المحاكاة والنمذجة الحاسوبية للبنية
الحضرية وتنميتها

بول لونجلي

الفصل 44 من كتاب
الجغرافيا التطبيقية : المبادئ والممارسة
أ. م. مانيون

ترجمة بتصرف
أ.د. مضر خليل عمر

مقدمة

تتطور وتتغير هياكل المستوطنات الحضرية اليوم بوتيرة أسرع من أي وقت مضى . كثيرًا ما يُطرح على الجغرافيين والمخططين التطبيقيين أسئلة مثل : ما تأثير إنشاء متجر بقالة جديد خارج مركز المدينة على البنية التجارية الحالية للمدينة ؟ ما هي الآثار المحتملة لسياسات التجديد على قيم المنازل في المناطق الحضرية ؟ كيف ستتغير كثافة السكان في المدينة إذا تم تطوير المزيد من مواقع "البنية التحتية" المركزية بدلًا من المواقع الطرفية ؟ وما هي آثار أي من هذه التطورات على سياسة النقل غير المعتمدة على السيارات ؟ تقدم النماذج والمحاكاة الحضرية الحاسوبية إجابات عن هذه الأسئلة وغيرها من الأسئلة المهمة ، ذات الطابع الجغرافي الصريح . تتعلق هذه الأسئلة أساسًا بالتغيرات في شكل المناطق الحضرية ، وكذلك طرق عملها (باتي ولونجلي، ١٩٩٤) . لطالما سعى الجغرافيون التطبيقيون وغيرهم إلى فهم هذه المشكلات من **خلال التفكير في المدن والبلدات كأنظمة ، حيث تُشكل الوحدات أو الأشياء الجغرافية المترابطة "مجموعة" تعمل معًا كوحدة واحدة** (هاجيت وآخرون، 1977:6) . في الواقع ، لا تتطور المدن والبلدات الفردية (مثل معظم الأنظمة الجغرافية الأخرى) بمعزل عن بقية الواقع ، ولكن غالبًا ما يكون من المفيد استبعاد هذه المعطيات الأكثر عمومية من أجل "تحديد" المشكلات المحددة التي نهتم بها .

يُعد تحديد نطاق ما نعده لأغراض عملية "**نظامًا حضريًا**" خطوة أولى مهمة في النمذجة الحضرية. استخدمت العديد من الفصول الأخرى في هذا الكتاب النماذج كأدوات عملية لفهم جوانب أنظمة العالم الحقيقي . وبعبارة أعم ، يمكن تعريف "**النموذج**" بأنه "تبسيط" للواقع، لا أكثر ولا أقل . للإجابة عن أنواع الأسئلة المحددة والمركزة التي طُرحت في بداية هذا الفصل ، من الضروري تجاهل المعلومات المتعلقة بجوانب النظام الحضري غير ذات الصلة (أو ذات الصلة جزئيًا أو غير مباشر) والتركيز على خصائص النظام المتبقية التي لها التأثير الأكبر على النتائج . وبالتالي ، يحتفظ النموذج الجيد بشكل انتقائي بجميع جوانب النظام المهمة من وجهة نظر معينة ، ويتجاهل تلك غير المهمة .

تُعد عملية الاختيار هذه أساسية في **فن بناء النماذج** . عمليًا ، تُمثل الجوانب المختارة للنظام في النموذج الحضري بشكل أساسي باستخدام البيانات الكمية . على الرغم من استخدام هذه البيانات لتمثيل خصائص النظام ، إلا أنها نادرًا ما تكون دقيقة تمامًا ، إن وُجدت . ينشأ هذا لأسباب متنوعة مشتركة بين جميع التحليلات الكمية للأنظمة الاجتماعية والاقتصادية. لا توجد مساحة كافية هنا لاستكشاف هذه الأسباب بتفصيل كبير (ولكن ينظر مارتن 1997 للاطلاع على لمحة عامة تمهيدية عن بعض الجوانب المهمة). باختصار، عادةً ما يتم حساب متوسط البيانات الاجتماعية والاقتصادية (مثل تلك المستمدة من التعدادات

السكانية) عبر المناطق الإدارية قبل إتاحتها للباحثين للتحليل الثانوي ، وهذا يخلق مشاكل القياس والتجميع فيما يتعلق بدقة نسب الخصائص إلى النقاط والأماكن على سطح الأرض (أوبنشو 1984).

حتى لو كانت البيانات دقيقة جغرافيًا ، فإن هذا لا يعني بالضرورة أنها تصور بدقة الجوانب ذات الصلة بالواقع الاجتماعي والاقتصادي في نموذج ما ، حيث يتم عمليًا قياس وتمثيل العديد من جوانب النظام الحضري باستخدام معلومات بديلة - ومن الأمثلة الشائعة غياب بيانات الدخل من معظم التعدادات السكانية ، مما يجعل من الضروري تمثيل القدرة الشرائية باستخدام مؤشرات بديلة ، مثل معدلات ملكية السيارات (براكين 1981: 281-5) . ومع ذلك ، يمكن استخدام النماذج الحضرية بشكل ثابت لتصوير حالة النظام ، أو بشكل ديناميكي لتوضيح كيفية تغير خصائص النظام بمرور الوقت . قد يكون أحد التطبيقات الثابتة للنموذج الحضري هو تمثيل حجم وشكل النظام الحضري . تستخدم النماذج الحضرية الديناميكية تمثيلات للحالات الثابتة ، بالإضافة إلى معلومات حول طبيعة ومعدل التغير، بهدف تطوير محاكاة (أو سيناريوهات) لما قد يحدث في مرحلة مستقبلية من تطور النظام . ويمكن استخدام هذه السيناريوهات للإجابة عن أنواع الأسئلة المطروحة في بداية هذا الفصل.

تفترض النمذجة الحضرية الديناميكية فهمًا لكيفية عمل النظام الحضري ، وغالبًا ما يعتمد هذا الفهم على ما نعرفه عن الأشكال المكانية للمستوطنات الحضرية . فإذا لخص النموذج كل ما هو مهم وتجاهل ما هو غير مهم ، فمن المرجح أن نتمكن من استخدامه لتلخيص وإعادة إنشاء والتنبؤ بالخصائص البارزة لمنطقة حضرية . يتطلب كل سؤال من الأسئلة المطروحة في بداية هذا القسم دراسة بعض جوانب النظام الحضري من خلال نمذجة جوانب مختارة من التنمية الحضرية . هناك طيف واسع من الطرق التي يمكن من خلالها تطوير النماذج والمحاكاة الحضرية ، وفي فصل بهذا الحجم ، لا يمكن تصنيف جميع النمذجة الحضرية التطبيقية ، ناهيك عن تلخيصها . لذلك ، سنركز بدلاً من ذلك على أسس النمذجة الحضرية - أي سنصف بيئة الحاسوب التي تُجرى فيها النمذجة والمحاكاة الحضرية ، ونصف كيفية استخدام النماذج الحضرية لتلخيص الخصائص الأساسية للأنظمة الحضرية وتطوير المحاكاة في التحليل التطبيقي.

الطبيعة والنطاق المتغيران للنمذجة والمحاكاة الحضرية

يتعرف معظم الطلاب على الجغرافيا الحضرية من خلال النماذج الكلاسيكية للبنية الحضرية التي طورها بيرجيس وهويت وغيرهما من "علماء البيئة البشرية في شيكاغو" خلال عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين . قد يكون هناك عدد قليل من طلاب الجغرافيا اليوم ممن لا يعرفون مخطط الحلقة المركزية الكلاسيكي لمدينة شيكاغو في عشرينيات القرن الماضي ، وقد استُعير أحد خصائصه الرئيسية ، وهو تقسيم المناطق السكنية ، في أجيال من المشاريع المدرسية لوصف فسيفساء استخدامات الأراضي الحضرية لمئات المناطق الحضرية . تشمل النماذج الأخرى التي غالبًا ما يواجهها الطلاب في بداية مسيرتهم الجامعية نماذج لوش وفيبر في مجال الموقع الصناعي ، ونظرية المكان المركزي لكريستالر، ونظرية إيجار العطاء الزراعي لفون ثونن ، ونظريات "إيجار العطاء" الاقتصادية الجزئية لاستخدام الأراضي الحضرية (التي طُوّرت في أعمال ألونسو عام 1964؛ موث عام 1969).

من بين هذه النماذج ، ستكون الصياغات الاقتصادية الجزئية لإيجارات العطاء لاستخدامات الأراضي المختلفة ، و"تدرجات الكثافة" لفئات استخدام الأراضي المختلفة ، الأكثر صلة بمناقشتنا للبنية الحضرية هنا . تدوم هذه النماذج بفضل أسلوبها القوي والبسيط في تجريد الخصائص الأساسية للأنظمة الحضرية في العالم الحقيقي ، وهو روح أفضل الجغرافيا التطبيقية . (مع ذلك ، فإن بساطة النموذج لا تعني أنه لا يمكن إساءة

استخدامه . على سبيل المثال ، يُصوَّر نموذج بورغيس على أنه تمثيل ثابت للشكل الحضري ، وليس تمثيلًا ديناميكيًا للوظيفة المتغيرة للمناطق السكنية ، حيث يُغذي تدفق موجات متتالية من المهاجرين موجات من الحركة الخارجية للمجتمعات القائمة ، بالطريقة نفسها التي تُولِّد بها حصاة سقطت في بركة ماء تموجات).

هذه ، إذًا ، هي نقاط الدخول المعروفة على نطاق واسع لفهم عام للجغرافيا البشرية . ومع ذلك ، مع تقدم الطلاب في هذا التخصص ، تبدو هذه النماذج مكررة وغير ذات صلة بشكل متزايد بهيكلة وتمثيل العالم الحقيقي . بمرور الوقت ، تصبح الهندسة المنظمة لاستخدام الأراضي الحضرية متوترة للغاية وغير معقولة لاستدامة المزيد من البحث والاهتمام ، وتميل أبحاث مورفولوجيا المناطق الحضرية "المتقدمة" إلى إعادة التركيز على دراسات أيديوغرافية ("فردية") لتاريخ أشكال حضرية معينة . والنتيجة هي أن بعض الطلاب يجدون أنفسهم محبطين من السعي إلى استخلاص تعميمات حول مورفولوجيا المناطق الحضرية عبر المكان والزمان .

لم يكن السعي إلى التعميم الاستقرائي دائمًا بهذه السهولة . في أوج ازدهار الجغرافيا التطبيقية في سبعينيات القرن الماضي ، استُخدمت مفاهيم الفيزياء الاجتماعية والتفاعل المكاني على نطاق واسع من قِبَل الجغرافيين والمخططين لنمذجة أداء أنظمة حضرية بأكملها (باتي 1976؛ بيركين 1996؛ ويلسون 1974) . وكان هذا جزءًا من الالتزام بالتقاليد الأساسية للتخطيط العقلاني ، حيث تُصوَّر المشاكل الحضرية وحلولها من منظور مادي إلى حد كبير (باتي ولونجلي 1997). اتسمت النماذج الحضرية في سبعينيات القرن الماضي بطموحها المعلن ، حيث سعت إلى نمذجة أنظمة حضرية بأكملها . وقد طُوِّرت هذه النماذج استنادًا إلى أفضل التقنيات ومصادر البيانات المتاحة في ذلك الوقت ، ولكن في الممارسة العملية ، كان هذا يعني حتمًا "الاكتفاء" ببيانات بدائية وغير مناسبة بمقاييس تقريبية من الدقة المكانية ، ومواصفات بدائية للتدفقات ، وتحليلات على أجهزة كمبيوتر مركزية أقل قوة من معالج النصوص المحمول الذي كُتب عليه هذا الفصل .

باختصار، لم تكن جودة البيانات وتكنولوجيا الحاسوب في ذلك الوقت متناسبة مع قوة المفاهيم والأفكار الجغرافية الأساسية التي طُوّرت . ومع تقدم سبعينيات القرن العشرين ، تزايدت أعداد الجغرافيين الذين رأوا أن هذه النماذج كانت تبسيطًا مفرطًا لكل ما هو مثير للاهتمام حول النظم الحضرية ، وبالتالي كانت النماذج الحضرية المبكرة غير ذات صلة إلى حد كبير بأي فهم سوى الفهم الأكثر بساطة لها (على سبيل المثال، ساير 1979). ساد خيبة الأمل من النهج، وكاد السعي إلى تطوير تصورات كمية لحالة وديناميكيات المناطق الحضرية أن يُهمل . لكن التيار انقلب منذ ذلك الحين .

في هذا الفصل ، سنوضح بعض الطرق التي تُنعش بها نمذجة ومحاكاة أنظمة المدن . سنركز على موضوعين : **أولًا**، آثار الثورة التي تحدث في إنشاء وتوافر البيانات الرقمية حول المناطق الحضرية ؛ و**ثانيًا**، الطرق التي تُعاد بها صياغة هذه البيانات وتحويلها إلى نماذج بيانات متطورة للأنظمة الحضرية ، والتي بدورها يمكن أن تُثري التحليل الكمي . تُمثل كل من هذه المواضيع نتاجًا محددًا لثورة "نظم المعلومات الجغرافية" في الجغرافيا ، والتي وصف هيوود وغرين جوانب محددة منها في موضع آخر من هذا الكتاب.

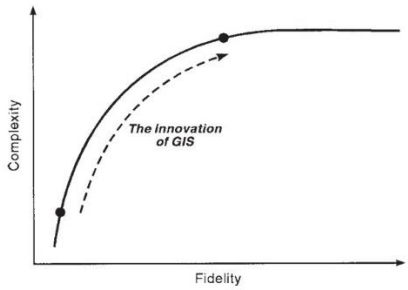
تُوفر نظم المعلومات الجغرافية إطارًا للإدخال والتخزين والمعالجة والإخراج المنظم للبيانات الجغرافية ، وقد تطور هذا المجال بسرعة على مدار العقدين الماضيين . يوجد الآن العديد من الكتب الدراسية الممتازة (مثل: بورو وماكدونيل 1998؛ مارتن 1996) التي تُقدم أدلةً لاستخدامها في الجغرافيا . **يُعد تاريخ نظم المعلومات الجغرافية ، في بعض جوانبه ، تاريخًا لفرع مهم وناجح للغاية من الجغرافيا التطبيقية** (فورسمان 1998؛ لونغلي وآخرون 1999) . تُعدّ أنظمة المعلومات الجغرافية اليوم صناعة برمجيات ضخمة، تُقدّر قيمتها بمليار دولار عالميًا ، مع حوالي 1.6 مليون مستخدم . وبالمعدل الحالي للتوسع ، قد يصل عدد

"**الجغرافيين التطبيقيين**" حول العالم الذين يستخدمون أنظمة المعلومات الجغرافية إلى 8 ملايين بحلول عام 2000! مع مرور الوقت ، أتاح الانخفاض الحاد في التكاليف الحقيقية للحوسبة معالجة مجموعات بيانات أكبر، بسرعة أكبر بكثير من أي وقت مضى ، في حين شجعت التطورات في رسومات الحاسوب والشبكات على استخدام أنظمة المعلومات في نطاق أوسع من الطرق الجديدة والمبتكرة . وبالتالي ، تُعدّ أنظمة المعلومات الجغرافية محورية لأي نقاش حول الجغرافيا التطبيقية في نهاية القرن العشرين ، كما أنها تُوفّر بيئة مثالية لنهج مُجدّد للنمذجة والمحاكاة الحضرية . هذه بيئة برمجية تزدهر فيها تطبيقات مُتخصصة للنمذجة الحضرية مرة أخرى - كما هو الحال في التحليل الدقيق لمشاكل مواقع البيع بالتجزئة باستخدام الديموغرافيا الجغرافية وغيرها من المصادر التفصيلية كما وصفها كلارك في هذا الكتاب.

إعادة ابتكار النمذجة الحضرية والمحاكاة

لا يتسع المجال هنا لإنصاف تطور النمذجة الحضرية ضمن نظم المعلومات الجغرافية ، على الرغم من تقديم نظرة عامة شاملة من خلال المساهمات المتنوعة في لونغلي وباتي 1996 . تُقدم هذه المساهمات أدلةً دامغة على أن نظم المعلومات الجغرافية تُعيد تنشيط تفكيرنا في النمذجة الحضرية بطريقة تطبيقية ، بفضل ما تُتيحه من تصويرٍ غنيٍّ بالبيانات للواقع . ومن السمات المتأصلة في النمذجة الحضرية أنه كلما ازداد النموذج تعقيدًا ، أصبح أقرب إلى نظام العالم الحقيقي الذي يسعى إلى تقريبه . ويمكننا أن نتخيل "التعقيد" هنا كمؤشر مُركّب لكمية وتفاصيل البيانات حول النظم الحضرية ، وطبيعة الطريقة التي تُبسط بها العلاقات بين مكونات النظام الحضري . لطالما كان من المُسلَّم به (هاجيت ١٩٧٨) أن فوائد التعقيد المتزايد تتضاءل ، كما هو موضح في الشكل ٤٤,١، وقد أتاح ابتكار نظم المعلومات الجغرافية بلا شك الارتقاء بمستوى "منحنى التعلم" هذا أكثر من أي وقت مضى .

Figure 44.1 The trade-off between model complexity and fidelity to real-world representation.



ويرجع ذلك إلى أن جزءًا كبيرًا من تعقيد النمذجة الحضرية ينشأ من العبء المتزايد المتمثل في دمج البيانات وإدارتها ومعالجتها ، وقد بدأت بيئة نظم المعلومات الجغرافية في تقليص أهمية هذه المشكلات . وبهذه الطريقة ، تُرسى أسس جديدة وأكثر رسوخًا وأهمية للنمذجة الحضرية . سنطور هذه الفكرة من خلال إعداد دراستي حالة توضيحيتين موسعتين - الأولى في سياق التنبؤ بقيم المساكن في منطقة حضرية ، والثانية تُعيد النظر في بعض المفاهيم الكلاسيكية التي تُشكل أساس النماذج الاقتصادية الجزئية للطلب على المساكن . لا يُمكن في المساحة المتاحة هنا سوى مراجعة المبادئ والأساليب المُستخدمة في النمذجة الحضرية ، على الرغم من أن دليل القراءة الإضافية يحتوي على تفاصيل إضافية حول الطرق التي يُمكن من خلالها تطبيق نماذج دراسة الحالة، والتي تم تطبيقها بالفعل.

ومن المواضيع المشتركة بين مثالين : أن النمذجة (وبالتالي ، المحاكاة) ضمن نظم المعلومات الجغرافية يُمكن أن تُنعش الطرق التي نفكر بها في تعميم خصائص النظم الحضرية عبر المكان والزمان . هذه التطورات تأتي في الوقت المناسب ، لأن النظرية الحضرية نفسها مُجبرة على التغيير . كما أن زوال نماذج "الجيل الأول" الحضرية يعود جزئيًا إلى أن افتراضات المدن ذات المركز الواحد (التي تُركز على منطقة أعمال مركزية مهيمنة ، غالبًا ما تهيمن عليها الصناعات التحويلية ، وما إلى ذلك) أصبحت مُرهقة بشكل متزايد بسبب التغيرات السريعة في هيكلة المناطق الحضرية المعاصرة .

ومع ذلك ، فإنّ النتيجة ، وهي الزوال النسبي للنمذجة الحضرية كمجال من الجغرافيا التطبيقية ، قد أدّت أيضًا إلى تراخي في السعي لتحقيق أهداف التخطيط العقلاني التي سادت حقبة ما بعد الحرب . وما يزال من المبادئ الأساسية غير المتنازع عليها في الجغرافيا الحضرية أن مفاهيم الريع الاقتصادي ، والتسلسلات الهرمية الحضرية ، وما شابه ذلك ، ما تزال ذات أهمية دائمة للموضوع ، كما أنها تُوفّر وسيلة لمقارنة الأنظمة الحضرية المختلفة . ومع تطور المدن وزيادة تعقيدها وتنوعها وتخصصها ، تتلاشى اليقينيات القديمة حول البنية الحضرية ، ويجب تطوير مناهج جديدة لقياس البنية والشكل الحضريين . وقد كتب باتي ولونجلي (1994) عن هذا الموضوع الأوسع بإسهاب ، ولكننا سنقتصر هنا على مناقشة أسس البيانات لإعادة تنشيط النمذجة الحضرية.

نمذجة قيم العقارات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

يتعلق مثالنا الأول بتباين قيم العقارات في منطقة حضرية خلال فترة زمنية واحدة . على الرغم من كثرة ما كُتب عن ما يُسمى بنماذج **"إيجار العطاء"** (ألونسو 1964؛ موث 1969)، إلا أننا في الواقع لا نعرف سوى القليل جدًا عن الطرق التفصيلية التي تتشكل بها القيمة في البيئة المبنية (أورفورد 1997). يفترض نموذج إيجار العطاء الكلاسيكي أن الأسر تُجري مقايضات بين المسافة التي تفصلها عن مركز المدينة وحجم العقارات (من حيث المساحة الأرضية مثلاً) التي تشغلها. ومع ذلك ، في الواقع ، فإن مدن اليوم ليست أحادية المركز : إذ تُقسّم الحيازة أسواق الإسكان إلى قطاعات سكنية مملوكة للمالك ، ومستأجرة خاصة ، ومستأجرة عامة ؛ ويُدرك السكان المسافة من خلال مجموعة واسعة من المقاييس (مثل وقت السفر، وتكلفة النقل العام)؛ وهناك ما هو أكثر بكثير من مجرد رحلة إلى العمل في الحياة الحضرية (مثل توافر المدارس الجيدة ، والقرب من الحدائق).

تبدو صياغة إيجارات العطاءات لقيم العقارات معقولة بديهيًا ، لكنها في الوقت نفسه شديدة التبسيط في مثل هذه الظروف . علاوة على ذلك ، في العديد من البلدان (بما في ذلك المملكة المتحدة) ، لا نعرف سوى القليل عن توزيع قيم العقارات بين البلدات والمدن ، في ظل غياب أنظمة معلومات استخدام الأراضي المتاحة للجمهور . في هذا السياق ، طوّر لونجلي وآخرون (1994) نموذجًا حضريًا لقيم رأس المال لجميع العقارات البالغ عددها 45,889 عقارًا في المنطقة الداخلية من كارديف ، المملكة المتحدة - وهي المنطقة المركزية الواسعة والمتنوعة للمدينة . لا يوجد في المملكة المتحدة نظام معلومات وطني شامل ومتاح للجمهور حول استخدام الأراضي / التقييم ، ويجب على قراء المملكة المتحدة ملاحظة أنه في وقت دراستهم ، كانت قائمة تقييم ضريبة المجلس في طور التجميع للمرة الأولى فقط . (تُصنّف قائمة التقييم هذه العقارات إلى ثماني فئات عامة لأغراض الضرائب المحلية فقط، ولا تُتاح عادةً للباحثين في المناطق الجغرافية الواسعة) .

أتيحت مصادر البيانات المفصلة الاتية :

1) نسخة رقمية من سجل المعدلات المحلية لعام 1989. وفّر هذا السجل معلومات تاريخية عن "القيم الخاضعة للتقييم" لكل عقار - أي الإيجار السنوي الذي كان العقار يتقاضاه تاريخيًا في سوق الإيجار. حتى أواخر ثمانينيات القرن الماضي، شكّلت هذه القيم أساسًا للضرائب المحلية في المملكة المتحدة . لا تُقدّم هذه التقييمات سوى تقدير أولي لقيم رأس المال في سوق الإسكان ، الذي يهيمن عليه اليوم المساكن المملوكة، مدعومةً بالمساكن المؤجرة من قِبل السلطات المحلية (والتي كانت تُبنى تاريخيًا من قِبل الدولة وتُؤجّر بإيجارات مدعومة ، واليوم غالبًا ما تُشترى بموجب تشريع "حق الشراء": ينظر بالتشين وآخرون، 1998). يحتوي سجل المعدلات المحلية أيضًا على معلومات محدودة عن نوع العقار.
2) شبكة رقمية لجميع الشوارع في منطقة الدراسة.
3) حدود رقمية لثلاث وثمانين "منطقة مسح لحالة المنازل" ، مصممة لمسح حالة المنازل الممول من السلطة المحلية ، ومصممة لتحديد المناطق الصغيرة التي يوجد فيها تجانس عام في بنية المنزل ونوعه (ولكنها في الممارسة العملية غالبًا ما كانت بعيدة عن التجانس).

يظهر الشكل ٤٤,٢ منطقة الدراسة ، إلى جانب طبقات نظام المعلومات الجغرافية الرقمية . وقد مثلت هذه الطبقات مجتمعةً نطاقًا غنيًا من مصادر البيانات ، ووفرت أسس البيانات لتطوير نموذج مكاني بسيط لتغير أسعار المنازل.

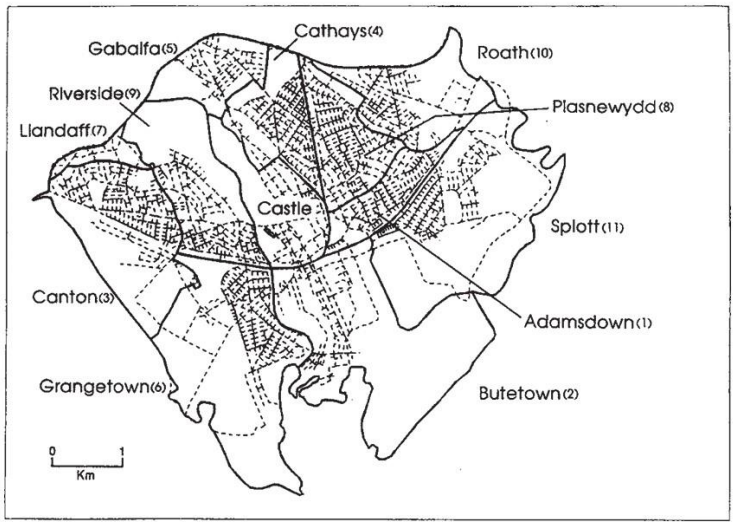
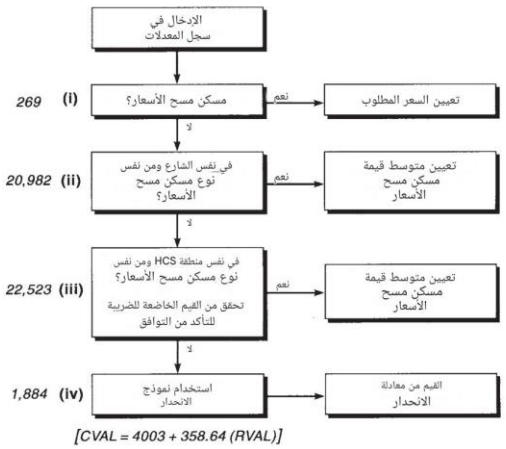


Figure 44.2 Cardiff's inner area.

يعتمد هذا النموذج بشكل أساسي على **"القانون الأول للجغرافيا" الشهير لتوبلر** (١٩٧٠): "الأشياء المتصلة مترابطة، لكن الأشياء القريبة أكثر ترابطًا من الأشياء البعيدة". وهكذا ، على سبيل المثال ، من المرجح أن تكون قيم العقارات المحيطة بحديقة جذابة مرتفعة بشكل موحد ، وستتناقص القيم مع البعد عن هذا "التأثير الخارجي الإيجابي" . وعلى النقيض من ذلك ، من المرجح أن تكون قيم العقارات المحيطة بمكب النفايات منخفضة ، ولن تتعافى إلا مع الابتعاد عن هذا "التأثير الخارجي السلبي" . ولكن هذا يفترض ثبات متغيرات أخرى ، مثل نوع البناء (منزل ، شقة ، إلخ) ، والحجم ، وما إلى ذلك ، وفي الواقع ، سيتعين علينا نمذجة آثار عوامل أخرى تتجاوز مجرد المساحة.

طُبّقت هذه المبادئ على النحو الاتي . أُجري مسحٌ لوكلاء العقارات لتحديد أسعار الطلب على العقارات المعروضة للبيع وقت الدراسة . حدّد هذا المسح أسعار الطلب لـ 796 عقارًا (2.1% من إجمالي العقارات في منطقة الدراسة - 296 منها مُحدّدة كعقارات فردية ، والباقي مُحدّد على مستوى الشارع) ، والتي توزّعت مكانيًا بالتساوي في جميع أنحاء منطقة الدراسة . بافتراض أن أسعار الطلب تتوافق مع القيم الفعلية ، طُوّر نموذج جغرافي يسمح بحساب القيم الرأسمالية لجميع العقارات التي لم تكن معروضة للبيع في الوقت نفسه . يُلخّص الشكل 44.3 مراحل هذا النموذج.



الشكل 44.3 تسلسل العمليات القائمة على نظم المعلومات الجغرافية في نمذجة أسعار المنازل.

استُخدم سجلّ الأسعار بشكلٍ أساسي كإطارٍ للعناوين ، على الرغم من أن عددًا كبيرًا من مُدخلاته تطلّب تجميعًا من الغرف المُكوّنة والغرف المُؤجّرة إلى عقارات كاملة . تضمنت المرحلة الأولى تحديد المواقع الجغرافية الدقيقة لـ 269 "عقارًا" شملتها دراسة المسح السعري . بعد ذلك ، خُصصت القيمة الرأسمالية نفسها - أو متوسط القيمة - للعقارات التي تقع في نفس الشارع ومن نفس نوع عقار مسح الأسعار، أو للعقارات التي تقع في الشارع نفسه . سمح ذلك بحساب القيم الرأسمالية لـ 20,982 عقارًا . في المرحلة الثالثة، استُخدمت حدود مسح حالة المنزل الرقمية لتحديد قيم العقارات الواقعة في شوارع لا يوجد فيها عقار مسح أسعار. ومع ذلك ، رُئي ، على هذا النطاق ، أن "تأثيرات الشارع" ، حتى للعقارات المتطابقة ماديًا ، قد تُبطل استخدام قيم من شارع مجاور .

ونتيجةً لذلك ، قورنت القيمة الخاضعة للتقييم لأقرب عقار مسح أسعار بتوزيع القيم الخاضعة للتقييم في الشارع المجاور للتأكد من إمكانية استخدام قيمة عقار مسح الأسعار بشكل مشروع لحساب قيم بعض أو كل جيرانه الأبعد - مع معيار القبول القائم على مقياس الانحراف المعياري . سمح هذا بحساب قيم 22,523 عقارًا إضافيًا . ولم يتبقَّ سوى 1884 عقارًا من أصل 45,658 عقارًا بدون قيم رأسمالية مُخصَّصة . كانت هذه العقارات ذات طابع خاص للغاية ، لذلك تم تحديد القيم باستخدام علاقة انحدار بسيطة بين أسعار الطلب المُشار إليها بـ (CVAL والقيم القابلة للتقييم) المُشار إليها بـRVAL لعقارات مسح الأسعار. وقد قُدِّرت هذه العلاقة التجريبية إحصائيًا على النحو التالي: .CVAL = 4003 + 358.64 (RVAL)

يتميز المسكن بمجموعة واسعة جدًا من الخصائص من حيث الهيكل والعمر والحالة . بالإضافة إلى ذلك ، كل عقار على حدة يختلف لسبب بسيط وهو أنه يقع على جزء فريد من سطح الأرض - وحتى في مقاييس الدقة الدقيقة ، يمكن أن يؤدي ذلك إلى اختلافات كبيرة بين قيمتي عقارين إذا كان أحدهما يقع "على الجانب الخطأ من المسارات" . لا يتسع المجال هنا لمناقشة النتائج بتفصيل كبير، على الرغم من أنه يُشار

إلى لونجلي وآخرون (1994) في دليل القراءة الإضافية . باختصار، قورنت النتائج النموذجية بقائمة تقييم ضريبة المجلس الرسمية (المستخدمة لتحديد مقدار ضريبة المجلس التي يجب على كل أسرة دفعها)، ووُجد أنها متشابهة ، سواء من حيث القيم المطلقة أو من حيث توزيع القيم . ومع ذلك ، كانت هناك شوارع لوحظت فيها اختلافات إيجابية أو سلبية ، ويوضح الشكل 44.4 التوزيع الجغرافي لهذه الشوارع.

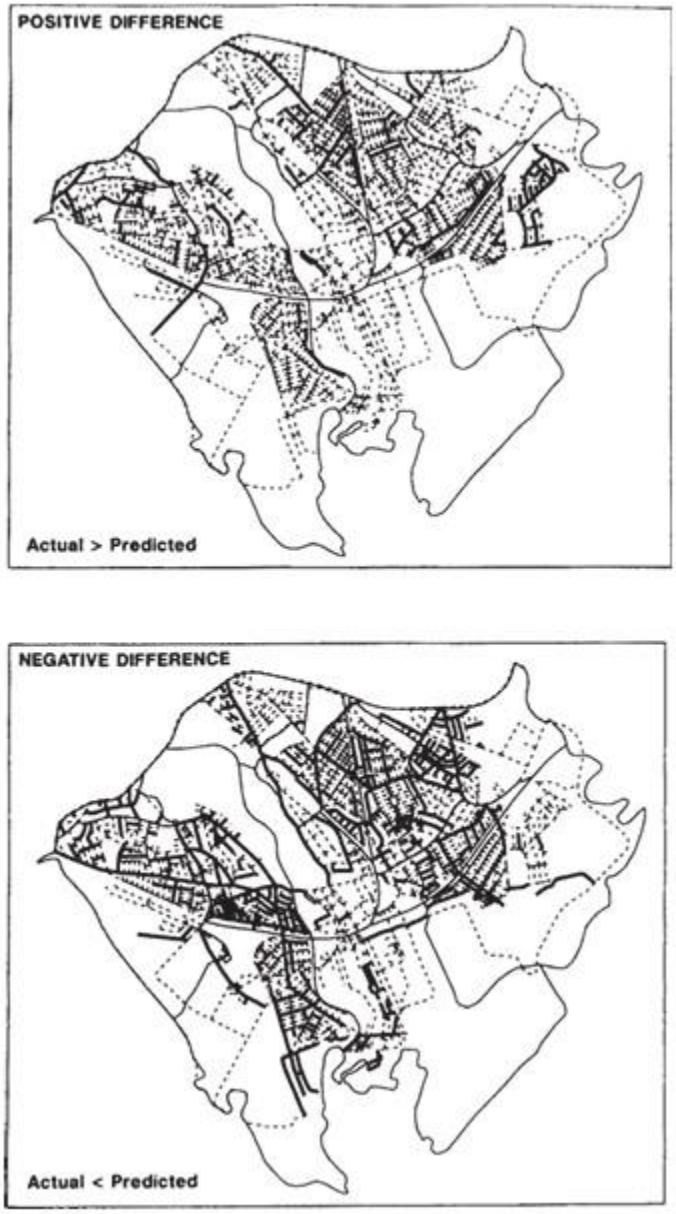


Figure 44.4 Council tax valuations: positive and negative differences.

تثير هذه الأنماط أسئلة مثيرة للاهتمام من الناحيتين المنهجية والموضوعية . هل كان النموذج بسيطًا جدًا بحيث لا يُحاكي القيم "الرسمية" في هذه المناطق ، وهل كان من الممكن تحسينه بإضافة عوامل أخرى - على سبيل المثال ، الآثار المحلية للتحسين العمراني على أسعار المنازل في أحياء محددة ؟ أم أن التقييمات الرسمية نفسها كانت خاطئة بشكل منهجي ؟ - تقييم العقارات في أحسن الأحوال علم غير دقيق ، ولا توجد طريقة حقيقية لتحديد القيمة "الحقيقية" للمساكن في مدينة ما ، ربما باستثناء عرض كل منزل للبيع للسماح

للسوق بتحديده ! وثالثًا، إذا نجحت نمذجة أسعار المنازل في فترة زمنية واحدة ، فهل يمكن تحديث النموذج ببيانات جديدة لأسعار المنازل ليعكس الديناميكيات الجغرافية لتغير أسعار المنازل ؟

في مرحلة ما ، سيتعين على الحكومة إجراء عمليات إعادة تقييم شاملة لجميع العقارات للحفاظ على العدالة في تقاسم العبء الضريبي المحلي ، ويبدو أن هذا النوع من النماذج القائمة على نظم المعلومات الجغرافية يُقدم طريقة للمضي قدمًا تتسم بالشفافية والفعالية من حيث التكلفة والعدالة . تم تلخيص هذه القضايا في الملحق 44.1 . تشير نتائج هذا النموذج الجغرافي البسيط إلى أن نظم المعلومات الجغرافية توفر وسيلة مثالية لتقييم الأهمية النسبية للسمات الهيكلية والموقعية في خلق القيمة . وتعميمًا لذلك ، وصف أورفورد (1997) أيضًا كيفية دمج مجموعة واسعة من سمات الأحياء والسمات الهيكلية في نماذج متطورة قائمة على نظم المعلومات الجغرافية .

تفسيرات إحصائية لأسعار المساكن باستخدام ما يُسمى بنماذج أسعار المساكن "الهيدونية" . لا يُنمذج هذا المثال أسعار العقارات من المبادئ الأولى ، إذ إن العنصر الأساسي في النموذج التنبئي هو معلومات القيمة العقارية المُسبقة . ومع ذلك ، يُقدم دليلاً على الطرق التي يُقدم بها نظام المعلومات الجغرافية تنبؤات مُفصلة ودقيقة عبر مناطق جغرافية شاسعة . تُحاكي هذه التنبؤات إلى حد كبير قياسات المسح المُضنية التي أجراها عدد كبير من المساحين الميدانيين . ولعل الأهم من ذلك ، أنها تُرسي الأساس للتحديث المُستقبلي . تُعد ديناميكيات أسعار المساكن شديدة التباين جغرافيًا ، حيث تعكس ، على سبيل المثال ، عمليات التقادم والتدهور من جهة ، والتحديث الحضري من جهة أخرى . بمجرد إنشاء نموذج توضيحي لمنطقة حضرية بنجاح ، يُفترض أن يكون من المُمكن تحديث تنبؤات النموذج لمراعاة التضخم العام في أسعار المساكن والتباين داخل المنطقة ، والذي يُعزى إلى عمليات حضرية معروفة . من منظور الجغرافيا التطبيقية ، يُعد هذا مثالاً على نموذج مفصل للشكل الحالي للمدينة ، يمكن تكييفه ليشمل مجموعة من الديناميكيات الحضرية.

قياس البنية الحضرية ومحاكاتها

قدّم مثالنا الأول ، كمخرجات ، تقييمًا مكانيًا شاملًا للبيئة الحضرية ، والذي يمكن استخدامه ، بالتالي ، كمدخل للنمذجة الديناميكية للتغيرات النسبية في أسعار العقارات ، أو حتى محاكاة التأثيرات المتغيرة مكانيًا للتغيرات في سياسة التخطيط المحلية أو الوطنية . ومن المواضيع ذات الصلة والراسخة في التحليل الحضري التغيرات في كثافة استخدامات الأراضي السكنية والصناعية والتجارية والعامة المفتوحة في البلدات والمدن تكمن هذه المشكلة في صميم الجغرافيا التطبيقية وسياسة التخطيط العقلاني : على سبيل المثال ، إلى أي مدى يُتوقع من مواقع "الحقول البنية" داخل المدن أن تستوعب متطلبات بناء مساكن جديدة ؟ أو إذا كانت المعلومات والتوقعات الديموغرافية تشير إلى أن معظم هذه الأسر ستكون صغيرة ، فهل من الواقعي توقع تلبية الطلب فقط من خلال تقسيم العقارات القائمة (مثلاً إلى شقق) ؟

هناك الكثير من الكلام في الأدبيات حول السعي إلى مدن أكثر استدامة ، ومع ذلك ، لم تُجرَ سوى دراسات مقارنة قليلة حول طرق ملء المساحات وتقدير آثار اللامركزية السكانية وتجارة التجزئة والتوظيف . في الواقع ، يبدو أننا لا نعرف سوى القليل جدًا عن كثافة المعيشة في المناطق الحضرية، وكيف تتجاور المناطق السكنية مع استخدامات الأراضي المخصصة للتوظيف والترفيه وتجارة التجزئة . تتمسك الأبحاث التجريبية السابقة بمفاهيم غامضة حول الانخفاضات الواضحة في تدرجات كثافة المدن بمرور الوقت ، والتي قد لا تكون أكثر من مجرد نتيجة للطرق البدائية التي تُقاس بها الكثافة . في جوهرها ، تكمن المشكلة في قلة العمل التفصيلي على التوفيق بين هيكل المدينة - أي شكلها المعماري من حيث استخدامات الأراضي السكنية

والصناعية والتجارية والتجزئة وغيرها من الاستخدامات التجارية والمساحات العامة المفتوحة - والأنشطة البشرية التي تجري فيها من حيث رحلات العمل والترفيه ومجموعة الأنشطة البشرية الكاملة .

يترتب على ذلك أن أفضل طريقة للمضي قدمًا هي دمج نموذج بيانات للشكل المادي للمنطقة الحضرية مع نموذج بيانات يُعطي بعض المؤشرات على كيفية تكوين المستوطنات البشرية حولها . المصدر الأوضح للمعلومات حول الشكل المادي للمدينة هو معلومات الاستشعار عن بُعد عبر الأقمار الصناعية ، والمصدر الاجتماعي والاقتصادي الأكثر استخدامًا في المملكة المتحدة هو تعداد السكان . يحدد الجدول 44.1 بعض الخصائص المهمة لكل من هذه المصادر. يُعد الاستشعار عن بُعد وسيلة راسخة لرصد مجموعة واسعة من الظواهر البيئية ، إلا أن الابتكار الحديث لصور الأقمار الصناعية عالية الدقة يجعل هذا المصدر أكثر ملاءمة لرصد مورفولوجيا المناطق الحضرية (Mesev et al. 1995).

الجدول 44.1: بعض خصائص صور الأقمار الصناعية وبيانات تعداد المملكة المتحدة.

التعداد	صور الأقمار الصناعية
يقيس الخصائص الاجتماعية والاقتصادية والأنشطة واستخدام الأراضي	يُستخدم لاستخلاص معلومات عن الغطاء الأرضي
تغطية شاملة تخضع لـ (غير قانوني) عدم الاستجابة	تغطية شاملة
عادةً ما يتم إجراؤها على فترات عشر سنوات	قابلة للتحديث بشكل متكرر
سلسلة زمنية تاريخية طويلة ولكن فقط منذ عام 1971 في شكل رقمي	المعلومات الطولية متاحة منذ عام 1984 (أول قمر صناعي لاندسات)
منطقة تعداد السكان (ED: عادةً 160 أسرة) الوحدة الأساسية لتجميع البيانات وتوافرها	البكسل: العنصر الأساسي للدقة المكانية (الحجم 30 × 30 مترًا في حالة صور SPOT)
حدود منطقة التعداد متغيرة بمرور الوقت	متسق بمرور الوقت، ويخضع لاختلاف طفيف في خصائص المستشعر
معلومات أوضح عن الوظيفة الاجتماعية والاقتصادية، ولكنها متوفرة على نطاق منطقة التعداد فقط وعرضة للمغالطة	الأشكال المادية المتشابهة لها وظائف اجتماعية واقتصادية مختلفة بينيًا

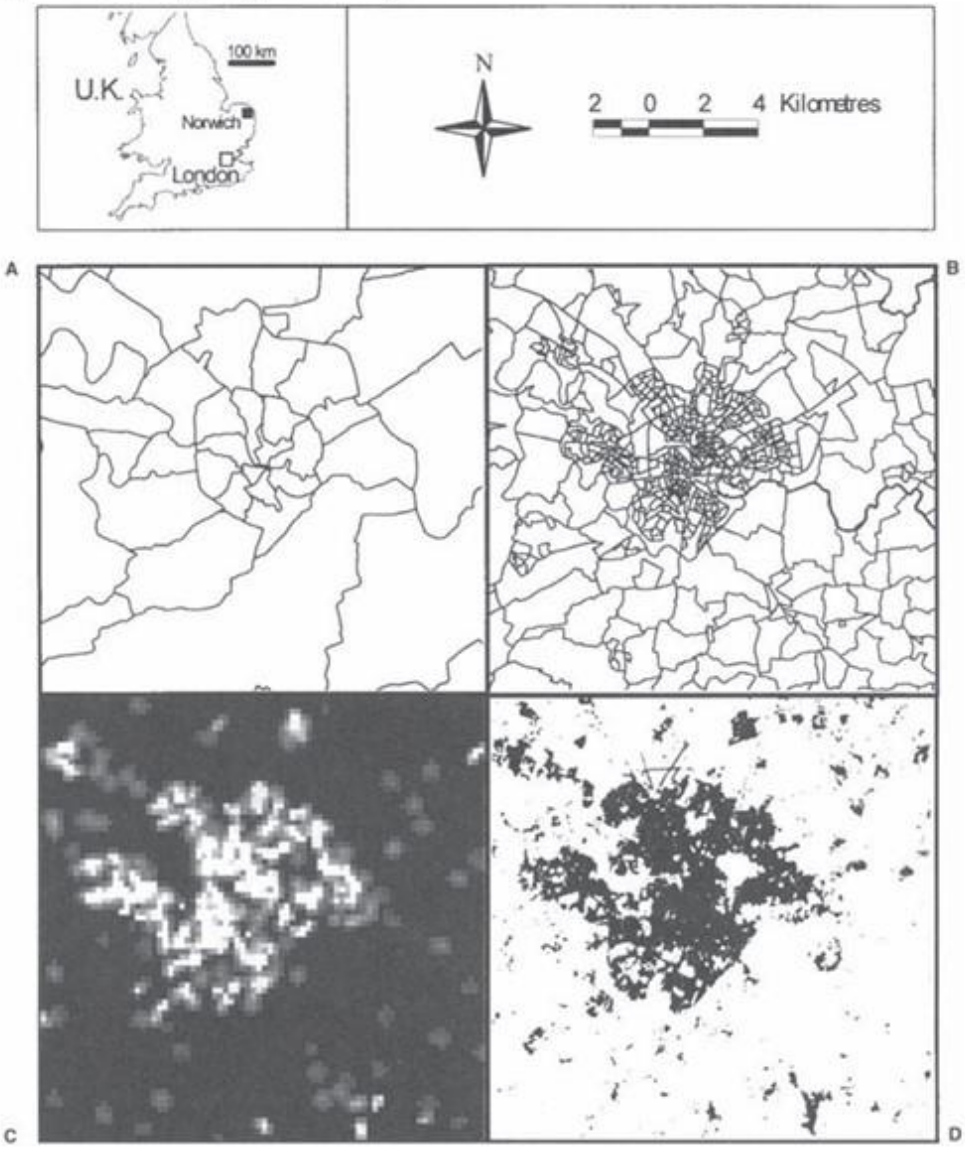
المصدر: مقتبس من مارتن 1996: 144-5

تُحوّل الإشارات الطيفية الخام إلى صورة للغطاء الأرضي باستخدام تقنية تصنيف تُنتج نموذجًا إحصائيًا لأكثر أنواع الأغطية الأرضية احتمالًا . وقد تطورت نظم المعلومات الجغرافية لدرجة أنه يُمكن تحليل هذه الصور المصنفة بسهولة ضمن معظم الحزم الرئيسية . يظهر في الشكل D44.5 مورفولوجيا منطقة حضرية نموذجية (نورويتش ، المملكة المتحدة) ، كما كشفت عنها صورة لاندسات . يُتاح تعداد السكان في المملكة المتحدة عادةً على نطاق منطقة العد وعلى شكل خريطة كوروبلثية (الشكل 44.5ب).

تُعطي هذه التمثيلات انطباعًا مضللًا بأن الكثافات داخل المنطقة موحدة ، وبالتالي فإن التغييرات في الكثافة تحدث فقط عبر الحدود . وقد أتاح ابتكار نظم المعلومات الجغرافية نطاقًا أوسع بكثير من التحولات والتوقعات ، ومن بين هذه التلاعبات التفكير في توزيع السكان كسطح كثافة متغير باستمرار (براكن ومارتن 1989: الشكل 44.5ج). يُظهر الشكل 44.5أ تمثيلًا كوروبلثيًا آخر لنفس المستوطنة ، ولكن هذه المرة مُقسّمًا إلى جغرافيا مختلفة نوعًا ما لقطاعات الرموز البريدية .

من المهم تذكر أن جميع خرائط المدن الموضحة في الشكل 44.5 هي نماذج واقعية . تُشتق صورة القمر الصناعي من مُصنِّف إحصائي للإشعاع الشمسي المنعكس ، يُقاس ويُصنَّف على مقياس البكسل (عنصر الصورة) ، وتُعطي المُصنِّفات المختلفة نتائج مختلفة ؛ تُنمذج خريطة الكوروبليث توزيع مُتغير التعداد السكاني كفسيفساء من المناطق المُوحدة ؛ ويُوزِّع نموذج السطح البيانات (في هذه الحالة السكان) عبر مساحة مُتصلة بافتراض أن الكثافة تتناقص مع المسافة من مركز كل منطقة تعداد.

Figure 44.5 Different data models of Norwich, UK: (A) postcode sector geography; (B) a choropleth census map; (C) a population surface map; and (D) a Landsat image.



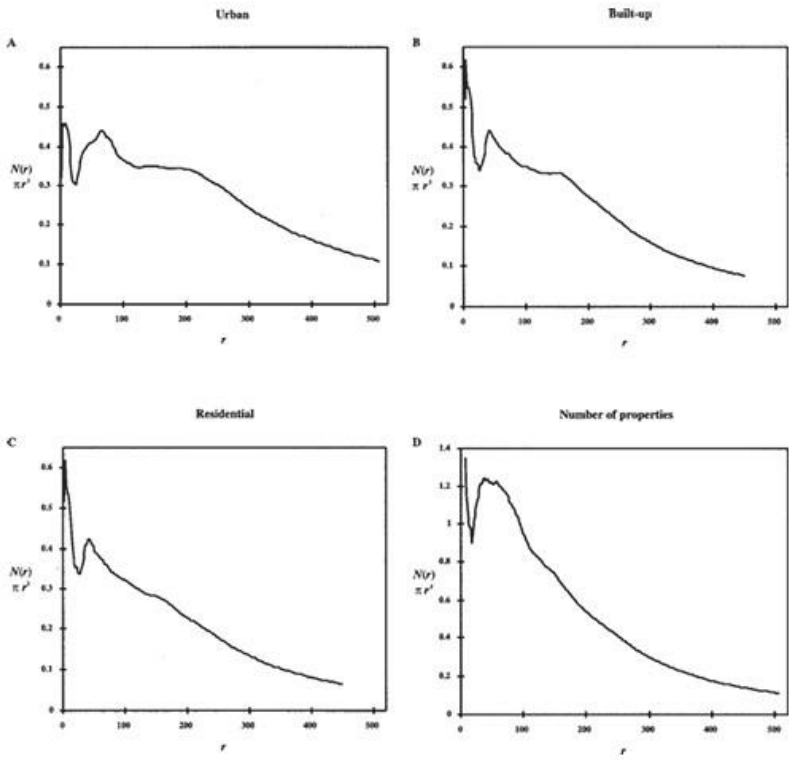
لم يكن للجغرافيا الحضرية التطبيقية علاقة كبيرة بالاستشعار عن بُعد، لأن دقة البيانات المُولَّدة من الأقمار الصناعية المبكرة كانت ضعيفة للغاية بحيث لا تُمكِّن من التمييز بين عناصر المباني . البيئة - على الرغم من أن هذا الوضع يتغير بسرعة مع إطلاق جيل جديد من الأقمار الصناعية عالية الدقة . علاوة على ذلك ، لا يوجد سبب يمنع دمج بيانات التعداد السكاني من النماذج الرقمية للتوزيعات المكانية ، مثل تلك الموضحة في الشكل 44.5 ج، كمعلومات مساعدة في تصنيف صور الأقمار الصناعية الحضرية . الطريقة الأكثر شيوعًا لتصنيف التغطيات المواضيعية من صور الأقمار الصناعية هي إجراء إحصائي يُعرف باسم تقدير أقصى احتمال . في تطبيقات الاستشعار عن بُعد التقليدية ، تُستخدم هذه التقنية لتصنيف الصور الطيفية

الخام ، ومع ذلك يمكن توسيع نطاقها لتشمل معلومات نموذج سطح السكان من النوع الموضح في الشكل 44.5 ج.

في الواقع ، لا يوجد سبب يمنع دمج مجموعة واسعة من المصادر الاجتماعية والاقتصادية لإنشاء تصنيفات مصممة خصيصًا لاستخدام الأراضي الحضرية لمناطق محددة ، لأغراضٍ مُحددة . على سبيل المثال ، يُمكننا البدء بتقسيم استخدام الأراضي إلى "ريفي" و"حضري" بناءً على نتائج تصنيف الاحتمالية القصوى القياسي لصورة قمر صناعي ؛ ويُمكن تعريف استخدام الأراضي الحضرية تعريفًا أضيق بأنه الأراضي الحضرية "المبنية" ، استنادًا إلى معلومات إضافية من التعداد السكاني أو مصادر اجتماعية واقتصادية أخرى . كما يُمكن استخدام هذه المصادر للتمييز بين استخدامات الأراضي السكنية وغيرها (التجارية والصناعية) المبنية ، و/أو يُمكن دمج معلومات حول أعداد العقارات في المنطقة .

ثم يُمكن استخدام الصور الرقمية المُصنفة الناتجة لإنشاء مجموعة من المؤشرات البيانية والعددية للمورفولوجيا الحضرية . ومن هذه الأدوات البيانية التي استُخدمت على نطاق واسع في التحليل الحضري التطبيقي "مقياس تدرج الكثافة" ، الذي يقيس معدل التغير في نسبة الأراضي المملوءة باستخدامات الأراضي "الحضرية" مع زيادة المسافة من المركز التاريخي للمستوطنة . يُقاس ذلك بـ$(N(r)/(pr^2))$ ، أي عدد وحدات البكسل المشغولة في كل نطاق مسافة r مقسومًا على المساحة الحلقية لذلك النطاق . يستخدم لونجلي وميسيف (1997) هذا النوع من النهج لتحديد تدرجات الكثافة لأربعة جوانب مختلفة للشكل الحضري لمدينة نورويتش ، المملكة المتحدة ، كما هو موضح في الشكل 44.6 - "حضري"، و"مبني"، و"سكني"، و"عدد العقارات".

Figure 44.6 The density gradients of four different facets to urban form, Norwich, UK.



وكما يوضح هذا الشكل ، فإن الاختلافات بين هذه الفئات المتشابهة ظاهريًا تتجاوز كونها دلالية ، ويمكن أن تؤثر بشكل كبير على ما إذا كان بإمكاننا عد أن هذا النمط يتميز بانقطاعات و"حفر كثافة" ، وإلى

أي مدى . ومع ذلك ، فإن الرسالة المتفائلة الواردة في هذا الشكل هي أنه بمجرد إدراك الاختلافات بين المفاهيم المختلفة لـ"التحضر" بوضوح ، يصبح من الممكن تطوير مجموعة من المؤشرات المخصصة لشكل الحضر . **تُثري نماذج البيانات القائمة على نظم المعلومات الجغرافية تفكيرنا حول الطرق التي تملأ بها المستوطنات الحضرية الفضاء ، كما تُوفر معلومات مُفصلة حول مورفولوجيا هياكل المستوطنات المُحددة.**

الخلاصة

يتغير شكل المدن ونمطها وأبعادها اليوم بوتيرة أسرع من أي وقت مضى ، حيث تُحدث عمليات اللامركزية في قطاع التجزئة ، والتغيير الديموغرافي ، وإعادة الهيكلة الصناعية المُستمرة تغييرات دقيقة في مورفولوجيا المناطق الحضرية على نطاق غير مسبوق . ومع ذلك ، في الوقت نفسه ، تتطور قدرتنا على قياس التغيير ونمذجته ومُحاكاته ، بفضل ثورات نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الرقمية ، التي تُتيح لنا الآن الاستعانة بمجموعة كاملة من افتراضات النمذجة والتبسيط على مقاييس مُختلفة . وهذا مُهم ، لأنه في جميع أفضل النظريات الكلاسيكية ، يلعب المقياس دورًا مهمًا ، وتتطلب النمذجة التجريبية منا التعميم بين المقاييس .

نادرًا ما تُظهر مؤشرات مورفولوجيا المدن الواقعية الناتجة هندسةً واضحةً وترتيبًا دقيقًا لنماذج جغرافيا المدارس الثانوية : ومع ذلك ، فكما تُمكّن أنظمة المعلومات الجغرافية من تصوير التوزيعات المكانية الواقعية بدقة أكبر من أي وقت مضى ، فإن التطورات في التحليل المكاني تُتيح إعادة صياغة النماذج التقليدية للبنية الحضرية بطرق جديدة ومثيرة (ينظر الملحق 44.2). أشارت النماذج المبكرة للبنية الحضرية إلى أن المدن كانت منظمةً بوضوح ، وبسيطة التنظيم ، وبالتالي قابلةً للتنبؤ . ويترتب على ذلك أنه يمكن تخطيطها بطريقة تُحسّن جودة حياة سكانها بشكل مباشر من خلال تعديل شكلهم المادي . خلال العشرين عامًا الماضية ، غمر التعقيد الذي يُميز أنظمة المدن الواقعية ، وقد ترسخت خيبة الأمل من هذه الرؤية التخطيطية العقلانية . ومع ذلك ، فإن جوهر الأفكار والأمثلة المطروحة هنا يشير إلى أن هذا لم يكن سوى انتكاسة مؤقتة ، وأن بيئة النمذجة والمحاكاة التطبيقية لنظم المعلومات الجغرافية تُوفر اليوم حافزًا متجددًا للتحليل التطبيقي للأنظمة الحضرية.

الملحق 44.1:

استخدام نظم المعلومات الجغرافية لنمذجة تقييمات العقارات

المشكلة : **ما قيمة كل عقار في منطقة حضرية** ؟ أدوات وبيانات النمذجة : نظم المعلومات الجغرافية ؛ الشوارع الرقمية والمناطق الصغيرة ؛ معلومات التقييم التاريخية ؛ المسح الذاتي المبادئ التي يقوم عليها النموذج : "قانون توبلر الأول للجغرافيا" (= تأثيرات الأحياء)، بالإضافة إلى تأثيرات سمات العقارات الفردية. التحقق من صحة النموذج : مقارنة نطاقية مع قائمة تقييم ضريبة المجلس الرسمية .

النتائج: (1) نجاح كبير في التنبؤ مقارنةً بقائمة تقييم ضريبة المجلس الرسمية (كما هو مفصل في لونجلي وآخرون، 1994)؛ (2) نمط مكاني منهجي لتوقعات ناقصة ومبالغ فيها؛ (3) يوفر نظام المعلومات الجغرافية وسيلة محتملة لتحديث قائمة تقييم ضريبة المجلس.

الملحق 44.2:

النمذجة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

ملخص

•النماذج هي تبسيطات للواقع يمكن استخدامها لإنشاء سيناريوهات.

•إن الطرق التي نقرر من خلالها تبسيط الواقع (مثل: ما هي الأراضي الحضرية ؟) تُحدد طريقة قياسنا للظواهر الجغرافية . وهذا بدوره يُحدد طريقة تحليلنا لها ، والنتيجة المحتملة للتحليل (حسب التطبيق المُحدد).

•تُشكل مشاكل النطاق المكاني للبيانات ومستوى التجميع الجغرافي مشاكل خاصة للنمذجة الجغرافية (ينظر أوبنشو 1984).

• يُعد نظام المعلومات الجغرافية تقنية تطبيقية مفيدة لإنشاء نماذج رقمية يُمكن استخدامها لاستكشاف العالم من حولنا (ينظر لونجلي وآخرون 1998).

دليل لمزيد من القراءة

باتي، م. ولونجلي، ب. أ. (1994) المدن الكسورية: هندسة الشكل والوظيفة. لندن وسان دييغو: أكاديميك برس. كتاب حديث نسبيًا عن أحدث نهج في النمذجة الحضرية، باستخدام رسومات حاسوبية ملونة.

بيركين، م. (1996) نمذجة مواقع البيع بالتجزئة ونظم المعلومات الجغرافية. في ب. أ. لونجلي وم. باتي (المحرران)، التحليل المكاني: النمذجة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، كامبريدج: المعلومات الجغرافية الدولية، 207 .25سردٌ واضحٌ للغاية للتاريخ الحديث للنمذجة الحضرية، مع تطبيقات في تحليل تجارة التجزئة.

لونجلي، ب. أ.، غودتشايلد، م. ف.، ماغواير، د. ج.، وريند، د. و. (1999) خاتمة. في ب. أ. لونجلي، م. ف. غودتشايلد، د. ج. ماغواير، د. و. ريند (المحرران)، نظم المعلومات الجغرافية: المبادئ والتقنيات والإدارة والتطبيقات. نيويورك: جون وايلي وأولاده. نظرة مستقبلية على التأثيرات العامة لنظم المعلومات الجغرافية. وهو الفصل الأخير من الطبعة الثانية من هذا العمل المرجعي الرئيسي في نظم المعلومات الجغرافية، والذي يُعد على الأرجح البيان الحالي الأكثر تفصيلاً لنطاق عمل نظم المعلومات الجغرافية. لونجلي، ب. أ.، هيغز، ج.، ومارتن، د. (1994) الاستخدام التنبئي لنظم المعلومات الجغرافية لنمذجة تقييمات العقارات. المجلة الدولية لنظم المعلومات الجغرافية، المجلد 8، ص 217-235. يحتوي على تفاصيل كاملة لدراسة الحالة الأولى الموصوفة في هذا الفصل.

أوبنشو، س. (1984) مشكلة الوحدة المساحية القابلة للتعديل. المفاهيم والتقنيات في الجغرافيا الحديثة، المجلد 38، نورويتش، المملكة المتحدة: جيو بوكس. لا يزال هذا على الأرجح أوضح بيان لتأثيرات المقياس وتأثيرات التجميع على النمذجة الجغرافية.

مارتن، د. (1997) نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المكاني. في: ر. فلاوردو ود. مارتن (محرران)، أساليب في الجغرافيا البشرية. هارلو: لونجمان، ص 213-229. نظرة عامة واضحة وموجزة على طرق استخدام نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المكاني في أطروحات ومشاريع البكالوريوس