نظم المعلومات الجغرافية

مايكل ف. جودتشايلد
الفصل الثاني والعشرون

ترجمة بتصرف
أ.د. مضر خليل عمر

مقدمة

على مدى العقود القليلة الماضية ، أصبحت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من أهم الأدوات المتاحة للجغرافيين ، وإحدى أهم الطرق التي يمكن من خلالها تطبيق نتائج البحث الجغرافي في حل المشكلات اليومية . يبدأ هذا الفصل بشرح ماهية نظم المعلومات الجغرافية ثم يوضح كيفية استخدامها في البحث من قبل الجغرافيين ، بالإضافة إلى المبادئ التي تقوم عليها هذه الاستخدامات . هناك نص يتناول نظم المعلومات الجغرافية ويناقش هذه المواضيع بمزيد من التفصيل ، وهو لونجلي وآخرون 2005 .

ما هو نظام المعلومات الجغرافية؟

يرتكز نظام المعلومات الجغرافية على قاعدة بيانات جغرافية مرجعية . تتميز قواعد البيانات هذه عن جميع الأنواع الأخرى بحقيقة **أن جميع سجلاتها تُعطى موقعًا على سطح الأرض** ، عادةً في شكل إحداثيات ، مثل خطوط العرض والطول . على سبيل المثال ، تُحدَّد مرجعية جغرافية لقاعدة بيانات تحتفظ بها شركة طيران ، وتخزن مواقع جميع طائراتها ، بالإضافة إلى أرقام رحلاتها ، وأعداد ركابها ، وبيانات أخرى ، كما هو الحال مع قاعدة بيانات تحتوي على محتويات ممسوحة ضوئيًا رقميًا لخريطة ، أو قاعدة بيانات تحتوي على نوع البيانات المستشعرة عن بُعد التي نوقشت في الفصل العاشر . في الواقع ، قد تكون العديد من أنواع البيانات الأخرى التي جمعها الجغرافيون قد حُدِّدت مرجعيتها الجغرافية قبل تخزينها في قاعدة بيانات . كما تُحدَّد مرجعية جغرافية لقاعدة بيانات العملاء التي تتضمن عنوان شارع كل شخص ، لأنه يمكن بسهولة تحويل عنوان الشارع إلى خط عرض وخط طول من خلال عملية تُعرف باسم الترميز الجغرافي .

تُسمى البيانات المُشار إليها جغرافيًا بالجغرافية ، أو الجغرافية المكانية ، أو المكانية (مع أن المصطلح الأخير ينطبق بصرامة على أي مساحة ، وليس فقط مساحة سطح الأرض وما حولها ، وهو مجال نظم المعلومات الجغرافية) . ولعل المصطلح الأول هو الأنسب لكتاب مُصمم ليقرأه الجغرافيون ، لذا سيتم استخدامه هنا ، ولكن عمليًا تُستخدم المصطلحات الثلاثة بالتبادل تقريبًا . نظام المعلومات الجغرافية هو **مجموعة من البرامج ، يُديرها المستخدم عادةً من خلال واجهة واحدة ، وهي مُصممة لإجراء مجموعة واسعة من العمليات على البيانات الجغرافية** . في الواقع ، يُمكن لبرامج نظم المعلومات الجغرافية الحالية إجراء أي عملية يُمكن تصورها تقريبًا على البيانات الجغرافية . يُمكنها إنشاء خرائط في جزء صغير جدًا من الوقت المطلوب للقيام بذلك يدويًا ؛ وحساب أقصر المسافات بين النقاط وإنشاء اتجاهات القيادة ؛ والاحتفاظ بقوائم جرد للأصول الموزعة في الفضاء والمساعدة في إدارة جدولة الصيانة ؛ اكتشاف الأنماط والقيم المتطرفة ؛ واختبار النظريات والفرضيات ؛ وتنفيذ نماذج تتنبأ بكل شيء ، من مسارات العواصف الشديدة إلى نمو المدن.

يعكس هذا التنوع حقيقة أساسية في صناعة الحوسبة : فبمجرد بناء الأساس لمعالجة نوع معين من البيانات ، يصبح من السهل جدًا وفعّال من حيث التكلفة إضافة مجموعة واسعة من الوظائف إلى الأساس . فعلى سبيل المثال ، يُعد برنامج إكسل من مايكروسوفت مجموعة من الأدوات المُصممة لمعالجة البيانات المُرتبة في جداول أو جداول بيانات ، بينما يُعد برنامج وورد مجموعة من الأدوات المُصممة لمعالجة

النصوص . وبالمثل ، يُعد نظام المعلومات الجغرافية مجموعة من الأدوات المُصممة لمعالجة البيانات الجغرافية ، ولكن كما سيتضح لأي شخص يتعمق في نظام المعلومات الجغرافية ، فإن الاسم البسيط "جغرافي" يغطي مجموعة واسعة من الخيارات ، مما يجعل نظام المعلومات الجغرافية مُعقدًا بطبيعته .

على الرغم من ذلك ، اكتسبت أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) شعبية هائلة على مدار العقدين الماضيين منذ أن أصبحت متاحة تجاريًا لأول مرة . ويبدو أنها تجذب اهتمام الناس الأساسي بالخرائط والجغرافيا ، وتوفر طريقة مباشرة نسبيًا لحل مجموعة واسعة من المشكلات ، كما أنها أداة قوية للعمل مع البيانات الجغرافية . وفي السنوات الأخيرة ، ظهر عدد من الأدوات الجذابة للغاية التي تجعل تعلم واستخدام بعض وظائف أنظمة المعلومات الجغرافية المحدودة أسهل بكثير . ويتجلى هذا الانتشار الواسع لأنظمة المعلومات الجغرافية في عدد من المواقع الإلكترونية التي تقدم إصدارات مبسطة منها لعامة الناس . وتشمل هذه المواقع مواقع مثل MapQuest التي تُنشئ اتجاهات القيادة ؛ ومواقع مثل Expedia التي تساعد المستخدمين على البحث عن الفنادق المحلية ؛ جوجل إيرث ، الذي استحوذ على اهتمام شعبي واسع النطاق عند إصداره في أوائل عام 2005 . تُعد العديد من ميزات جوجل إيرث ، بما في ذلك التكبير السريع لمزيد من التفاصيل ، والبحث عن المواقع بناءً على عنوان الشارع ، ودمج معلومات أخرى في مزج معقد ، من ميزات نظم المعلومات الجغرافية ، وهي متوفرة في حزمة يسهل على حتى أقل المستخدمين خبرة تعلمها واستخدامها . يقدم براون (2006) دراسة استقصائية ممتازة لتطبيقات وإضافات جوجل إيرث المثيرة للاهتمام

يعود تاريخ نظم المعلومات الجغرافية إلى ستينيات القرن الماضي ، عندما بدأت عدة مشاريع في استكشاف استخدام أجهزة الكمبيوتر للتعامل مع البيانات الجغرافية (فورسمان 1998) . ومع ذلك ، ومثل أي تطبيق حاسوبي ، فإن نظم المعلومات الجغرافية تُؤتمت ما كان الناس قادرين على القيام به يدويًا ، ويقدم التاريخ أدلة وفيرة على تطبيق الأفكار الأساسية لنظم المعلومات الجغرافية قبل اختراع أجهزة الكمبيوتر بوقت طويل . لكن كان من الصعب دائمًا إجراء أي نوع من تحليل الخرائط يدويًا ، وسرعان ما تم الاعتراف بنظم المعلومات الجغرافية كأداة تُمكّن الجغرافيين من تطبيق أساليب بدت في السابق مُملة للغاية ، أو غير دقيقة ، أو بطيئة ، أو معقدة ، أو مكلفة للغاية عند تنفيذها يدويًا . فبدلًا من العد اليدوي المُرهق ، يُمكن قياس المساحات بواسطة برنامج حاسوبي بسيط بمجرد إدخال البيانات اللازمة ، كما ثبت أن تركيب الخرائط سهل للغاية على الحاسوب . وقد لاقى نظم المعلومات الجغرافية ترحيبًا حارًا ، لا سيما من قِبل الجغرافيين ، الذين قارنوه بالتأثير السابق لاختراع التلسكوب أو المجهر في ثراء البحث الذي سيُتيحه .

ظهرت نظم المعلومات الجغرافية لأول مرة كمنتج برمجي قابل للتطبيق تجاريًا في أواخر سبعينيات القرن الماضي . واليوم ، سيُصبح لدى أي باحث تقريبًا يُعنى عمله بسطح الأرض أو ما يقرب منها إلمام بنظم المعلومات الجغرافية . لقد تم اعتماد نظم المعلومات الجغرافية على نطاق واسع كأداة بحث في علم الآثار ، وعلم الجريمة ، وعلم الأوبئة ، وعلم البيئة ، والجيولوجيا ، والعديد من التخصصات الأخرى . إلا أن تخصص الجغرافيا لطالما ارتبط بعلاقة خاصة مع نظم المعلومات الجغرافية . فقد حقق الجغرافيون العديد من التطورات المبكرة ، كما أسس الجغرافيون العديد من الشركات التي تبيع برمجيات نظم المعلومات الجغرافية ، وتُقدم معظم المقررات الدراسية حول نظم المعلومات الجغرافية في الجامعات من خلال أقسام الجغرافيا.

يلقي هذا الفصل نظرة شاملة على طبيعة البحث ، ويعكس نطاق تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية . وتمتد هذه التطبيقات من البحث الأساسي سعياً وراء المعرفة البحتة ، مدفوعةً إلى حد كبير بالفضول البشري ، مروراً بتطبيق هذه الأبحاث في السياسات العامة والتخطيط والتنمية ، ومن الأنشطة اليومية البسيطة كإرشاد الطرق إلى المشروع الأكبر المتمثل في صيانة أصول شركة المرافق . يُستخدم نظام المعلومات الجغرافية

(GIS)في جميع هذه المجالات ، وغالبًا ما تغطي دوراته كامل نطاق تطبيقاته . يستخدم الجغرافيون نظام المعلومات الجغرافية في أبحاثهم ، ويقدمون دوراتٍ فيه للآخرين . بالإضافة إلى ذلك ، حدد الجغرافيون مجالًا بحثيًا يركز على التكنولوجيا نفسها - وهو بحثٌ حول نظام المعلومات الجغرافية بدلًا من البحث باستخدامه . يُشكل هذا المجال أساسًا لمجال يُعرف الآن باسم علم المعلومات الجغرافية ، أو اختصارًاGIScience . يتناول القسم الأخير من هذا الفصل مناهج البحث في علم المعلومات الجغرافية ، بعد أن ناقشت الأقسام السابقة الأساليب التي يستخدمها الجغرافيون لاستغلال قوة نظام المعلومات الجغرافية كأداة.

التفكير المكاني

في صميم جميع تطبيقات نظام المعلومات الجغرافية ، تكمن المفاهيم التي نُطلق عليها مجتمعةً التفكير المكاني . يُمكن القول إن الشخص يُفكر مكانيًا عندما يستخلص استنتاجات من البيانات المُرتبة مكانيًا - البيانات المعروضة على شكل خريطة ، على سبيل المثال ، أو البيانات الموجودة في قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية . يمكن أن تكون عملية التفكير المكاني فعّالة للغاية ، إذ يتمتع كلٌّ من العين والدماغ بكفاءة عالية في اكتشاف الأنماط ، ورؤية الحركة ، واكتشاف الشذوذ في البيانات عند عرضها بشكل مناسب ؛ وقد طُوّرت مجموعة من التقنيات الفعّالة تُعرف باسم **التحليل المكاني** لتعزيز القدرة الحدسية للباحث . وقد استُكشف التفكير المكاني في تقرير صادر عن المجلس الوطني للبحوث (2006)، مع التركيز بشكل خاص على **مكانته في التعليم الابتدائي والثانوي**.

نقول إن **"الصورة تساوي ألف كلمة"** ، مما يعني أنه يمكن نقل الأفكار تصويريًا بكفاءة عالية ، وغالبًا ما نعتمد على الرسوم المتحركة والأيقونات والرسومات البسيطة الأخرى لنقل الأفكار . ناقش إدوارد توفته أهمية التصور الفعّال في العديد من مجالات النشاط البشري (توفته 1983؛ والكتب اللاحقة للمؤلف نفسه) ، واستخدم العديد من الأمثلة الجغرافية . وقد تدرب الجغرافيون على العمل مع الخرائط وغيرها من العروض المكانية للبيانات ، وقد يمتلكون نتيجة لذلك مهارات أكثر تطورًا في التفكير المكاني - ولكن من ناحية أخرى ، نعلم نتيجةً للبحث في علم النفس المعرفي أن مهارات التفكير المكاني تختلف اختلافًا كبيرًا بين السكان . في جوهرها، صُممت أدوات نظم المعلومات الجغرافية لتعزيز مهاراتنا في التفكير المكاني ، من خلال تمكيننا من عرض البيانات بطرق مفيدة متنوعة ، وكشف المعاني الكامنة في البيانات التي لن تكون واضحة للمراقب لولا ذلك.

تحدد الفقرات التالية بعضًا من أهم مفاهيم التفكير المكاني وأكثرها شيوعًا ، وطرق تطبيقها في نظم المعلومات الجغرافية واستخدامها في البحث . يبدأون بمفاهيم أبسط ، ثم ينتقلون إلى المفاهيم التي تلعب دورًا أكبر في اكتساب البصيرة والفهم من خلال نظم المعلومات الجغرافية . المواضيع المذكورة ليست شاملة بالتأكيد ، لكنها تُعطي انطباعًا عن أنواع المفاهيم التي يضعها الجغرافيون في الحسبان عند استخدامهم لنظم المعلومات الجغرافية في أبحاثهم:

الأماكن

يقسّم البشر العالم إلى أجزاء لأغراض عديدة ، ويعطون هذه الأجزاء أسماءً ومراجع جغرافية متنوعة . قد يجد مستخدم نظم المعلومات الجغرافية أسماء الأماكن والعناوين والإحداثيات كطرق لتحديد الأماكن ، ولكنه قد يستخدم أيضًا وحدات إدارية ، مثل المقاطعات أو الدوائر، التي تستخدمها الوكالات عادةً لتجميع الإحصاءات الاجتماعية والإبلاغ عنها ، وقد يستخدم أيضًا شبكات الاستشعار عن بُعد المنتظمة .

السمات

بالإضافة إلى أسماء الأماكن، يُضفي البشر خصائص متنوعة على الأماكن ، بما في ذلك حجم سكانها ، ومتوسط دخل سكانها ، ومعدل نموها ، أو ارتفاعها . يستخدم الجغرافيون سمات الأماكن لوصفها ، ولرسم أوجه التشابه بين الأماكن ذات السمات المتشابهة.

الأشياء المكانية

في أبسط تصور ممكن، يُعرّف العالم الجغرافي بأنه مساحة مليئة بأشياء من مختلف الأنواع ، تمامًا مثل سطح الطاولة (الشكل 22.1) . في نظام المعلومات الجغرافية ، يجب أن يكون لكل شيء... شكل هندسي كنقطة أو خط أو مساحة . لكل من هذه الأشكال مقاييس مرتبطة بها ، مثل الطول أو المساحة أو الشكل . تتضمن عمليات نظم المعلومات الجغرافية القدرة على تقييم هذه المقاييس ، وربط الكائنات بناءً على التداخل أو الاحتواء . على سبيل المثال ، توجد دوال لحساب مساحة التداخل بين منطقتين معينتين ، أو لتحديد ما إذا كانت نقطة تقع داخل أو خارج منطقة معينة - ويمكن استخدام هذه العملية الأخيرة لتحديد عدد حوادث الطرق (النقاط) التي تقع في مقاطعة معينة ، على سبيل المثال. يستخدم الجغرافيون مقاييس مثل المساحة لتحديد مساحات الأراضي المخصصة لاستخدامات محددة ، أو لتقييم التغيرات في استخدام الأراضي عبر الزمن . يستخدم علماء بيئة المظاهر الطبيعية مقاييس الشكل لتحديد تجزئة الموائل ، وتأثيراتها المحتملة على قدرة الأنواع على البقاء والتكاثر.

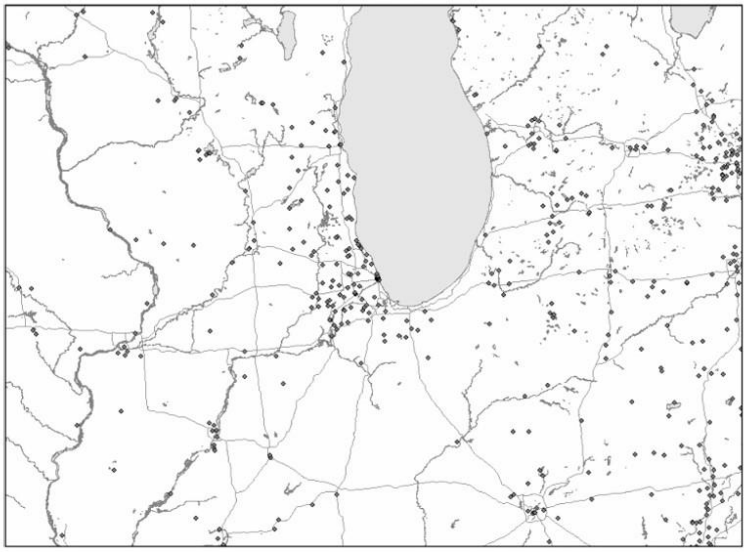

Figure 22.1 Geography as a collection of discrete objects littering an otherwise empty space: populated places (points), roads (lines), and major water bodies (areas) in the Chicago area

الخرائط

يتم تصور العالم الجغرافي من خلال الخرائط، وهي تمثيلات دقيقة من الناحية التخطيطية للتوزيع المكاني للظواهر . تُبسط الخرائط العالم وتُحدد حجمه ، مما يسمح للباحث بالبحث عن الأنماط والارتباطات . تُعدّ الخرائط الشكل الأساسي للإخراج البياني لنظم المعلومات الجغرافية ، ومحتوياتها مصادر رئيسية للمدخلات . رسامو الخرائط على دراية بأنواع عديدة من الخرائط . ويُستخدم الحاسوب بشكل متزايد لتصوير

سطح الأرض في شكله الكروي الحقيقي ، وليس في شكله المسطح والمشوه المألوف في الخرائط والأطالس . يُعد برنامج جوجل إيرث مثالاً على هذه الأدوات ، والتي يُمكن العثور على العديد منها أيضًا في أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) المتطورة .

خصائص متعددة للأماكن

غالبًا ما نُصوّر العالم الجغرافي كسلسلة من الطبقات ، تُمثل كل طبقة خاصية أو فئة محددة من الخصائص (الشكل 22.2) . على سبيل المثال ، عند وضع خطة لاستخدام الأراضي ، قد يأخذ المُخطط في الحسبان عوامل مثل الاستخدام الحالي للأراضي ، أو النقل ، أو الإسكان ، أو ضعف المياه الجوفية ، أو ملكية الأراضي . يُشكل كل عامل طبقة واحدة ، ويحتوي نظام المعلومات الجغرافية (GIS) الخاص بالمُخطط على تمثيلات رقمية لكل طبقة . عندها ، سيتمكن نظام المعلومات الجغرافية من دمج البيانات الموجودة في كل طبقة ، وربما يُعطي كل طبقة وزنًا بناءً على أهميتها كعامل في تحديد الاستخدام المُناسب للأراضي . غالبًا ما تتم مقارنة الطبقات في البحث عن العلاقات ، مثل العلاقة بين استخدام الأراضي ونوع التربة ، أو بين متوسط الدخل ومستويات التحصيل التعليمي.

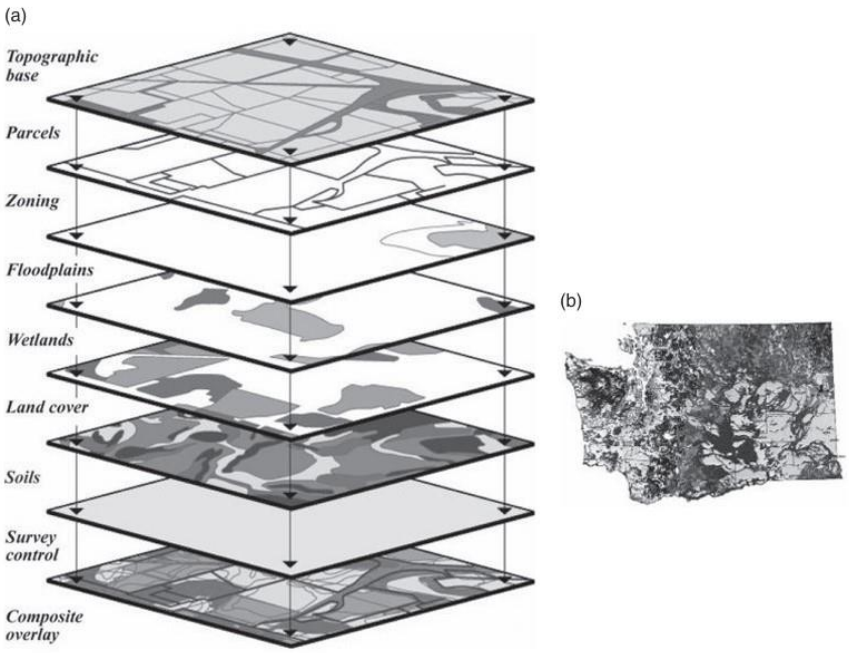

Figure 22.2 Geography as a series of layers, each describing the spatial variation of some property or set of properties over the area of interest (after US Geological Survey).

التباين المكاني

يتميز العالم الجغرافي بتنوعه الجوهري ؛ إذ لا تختلف الظروف اختلافًا جذريًا من جزء من سطح الأرض فحسب ، بل قد تُظهر العمليات الاجتماعية ، بل وحتى الفيزيائية ، تباينًا كبيرًا . على سبيل المثال ، من المرجح أن تختلف العلاقات على مستوى المقاطعة بين متوسط الدخل والتحصيل التعليمي من ولاية إلى أخرى . يُطلق الإحصائيون على هذه التأثيرات اسم "عدم الثبات" . وقد ابتكر الجغرافيون مجموعة من

التقنيات ، تُعرف عمومًا باسم **التحليل القائم على المكان** ، لكشف هذه الاختلافات ، ورسم خرائط لها ، واستخلاص استنتاجات عنها ، وما يزال هذا مجالًا نشطًا للبحث المنهجي.

العينات المكانية

نظرًا لتعقيد العالم الجغرافي ، فإننا غالبًا ما نأخذ عينات منه ، لأسباب عملية ، بدلًا من محاولة وصفه وصفًا كاملًا . هناك العديد من طرق أخذ العينات ، وللاختلافات بينها تأثير كبير على كيفية إجراء البحث ، والاستنتاجات التي يمكن استخلاصها (ينظر الفصل 6) . على سبيل المثال ، في الاستشعار عن بُعد ، تُحد الدقة المكانية ، أو حجم عنصر الصورة الفردي أو البكسل ، من قدرة الباحث على استخلاص الاستنتاجات . في علم المناخ ، تفرض مواقع محطات الأرصاد الجوية قيودًا مماثلة ، بينما يتعين على الجغرافيين الحضريين التعامل مع المشكلات الناجمة عن تجميع الإحصاءات في مناطق إعداد تقارير غير منتظمة الشكل.

المسافات

غالبًا ما يُميز الجغرافيون بين الموقع ، أو الموقع المُحدد بقيم مطلقة ، والوضع ، أو الموقع بالنسبة لأشياء أخرى . يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية لقياس المسافات باستخدام مجموعة متنوعة من المقاييس، بما في ذلك المسافة المستقيمة ، والمسافة عبر شبكة طرق أو شوارع ، أو المسافة في شبكة اجتماعية أكثر تجريدًا . من أكثر وظائف نظم المعلومات الجغرافية شيوعًا أمر "العازل" ، والذي يمكن استخدامه لرسم خرائط للمناطق الواقعة ضمن مسافات محددة من النقاط أو الخطوط أو المناطق . على سبيل المثال ، قد يُنشئ باحث حاجزًا لطريق سريع رئيسي، في محاولة لفهم آثار تلوثه الجوي على السكان القريبين.

السياق المكاني

من أقوى المفاهيم في حقيبة أدوات الجغرافي فكرة أن الأحداث في موقع ما على سطح الأرض تُحددها الأحداث المجاورة ، بالإضافة إلى عوامل أخرى موجودة في الموقع نفسه . من خلال رسم خريطة ، غالبًا ما يكون من الممكن اكتساب فهم أعمق لأنواع العمليات الجارية على المشهد ، لأن الخريطة أو معرفة الباحث قد تربط شذوذًا بعوامل أخرى محتملة في السياق المكاني للشذوذ . على سبيل المثال ، يمكن أن يُشير رسم خرائط لمواقع انتشار الأمراض غالبًا إلى أسباب بيئية محتملة يمكن دراستها بشكل أكثر منهجية . **يعد مفهوم الجوار، وهو المنطقة الفضائية التي يتفاعل معها الفرد أو الكائن الحي بشكل متكرر، من المفاهيم الأساسية في السياق المكاني**.

الاعتماد المكاني

طُوِّرت طرقٌ عديدة لقياس مدى تشابه الظروف في موقعٍ ما على سطح الأرض مع الظروف في مكانٍ قريب . ويُعبَّر عن عمومية هذا المبدأ غالبًا **بقانون توبلر الأول في الجغرافيا** : وهو أن الأشياء القريبة تميل إلى أن تكون أكثر تشابهًا من الأشياء البعيدة . للاطلاع على وجهات نظرٍ مختلفة حول هذا المفهوم، ايظر Sui 2004 . يُشكِّل هذا المبدأ أساسًا للعديد من العمليات في نظم المعلومات الجغرافية ، بما في ذلك **الاستيفاء المكاني** ، وهو العملية التي نستنتج من خلالها معلوماتٍ عن الأماكن بناءً على بياناتٍ مُحصَّلة من نقاط عينة قريبة . على سبيل المثال ، نستخدم الاستيفاء المكاني في إعداد خرائط الطقس ، نظرًا لأن البيانات التي تستند إليها لا تُحصَل إلا على عددٍ محدودٍ من النقاط (محطات الأرصاد الجوية) ، ومع ذلك تُظهر

الخرائط القيم في كل مكان . غالبًا ما تستغل النماذج المكانية ، كتلك التي نوقشت في بعض الفصول السابقة من هذا القسم ، التبعية المكانية في وضع تنبؤات بناءً على الظروف في المواقع القريبة.

التنافس على السرعة

على الرغم من التعليقات السابقة حول التبعية المكانية ، تُنتج العمليات الاجتماعية والفيزيائية في بعض الحالات تباينات هائلة على سطح الأرض - تختلف تمامًا عن أنواع التباين السلس الذي يميز خرائط الكنتور . إحدى هذه العمليات هي التنافس على المساحة الذي يحدث في تجارة التجزئة ، أو في السلوك الإقليمي ، حيث يُقلل وجود كائن واحد من احتمالية وجود كائنات أخرى من النوع نفسه في الجوار المباشر. وقد ابتكر الجغرافيون العديد من الطرق لرسم خرائط المناطق النائية ، أو مناطق التجارة ، أو أراضي هذه الكائنات ، وطبقوها في نظم المعلومات الجغرافية في شكل إجراءات مثل مضلعات ثيسن (الشكل 22.3). يُستخدم نظام المعلومات الجغرافية أيضًا لتصميم مناطق الخدمة لتلبية معايير محددة ، وقد طُبّقت فيه أساليب تحديد المواقع لدعم البحث عن المواقع المثلى للخدمات المركزية مثل متاجر التجزئة والمستشفيات ومحطات الإطفاء (غوش وراشتون، ١٩٨٧).

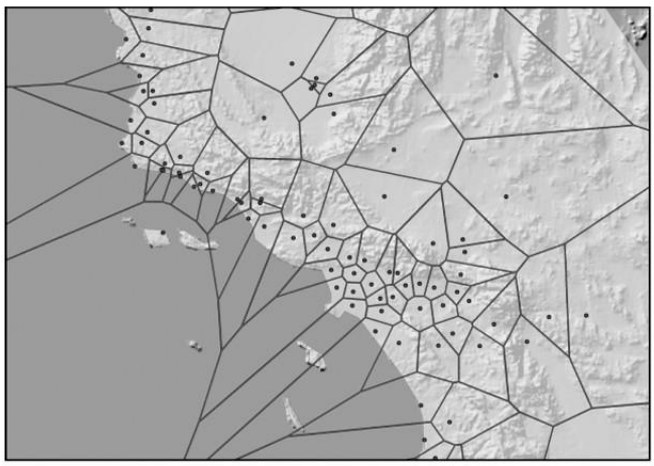

Figure 22.3 Thiessen polygons, defining the areas closest to each of the points in the diagram. Such methods are often used to estimate the trade areas, territories, or hinterlands of competing locations
Source: Longley et al. (2005)

الاتجاهات

في معظم الأغراض ، من الآمن افتراض أن العمليات التي تجري على سطح الأرض ، والمسؤولة عن الأنماط التي نجدها هناك ، تعمل بشكل موحد في جميع الاتجاهات ، أي أنها متجانسة الخواص . لكن الاتجاه مهم أحيانًا ، على سبيل المثال في العمليات التي تتأثر بالإشعاع الشمسي أو الرياح . يمكن استخدام نظام المعلومات الجغرافية لقياس الاتجاه ، وتحليل بيانات الاتجاه ، واستخدام هذه البيانات في نماذج التأثيرات غير المتجانسة الخواص . على سبيل المثال ، قد يستخدم الباحث هذه البيانات في نمذجة تلوث الهواء الناجم عن الطرق السريعة المعرضة للرياح السائدة ، أو للتنبؤ بحركة حرائق الغابات .

الشبكات

تقتصر العديد من الظواهر الجغرافية على عُقد وروابط الشبكات الخطية ، مثل الطرق والأنهار . وتُعدّ شبكات الطرق مهمةً لفهم تدفقات حركة المرور و... تقييم خيارات تطوير الطرق السريعة ؛ وفي تخطيط عمليات الإخلاء أثناء حالات الطوارئ ؛ وفي تصميم المواقع المثلى للخدمات التي تستخدم شبكات الطرق . يستخدم علماء المياه تمثيلات نظم المعلومات الجغرافية لشبكات الأنهار لنمذجة آثار الفيضانات أو الانسكابات الكيميائية على مجرى النهر.

المقياس

يُعد مستوى تفصيل مجموعة البيانات الجغرافية من أهم خصائصها . يجب على أي قاعدة بيانات نظم معلومات جغرافية تبسيط التعقيد اللانهائي للعالم لتحقيق تمثيل فعال في حاسوب ذي سعة محدودة، ويتم ذلك غالبًا من خلال تحديد مستوى حدّي للتفاصيل . توجد إجراءات نظم معلومات جغرافية لتغيير هذا الحدّ من خلال التعميم ، وكذلك لمحاكاة التفاصيل المفقودة عندما تكون خصائصها العامة فقط معروفة . يُعدّ المقياس موضوعًا واسعًا ومعقدًا ، ويواصل الجغرافيون استكشاف جوانبه البيانات إلى وحدات مكانية أكبر، من المغري الاعتقاد بأن الاختيار الدقيق للوحدات الأكبر له تأثير ضئيل على نتائج أي تحليل . المتعددة . وحدات حقيقية قابلة للتعديل عند حذف التفاصيل الدقيقة الموضحة في الفقرة السابقة بتجميع

نستخدم المقاطعات ، على سبيل المثال ، للإبلاغ عن العديد من الإحصاءات ، وبينما يُعد متوسط حجم المقاطعات مهمًا بشكل واضح ، فإننا نميل إلى... لا داعي للقلق بشأن آثار المواقع الدقيقة لحدود المقاطعات . للأسف ، يبدو **أن النتائج تعتمد بشكل كبير على اختيار وحدات التحليل الجغرافي** ، حتى على نفس المقياس ، وقد أظهرت بعض التجارب المبكرة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية أن هذه التأثيرات يمكن أن تؤدي إلى استنتاجات متباينة على نطاق واسع . يُعرف هذا باسم مشكلة الوحدة المساحية القابلة للتعديل أوMAUP . عادةً ما نميزها عن مشكلة المقياس ذات الصلة - اعتماد النتائج على مستوى التجميع - ومغالطة الاستدلال البيئي ، التي تشير إلى استخلاص استنتاجات حول الأفراد بناءً على البيانات المجمعة فقط . إن قدرة نظم المعلومات الجغرافية على تجميع البيانات والعمل مع مجموعة متنوعة من أحجام وأشكال مناطق الإبلاغ تجعلها تقنية قوية للغاية لمعالجة هاتين المشكلتين.

عدم اليقين

لا يمكن لأي تمثيل للعالم الجغرافي أن يكون دقيقًا أو كاملاً ، لذلك غالبًا ما يكون من الضروري وصف الدرجة التي يترك بها التمثيل مستخدميه غير متأكدين من الواقع . على مدى العقدين الماضيين ، كان عدم اليقين أحد أكثر مجالات البحث نشاطًا في مجال نظم المعلومات الجغرافية (تشانغ و جودتشايلد، 2002) . فعندما يتعلق الأمر بالقياس ، مثل قياس الموقع ، من المفيد معرفة الخطأ والدقة . في حالات أخرى ، قد يستحيل تحديد أي قيمة على أنها الحقيقة ، لا سيما عندما يتعلق الأمر بالحكم البشري . على سبيل المثال ، قد يستحيل قياس دقة خريطة التربة نظرًا لوجود درجة من الذاتية في تصنيف أنواع التربة ، بحيث قد لا يتفق مساحا تربة مؤهلان على التصنيف المناسب في موقع معين . ولمعالجة مثل هذه الحالات ، زاد استخدام الجغرافيين لمفاهيم **"المجموعات الضبابية"** ، وطبقوا العديد من التقنيات المرتبطة بها في نظم المعلومات الجغرافية . ويُعد عدم اليقين الآن عنصرًا مهمًا في البيانات الوصفية ، أو المعلومات المستخدمة لوصف قاعدة بيانات نظم المعلومات الجغرافية وتوثيقها بحيث يمكن مشاركتها بفعالية .

الحقول

أشار قسم سابق إلى الأجسام المكانية كإحدى طرق تصور العالم الجغرافي . البديل هو التفكير في العالم الجغرافي كسلسلة من الأسطح المتصلة ، يمثل كل منها التباين المكاني لخاصية واحدة . يرتبط هذا الرأي ارتباطًا وثيقًا بمفهوم الطبقات . أجهزة الكمبيوتر آلات منفصلة بطبيعتها ، ومن الواضح أن تصور الجغرافيا كسلسلة متصلة لا يتوافق مع العالم الرقمي بقدر تصورها كمجموعة من الأجسام المنفصلة . لكن نظم المعلومات الجغرافية اعتمدت عدة طرق للتعامل مع الحقول المتصلة ، من خلال تقسيمها إلى نقاط أو خطوط أو مناطق منفصلة .

مشهد الاستشعار عن بُعد ، على سبيل المثال ، يقسم الصورة المتصلة إلى وحدات بكسل ، بينما تتعامل الشبكة المثلثية غير المنتظمة (TIN) مع السطح الطبوغرافي كمجموعة من المثلثات المائلة . تُوظِّف أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) العديد من الوظائف لتحليل الحقول ، بما في ذلك تقنيات لمحاكاة تطور شبكات الصرف على الأسطح الطبوغرافية ، أو لحساب المساحة المرئية من نقطة مُحدَّدة على هذا السطح . وقد استخدم علماء الآثار هذه التقنيات لمعرفة ما إذا كانت الرؤية عاملاً مُهمًّا في تحديد مواقع تلال الدفن القديمة في شمال أوروبا ، بينما يستخدم المهندسون أنظمة المعلومات الجغرافية لتحديد أفضل المواقع للطرق السريعة أو خطوط الأنابيب عبر المظاهر الطبيعية الجغرافية المُعقَّدة.

تقدير الكثافة

على الرغم من اختلاف مفاهيم المجال المستمر والأشياء المنفصلة ، إلا أن هناك طرقًا عديدة للانتقال بينهما ، ويمكن تحويل أي شيء منفصل إلى مجال ببساطة عن طريق تحديد قيمة المجال بحيث تكون 1 أينما وُجد الشيء ، و0 أينما غاب . ومن أقوى هذه التحويلات تقدير الكثافة ، وهو مجموعة من الإجراءات لتقدير مجال مُحدد بكثافة الأشياء في وحدة المساحة . ويُستخدم تقدير الكثافة لتحديد كثافة الأحداث ، مثل حالات الإصابة بالأمراض ، كخطوة في طرح أسئلة حول العوامل المؤثرة على الكثافة . كما يُمكن تطبيقه على الخطوط ، على سبيل المثال عند استخدام كثافة الشوارع كأساس لتعريف المناطق الحضرية.

الاحتمالية المكانية

غالبًا ما يهتم الجغرافيون بخرائط الاحتمالات ، التي تُحدد احتمالية حدوث أمر ما في مكان ما . تُستخدم خرائط الاحتمالات في دراسات المخاطر ، كما هو الحال في تقديرات خطر الانهيار الأرضي بناءً على طبقات المنحدر، وهطول الأمطار، ونوع التربة ، وجيولوجيا الصخور الأساسية ، أو تقديرات نطاق انتشار نوع نباتي . كما ذُكر في بداية هذا القسم ، فإن مناقشة المفاهيم المكانية هذه لم تكتمل بعد ، لكنها تُعطي فكرة عن سبب استخدام الباحثين لنظم المعلومات الجغرافية ، وأنواع الاستدلالات التي يتوصلون إليها عند تطبيق منظور نظم المعلومات الجغرافية على البيانات الجغرافية.

مصدر البيانات

تقليديًا، نشأت معظم البيانات الجغرافية في وكالات حكومية مختلفة ؛ فعلى سبيل المثال ، كان رسم الخرائط الأساسية في الولايات المتحدة يُقدم إلى حد كبير من قِبل هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية ، وتوجد وكالات رسم خرائط وطنية مماثلة في العديد من البلدان الأخرى . وقد تطورت وكالة ناسا ووكالات فضاء أخرى لتصبح مصادر رئيسية لبيانات الاستشعار عن بُعد . لكن بات من الممكن بشكل متزايد لأي شخص

تقريبًا أن يصبح موردًا للبيانات الجغرافية ، باستخدام أجهزة نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) البسيطة ، واليوم توجد شبكة واسعة من الموردين والمستخدمين، ترتبط ببعضها البعض عبر الإنترنت وعدد كبير من مستودعات البيانات والمستودعات والبوابات الإلكترونية . يُعدّ مركز الخدمات الجغرافية المكانية التابع للحكومة الأمريكية (الشكل 22.4) أحد أكبر هذه المراكز وأكثرها تطورًا، حيث يُركز على توفير نقطة دخول واحدة لبيانات الوكالات الفيدرالية ، ولكن توجد العديد من المراكز الأخرى في كل من القطاعين العام والخاص.

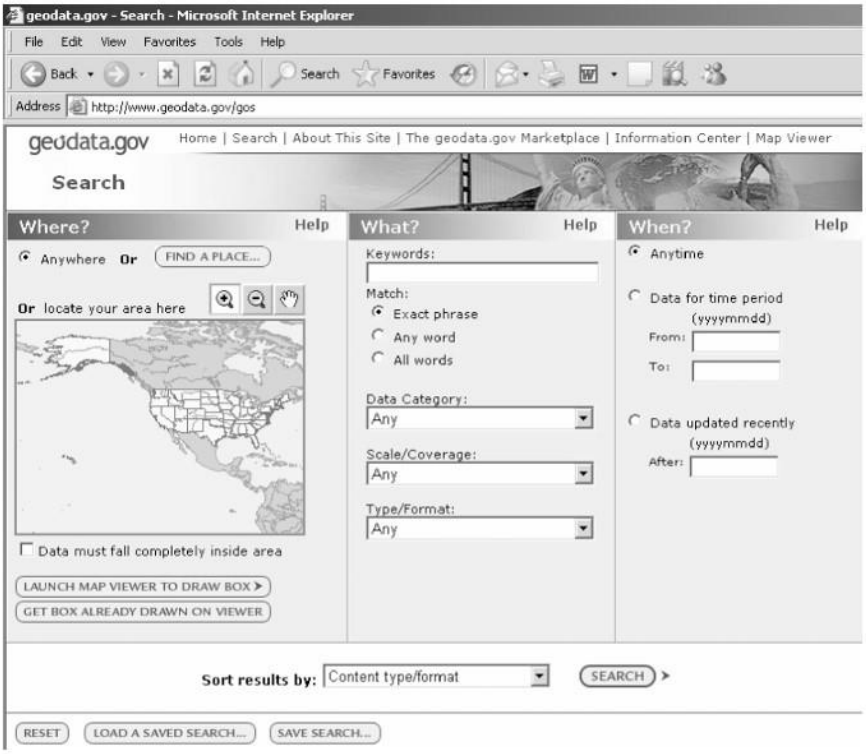

Figure 22.4 Screen shot of the Geospatial One Stop, a single point of access to geographic data from a multitude of sources. The screen allows a researcher to search a catalog for data covering a specified area, and also to specify theme, date, and other properties. Selected data will then be retrieved from its stored location, which might be anywhere on the Web

في أوروبا ، يهدف مشروع INSPIRE إلى مواءمة الوضع المعقد للغاية القائم بين مختلف دول الاتحاد الأوروبي ، لكل منها إرثها الخاص من البيانات والمعايير. ومع هذا التعقيد والتنوع الكبير في تنسيقات البيانات الموجودة ، أصبح من الضروري تطوير معايير وأساليب أفضل لتحقيق التوافق بين مجموعات البيانات من مصادر مختلفة . يُعد اتحاد الجغرافيا المكانية المفتوح (OGC) منظمة تضم شركات ووكالات وجامعات مكرسة لتحسين الوصول إلى البيانات الجغرافية، وقد أصبحت معاييره مفيدة للغاية على مدار العقد الماضي.

علم نظم المعلومات الجغرافية

كما ذُكر سابقًا ، يتمتع الجغرافيون بعلاقة خاصة مع نظم المعلومات الجغرافية ، لا سيما في ظل الاهتمامات الجغرافية التقليدية بالفضاء ، والعلاقة بين البشر وبيئتهم ، والتكامل بين العلوم التي تتعامل مع سطح الأرض . تدعم أدوات نظم المعلومات الجغرافية جميع هذه المواضيع بقوة . يثير نظام المعلومات

الجغرافية العديد من القضايا الجوهرية التي لا تُفهم جيدًا ، وعلى مدار الخمسة عشر عامًا الماضية ، برز مجتمع بحثي يُركز على حلها ودفع تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية قدمًا . يُعد مصطلح "علم نظم المعلومات الجغرافية" واحدًا فقط من بين عدد من المصطلحات التي تبناها هذا المجتمع غير المترابط ، على الرغم من أنه يبدو المصطلح المُفضل ، على الأقل في الولايات المتحدة . كرّس اتحاد الجامعات الأمريكية لعلوم المعلومات الجغرافية (UCGIS) جلّ اهتمامه للضغط من أجل تمويل أفضل ، وتوليف مناهج دورات نظم المعلومات الجغرافية في إطار معرفي شامل (ديبياسي وآخرون، 2006) ، وتحديد أجندة أبحاث علوم المعلومات الجغرافية.

تشمل هذه الأجندة قضايا ملحّة مثل النطاق وعدم اليقين ، والحاجة إلى توسيع أساليب التمثيل في نظم المعلومات الجغرافية لتشمل معالجة أشمل للزمن والبُعد المكاني الثالث ، والحاجة إلى أساليب تحليل ونمذجة أفضل . كما تتناول أيضًا قضايا ذات أهمية اجتماعية أوسع . فالخصوصية... موضوع ذو أهمية خاصة ، لا سيما بالنظر إلى قدرة نظم المعلومات الجغرافية على ربط السجلات بناءً على عناوين الشوارع ، وانتشار التصوير عالي الدقة بالأقمار الصناعية ، ونمو تقنيات المراقبة مثل كاميرات المراقبة التلفزيونية المغلقة (CCTV)وتتبع نظام تحديد المواقع العالمي(GPS) . ومن المجالات الأخرى سريعة النمو في مجال علوم المعلومات الجغرافية (GIScience) مشاركة الجمهور في عملية صنع القرار، والأسئلة المتعلقة بدور نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الجغرافية في حل قضايا المجتمع ، والقوة التي تمنحها نظم المعلومات الجغرافية والبيانات الجغرافية لمن يمتلكونها(Craig et al. 2002) .

يجمع مجال علوم المعلومات الجغرافية (GIScience) باحثين من عدد من التخصصات . فإلى جانب التخصصات التي اهتمت تقليديًا بإنتاج البيانات الجغرافية ، بما في ذلك المسح ، والجيوديسيا ، والتصوير الفوتوغرامتري، والاستشعار عن بُعد ، ورسم الخرائط ، يُشرك مجال علوم المعلومات الجغرافية خبراء في الإدراك المكاني يدرسون تصميم واجهات المستخدم ومهارات التفكير المكاني ؛ علماء الكمبيوتر الذين يدرسون تصميم قواعد البيانات والخوارزميات ؛ والإحصائيون المكانيون الذين يدرسون التحليل المكاني ونمذجة البيانات . عدم اليقين ، في قلب هذا السياق ، بطبيعة الحال ، وضمن كل هؤلاء، يقع الجغرافيون الذين لطالما عدو وصف وفهم سطح الأرض مجالهم الخاص.

الخلاصة

من المناسب أن يكون نظام المعلومات الجغرافية موضوع أحد الفصول الأخيرة من هذا الكتاب ، نظرًا لدوره في التوليف والتكامل . وبصفته منصةً للبحث ، يُطبّق نظام المعلومات الجغرافية موضوع العديد من الفصول السابقة ، ويمثل وسيلةً متزايدة الأهمية للبحث الجغرافي ، ولتشجيع المنظور الجغرافي بين الباحثين في التخصصات الأخرى . لقد كان نظام المعلومات الجغرافية أحد أبرز جوانب البحث الجغرافي على مدار العقد الماضي ، ويرتبط ارتباطًا متزايدًا بتخصص الجغرافيا في أذهان العديد من غير المتخصصين. في الوقت نفسه، وكما أوضح القسم السابق، يُعدّ نظام المعلومات الجغرافية أداةً للبحث وموضوعًا للبحث.

عندما بدأ المنظرون الاجتماعيون النقديون في الجغرافيا بطرح أسئلة جوهرية حول السياق الاجتماعي لنظم المعلومات الجغرافية في أوائل التسعينيات ، كان رد الفعل الأولي من مجتمع علوم نظم المعلومات الجغرافية هو الفزع - فماذا سينظر العالم الخارجي إلى تخصص يبدو أنه يشهد نقاشات داخلية متزايدة ؟ ولكن على المدى البعيد ، **أثبتت إضافة بُعد اجتماعي قوي إلى علوم نظم المعلومات الجغرافية فائدتها الهائلة ، وتُعد النظرية الاجتماعية النقدية اليوم من أهم نماذجها**.

التمرين 22.1:

قد تكون برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) الخاصة بالخرائط الوطنية مكلفة ، وقد تكون التمارين المستخدمة في دورات نظم المعلومات الجغرافية معقدة وتتطلب بعض التعليمات الأولية . ومع ذلك ، توفر العديد من المواقع الإلكترونية الآن إمكانيات كبيرة في نظم المعلومات الجغرافية ، وتعطي فكرة عما هو ممكن ، بينما لا تتطلب سوى متصفح ويب بسيط مثل إنترنت إكسبلورر . يُعد موقع "الخريطة الوطنية"، وهو مشروع تابع لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية ، أحد هذه المواقع ، ويمكن الوصول إليه عبر الرابط http://nationalmap.gov. قد تحتاج إلى الصبر: فالعمل عبر الإنترنت باستخدام متصفح ليس بنفس سرعة امتلاك نظام معلومات جغرافية وقاعدة بيانات خاصة بك على جهاز الكمبيوتر.

تشير المفاهيم المحددة أدناه إلى فقرات في الفصل ، وهي أمور قد تفكر فيها أثناء تنفيذ هذا التمرين.

- افتح "الخريطة الوطنية" في متصفح الويب ، واقرأ المعلومات الأساسية ، وانقر على رابط "الانتقال إلى العارض" . تعرّف على الخريطة التي تظهر على الشاشة ، وعرض خطوط الطول والعرض لموضع المؤشر، وكيفية تشويه الأرض لتسطيحها (قارن بجوجل إيرث) ، وإمكانية التحرك أفقيًا وتغيير المقياس. (المفاهيم: الخرائط؛ الاتجاهات).
- كبّر على كولورادو واستكشف بعض الطبقات الأخرى المتاحة، مثل الهيدروغرافيا.
- كبّر على دنفر وشاهد كيف يُغيّر العرض مستوى تفاصيله ، مما يُتيح المزيد من المعلومات عند التكبير.
- جرّب النقر على زر "تحديد" والاستعلام عن بعض المعالم المعروضة على الخريطة. (المفاهيم: الأجسام المكانية؛ المقياس؛ الشبكات؛ الحقول).
- كبّر على منطقة مألوفة لديك ، مثل حيّك (أو إذا كنت خارج الولايات المتحدة، فجرّب ذلك باستخدام أداة مثل جوجل إيرث) . انقر على زر "قياس" وحاول قياس طول مسار عبر الحي السكني . استكشف بعض الطبقات المتاحة بهذا المقياس . كيف تُقارن محتويات الخريطة الوطنية بمعرفتك الخاصة بالحي ؟ هل جميع الطبقات متطابقة تمامًا؟ (المفاهيم: المسافات؛ السياق المكاني؛ عدم اليقين).

الملحق 22.1:

برمجيات نظم المعلومات الجغرافية

يحتوي نظام المعلومات الجغرافية الحديث على آلاف الأوامر والإجراءات وأنواع التحليل ، ويمكن للمستخدم تطبيق كل منها على البيانات الموجودة في قاعدة بياناته . في جوهره ، يستطيع نظام المعلومات الجغرافية اليوم إجراء أي عملية يمكن تصورها تقريبًا على البيانات المكانية - وإذا كان نظام المعلومات الجغرافية المفضل لدى المستخدم يفتقر إلى وظيفة معينة ، فمن شبه المؤكد أنه يمكن العثور عليها في مكان ما، مع القليل من البحث على الإنترنت . لقد بُذل جهد كبير لفهم هذا التعقيد الهائل ، من خلال تصنيف الوظائف إلى مجموعات ، أو من خلال تطوير كتب إرشادية أو أدلة تساعد المستخدمين على التنقل داخل مجموعة أدوات نظام المعلومات الجغرافية (ينظر التمرين 22.1).

في وقت كتابة هذا التقرير، كان معهد أبحاث النظم البيئية ، في ريدلاندز، كاليفورنيا ، هو الرائد في سوق برمجيات نظم المعلومات الجغرافية التجارية . تتفاوت تقديرات حصته السوقية بشكل كبير، ولكن وفقًا

لجميع المقاييس الواضحة ، تُعد حصته الأكبر . تُستخدم برمجيات ESRI على نطاق واسع في الجامعات ومراكز البحث ، لدرجة أن مصطلحاتها وتنسيقات بياناتها تُعدّ معايير فعلية. ومن المنتجات التجارية المهمة الأخرى منتجات MapInfo وIntergraph وAutodesk . ولكن بينما تُهيمن المنتجات التجارية ، هناك اهتمام متزايد بالبرمجيات مفتوحة المصدر . ولعل GRASS هو الأبرز بينها ، ويُستخدم على نطاق واسع في العلوم البيئية . علاوة على ذلك ، هناك اهتمام متزايد بين مطوري الحزم الإحصائية بتوفير بعض وظائف نظم المعلومات الجغرافية ، وسيجد الباحثون ذوو التركيز القوي على الرياضيات أن MATLAB يوفر قوة كبيرة في هذا المجال . تحتل الشركات الصغيرة مجالات متخصصة في السوق . فهناك منتجات متخصصة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد ، على سبيل المثال ، أو لتطبيقات في مجال النقل ومجالات أخرى.