعار عن بعد والتحليل المكاني لمواجهة التغيرات المناخية. المجلة العربية للدراسات الجغرافية، 18(3)، 112-145.

2. التحديات المؤسساتية والإطار القانوني:

ان التنسيق بين الفاعلين الترابيين والجهات المركزية هو أساس تناغم وتكامل السياسات العمومية في محاولة لتحقيق توازن بين القطاعية والرؤية المندمجة ولكن ضعفه او غيابه يعتبر أكبر عائقا على المستوى التديري. ناهيك عن الإطار قانوني الذي لا يزال في طور المواكبة للتحويلات الرقمية السريعة، خاصة فيما يتعلق بفتح البيانات وحماية المعطيات الشخصية. إن تجاوز البيروقراطية الإدارية يقتضي تحيين قوانين التعمير لتتحول من وثائق ورقية جامدة إلى نظم ديناميكية لدعم القرار تستوعب التحويلات المجالية المتسارعة. اضافة الى تأثير محدودية الموارد المالية بشكل مباشر على قدرة الجماعات الترابية في الاستثمار في البنية التحتية الرقمية، حيث تظل رهينة لميزانيات مركزية لا تغطي تكاليف التكنولوجيا المتقدمة. وينضاف إلى ذلك عجز في الكفاءات المتخصصة القادرة على تحليل المعطيات المكانية المعقدة، مما يستوجب إعادة النظر في منظومة التكوين أيضا.

رغم هذا الأفق التفاؤلي فإن إقحام الذكاء الاصطناعي في المجال يطرح إشكالية "الفجوة الرقمية". فالتمتية المجالية يجب أن تشمل الجميع، وإذا ظل استخدام هذه التقنيات محصورا في الحواضر الكبرى، فإننا سنكون أمام تمنية بسرعتين، مدن ذكية فائقة التطور، ومجالات اخرى قروية تزداد تهميشا. لذا، فإن التحدي الحقيقي ليس في تبني التكنولوجيا، بل في توطيئها لتشمل حتى الأطراف والهوامش.

خاتمة:

لقد ارتبطت الجغرافيا في الأذهان، لفترات طويلة، بالجانب الوصفي الصرف القائم على رسم الخرائط اليدوية وتوطين التضاريس، غير أن الثورة الرقمية المعاصرة أحدثت تحولا ابستمولوجيا عميقا نقلها من الاعتماد على الرصد والملاحظة إلى الفعل والقرار. ولم يعد استخدام التكنولوجيا في هذا السياق شكلي أو ثانوي، بل أضحت ضرورة حتمية وركيزة أساسية لفهم ومواكبة التطورات، والتحكم في التعقيد المتزايد للمنظومات الترابية وتوجيه السياسات الإنمائية. ويتجلى هذا التحول أولا في قدرة تكنولوجيا المعلومات الجغرافية على معالجة البيانات الضخمة، حيث لم يعد الجغرافي يقتصر على عينات إحصائية محدودة، بل أصبحت الخوارزميات تسمح بمعالجة ملايين البيانات الفورية المتعلقة بالهجرات البشرية، التغيرات المناخية، والتدفقات الاقتصادية عبر العالم بشكل مترام، تدعمها في ذلك ثورة الاستشعار عن بعد عبر الأقمار الاصطناعية والطائرات المسيرة التي تتيح الحصول على صور عالية الدقة وأنية لسطح الأرض، مما يسهل المراقبة الدقيقة لظواهر معقدة كالصحراء والتوسع العمراني دون الحاجة لجهود ميدانية مضمّنة، لتتكامل هذه الأدوات في النهاية مع نظم الخرائطية الرقمية التفاعلية التي تسمح بتركيب طبقات متعددة من المعلومات الطبيعية والديموغرافية على واجهة واحدة وتحديثها تلقائيا.

وإذا كانت الجغرافيا العامة تستخدم التقنية لفهم المجال، فإن تدبير المجال واستهدافه تتموا يستعملها كأداة للفعل والتدخل، خاصة في ظل الانفجار الديموغرافي الحضري والأزمات البيئية الحالية، حيث تبرز نظم المعلومات الجغرافية كعقل مدبر للتهيئة الإقليمية؛ وانطلاقا من المقاربة النسقية التي تنظر إلى التراب كمنظومة معقدة تتداخل فيها الطبيعة بالبشر، توفر البرمجيات الحديثة إمكانية بناء نماذج محاكاة تخدم التخطيط الحضري الذكي عبر اختيار المواقع المثلى للمرافق العمومية بناء على الكثافة السكانية ومؤشرات الولوجية، فضلا عن تدبير شبكات المرافق الحيوية كالمياه والكهرباء لتقليل الهدر الطاقوي. ويتعدى هذا التدبير المستويات التقليدية ليتجسد اليوم في التحول نحو المدن الذكية، حيث تنشر أجهزة استشعار ذكية في الفضاء العام لتوجيه حركية السير ديناميكيا وعقلنة استهلاك.

ورغم هذه المزايا الجوهرية، فإن توظيف التكنولوجيا في تدبير المجال يصطدم بعقبات وتحديات حقيقية تتطلب استراتيجيات مواكبة، وفي مقدمتها الفجوة الرقمية المجالية التي تعاني منها المناطق الريفية والمجالات الهشة، مما قد يعمق التفاوتات الإقليمية إذا لم يتم تعميم البنية التحتية الرقمية، يضاف إلى ذلك تحديات الأمن السيبراني الناجمة عن ارتهان تدبير المدن الذكية لقواعد البيانات المعرضة دائما للقرصنة والهجمات الإلكترونية. وبناء على ذلك، يظل الرهان الحقيقي مرتبطا بتأهيل وتكوين العنصر البشري من أطر ومهندسين وجغرافيين قادرين على القراءة النقدية لهذه المعطيات وتجاوز الاستعمال التقني الأعمى، فالإدماج التكنولوجي ليس غاية في حد ذاته، بل هو وسيلة لتحويل المجالات الفيزيائية الجامدة إلى تراب مستدام ومرن يستجيب لتطلعات الأجيال الحالية والمستقبلية في إطار من العدالة المجالية والاجتماعية.

كما يجب ألا نغفل على ضرورة الجمع بين التحديث التقني وتطوير الترسنة القانونية. فالنجاح في هذا الرهان مرتبط بمدى قدرتنا على تحويل النمذجة من مجرد أداة هندسية تقنية إلى ثقافة تديرية وتشاركية تضع المواطن والمجال في قلب كل قرار تنموي، تماشيا مع طموحات النموذج التنموي الجديد والجهوية المتقدمة، بهدف جعل المجال الجغرافي كيانا قابلا للتوجيه العقلاني نحو مستقبل أكثر استدامة وأمانا.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

أبو الخير، يحيى بن محمد شيخ. (د.ت.). *المفاهيم الجغرافية والإشكاليات ودور التقنيات: رؤية تحليلية نقدية للعلاقة بين الواقع والمفهوم* [بحث غير منشور]. قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.

Abu Al-Khair, Yahya bin Muhammad Sheikh. (n.d.). *Geographical Concepts, Problematics, and the Role of Techniques: A Critical Analytical Vision of the Relationship between Reality and Concept* [Unpublished paper]. Department of Geography, College of Arts, King Saud University.

الأكل، مختار. (2004). أية منهجية للتدخلات العمومية من أجل التنمية بالمجالات البورية؟ حالة هضبة بنسليمان. في م. كرزاي، وم. آيت حمزة (منسقان)، *مناهج البحث في الوسط الريفي المغربي* (ص ص. 11-35). منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالرباط، سلسلة ندوات ومناظرات رقم 113، الرباط، المغرب.

Al-Akhal, Mukhtar. (2004). What methodology for public interventions for the development of rainfed areas? The case of the Benslimane Plateau. In M. Kerzazi & M. Ait Hamza (Eds.), *Research Methods in the Moroccan Rural Environment* (pp. 11-35). Publications of the Faculty of Letters and Humanities in Rabat, Seminars and Conferences Series No. 113, Rabat, Morocco.

باحو، عبد العزيز. (2007). *الفكر الجغرافي الحديث* [مطبوعة علمية]. مادة استكمال التكوين في الجغرافيا، الرباط، المغرب.

Baho, Abdelaziz. (2007). *Modern Geographical Thought* [Academic handout]. Supplementary Training Course in Geography, Rabat, Morocco.

- بالهادي، عمر (منسق). (1993). *المجال: مفاهيم ومقاربات*. أعمال مجموعة البحث والدراسات حول المجال (GREES) منشورات كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية بتونس.
- Belhedi, Amor (Ed.). (1993). *Space: Concepts and Approaches*. Proceedings of the Research and Studies Group on Space (GREES). Publications of the Faculty of Humanities and Social Sciences, Tunis.
- بلفقيه، محمد. (2002). *الجغرافيا القول عنها والقول فيها: المقومات الإبيستيمولوجية* (ط. 1). مطبعة المعارف الجديدة، الرباط، المغرب.
- Belfquih, Mohamed. (2002). *Geography: Discourse about It and within It: Epistemological Foundations* (1st ed.). New Knowledge Press, Rabat, Morocco.
- الخرامي، عزيزة محمد. (2015). *نظم المعلومات الجغرافية (SIG) وتطبيقاتها في التخطيط الحضري والإقليمي*. دار الفكر العربي، القاهرة.
- Al-Khuzami, Aziza Mohammed. (2015). *Geographic Information Systems (GIS) and Their Applications in Urban and Regional Planning*. Dar Al-Fikr Al-Arabi, Cairo.
- السعدي، مشعل. (2021). المدن الذكية وتدبير المجال المعاصر: التكنولوجيا كأداة لتحقيق التنمية المستدامة. *مجلة العلوم الجغرافية العربية*, 12(2)، 68-45.
- Al-Saadi, Mishaal. (2021). Smart cities and contemporary spatial management: Technology as a tool for achieving sustainable development. *Journal of Arab Geographical Sciences*, 12(2), 45-68.
- شرف، الدين أحمد. (2023). *الحكامة الترابية والمدن الذكية: دور إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي في ترشيد كفاءة الموارد وإدارة الشبكات*. مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت.
- Sharaf, Al-Din Ahmed. (2023). *Territorial Governance and Smart Cities: The Role of the Internet of Things and Artificial Intelligence in Rationalizing Resource Efficiency and Network Management*. Center for Arab Unity Studies, Beirut.
- العتيبي، خالد بن فهد. (2024). *تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الاستشعار عن بعد والتحليل المكاني لمواجهة التغيرات المناخية*. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*, 18(3)، 145-112.
- Al-Otaibi, Khalid bin Fahd. (2024). Applications of artificial intelligence in remote sensing and spatial analysis to address climate change. *Arab Journal of Geographical Studies*, 18(3), 112-145.
- الفيروز آبادي، مجد الدين. (د.ت.). *القاموس المحيط*. مؤسسة الرسالة.
- Al-Fayruzabadi, Majd Al-Din. (n.d.). *Al-Qamus Al-Muhit*. Al-Resalah Foundation.

قسطنفاني، محمد. (د.ت.). ما هو المجال؟ مجلة محمد عابد الجابري، (22).

Qastafani, Mohamed. (n.d.). What is space? *Mohammed Abed Al-Jabri Journal*, (22).

المباركي، حسن. (2011-2012). المنهج العلمي واتجاهات البحث في الجغرافية الجديدة [محاضرات مطبوعة]. مادة مناهج البحث الجغرافي، ماستر دينامية المجالات الجغرافية بالمغرب: الإعداد والتنمية الترابية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مراكش.

Al-Mubarki, Hassan. (2011-2012). *The Scientific Method and Research Trends in New Geography* [Printed lectures]. Geographic Research Methods Course, Master's Program in the Dynamics of Geographical Spaces in Morocco: Planning and Territorial Development, Faculty of Letters and Humanities, Marrakech.

مجمع اللغة العربية. (د.ت.). المعجم الوسيط. دار الدعوة.

Academy of the Arabic Language. (n.d.). *Al-Mu'jam Al-Wasit*. Dar Al-Da'wa.

محمددين، محمد محمود. (1996). الجغرافيا والجغرافيون بين الزمان والمكان (ط. 2). دار الخريجي للنشر والتوزيع، الرياض.

Mohamedin, Mohamed Mahmoud. (1996). *Geography and Geographers between Time and Space* (2nd ed.). Dar Al-Khuraji for Publishing and Distribution, Riyadh.

ثانياً: المراجع الأجنبية

Belhedi, A. (Ed.). (1993). *L'espace: Concepts et approches*. Actes des travaux du Groupe de Recherches sur l'Espace (GREES) en 1991. Publications de la Faculté des Sciences Humaines et Sociales.

Brunet, R. (1992). *Les mots de la géographie*. Reclus.

Claval, P. (2007). *Épistémologie de la géographie* (2e éd.). Armand Colin.

Dollfus, O. (1970). *L'espace géographique*. Presses Universitaires de France (PUF).

Gottmann, J. (1950). Les espaces économiques. *Économie appliquée*, 3(1), 225-244.

Groupe de Didactique de Géographie. (2001, juin). *Espace et territoire* [Document d'accompagnement pédagogique]. IUFM d'Aix-Marseille.

Isnard, H. (1978). *L'espace géographique*. Presses Universitaires de France (PUF).

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. Springer.

Le Robert. (2020). *Le Petit Robert de la langue française*. Le Robert.

- Moine, A. (2006). Le territoire comme un système complexe: Un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *L'Espace géographique*, 35(2), 115–132.
- Rhein, C. (2003). L'espace, les sociologues et les géographes. Dans *Déconstruire et reconstruire les « disciplines »: Les jeux de l'interdisciplinarité. Sociétés contemporaines*, (49–50), 133–154.
- Voiron, C., & Chéry, J.-P. (2005, 19–22 septembre). Espace géographique, spatialisation et modélisation en dynamique des systèmes. Dans *Actes du 6ème Congrès Européen de Science des Systèmes* (pp. 1–10). Paris, France.