

Modélisation dynamique de l'occupation de sol par intelligence artificielle de la Grande Région

Reine Maria Basse, Hichem Omrani, Omar Charif et Philippe Gerber

Objectif et descriptif

Ce papier propose un exercice prospectif territorial au niveau de la Grande Région pour aboutir à différents scénarios de développement spatial par l'intermédiaire d'indicateurs spatiaux. Une fois identifiés et/ou créés, ces derniers pourront servir de base de connaissance et d'outils d'aide à la décision et à la planification des territoires en quête de cohésion à une échelle transfrontalière.

Cette communication propose ainsi une approche socio-spatiale prospective de la question de la cohésion territoriale dans la Grande Région, à l'aide de composantes majeures d'un territoire comme la ligne frontière, la topographie, le maillage du réseau de transport, les évolutions démographiques, etc. Ces composantes sont d'autant plus intéressantes qu'elles peuvent nous renseigner sur leur rôle dans la cohésion des territoires. Par exemple, en partant de l'hypothèse selon laquelle les lignes frontalières sont productrices de différentiels, quelles sont les conséquences de ces dernières sur la cohésion territoriale au Luxembourg et dans la Grande Région ? Différents résultats sont attendus de la modélisation et de la simulation spatiale : (1) la localisation des « poches de cohésion », c'est-à-dire des lieux au niveau de la Grande Région où la cohésion spatiale est une réalité ; (2) la mise en évidence des espaces où la cohésion est en construction, en renforcement, en phase d'effritement, ou simplement en gestation/émergence ; et (3) puisqu'il s'agit aussi de réfléchir sur des territoires frontaliers, les résultats relatifs au rôle de la frontière dans la cohésion territoriale seront exposés. La manière dont le modèle intègre et prend en compte les effets frontières, effets de voisinage et de proximité pouvant favoriser la cohésion territoriale est un élément méthodologique à intégrer dans la discussion.

Problématique

La modélisation de l'occupation du sol est un exercice complexe. Il dépend des facteurs endogènes (effets de voisinage, interaction etc.) et exogènes (contraintes spatiales, système de transport, zoning, etc.). Les questions de recherche que nous posons ici sont :

- Quelles sont les données (facteurs essentiels) à considérer dans la modélisation de ce système ?
- Comment modéliser et simuler ce système complexe ?
- Comment valider les résultats de simulation ?

Travaux existants, données et méthodes

La modélisation de l'occupation du sol a été réalisée en utilisant plusieurs type d'approches : écologique, physique, néoclassique, comportementale et système. Nous proposons ici d'utiliser une méthode hybride basée sur l'approche système avec la prise en compte des autres approches en utilisant les automates cellulaires (Batty, Xie, 1994) et les réseaux de neurones (Li, Yeh, 2002).

D'abord l'occupation et l'utilisation du sol à différentes dates (1990, 2000). L'occupation du sol est une donnée qui a pour avantage de représenter de manière synthétique le fonctionnement des espaces. Ensuite, le réseau de transport existant et en projet, pour une vision prospective intégrée de l'analyse. Enfin, des données démographiques et économiques comme la répartition de la population (à différentes dates), la localisation des activités de production, l'habitat, vont permettre une analyse approfondie de la cohésion territoriale dans l'aire d'étude.

L'approche prospective, dans le cadre de compréhension des territoires en devenir, permet de montrer les trajectoires (passé + présent) des territoires et ainsi de mieux anticiper leurs devenirs sur des horizons lointains (2020). Elle prend une nouvelle dimension quand elle est appréhendée à partir de la modélisation et de la simulation et, plus particulièrement, quand elle s'appuie sur des modèles dynamiques. Le choix d'un modèle basé sur un automate cellulaire neuronal est privilégié dans la mesure où ces outils (automates cellulaires et réseaux de neurones) ont largement montré leur capacité à prendre en compte les structures spatiales et leurs composantes souvent éminemment complexes (Torrens, O'Sullivan, 2001 ; Openshaw, Openshaw, 1997).

Résultats et validation

L'analyse des résultats montre l'avantage d'intégrer le modèle de réseaux de neurone comme règle de transition dans les automates cellulaires pour la modélisation dynamique de l'occupation de sol.

Les résultats de la simulation jusqu'à 2020 montrent des effets raisonnables concernant l'évolution de chaque classe d'occupation de sol ainsi qu'une cohérence dans la simulation en trois niveaux:

- 1) Quelques classes d'occupation de sol augmentent au détriment des autres. Ceci est le cas de la classe urbaine contre la classe agriculture.
- 2) Même si cette expansion était continue, elle devient stable avec le temps (exemple des classes urbaine et industrielle). Ceci peut être facilement expliqué par le fait que l'espace de réserve qui était disponible 20 ans auparavant, a été urbanisé d'une manière dispersée et il n'existait plus.
- 3) Les résultats cartographiques montrent que l'urbanisation en 2020 est la continuité de ce qu'a été observée dans le passé. L'urbanisation s'intensifie dans les zones déjà urbanisées et aussi tout au long du réseau de transport.

Les résultats ont été validés par validation croisée et l'analyse de sensibilité a été effectuée par la courbe sensibilité/spécificité (ROC Curve analysis: Receiver Operating Characteristic).

Conclusion et perspectives

Les résultats de la simulation confirment le postulat que les réseaux de transport favorisent la croissance urbaine. L'application des réseaux de neurones comme règle de transition dans les automates cellulaires a donné des résultats raisonnables. Les travaux à venir consistent à travailler sur la validation de modèle et aussi à explorer le voisinage dynamique en se basant par exemple sur la notion d'accessibilité et de flux de mobilité. Cette piste de recherche est prometteuse dans la thématique de la simulation de la croissance urbaine.

Bibliographie

Batty, M., Xie, Y. (1994). "From cells to cities." *Environment and planning B: Planning and Design*, 21: 531-538.

Li, X., Yeh, A.G.O. (2002). "Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS." *International Journal of Geographical Information Science*, 16 (4): 323-343.

Openshaw, S., Openshaw, C. (1997). "Artificial Intelligence in geography". Chichester, England: John Wiley & Sons.

Torrens, P. M., O'Sullivan, D. (2001). "Cellular automata and urban simulation: where do we go from here." *Environment and Planning B: Planning & Design* 28(2): 163-168