

التحقق من دقة النموذج والتثبت من صلاحيته وقبوله

MODEL VERIFICATION, VALIDATION, AND ACCEPTABILITY

أهداف تعليمية

يُفترض أن يكون الطالب قادراً بعد إكمال هذا الفصل وتعزيز محتوياته بقراءات خارجية، وبالبحث وبالممارسة العملية على عمل ما يلي:

- 1- تحديد الاختلافات بين تحليلات كل من التحقق من (Verification) دقة نموذج نظام المعلومات الجغرافية والتثبت من صلاحيته (تصديقه) (Validation) وقبوله.
- 2- شرح كيفية عكس الإجراءات في نظام المعلومات الجغرافية لفحص إمكانية أن ينتج برنامج نظام المعلومات الجغرافية الإجابات المتوقعة منه.
- 3- وصف استخدام نماذج أولية يدوياً لمناطق صغيرة لوضع مجموعة حلول نظم معلومات جغرافية صحيحة ضمن نموذج أكبر بنظام المعلومات الجغرافية.
- 4- وصف بعض الأساليب الفعالة لتحديد الأداء الراقى والكفاءة التنفيذية النسبيين لنماذج متعددة لشيء واحد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (مقارنة زمن المعالجة الحاسوبية مع تميز مخطط سير العمل).
- 5- مناقشة كيفية التعامل مع البيانات المفقودة عندما يكون من الصعب تطبيق البدائل والحلول الأخرى للوصول للنتيجة النهائية.
- 6- تحديد طرائق لمراجعة المنهجيات المنطقية أو الرياضية المستخدمة في نموذج معين لتحديد صلاحيته.
- 7- إنشاء منهجيات مناسبة لدراسة خوارزميات محدّدة مستخدمة في نماذج نظم المعلومات الجغرافية لتحديد مدى جودة تمثيل النماذج للواقع.
- 8- إنشاء منهجيات مناسبة لدراسة مستوى فهم العملاء (المستخدمون) للمُخرج من التحليل.
- 9- إنشاء منهجيات وتنفيذها لتحديد درجة قبول العملاء أو قدرتهم في تطبيق النموذج لصنع القرار.
- 10- وصف التطبيقات الإحصائية والمكانية لتحديد صلاحية أو صحة نموذج نظام المعلومات الجغرافية المُخرج.

مقدمة

لقد توفر قدر كبير من البحث منذ الثمانينيات حول تقييم الصحة وقياسها في نظم المعلومات الجغرافية. هذا يكمل تقليداً مستمراً في مثل هذا البحث في مجال الاستشعار عن بعد. ولقد تركز البحث، في معظم الحالات، في نظم المعلومات الجغرافية في المقام الأول على الصحة المتعلقة بالتغطيات والمواضيع الفردية، وعلى العمليات المتصلة بالمدخلات، وحتى على تفاعلات الخرائط فيما بينها أثناء العمل أو التحليل. ورغم أن هذا أمر في غاية الأهمية وثمين جداً - إلا أنها تتجاهل، في الغالب، الجانب الأكثر أهمية من جوانب النمذجة بنظام المعلومات الجغرافية، ألا وهو الصحة والقبول الإجماليين للمخرج النهائي للنموذج. لقد بين المحترفون، مثل جنسن (٢٠٠٠) وللساند وكيفير (٢٠٠٠) وغيرهم الكثير في الاستشعار عن بعد بوضوح تام، أن الخطوة النهائية في عملية الاستشعار عن بعد ليست المخرج، وإنما شرح النتائج وقبولها من قبل العميل (المستخدم).

وبصفتنا منمذجي نظم معلومات جغرافية، فإنه من الضروري أن نتبنى وجهة النظر نفسها للمخرج من نظم المعلومات الجغرافية. فالمخرج ما هو إلا صورة جميلة لا أقل ولا أكثر إذا لم تُظهر هذه الصورة أن التنفيذات البرمجية تمت بشكل صحيح، أو أنها لم تمثل العمليات البيئية قيد النمذجة بدرجة كبيرة كما هي في الواقع، أو أنها صورة لمنتج نهائي لا يفيد العميل ولا يقبله. إن مخرجات نظم المعلومات الجغرافية هي، في الحقيقة، أكثر تنوعاً من تلك التي في نظم الاستشعار عن بعد، ويمكن أن تشمل أشكالاً غير خرائطية. سوف أقصر المناقشة في هذا الفصل على وسائل دعم القرار في الشكل الخرائطي التقليدي. وعلى الرغم من أن هناك ربما حاجة لمزيد من البحث المركّز على تقييم الأنواع البديلة من المخرجات - إلا أن معظم تطبيقات ونماذج نظم المعلومات الجغرافية لا تزال تعتمد اعتماداً كبيراً على الإنتاج أو المخرج الخرائطي. ولعل هذه الصفحات تشجع على المزيد من البحث من هذا النوع لكل من المخرجين الخرائطي وغير الخرائطي. وفي الوقت نفسه، هذه الصفحات التالية لم يقصد منها أن تكون تفصيلية أو مراجعات بحثية مستفيضة، بل هي - إلى حد ما - قواعد عملية عامة يمكن تطبيقها في بيئات العالم الحقيقي.

تعريف المصطلحات

تهدف عملية النمذجة بنظم المعلومات الجغرافية إلى غايات نهائية تتمثل في كل من نمذجة فعالة للظواهر المكانية قيد الدراسة، واستفادة مباشرة من النتائج من قبل المستخدم. هاتان الغايتان هما جانبان مختلفان جذرياً. إن المصطلحات التي تُستخدم، في معظم الأحوال، في تحليل مخرج نظم المعلومات الجغرافية، هي التحقق من (Verification)، والتصديق أو المصادقة على (Validation)، والقبول (Acceptance). وبناءً على السياق الذي تم فيه تطبيق هذه المصطلحات والمرجع المعين الذي رجعت إليه في تعريفها (القاموس أو المرادفات، على سبيل المثال) فإنها كثيراً ما تُستخدم بنفس المعنى، تقريباً. إن إيراد تعريفات هذه المصطلحات، هنا، هو فقط لإنها ذات صلة بما

نريد أن نعرفه من المواضيع التي نبحث فيها. سوف أقدم - بعد ذلك - بعض التعاريف التي من خلالها نستطيع المضي قدماً في مناقشتنا، وبما يحقق أهدافنا. ولك الحرية في أن تطلق عليها ما تشاء فيما بعد. سوف نفرّق بين هذه المصطلحات في حديثنا باعتبارها مصطلحات مختلفة اختلافاً جوهرياً. وفي الوقت نفسه، سوف نفترض أن كل من التحقق والتصديق (الثبت من الصلاحية) هما جانبان اثنان للصحة الإجمالية للنموذج.

يتطلب التحقق من نموذج نظام معلومات جغرافية أن يتم تنفيذ طريقة ما للتأكد من أن عملية الحسابات للنص البرمجي للنموذج تمت بشكل صحيح حسب ما خطط لها في الخوارزميات أو البرمجيات في النظام وأنها تعمل بثبات مع نفس مجموعة البيانات. والسؤالان الجوهريان هما: هل كانت مخرجات البرمجيات تصحح القيم العددية عند تطبيق النصوص البرمجية، وهل كانت هذه القيم متسقة من تطبيق إلى آخر على نفس مجموعة البيانات؟ وبالرغم من أننا نفترض عموماً أن برنامج الكمبيوتر الذي نستخدمه يقدم إجابات صحيحة على الأسئلة التي تُطرح عليه - إلا أن هذا ليس صحيحاً دائماً كما قد يظن المرء. ونظراً إلى أن خوارزميات نظام المعلومات الجغرافية المبرمجة في النظام تعتمد على المنطق التقليدي والرياضيات وحساب التفاضل والتكامل، يجب علينا أن نبذل مزيداً من الافتراضات وهي أن المبرمج قد وظّف هذه العلوم بشكل صحيح وأنها سوف توفر نفس الجواب في بطريقة رقمية كما لو أنها نُفذت بطريقة يدوية. فالعمليات مثل تحويل المعادلات التفاضلية إلى ما يماثلها من معدلات فروق جبرية، وخطأ تدوير الأرقام الناتج من تحويل الدقة الفردية إلى دقة مضاعفة، وترتيب الإجراءات الرياضية والمنطقية كلها تفضي بكل أسف إلى أثر سلبي محتمل متمثلاً في جعل النتائج مختلفة - إلى حد ما - في ظل ظروف معينة. وضمن هذا السياق، يمكن أن تشمل عملية التحقق، أيضاً، تحليلاً ليس فقط لصحة الحسابات الرياضية بل، أيضاً، لمستوى دقتها (اتساق النتائج من تطبيقات متعددة لنفس مجموعة البيانات الواحدة). فإذا تمت مطابقة شبكتين موضوعيتين أكثر من مرة فإن النتائج يجب أن تكون متماثلة، وإذا عمل تحليل جزمي (نطاقي) (Buffer) لمسافة تبعد (١) ميل من شبكة طرق عدة مرات، فإن تطبيق هذا النطاق أو الحزام المسافي لنفس قاعدة البيانات يجب أن يكون (١) ميل في كل مرة؛ وليس (١،١) ميلاً في المرة الأولى، و (١،٠) في المرة الثانية، و (٠،٩) ميلاً في المرة الثالثة.

أما المصادقة (الثبت من الصلاحية) فهي تُطبق غالباً على قبول وجدوى النموذج، بوصفها أداة لدعم القرار. غير أن العديد من القواميس تستخدم مصطلح المصادقة على أنها تعريف للتحقق. ولتفادي الخلط، سوف نستخدم مصطلح المصادقة كجانب مستقل لنفس السؤال. هذا السؤال هو ببساطة: هل النموذج صحيح؟ وفي هذه الحالة، الصحة ليست أمراً متعلقاً بالصحة الرياضية بقدر ما هو هل الخوارزميات تمثل ما نريد أن نمذجه في الواقع؟ وبكلمات أخرى، هل يقدم النموذج تمثيلاً معقولاً للعمليات والتفاعلات المكانية لظواهر العالم الحقيقي قيد البحث؟ وأخيراً، فالمقبولية، هنا، مستخدمة لتمثل مقياساً لقبول النموذج، وجدواه النفعية، باعتباره أداة لصنع القرار، هذا بالرغم من أنها مرتبطة عملياً بكل من التحقق والمصادقة. قد يكون النموذج صحيحاً في تحديده

للاستخدام الملائم للأرض، لكنه قد لا يكون مقبولاً من جانب المخططين المسؤولين عن استخدامه في أداء وظائفهم. ورغم أن النموذج الصحيح من الأرجح أن يكون مقبولاً - إلا أنه لا يمكن ضمان ذلك، بل على العكس من ذلك؛ فالنموذج غير الصحيح يمكن اعتباره مقبولاً لأنه يتفق أساساً مع تحيز المستخدم. إن أكثر ما يهمنا كمنمذجين هو أن نشغل أنفسنا بالصحة (التحقق من دقة النموذج وصلاحيته) أكثر من مقبوليته. ومع ذلك، فإن المقبولية ما تزال مهمة إذا أردنا تحقيق متطلبات المستخدمين، وخاصة إذا كان هؤلاء المستخدمين هم أنفسنا. وفي هذا الصدد، فمقبولية النموذج ليست مسألة صحته، أو تكرارته، ولكنها تشمل، في الغالب، جوانب مثل سهولة استخدامه، وقابلية تطويره ليشمل مواقع أو بيئات أخرى، وفائدته كأداة لصنع القرار، وإمكانية فهمه، والمرونة في الاستخدام مع سيناريوهات مختلفة، بل والقدرة، أيضاً، على دمج المعارف الجديدة أو وحدات إضافية فيه، متى ما توفرت.

صحة النموذج

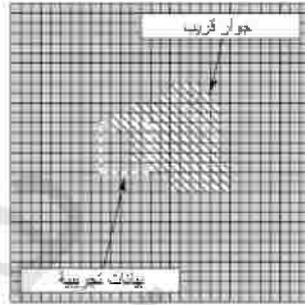
التحقق

اقترح توملين (١٩٩١م) أن العملية الأساسية للتحقق من النموذج هي تحديد الدقة الحسابية للخوارزميات المستخدمة. وتتطلب العملية، وعلى نحو مماثل عمليات الضرب للتحقق من قسمة طويلة، أن تعلم شيئين. أولاً، يجب أن تكون على دراية تامة بالكيفية التي يراد من الخوارزمية أو الخوارزميات أن تعمل في الواقع. وهذا ليس دائماً متاحاً بسهولة عندما تستخدم نظاماً محترفاً من نظم المعلومات الجغرافية؛ لأن العديد من الخوارزميات ذات ملكية خاصة. وثانياً، ينبغي أن تعرف، أيضاً، النتائج المتوقعة مسبقاً. بالإضافة إلى ذلك فإن المشكلة يمكن أن تزداد حدتها مع المناطق الكبيرة جداً. ومع ذلك، فإن هناك حلول لهاتين المشكلتين.

لمشكلتنا الأولى، تلك المتعلقة بمعرفة قدرة النص البرمجي لنظم المعلومات الجغرافية على تنفيذ الخوارزميات بشكل صحيح، فإنه ليس من الضروري أن تقوم بفحص هذا أثناء عملية النمذجة. وقد يكون من المفيد أن تختبر ذلك في وقت مبكر قبل أن تنفذ مهامك النمذجية. يندرج هذا عموماً تحت عملية اختبار نظام المعلومات الجغرافية الخاص بك قبل استخدامه. لكن على الرغم من أن تنفيذ منهجية الاختبار الشامل قد تكون عملية تنويرية مفيدة جداً - إلا أنها من المحتمل أن تكون أكثر مما تريد عندما تحاول الإجابة على أسئلتك بنظام المعلومات الجغرافية الخاص بك. وكبديل لذلك، خذ مجموعة فرعية صغيرة من قاعدة البيانات الخاصة بك (كلما كان عدد الخلايا أقل كان ذلك أفضل) ثم افحص إجراءات حساسة معينة داخل كل نموذج فرعي. يستلزم هذا، عادةً، ثلاث عمليات منفصلة: (١) تطوير عملية اختبار للخوارزميات بهدف اختبارها؛ (٢) اختيار أجزاء مكانية مفيدة من قاعدة البيانات التي ستقارن بها أداء هذه الخوارزميات؛ (٣) تحديد الحجم المطلوب لهذه البيانات الفرعية لاختبار الخوارزميات المختارة. لقد رأينا

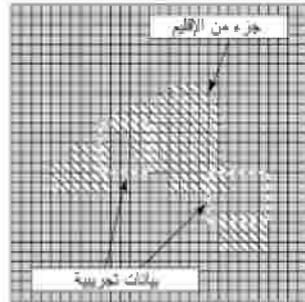
في السابق أن المعاملات يمكن أن تتراوح بين معاملات محلية (خلية بخلية) إلى معاملات شمولية ، كمل واحد منها يقدم سيناريو مختلفاً لاختيار الجزء التجريبي الأولي (Prototype) من قاعدة بياناتك.

أما ما يتعلق بالمعاملات المحلية ، فإن مهمة اختيار قواعد البيانات الأولية لعمل الاختبار تعد عملية سهلة نسبياً. إنها تتطلب فقط أن الخلايا قيد الاختبار تمثل الفئات أو القيم الهامة داخل نموذجك. وفي المعاملات التركيبية ، فإنه من الأفضل أن تُختار الخلايا بحيث يكون هناك خلايا من داخل الجوار المستخدم وأخرى قريبة منه (الشكل رقم ٩,١). وبهذه الطريقة ، يمكنك معرفة إن كان هناك خلايا خارج الجوار قد تأثرت بالبرنامج دون قصد ، بالإضافة إلى تقييم العمليات الحسابية داخل الجوار نفسه.



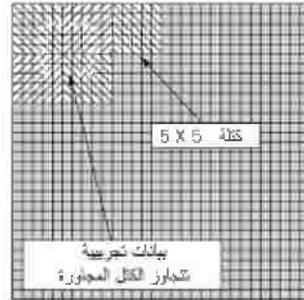
الشكل رقم (٩,١). اختيار مجموعة فرعية من البيانات لتقييم صحة خوارزميات الوظائف التركيبية.

ويمكن تبني منهجية مماثلة لدراسة المعاملات النطاقية - إلا أنه في حالة وجود نطاقات (أقاليم) مجزأة فإنه ينبغي استخدام اثنين أو ثلاثة من المواقع التي تحتوي على بيانات تجريبية بحيث يكون جزء واحد من داخل الإقليم والآخر من خارجه (الشكل رقم ٩,٢).



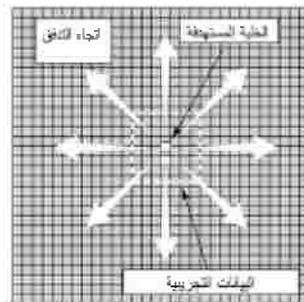
الشكل رقم (٩,٢). اختيار مجموعة فرعية من البيانات لتقييم صحة خوارزميات الوظائف النطاقية.

أما المعاملات الكتلية فيمكن اختبارها بسهولة عن طريق اختبار مجموعة من خلايا الشبكة في إطار الكتلة قيد الدراسة. أفضل شخصياً أن أنظر في كتلتين متجاورتين ، وذلك للتأكد فقط من أن هذه العملية تعمل بشكل ملائم عند التحرك من كتلة إلى أخرى (الشكل رقم ٩،٣).



الشكل رقم (٩،٣). اختبار مجموعة فرعية من البيانات لتقييم صحة خوارزميات الوظائف الكتلية.

من بين أكثر العوامل صعوبة في مسألة اختيار خلايا عينة الاختبار هي العوامل الشمولية ؛ ذلك لأنها تعمل في جميع أنحاء الموضوع الشبكي بأكمله ، ولأنها قد تكون بسيطة نسبياً أو معقدة للغاية ، ولأن قاعدة قيم الخلايا المتغيرة بدرجة كبيرة في قاعدة البيانات يمكن ، أيضاً ، أن يكون لها تأثير على طريقة أداء الخوارزميات. وفي ظل هذه الظروف ، فإني عادةً ما أحاول أن اختار خلايا الاختبار من خلال البدء بالخلية المستهدفة ثم الانتقال إلى الخارج في جميع الاتجاهات لمسافة تمتد إلى ثلاث أو أربع خلايا شبكية على الأقل (الشكل رقم ٩،٤). وإذا لم تصادف أي مشكلات عند هذا المستوى ، فإنك ، في الغالب ، يمكن أن تطمئن - إلى حد ما - لأداء النص البرمجي ، خاصة فيما يتعلق بالتراكم المحتمل للأخطاء جراء الحسابات المتعاقبة في البرنامج.



الشكل رقم (٩،٤). اختبار مجموعة فرعية من البيانات لتقييم صحة خوارزميات الوظائف الشمولية.

ويغض النظر عن أنواع المعاملات المختارة للفحص، فعملية التحقق تبدأ أولاً باستنساخ العملية يدوياً. فعلى سبيل المثال، إذا كنت تريد أن تختبر معاملاً محلياً، - لنقل مطابقة موضوعين شبكيين باستخدام عملية الضرب - فإن عينة خلوية متجاورة من مصفوفة ذات مرجع جغرافي بأبعاد (4 × 4) خلايا سوف تفي بغرض الاختيار. وبمقارنة هذه الخلايا المختارة من مخرج نظام المعلومات الجغرافية بنظيراتها التي حُسبت يدوياً فإنه ينبغي أن تكون النتائج متطابقة (الشكل رقم ٩،٥). ويمكن فحص أي من المعاملات الأخرى بنفس الأسلوب، وإن كانت الخوارزميات الأكثر تعقيداً قد تتطلب وقتاً أكثر مما تتطلبه العوامل المحلية البسيطة.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 4 | 4 | 5 |
| 4 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 5 | 1 | 1 |

$$-$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 |

$$=$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 4 | 4 | 5 |
| 4 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 5 | 1 | 1 |

الشكل رقم (٩،٥). مقارنة نتائج العمليات اليدوية مع نظيراتها الحاسوبية. يفترض أن تكون النتائج نفسها، فمن خلال طرح الطبقين لابد أن تكون النتائج في الطبقة المخرجة عبارة عن مجموعة أصفار.

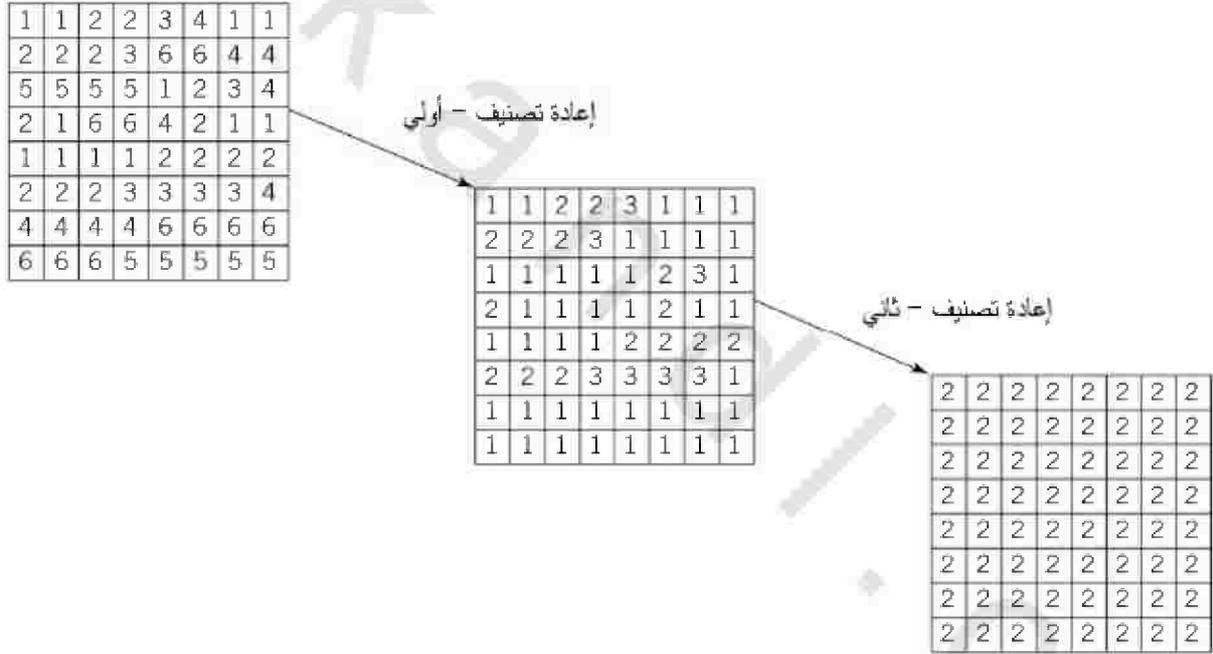
دعنا نفترض أن هدفك، على أي حال، هو تقييم دقة (تكرارية) الخوارزمية. فإذا اقتنعت بأن الخوارزمية تعمل بشكل سليم عندما قارنت نتائجها مع نتائجك اليدوية، فإنه يمكنك - بعد ذلك - تقييم التكرارية من خلال تنفيذها (الخوارزمية) مرتين، وأخيراً تقوم بعملية طرح نتيجتي المطابقة من هذين التكرارين. فإذا كانت النتائج متسقة (ثابتة)، فإن هذا ينتج منه مجموعة من الأصفار. ورغم أن مثل هذه العملية قد تبدو للوهلة الأولى أنها عملية عديمة الجدوى - إلا أنك قد تتفاجأ كيف أنه، في كثير من الأحيان، هناك مجموعة من الخلايا لا تحمل قيماً صفرية. ثمة جانب مهم آخر للتحقق من النموذج وهو تقييم مدى ملاءمة تطبيق الخوارزميات نفسها على النموذج. فكما نذكر، فالنموذج ما هو إلا تسلسلاً مرتباً لعلميات خرائطية، وعليه فإن ترتيب مثل هذه العمليات غالباً ما يكون حاسماً للنموذج السليمة لتغيراتها. فعمليات إعادة التصنيف، تتطلب، في كثير من الأحوال، عدة خطوات،

كل منها يجب أن يُنفذ في تسلسل صحيح للحصول على الجواب الصحيح. ويتسم هذا بأهمية خاصة إذا كان نظام المعلومات الجغرافية الخلوي الخاص بك لا يظهر أو يدرج مفتاحاً أو دليلاً مرتبطاً بنتيجة العمليات المستخدمة أو المنفذة. يشبه هذا، وبدرجة كبيرة، المشكلات المتعلقة بالخصائص التوزيعية للمعادلات الجبرية، حيث نجد أن بعض تسلسل خطوات العملية الواردة بين الأقواس يجب أن تُنفذ أولاً؛ لكي تحقق المعادلة النتائج الصحيحة.

ولعل عملية إعادة التصنيف من خلال أمر إعادة التقييم تعد مثلاً لهذه المشكلة. فلننقل، على سبيل المثال، أنك تحاول إعادة تصنيف بعض خلايا الشبكة لأنواع محدّدة من استخدامات الأرض بحيث يصبح التصنيف تصنيفاً عاماً. ففي هذه الحالة، أنت تحاول أن تغير الشعير والقمح والشوفان والبطاطا وفول الصويا، والبنجر إلى مجموعة فئات أكثر عمومية تطلق عليها المحاصيل البقلية والحبوب. لنقل، أيضاً، أن الشعير يُخصص له فئة اسمية (١)، و(٢) للقمح، و(٣) للشوفان، و(٤) للبطاطا، و(٥) لفول الصويا، و(٦) للبنجر. فإذا أُصدرت مجموعة من الأوامر لتغيير قيم البطاطا، وفول الصويا، والبنجر (القيم ٤ و ٥ و ٦) لتصبح كلها ذات قيمة (١)، فإن لديك الآن شبكة تحمل القيم (١) و (٢) و (٣). للأسف، فإن قيمة (١) كانت مستخدمة للشعير. الآن تُظهر شبكتك أن (٢) تمثّل القمح، و (٣) تمثّل الشوفان - كما كان الحال من قبل. لكن قيمة (١)، التي كانت تمثّل فقط الشعير، تمثّل الآن القمح وكل المحاصيل البقلية. وإذا واصلت عملية إعادة التقييم، بحيث تجعل القيمة الاسمية (٢) تمثّل جميع الحبوب، فإنك ستعيد التقييم لجميع ما تبقى من القيم (١، ٢، و ٣) حتى يُعاد تصنيفها على أنها حبوب. ما ستحصل عليه هو خريطة تكون فيها كل القيم قيمة واحدة وهي (٢) (الشكل رقم ٦، ٩). أنت بهذا قد قمت بالفعل بخلط فئاتك بحيث أصبح من الصعب التعرف عليها. غير أنه مع معظم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية الاحترافية لم تعد هذه مشكلة؛ لأنك تستطيع أن تغير قيم الفئات مباشرة (أي، أن كل من الشعير، والشوفان والقمح سوف يُطلق عليها الآن حبوب، في حين أن كل من البطاطا وفول الصويا، والبنجر سوف تُصنف كلها على أنها محاصيل بقلية). ومع ذلك، فمشكلة التخصيصات المنطقية ما زالت قائمة ويمكن تكرارها، وذلك في حالة عدم توخي الحذر بشأن كيفية اختيار فئاتك. ولفحص هذه، يجب عليك - كما كان الحال من قبل - أن تختار جزءاً صغيراً من خلايا موضوعك الشبكي وتنفذ العملية يدوياً حتى تعرف على الأقل كيف تبدو خريطةك ولو في جزء صغير منها.

ثمة مشكلة عامة في المنطق تتعلق بالاستخدام غير السليم للمقاييس العددية. فعلى سبيل المثال، قد تجد نفسك تحل مشكلة ما من خلال ضرب القيم الاسمية للاستخدام الأرضي، مثل أرقام (٥)، و(١٠)، و(١٥) التي تمثّل المناطق الحضرية، والزراعة، والأراضي الخالية، على التوالي، بقيم كمية نسبية للإرتفاع مثل (١٠)، و(٢٠)، و(٣٠) قدم. فالنتائج من مثل هذه العمليات تكون، في الغالب، ممتعة من الناحية الجمالية، بل ويمكن أن تمثّل أنماطاً توزيعية قد تبدو معقولة رغم أنها مضللة. إن ما كنت ستحصل عليه من هذه العملية هو مجرد قيم، فقيمة (٥٠٠)، على سبيل المثال، ما هي إلا نتيجة ضرب (١٠) أقدام في (٥)، التي لا تمثّل سوى فئة اسمية للمناطق الحضرية. لكن لكي تختبر منطقك، عليك أن تسأل نفسك عما تمثّله قيمة (٥٠٠)، خاصة وأنه يمكن أن يُساء فهمها

بسهولة باعتبارها قيمةً ترتيبيةً. فهل يعني ذلك أن لديك استخدام حضري للأرض عند قيم الارتفاع (١٠) أقدام؟ أم يعني ذلك أنه ربما ينبغي أن تطبق منهجيةً بديلةً، مثل تطبيق معامل منطقي بحيث إن المضلعات أو المساحات التي تحمل قيمة (١٠) أقدام تُضم مع المضلعات التي تحمل قيمةً تمثل المناطق الحضرية، من خلال تطبيق القيمة المنطقية "و" (AND) على هذين النوعين من القيم؟ وعليه، فأنت تقول، هنا، أريد جميع المساحات التي تشارك في هاتين الفئتين؛ بدلاً من المخاطرة بخلق مشكلة رياضية بطريقة غير ملاءمة. ومرة أخرى، بعض برامج نظم المعلومات الجغرافية لديها بعض الضمانات ضد هذا النهج غير المنطقي، ولكن قد تستغرب كيف أن كثيراً من الطرائق قد تفقدك لمثل هذه الأخطاء، وكيف أنه يصعب عليك اكتشافها إلا بعد أن يكتمل النموذج. وعليه، فإني أوصيك بأن تختبر منطقتك - مرة أخرى، من خلال تنفيذ العمليات يدوياً على جزء صغير من خلايا الشبكة الخاصة بك في كل خطوة من خطوات عملية النمذجة. بعد ذلك، أسأل نفسك الأسئلة ذاتها التي وردت في مثالنا أعلاه.



الشكل رقم (٩، ٦). يمكن أن ينتج من عمليات إعادة التصنيف المعاقبة نتائج غير متوقعة.

صلاحية النموذج

لعل أصعب وأهم عمليات تقييم صحة النموذج ومصداقيته هي تلك العملية المتعلقة بتحديد قدرة النموذج على محاكاة الواقع بفعالية حسب طبيعة عمل هذا الواقع نفسه. وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن نماذج نظم المعلومات الجغرافية، مثل جميع النماذج، ليست تصغيراً (أو صورة مصغرة) للواقع وإنما تبسيطاً له، فإنه من الضروري أن

تعرف ما هي الافتراضات الأساسية أو الضمنية للنموذج قبل اختبارها. بل يفترض، أيضاً، إن فهمنا للبيئة المنمذجة هو فهم كامل بما فيه الكفاية لنعرف كيف ينبغي أن يبدو النموذج، وكيف يعمل. وإذا كان هذا هو الحال، فإن تحليل صلاحية النموذج - عندئذ - سيكون فقط امتداداً لتقييم الصحة بحيث إن كل من قيود النموذج ومنطقه وحساباته الرياضيّة يُفترض أن تكون كلها صحيحة. وطالما أن البرامج الحاسوبية تقدم الإجابات التي يقول لك منطقك أنها صحيحة، فإن النموذج - عندئذ - يعد نموذجاً صالحاً.

إن هذا الشكل من أشكال تصديق النموذج هو في الحقيقة بمثابة حلقة دائرية من الاستنباط الفكري. فهو كأنه يقول الآتي: "على افتراض أن منطقي صحيح، وأن الخوارزميات تنفذ بشكل صحيح هذا المنطق الصحيح، إذا فالنموذج صالح". وللأسف، فلأن معظم البيئات المكانية غير مفهومة بدرجة كبيرة، فإنه يُصعب تبني أو عمل افتراضات أولية بالمنطق الصحيح. ولعل أفضل طريقة للسؤال، الطريقة التالية: "هل النموذج يتفد فعلاً ما نعتقد؟" فلقد شهدنا بالفعل، أنه حتى الخوارزميات نفسها يمكن أن تكون خاطئة بدرجة كبيرة في كيفية تمذجتها لشيء يبدو لنا واضحاً، مثل تحليل الرؤية (Fisher, 1996).

ففي دراسة فيشر (1996م) لتحليل الرؤية، استخدم الباحث ربما أفضل التقنيات لتحليل صلاحية النماذج الكاملة؛ أي التحقق الحقلية. هذا في لغة الاستشعار عن بعد التقليدية، يسمى بالحقيقة الأرضية، على الرغم من أن كلمة الحقيقة لا تنطبق حقاً. ففي النمذجة بنظم المعلومات الجغرافية، ليس الغرض إظهار كيف أن بيانات الأقمار الصناعية تعمل كبداية للبيانات الحقيقية على أرض الواقع، بل كيف يتنبأ نموذج نظم المعلومات الجغرافية بالظروف الحالية أو المقبلة (في أبسط الحالات) (Coulombe and Lowell, 1995)، أو ما مدى فعالية في توصيف أفضل الحلول (للمناخات الموصّفة)، بل إن المطلوب بالضبط هو كيف يقوم الواحد باستخدام البيانات الميدانية للتحقق من نموذج نظام المعلومات الجغرافية؟

وإذا كانت التوقعات ثابتة مؤقتاً ووصفيّة - على سبيل المثال، فإن كنت تحاول أن تبين أن الانحدارات الحادة المواجهة للجنوب في المناخات الرطبة هي عموماً أقل استقراراً مقارنةً بالمنحدرات الخفيفة المواجهة للشمال في المناخات المعتدلة - فإن زيارة الموقع سوف تكون فعالة. في هذا السيناريو، يمكن توضيح صحة هذا النموذج البسيط جداً فقط من خلال زيارة بعض النقاط المختارة بطريقة عشوائية في كلا الموقعين. كما أن تحليل صلاحية النموذج يُعتبر سهل نسبياً إذا كان النموذج وصفيّاً للظروف التي ينبغي أن توجد ضمن أطر زمنية قصيرة نسبياً لأي من العمليات الديناميكية قيد الدراسة. فعلى سبيل المثال، إذا كان المطلوب بناء سد وكانت مهمتك أن تمذج أين سيذهب الماء بعد أن يكتمل بناء السد، فإن المهمة - عندئذ - بسيطة جداً، إذ سوف تقارن ما أنتجه أو تنبأ به النموذج مع ما حدث للماء فعلاً في السد بعد اكتماله. لقد طُبقت هذه المنهجية لنماذج التنبؤ الخاصة بموائل الطيور (Nelson, and lunette, 1987). ومن بين أكثر الأمثلة المنشورة تفصيلاً وأكثرها نجاحاً للتحقق من قدرة تنبؤ النموذج

ميدانياً ذلك المثال الخاص بالنتبؤ بالمواقع الملاءمة لطيور الزرياب (نوع من الغربان) في فلوريدا عن طريق استخدام بيانات مراقبة لمواقع الطيور الفعلية (Duncan, et al., 1995).

لقد رأينا في نموذج ليسا أن مهمتنا هي تطوير نموذج يسمح للمخططين المحليين بالتحكم في عملية الحفاظ على أفضل الأراضي الزراعية. وكانت الطريقة لتحقيق هذا الأمر من خلال تقييم تراخيص الاستخدامات البديلة للأرض. إحدى المنهجيات لنمذجة عملية التحقق من النموذج هي توظيف استخدام بيانات حقلية بديلة - في هذه الحالة، بيانات تراخيص البناء - وذلك لتقديم تطبيق ناجح للنموذج. وفي المناطق التي تنبأ لها نموذج ليسا باحتمالية أعلى للاستخدامات غير الزراعية، كان لا بد من أن يكون هناك نسبة أعلى لتصاريح الاستخدامات غير الزراعية. هذا ما تم استخدامه للاختبار الأولي للطريقة (Lucky and DeMers, 1986-1987)، فهو إلى حد ما، مقياس لمقبولية النموذج؛ لأنه يحدد مدى اتساق قرارات مخططي البلدية مع النتائج، أو أن النتائج ذاتها تتفق مع معايير تصميم النموذج. إنها تقدم طريقة واحدة لتحليل نتائج النموذج نفسه بدلاً من خروجه دون تحقق من صلاحيته.

وبالرغم من أن منهجية أخذ العينات ميدانياً تعد وسيلة مفضلة للغاية لتقييم صحة نماذج نظم المعلومات الجغرافية - إلا أن لديها بعض أوجه القصور الكبيرة. أولاً، تعد عملية جمع البيانات الميدانية وتحليلها، في معظم الأحوال، عملية مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً، خاصة إذا كانت المنطقة قيد النمذجة كبيرة. ثانياً، هناك العديد من السيناريوهات، مثل التنبؤات باستخدام الحيوانات البرية للموائل، تمنع استخدام مثل هذه المنهجية. كما أن هناك عدد قليل من الحالات التي تشبه تلك الموجودة في فلوريدا (Duncan, et al., 1995)، حيث تعيش الحيوانات والأحياء البرية داخل نطاقات متوقعة للموائل، وذلك لاختبار الفرضيات التي يقوم عليها النموذج. إن التنبؤ بالمواقع المناسبة لنقل الحياة البرية المُجتمعة من منطقة أو إقليم معين، على سبيل المثال، يفترض أنه سيكون في نهاية المطاف عينات فعلية ستقدم لتقييم فعالية التوقعات. وأخيراً، وفي كثير من الحالات، فإنه على الرغم من أننا قد يكون في وسعنا جمع عينة للظروف المستقبلية ضمن النماذج الديناميكية، مثل نماذج حرائق الغابات (Carrara, et al., 1996; Liu, 1994, 1997; Yuan, 1998) - إلا أن الانتظار إلى ما بعد الانتهاء فعلياً من العملية يحد بدرجة كبيرة من فائدة وقبول النموذج؛ لأن الغرض هو التنبؤ بالأضرار الناجمة عن الحريق (الجزء الوصفي من النموذج) قبل أن يحدث بحيث يمكن - بعدئذ - توفير العلاج المناسب (الجزء الموصف من النموذج). وعليه، فإنه في مثل هذه الحالات، لا بد من توفر بدائل أخرى غير طريقة أخذ العينات الميدانية أو أي طريقة أخرى للفحص أو التحقق المباشر.

ولعل أحد البدائل الفعالة للتحقق من صحة النموذج ميدانياً، استخدام مجموعات تحقق أو نتائج محددة سلفاً. يوجد عدد قليل جداً من الظروف أو الحالات التي تسمح لنا بامتلاك مخرج خرائطي متوفر بسهولة لاختبار نماذج نظم المعلومات الجغرافية. والسبب في هذا هو أنه لو أننا في الأساس عرفنا الإجابات، فإننا ربما لا نحتاج إلى نموذج نظم المعلومات الجغرافية في المقام الأول. ولقد اقترح ستومز (1996م) تقنية بديلة واعدة لكل من الاستشعار عن بعد ونظم

المعلومات الجغرافية: استخدام ما يسمى بالدواخل الخرائطية (Maplets)، أو خرائط تفصيلية للمناطق الصغيرة، كبديل للفحص الميداني. يقارن منهجه بين خرائط تفصيلية صغيرة المساحة، من حيث مكوناتها، وعدم تجانسها، وصحة كل الوحدات الخرائطية مع تلك في الخرائط الأكبر للمنطقة. إن إحدى المنهجيات لتوظيف هذه الطريقة في سياق نظام المعلومات الجغرافية هي بناء نموذج نظام معلومات جغرافية أولي (Prototype) لمساحة صغيرة تفصيلية بحيث يسمح بعملية تحقق مكثف قبل بناء النموذج العام. وإذا كانت المنطقة الأكبر تحتوي على عدد من السيناريوهات أو الظروف البيئية التي تختلف عن بعضها اختلافاً جذرياً، فإنه يمكن - عندئذ - بناء نموذج أولي لكل سيناريو أو ظرف يبني على حدة بنفس الطريقة أعلاه. وإذا أظهرت الاختبارات لكل أنموذج أن النموذج صالح (أو على الأقل معقول)، فإن النموذج العام يمكن أن يؤدي عمله بنفس الطريقة. وإذا تبين، من ناحية أخرى، أن واحدة أو أكثر من المناطق الفرعية لا يبدو أنها تنفذ العمل كما هو متوقع منها، فقد يبرر هذا عمل بعض التعديل في النموذج.

وللأسف، فعلى الرغم من أن عمل مثل هذه النماذج المصغرة لإنتاج مجموعات تثبت من صلاحية النموذج تعد منهجية معقولة - إلا أن عيبها الرئيس هو ضيق الوقت. وهناك بديل لهذا النهج وهو استخدام نسخة مكانية مما يعرف في الإحصاء بالإقتطاع الجزئي (Jackknifing)، والتي فيها يتم استخراج جزء من النموذج العام لعمل نمذجة مستقلة باستخدام نفس الصياغة والتنفيذ. ويمكن فحص هذا - بعدئذ - لما تبقى (من النموذج) لتحديد إمكانية قيام النموذج بالتنفيذ أو العمل حسب ما هو متوقع.

يمكن تطبيق هذه المنهجية، أيضاً، عن طريق اختيار عينات زمنية بدلاً من المكانية من قاعدة بياناتنا. فلقد استخدم بويرنر وآخرون (١٩٩٦م) هذه المنهجية للتنبؤ بتغير الاستخدام الأرضي من فترة زمنية لأخرى ضمن نظام المعلومات الجغرافية. فلقد استطاع الباحثون، من خلال استخدام نموذج سلسلة ماركوف، أن يضعوا مجموعة من القواعد لكل فترة من الفترات الزمنية الثلاث، وكذلك لكامل الفترة الزمنية من البداية إلى النهاية، تلى ذلك فحص لهذه القواعد من حيث قدرتها على التنبؤ بالتغيرات في قاعدة البيانات.

على الرغم من أن هذه المنهجية الأخيرة تتيح لنا تقييم ثبات النموذج (أو دقته)، بوصفها وسيلة تعمل أساساً على إنتاج نسخ مكررة - إلا أنه لا يمكن أن يتوقع منها أن تتحقق من قدرة النموذج في إظهار العمليات التحتية في العالم الحقيقي (الواقع). ولكي نستطيع أن نقيس بالضبط قدرة النموذج في محاكاة سيناريوهات العالم الحقيقي، فإننا لا نزال في حاجة إلى معرفة كيف يعمل العالم الحقيقي. وفي الحالات التي تكون هذه المعلومات مفقودة أو ناقصة، يجب أن يظهر النموذج على أنه فرضية عمل حتى يتم - في نهاية المطاف - اختباره من خلال تقييم ما يحدث بالفعل في الميدان.

ركزت الأساليب المشروحة حتى الآن على المقارنة بين المخرج الخرائطي والأنماط المكانية التي تظهر إما في شكل مجموعات فرعية من نظام المعلومات الجغرافية، وإما على هيئة أنماط مكانية على المظهر الطبيعي (الواقع). إن

دراسة صحة نموذج ما لا تقتصر على منهجية المقارنة الخرائطية هذه. وبدلاً من ذلك، يستطيع النموذج أن يستخدم العديد من اختبارات التقييم الإحصائية المتوفرة بسهولة لتقييم النماذج. ولأن هذا الكتاب ليس كتاباً في الاختبارات الإحصائية، فإني لن أسمى إلى تغطية كل ما يمكن من الاختبارات، لكن من المفيد تقديم بضعة أمثلة.

فلنتقل، على سبيل المثال، أن نموذج نظام المعلومات الجغرافية الخاص بك يهدف إلى نمذجة تشتت النباتات داخل بيئة متنوعة تضم مدى من الإمكانيات التربة وظواهر طبوغرافية واضحة التي من المرجح أنها تركز أو تجمع البذور أو غيرها من عناصر التكاثر النباتي في أماكن معينة. يمكن في هذه الحالة استخدام خلايا شبكية مختارة بشكل عشوائي لتطوير نموذج الانحدار يتنبأ بمواقع النباتات الجديدة بناءً على القيم المقاسة للتربة والارتفاع. وقد يحدث أنك قد قمت بعمل نموذج الانحدار هذا قبل صياغة نموذجك للتأكد من وجود مثل هذه العلاقات. فإذا وجدت بعد التطبيق أن النموذج وزع النباتات الجديدة في شكل موحد أو متماثل، فإنه من الواضح تماماً أن الانحدار لا يتنبأ بشكل سليم بالمواقع الجديدة. يمكنك، أيضاً، أن تطبق هذه المنهجية الأخيرة (الانحدار) باستخدام الانحدار اللوغاريتمي المطبق على شبكة عشوائية من الخلايا، خاصة متى ما أردت أن تتنبأ بالأنماط النقطية.

هناك بعض الاختبارات الإحصائية المفيدة لاختبار التنوع أو الاختلاف داخل وبين المجموعات بناءً على متوسطاتها. فيمكن اختيار عينات فرعية صغيرة لقياس استجابة نموذجك لعمل تحليل للتنوع للتأكد من وجود تنوع كبير في المناطق التي كان يجب أن يظهر النموذج فيها تنوعاً منخفضاً أو محدوداً نسبياً. وفي الظروف التي ينطبق عليها هذا الوصف، يمكنك، أيضاً، أن تطبق شكلاً ما من أشكال تحليل العوامل الأولية (PCA) على نموذجك لتحديد احتمالية أن واحداً أو أكثر من نماذجك الفرعية قد وضع وزناً مبالغاً فيه على نتائج النموذج. وبما لا شك فيه، هناك العديد من الاختبارات الإحصائية التي يمكن تطبيقها. وأنا، هنا، أشجعك على استخدامها متى ما كان ذلك ممكناً من الناحية العملية لتقييم نماذجك، لا سيما عندما تنطوي النتائج على حالات محتملة تتعلق بالتفاضل بناءً على القرارات المتخذة من نتائج النموذج.

الاقتصاد

قبل أن نتقل إلى موضوع مقبولية النموذج، من المهم أن نتذكر أن هناك نماذج أنيقة ونماذج ليست كذلك يمكن أن تحقق، أيضاً، نفس النتائج. إن مصطلح الاقتصاد (التوفير) هو عنوان هذا القسم هنا؛ ذلك لأن له صلة مباشرة بالمنطق. النموذج المقتصد أو الموفر (Parsimonious model) هو ذلك النموذج الذي يحقق نتائج صحيحة بأقل عدد من الخطوات اللازمة وأقل قدراً من وقت المعالجة الحاسوبية. وفي النمذجة بنظم المعلومات الجغرافية، هناك العديد من السبل لتحقيق نفس النتائج، خاصة بالنسبة للنماذج التي تهدف إلى تمثيل الواقع الحقيقي. وكما هو الحال في الرياضيات، نجد أن القاعدة العملية العامة هي أننا لا ينبغي أن ننشئ نموذجاً معقداً عند توفر نموذج بسيط يمكن

أن نستخدمه. ينطبق نفس هذا المبدأ، أيضاً، على البرمجة الحاسوبية؛ ذلك لأن بعض الخوارزميات تكون أكثر كفاءة، وتقوم على نصوص برمجية أقل، ومع ذلك تحقق نفس النتائج. وهناك القليل أو لا يوجد - على حد علمي - كثير من المؤلفات العلمية حول ما يوجهنها أو يساعدنا من خلال دراسة تفصيلية لمسألة الاقتصاد، أو لنقل مفهوم الكفاءة في نماذج نظم المعلومات الجغرافية. ولهذا السبب، ينبغي أن تدرك أن ما هو مكتوب، هنا، هو إلى حد كبير مجرد تأملاتي الخاصة، استناداً إلى خبرتي التقنية والبحثية. وإذا وجدت نفسك تسأل هل كان نموذجك هو الأكثر أناقة، أو الأقل إرباكاً، أو أن منهجيته هي أكثر المنهجيات الممكنة وضوحاً، فإني بذلك قد حققت النتيجة المرجوة؛ جعلتك تفكر في هذا أثناء استخدامك للنموذج الخاص بك. أسمح لي أن أبدأ بتقديم قائمتين أساسيتين ليكونا بهذا الترتيب حسب تصوري: أولاً، أهمية الاقتصاد في النمذجة بنظم المعلومات الجغرافية؛ وثانياً، الأشياء التي علينا أن نبحثها.

أهمية الاقتصاد

١- كلما كان النموذج أكثر اقتصاداً، كان شرحه للعميل (أو لك شخصياً) أكثر سهولة.

٢- كلما كان النموذج أكثر اقتصاداً، كانت عملية التأكد من صحته أكثر سهولة.

٣- كلما زاد تعقيد بيئة العالم الحقيقي، زادت أهمية أن يُظهر النموذج قدرته على الاقتصاد.

٤- كلما كان النموذج أكثر اقتصاداً، كان من السهل صقله وتوسيعه.

بداية مع البند (١) أعلاه، من المهم أن نتذكر أن معظم العملاء ليسوا على اطلاع بتفاصيل النمذجة بنظام المعلومات الجغرافية. وإذا كانوا كذلك، فإنهم على الأرجح لن يستعينوا بخدماتك. فكلما كانت صياغة النموذج ومخطط سير عملياته أبسط، قلّ الوقت اللازم لشرح أجزاءه؛ لأنك في هذه الحالة ستعرض وتشرح عدداً محدوداً من أجزاء النموذج. هذا نفسه ينطبق على البند (٢)؛ ذلك أن عدداً أقل من الخطوات يعني عدداً أقل من الأمور التي يمكن أن تفشل، وعدداً أقل من الخطوات التي ينبغي التأكد من صحتها. أما البند (٣) فهو يبدو لي معقولاً، على الرغم من أنه ليس سوى فرضية عمل. إن النموذج البسيط لا يعني، هنا، أننا نتخلصنا من الخطوات اللازمة في العملية، إنه يعني فقط أنه تم التخلص من الطرائق الزائدة، أو التي لا معنى لها، أو غير الفعالة والتي بدونها يمكن أن نحقق نفس النتيجة. فعلى سبيل المثال، لماذا نقوم بتنفيذ سلسلة من عمليات المطابقة الخرائطية في حين أن تنفيذ عملية إعادة تصنيف بسيطة سوف تحقق نفس النتائج؟

وأخيراً، يبدو البند (٤) واضحاً تماماً، لا سيما إذا كان عميلك مستخدم مبتدئ في نظم المعلومات الجغرافية. لقد استعرضنا بالدراسة نموذج ليسا أكثر من مرة في هذا الكتاب، والسبب وراء تطوير نموذج التخطيط هذا كنموذج جمعي (إضافي) خطي هو أنه يقدم طريقة يمكن فهمها بسهولة لتحقيق ترتيب وزنية لتحويل الاستخدام الأرضي المحتمل من استخدامات زراعية إلى استخدامات غير زراعية. وبالرغم من أن النموذج الذي يحاول إدماج مستوى

متقدم من حسابات التفاضل والتكامل قد يكون أكثر دقة في تمثيل الواقع - إلا أنه لن يكون على الأرجح ذا فائدة كبيرة إذا لم يفهم العملاء كيفية عمله - لكن سوف نغطي هذا الموضوع بعد قليل في هذا الفصل. أما الآن، فننتقل إلى طرائق قياس الاقتصاد من خلال فحص بعض منهجيات القياس على النحو التالي:

طرائق لقياس الاقتصاد

- ١- عدد الخطوات.
- ٢- بساطة الخطوات.
- ٣- مقدار زمن المعالجة الحاسوبية.
- ٤- سهولة الفهم.
- ٥- عدد مرات المعاودة.
- ٦- نسبة الاقتصاد إلى إتقان النموذج.

لا يوجد الكثير من الإرشادات في المراجع حول كيفية قياس اقتصاد نموذج نظم المعلومات الجغرافية أكثر مما هو موجود للاقتصاد نفسه في المجمل. تعطينا القائمة البسيطة المذكورة أعلاه، على أي حال، بعض التوجيه. ربما تكون أول هذه الطرائق أو الأساليب هي الأكثر وضوحاً، لكنها ليست بالضرورة أفضل طريقة للقياس. بالتأكيد، إذا قدم أربعة أشخاص نموذجاً بنظم المعلومات الجغرافية، كل نموذج يقدم النتيجة المرجوة، فإن النموذج الأقل عدداً من الخطوات الحاسوبية سوف يُعتبر الأفضل من وجهة نظر قياس الاقتصاد. يتصل هذا بالبند (٢)، وإن كان الأمر، في بعض الأحيان، في علاقة عكسية؛ إذ أن الخطوات البسيطة، في بعض الحالات، يمكن استخدامها لحالات أكثر تعقيداً، مثل إعادة التصنيف بدلاً من عمليات المطابقة الخرائطية المتعددة، ومن ثم يتم فعلاً خفض العدد الإجمالي من الخطوات اللازمة للمُخرج المطلوب. إلا أنه بالمقابل، قد تزيد الخطوات البسيطة المتعددة فعلياً مجموع عدد الخطوات، لكن يمكن تقليلها بسهولة عن طريق استخدام عملية واحدة أكثر تعقيداً. قد تكون العملية الواحدة المعقدة أكثر أناقة، لكن قد يكون لها، أيضاً، أثراً سلبياً من ناحية أنها تتطلب المزيد من الوقت لشرحها. وفي هذه الحالة، عادة ما أرجع إلى البند (١). قد لا يكون هناك حاجة إلى شرح كل خطوة في بعض الأوقات، لا سيما إذا كانت محدّدة تحديداً جيداً وراسخة النهج، مثل استخدام وظيفة الجوار بدلاً من تكرار استخدام عملية إعادة التصنيف. وإذا كان هناك شيئاً من الغموض ما زال قائماً فيما يخص أيّ الطريقتين يجب استخدامها، فإن البند (٣) (الطريقة الثالثة) قد يكون أكثر ملاءمة. وإذا كان الوقت الذي يستغرقه النموذج أثناء التشغيل عند استخدام معامل أو وظيفة معقدة أطول بكثير من عدة خطوات بسيطة، فإن الخطوات المتعددة هي الأفضل في هذه الحالة. قد لا تكون هذه قضية كبيرة إذا أخذنا في الاعتبار سرعة معظم الحواسيب، إلا في حالة تشغيلات معاودة عديدة ضرورية للنموذج حتى يحقق النتائج النهائية. وفي مثل هذه الحالات، فإن تشغيل النموذج قد يستغرق عدة أيام باستخدام خوارزميات معقدة يجب تطبيقها عدة مرات، لا سيما إذا كان هناك حاجة لتدخل الإنسان بين كل خطوة وأخرى.

هذا بدوره يقودنا إلى طريقة أخرى لتقييم الاقتصاد، ألا وهي فهم النموذج. فإذا كان هناك العديد من المعادلات المتعددة والتي تتطلب تدخلاً بشرياً كل مرة، فإن الخطوات أو المراحل البسيطة عادةً ما تؤدي إلى فهم أكبر للمشغل، وسيكون هناك احتمالية ضئيلة للخطأ أثناء عملية معاودة واحدة أو أكثر. ربما يكون هذا هو الأمر الأكثر أهمية مقارنةً بأهمية فهم العميل لكل خطوة في النموذج؛ لأنه من المرجح أن العميل لا يريد أن يعرف كل التفاصيل. وتفيد تجربة العديد من المحترفين في بناء تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية أن العميل يريد نتائج معقولة وفي وقت مناسب أكثر من شرح مفصل عما يعمله أو يقوم به النموذج فعلياً. بالطبع، نحن لا نزال نفترض أن مصمم النموذج يحاول الحفاظ على درجة معينة من النزاهة المهنية خلال عملية النمذجة.

ونظراً إلى إمكانية أن تحتوي نماذجنا، خاصة النماذج الموصّفة، على العديد أو العشرات من عمليات المعاودة للتكيف مع سيناريوهات وتغييرات ظرفية، فإن تخفيض عدد هذه المعاودات يعد جانباً مهماً، أيضاً، من جوانب اقتصاد النموذج. فإذا أراد المخططون فقط، وكما هو الحال في نموذج ليسا، نموذجاً عاماً للأماكن الجيدة تناسب جميع الاستخدامات غير الزراعية، وليس نماذج محدّدة لكل استخدام، فإن عدد المعاودات يمكن تخفيضه أو حتى التخلص منه تماماً مع نموذج وصفي أكثر عمومية. إن أحد البدائل هو أن تنشئ نموذجاً منفصلاً لكل حالة. وبهذه الطريقة، فإن نموذجك العام يصبح بسيطاً على الدوام، ولكل حالة جديدة أو سيناريو يمكن اعتبارها على أنها نموذج منفصل. لهذه الطريقة بعض المزايا الفعلية من وجهة نظر استخدام نظم المعلومات الجغرافية بوصفها أداة لصنع القرار. فبدلاً من جعل النموذج يختبر جميع الحالات المحتملة، فإن النموذج يمكن ببساطة أن يُطوّر من جديد مع بيانات لحالات أو ظروف جديدة تُضاف حسب الحاجة. وفي مثل هذه الظروف، يحتاج كل من نمذج ومشغل نظام المعلومات الجغرافية أن يعمل بشكل وثيق، لكن مع الحفاظ على البساطة.

يأخذ قياسنا النهائي للاقتصاد في الاعتبار العلاقة الوثيقة بين أناقة صياغة النموذج وهدفه النهائي لإخراج نتائج صحيحة. فقد ينتج النموذج البسيط استجابة سريعة فعلاً، لكن إذا لم يكن للنتائج معنى، فإن الصحة يجب أن يكون لها الأسبقية على الأناقة. وبذلك القول، علينا أن ندرك، مرة أخرى، أن رغبة العملاء للحصول على الاستجابة السريعة بحيث يمكن أن يفسروها بسهولة لرؤسائهم قد تجبرك على التخلي حتى عن هذه القاعدة العملية العامة. وللأسف، لا تتم النمذجة في فراغ إداري في كثير من بيئات العالم الحقيقي. يجب عليك أن تستخدم أفضل ما لديك من حكم فيما يتعلق باستعدادك لتقديم المخرج الذي قد لا تصل صحته أو صلاحيته إلى حد الكمال بسبب متطلبات العميل الزمنية.

إن قياس اقتصاد نظام المعلومات الجغرافية - مثل بناء نماذج نظم المعلومات الجغرافية نفسه - هو في النهاية فن بقدر ما هو علم. فهو يتطلب فهماً جيداً للمفاهيم الجغرافية، ومعرفة دقيقة بالموضوع، ونظرة متعمقة، وإبداعاً، وخلفية جيدة في التحليل المكاني. كل هذه بدورها تستفيد من الخبرة؛ فكلما زادت خبرة الممذج كان أكثر قدرةً في إنتاج نماذج نظم معلومات جغرافية فعالة مع قدر قليل من الهدر أو الخسارة بقدر الإمكان. ومع تطور

واتساع خبرتك في التمدجة بنظم المعلومات الجغرافية، ينبغي أن تبذل كل جهد ممكن لتصبح أفضل في صنع نماذج مختصرة ومحكمة بدلاً من الاقتصار على عمل نماذج أكبر فقط. ويمكن تأكيد ذلك بطريقة أخرى، فنصيحتي لك هي أن تحاول أن تقاوم الرغبة في إقناع الناس بقدرتك على عمل نماذج معقدة جداً عندما لا تكون ضرورية.

قبول النموذج

لقد أشرت إلى بعض المسائل المتعلقة بقبول النموذج من خلال دراسة قضايا صحة النموذج، والصلاحية، والاقتصاد. في الواقع، كل هذه القضايا تلعب، في بعض الحالات، دوراً ما في قبول المنتج المعلوماتي المكاني، وفي حالات أخرى، ليس لها أي تأثير. قد يبدو هذا التصريح غير عادي، في ضوء حجم المواد المقدمة حول هذه المواضيع الهامة، ولكن هناك حالات عندما يكون الهدف من النتائج النهائي من التحليل بنظم المعلومات الجغرافية ما هو إلا مجرد تقديم وثائق وتبرير للعملاء لاتخاذ قرار قد قاموا بتحديد سلفاً. وفي مثل هذه الحالات، يجب أن يقوم النمذجون بنظم المعلومات الجغرافية، مرة أخرى، بدراسة المعايير المهنية الخاصة بهم قبل قبول المهمة أو قبل تقديم المنتج. الفقرات القادمة كلها تفترض أن جميع زبائنك يبحثون عن نتائج حقيقية، وصحيحة، وصالحة، ومفهومة على أقل تقدير.

إن قبول مشروع التمدجة بنظم المعلومات الجغرافية هو الخطوة النهائية وربما هي الخطوة الأكثر أهمية في هذه العملية. إذا كنت تعمل لعملاء، فإن ما يدفعه لك من الممكن جداً أن يكون متوقف على مدى قبولهم لما تقدمه لهم. ورغم أن العديد من العملاء يكونون راضين إذا كان النموذج يقدم النتائج التي قد تعاقدت معهم عليها - إلا أن هذا الرضى سوف يتناقص أكثر فأكثر متى ما زادت معرفة العملاء بنظم المعلومات الجغرافية. إن التحقق من النموذج لا يزال أكثر أهمية، أما قبول النموذج فهو ليس بذات الأهمية لك كمصمم نماذج. وعليه، فإن ما يهيك أكثر هو كيف يحاكي نموذجك البيئة، خاصة إذا كان العملاء مطلعين على بيئتهم.

إن تقديم اختبارات لنتائج النموذج، خاصة في حضور العملاء، ربما يكون أفضل طريقة لطمأنتهم بأنك توفر منتجاً مفيداً. وعلى أي حال، هذا مجد ذاته لا يكفي، لا سيما إذا لم تكن أنت المشغل الرئيس للنموذج. قد يُطلب منك ليس توفير النموذج نفسه فقط، بل، أيضاً، مجموعات البيانات المناسبة، والأكثر أهمية هو توفير واجهة مستخدم تفاعلية التي تتطلب القليل من التدريب للمشغلين غير المختصين في نظم المعلومات الجغرافية في مكتب عميلك. يفترض أن تكون الواجهة، بحكم الضرورة، قادرة على توقع أنواع من الأسئلة المتكررة التي سوف يطرحها العملاء على النموذج ليستطيع - بعدئذ - تنفيذ مهامه في تقديم الإجابات. قد ترغب، في بعض الحالات، أيضاً، أن تجعل النموذج قادراً من خلال الواجهة التفاعلية على طرح أسئلة غير اعتيادية والتي قد تكون إجاباتها مفيدة في ظروف محددة. قد ترغب، بالمقابل، في توقع مثل هذه الأسئلة (غير الاعتيادية) لكنك لا تقدم شيئاً حيالها ما لم يكن مطلوباً منك حسب الاتفاق التعاقد مع العملاء. عادةً ما يكون هذا هو المتبع بحيث تتمكن من العمل

بصورة منظمة وواضحة مع العملاء مما يمكنك من توفير خدمات إضافية. هذا يقودنا أكثر إلى قضايا في تصميم التطبيقات خارج نطاق الهدف من هذا الكتاب.

ينبغي، في كل الأحوال، أن تكون واجهة المستخدم التفاعلية واضحة بحيث تفسر نفسها بنفسها وسهلة الاستخدام. وينبغي، أيضاً، أن يكون لها القدرة على اختيار مجموعات البيانات الملائمة وأداء المهام النمذجية - بعد ذلك - دون أن يحتاج المستخدم لمعرفة حقيقة ما يحصل داخل البرمجيات. ومع ذلك، فعندما تسلم النموذج وواجهته التفاعلية فإنه من المناسب أن يشتمل، كحد أدنى، مجموعة من التخطيطات أو الرسوم البيانية التوضيحية التي تفسر، بعبارة عامة، ما الذي سوف يفعله النموذج عند الضغط على زر معين أو تحريك شريط التمرير أو الإنزلاق (Slide bar). كما ينبغي أن تدرج، أيضاً، كل من مخططات العمل الإنسيابية للنموذج وصيغته في النموذج أو التطبيق، ربما في شكل ملحق أو وثيقة منفصلة. هذا يسمح للمستخدمين بفحص كيفية عمل النموذج إذا كانت لديهم أسئلة أساسية عن النتائج التي يقدمها. ويمكن توفير تفاصيل أكثر لكن الأفضل أن تُقدّم عند الطلب فقط.

على الرغم من أننا، هنا، نفترض أن العملاء يريدون من النموذج أن ينفذ مهامه بطرائق صالحة - إلا أن نتائج النمذجة قد لا تعطيه الإجابات التي يريدونها. وباستحضار الهدف الرئيس لمعظم المهام النمذجية بنظم المعلومات الجغرافية وهو توفير أدوات صنع قرار مكائبة، فإنه ينبغي أن تعلم أنه حتى النماذج الصالحة قد تكون غير مقبولة للعملاء، خاصة إذا كانت أجندتهم أو أهدافهم هي شيء آخر أكثر من مجرد صنع قرار عقلائي محض. فإذا كانت عملية صنع القرار لديهم تقوم بشكل كبير على دوافع سياسية (أو إدارية) أكثر مما تقوم على الواقع المكاني، فقد تحتاج - عندئذ - إلى تعديل بعض الجوانب في النموذج لتشمل عوامل أخرى أو تعطي أوزاناً لبعض الجوانب أكثر من غيرها. ورغم أن هذا كان ينبغي أن يؤسس له جيداً عند عملية تصور النموذج وصياغته - إلا أن هذا لا يحدث، في بعض الأحيان، وعليه يتعين عمل تعديلات.

ثمّة جانب آخر لمقبولية نموذج نظام المعلومات الجغرافية وهو ما يتعلق بالزمن (مدة التنفيذ) أكثر من عملية النمذجة نفسها. فإذا كنت قد قدمت نموذجاً للمواقع المحتملة لدفن النفايات، لكنك قدمته بعد أن تم شراء تلك المواقع لاستخدامات بديلة، فإن نموذجك في هذه الحالة قد يفتقر لعنصر الزمن اللازم لأن يكون ذا فائدة للعملاء بوصفه أداة لصنع القرار. بالإضافة إلى ذلك، إذا كان النموذج يعمل فقط مع بيانات ليست متاحة بعد، فإن هذا، أيضاً، من المحتمل أن يلغي فائدته، ومن ثمّ قبول العملاء له. ينبغي أن يذكر هذا بأن القيود الزمنية المتعلقة بتاريخ تسليم النموذج يجب تحديدها بوضوح في وقت مبكر من عملية النمذجة ذاتها.

تشير هذه المسألة الأخيرة، أيضاً، إلى عامل واحد نهائي يمكن أن يسبب صعوبة في الحصول على قبول العميل لمنتجك النهائي - ذلك هو البيانات المفقودة أو الناقصة. سبق وأن ناقشنا طرائق للتخفيف من حدة هذه المشكلة عن طريق إسناد بدائل كلما أمكن ذلك، أو وضع عوامل غير مكائبة (وصفية) في مكانها. وعلى أي

حال، هناك العديد من الحالات عندما تظل، وستبقى، عوامل معينة ناقصة في نموذجك. ماذا تفعل هنا؟ لا توجد إجابات جاهزة لما يبدو أنه سؤال بسيط. ربما لاحظت من مقال وليامز (١٩٨٥) أن هناك زوج من العوامل المفقودة لذلك النموذج. ومع أن نموذج ليسا قد طُوِّرَ كثيرين أكاديمي، إلا أنه قد يكون - وهذا محتمل - نتيجة لطلب من عميل حقيقي لأنه استخدم بيانات حقيقية لمنطقة دراسة حقيقية. لعل الاقتراح الأول الذي يمكنني تقديمه هو: لا تخفي حقيقة إن البيانات ناقصة. فعندما تكون هناك عملية صنع قرارات حقيقية مطلوب تنفيذها، خاصة إذا كانت تنطوي على ممتلكات حقيقية، فإن هناك دائماً إمكانية وجود تقاضي. تشمل العديد من نماذج نظم المعلومات الجغرافية في مكان ما، إما ضمن الوثائق وإما في تصريح أو تقرير منفصل، فقرة صريحة تفيد أن هناك بيانات ناقصة في النموذج وأنت كمصمم للنموذج لست مسؤولاً عن القرارات التي تتخذ على أساس النموذج أو، أكثر تحديداً، عن القرارات المبنية بدرجة كبيرة على العوامل (التحليلية) التي لا يوجد لها بيانات في النموذج.

ينبغي أن يكون هناك وسيلة لتجنب هذه المشكلة قبل وقوعها. وما إن تبدأ عملية النمذجة، فإنه من غير المرجح أنك لن تكون على علم مسبق بأن بعض البيانات سوف تكون ناقصة. فما إن تعلم بالمشكلة، يجب عليك أن تحظر العملاء وتطلب منهم اقتراحات قبل المضي قدماً في العمل. قد يضر هذا بمصداقتك بدرجة بسيطة، لكن هذا الضرر أقل بكثير مما لو انتظرت حتى تسليم المنتج النهائي. فإذا كان العملاء على علم بالبيانات الناقصة، فإنهم قد يكونون قادرين على توفير معلومات أساسية من شأنها المساعدة في تنفيذ تعديل معين أو حتى عمل بدائل. هذا يشير إلى أن عمليتي تصور النموذج وصياغته، قبل تنفيذه، هما أفضل وقت لاكتشاف مثل هذه المشكلات. كثير من العملاء، وخاصة المبتدئون في نظم المعلومات الجغرافية، سوف يتظرون إلى نظام المعلومات الجغرافية باعتباره حلاً شافياً، لكنك، كمنمذج، عليك أن تدرك جيداً أنه ليس كذلك. من الأفضل أن تبذل هذه الأسطورة في وقت مبكر قبل المضي قدماً في توفير أكثر النماذج صحة، وأكثرها صلاحية، وأكثرها أناقة ضمن حدود قدرات البرنامج ومعرفتك بالبيئة قيد النمذجة، والبيانات المتاحة. وطالما أنك تأخذ في الاعتبار أن أهدافك هي توفير دعم اتخاذ القرار (وليس قرارات) للعملاء واطلاعهم عن وجود صعوبات أو قيود محتملة، فإنك بذلك تكون قادراً على توفير أحد أفضل دعم القرار فائدة لعملية صناعة القرار المكاني.

مراجعة الفصل

لن يكون لنموذج نظام المعلومات الجغرافية فائدة كبيرة إذا لم يوفر للعميل دعماً لصنع القرار، حتى لو كنت أنت العميل. تتطلب القرارات من نموذج نظام المعلومات الجغرافية أن ينفذ النظام أو البرنامج الخوارزميات بشكل صحيح، وأن الخوارزميات تمثل الصفات والعمليات البيئية قيد المحاكاة بدرجة كبيرة، وأن يكون النموذج مقبولاً للعميل في الشكل والمضمون على حد سواء. اهتم هذا الفصل بخاصيتين أساسيتين لصحة النموذج - تحليل إمكانية

التحقق حسابياً من النموذج وإمكانية صلاحيته كنموذج صحيح للبيئة. بالإضافة إلى ذلك، بحث الفصل في مقبولية النموذج للتعامل من ناحية كون النموذج أداة سهلة الاستخدام وإنه يقدم فعلاً إجابات تدعم عملية صنع القرار.

إن التحقق من نموذج نظم المعلومات الجغرافية هو مقياس لمدى صحة النموذج في تنفيذ الخوارزميات المقبولة للمهام الحسابية الداخلية التي عادةً ما يقوم بها. وتتطلب هذه العملية ثلاث خطوات والتي ينبغي تقييمها قبل الاختبار: تحديد ما هي الخوارزميات التي ينبغي اختبارها، واختيار أجزاء من قاعدة البيانات التي يحتمل أن تظهر الآثار المترتبة على الخطأ، وتحديد الحجم الصحيح للعينة الفرعية لفحصها. يمكن تنفيذ الاختبار سواء من خلال إجراء اختبارات يدوية ومقارنتها مع نظيراتها الآلية، أو، وهذا في حالة دراسة ثبات النموذج، عن طريق أداء الاختبارات عدة مرات على جزء مختار سلفاً من قاعدة البيانات ومطابقة النتائج باستخدام عملية طرحية. في الحالة الأخيرة، إذا كانت النتائج متسقة، ينبغي لها أن تسفر عن شبكة (خلوية) تتألف كلياً من الأصفر.

أما التحقق (الثبت) من صلاحية نموذج نظام المعلومات الجغرافية فهو مقياس لمدى كفاءة تمثيل النموذج وخوارزمياته للبيئة الفعلية. قد تتطلب هذه العملية التحقق من النتائج ميدانياً للعمليات الحقيقية، أو أنها قد تطبق النموذج في موقعين مختلفين لاختبار قدرته على العمل في بيئات مختلفة.

وبافتراض أن العميل يرغب في أن يكون النموذج متسقاً مع المعايير الحقيقية وبيئات العالم الحقيقي بدلاً من أن يكون وسيلة سياسية فقط، فإن قبوله قد يتوقف - إلى حد كبير - على قدرته على استنساخ الواقع بنجاح، ومن ثم توفير إجابات صحيحة لصانعي القرار. هذا، على أي حال، لا يكفي لجعل النموذج مقبولاً. فالنموذج يجب، أيضاً، أن يكون بسيطاً بما يكفي لتفسيره للعميل، ولو بشكل عام على الأقل. وبصفة عامة، كلما كان شرح أو تفسير النموذج أبسط، زادت احتمالية قبوله لدى العملاء، خاصة إذا كان العميل لا يتقن نظم المعلومات الجغرافية. ينبغي أن يشتمل النموذج، أيضاً، على واجهة مستخدم بيانية تفاعلية ملاءمة إذا كان العميل أو مشغلو نظام المعلومات الجغرافية سوف يستخدمونه للتحليل. وعندما يكون النموذج في شكله النهائي مقبولاً لدى العميل فإنه عندها فقط نستطيع أن نقول أن عملية النمذجة انتهت.

مواضيع المناقشة

- ١- في إطار النمذجة بنظام المعلومات الجغرافية، ما الفرق بين التحقق من النموذج والثبت من صلاحيته؟
- ٢- اشرح بعض المنهجيات الأساسية المذكورة في هذا الكتاب للتحقق من النموذج. هل تستطيع أن تقترح وسائل أخرى لتنفيذ كل منها؟ ابدأ بتجميع مجموعة من المراجع التي تفصل وتشرح المنهجيات الأخرى.
- ٣- إذا كنت لا تعرف خوارزمية لعملية معينة داخل نظام المعلومات الجغرافية الخلوي الخاص بك، اقترح السبل التي يمكن أن تعينك على اكتشاف هذا، لا سيما إذا كانت الخوارزمية ذات ملكية خاصة وأن البائع لن يشرحها لك. تلميح: فكر في تعريف مصطلح "الهندسة العكسية".

- ٤- اشرح بعض المنهجيات الأساسية للتثبت من صلاحية النموذج المذكورة في هذا الكتاب. هل تستطيع العثور على أمثلة ملموسة في المراجع غير تلك الموجودة في الكتاب؟ ابدأ بجمع قائمة بالمراجع التي شرحت أساليب أخرى غير التي ذكرت في الكتاب.
- ٥- صف بإيجاز ما المقصود باقتصاد نموذج نظام المعلومات الجغرافية. لماذا نحتاج أصلاً إلى أن ننظر في اقتصاد النموذج؟
- ٦- ما القياسات الأساسية للاقتصاد المذكورة في هذا الكتاب؟ ناقش هذه القياسات مع زملائك أو مع مهنيين آخرين. هل هناك قياسات أخرى غيرها؟
- ٧- تحت أي ظروف يمكن أن يكون العميل على استعداد لقبول نموذج نظام المعلومات الجغرافية حتى لو ثبت أن النموذج لا يمكن التحقق منه أو أنه غير صالح؟ هل يمكن أن تقدم تفصيلاً للحالات محدّدة لاحظت فيها هذا بنفسك؟
- ٨- إذا أنتجت نموذجاً صالحاً وبشكل يمكن التحقق منه لأحد العملاء، فما الذي قد يجعل العميل متردداً في قبول نموذجك ويدفع لك أجور خدماتك؟
- ٩- ما الظروف التي قد تجعلك تحذف قدرات وظيفية محدّدة من نموذج نظام المعلومات الجغرافية؟

أنشطة تعليمية

- ١- حمّل قاعدة بيانات نموذج ليسا، إذا لم تفعل ذلك بعد، من موقع وايلي على الإنترنت: www.wiley.com/college/geog/demers314234/، ثم اختر ثلاث أو أربع خوارزميات بسيطة لاختبار جزء صغير من قاعدة البيانات والتي على أساسها سوف تتحقق من أن الخوارزميات تنفذ العمل بطريقة صحيحة. حاول أن يشمل اختيارك على الأقل طريقة عمل نطاق (حزام) واحد وطريقة مطابقة واحدة. الآن نفذ العمليات اليدوية لتحصل على مجموعة نتائج مرجعية تحتبر الخوارزمية على أساسها. استخدم برنامجك لإجراء العمليات على قاعدة البيانات بأكملها. اختبر الآن إمكانية تطابق نتائج الخلايا المختارة التي قيمتها يدوياً مع تلك المخرجة من حزمة نظام المعلومات الجغرافية الخاصة بك.
- ٢- قم بعمل نطاق، باستخدام قاعدة بيانات نموذج ليسا، حول شبكة خطوط الماء ويمكن أن تستخدم أي قيم تريد. أطلق على النتائج اسم: "اختبار ١". الآن نفذ نفس العملية مرة أخرى على نفس شبكة خطوط الماء. اعطِ النتيجة اسم: "اختبار ٢". قم الآن بعملية مطابقة طرحية. ماذا كانت النتيجة؟ اقترح أنواعاً أخرى من المطابقات التي يمكن تطبيقها، أيضاً، لفحص تكرارية العملية.
- ٣- من خلال استخدام قاعدة بيانات نموذج ليسا وطريقة واحدة أو أكثر من طرائق التثبيت من صلاحية النموذج التي وردت في هذا الفصل، حدّد طريقة منطقية للتثبيت من صلاحية النموذج. لعمل ذلك، قد نحتاج إلى

وضع بعض الافتراضات حول كفاءة عمل الأشياء في مقاطعة دوغلاس ، بولاية كانساس. وكجديل لذلك ، أدرس بعض النماذج في المراجع الأدبية واقترح كيف يمكن أن تختبر هذه الافتراضات باستخدام الأساليب المقترحة في هذا الكتاب. وإذا توفر لديك الوقت ، حاول الحصول على قواعد البيانات من المؤلفين (لتلك المراجع) لمعرفة إمكانية اختبار صلاحيتها.

٤- أنشئ مخططاً انسيابياً لجزء تقييم الموقع من نموذج ليسا. قارن مخططك هذا مع مخططات الآخرين في فصلك أو المؤسسة التي تعمل فيها. شغل النماذج واختبرها من منظور الاقتصاد.

٥- أنشئ واجهة مستخدم تفاعلية باستخدام برنامجك وقاعدة بيانات نموذج ليسا بحيث تسمح للمخططين بتنفيذ عملية تحليل معاود أو متكرر للظروف لجزء تقييم الموقع من نموذج ليسا. ونظراً إلى ضيق الوقت ، فإنك قد لا تكون قادراً على استكمال هذه المهمة لجميع العمليات ، أو لجميع الحالات ، أو الظروف الممكنة ، ولتبسيط المهمة ، اختر اثنين أو ثلاثة فقط من الاستخدامات الأرضية الممكنة ، وركز على جزء واحد من قاعدة البيانات.

المراجع References

- Agee, J.K., et al. 1989. "A Geographical Analysis of Historical Grizzly Bear Sightings in the North Cascades." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 55(11):1637–1642.
- Algami, A.M., 1996. "A System with Predictive Least-Squares Mathematical Models for Monitoring Wildlife Conservation Sites Using GIS and Remotely Sensed Data." *International Journal of Remote Sensing* 17(13):2479–2503.
- Aspinall, R.J., 1994. "Exploratory Spatial Analysis in GIS: Generating Geographical Hypotheses from Spatial Data." *Innovations in GIS* 1:139–147.
- Band, L.E., 1989a. "Automating Topographic and Ecounit Extraction from Mountainous Forested Watersheds." *AI Applications in Natural Resource Management* 3(4):1–11.
- Band L.E., 1989b. "Spatial Aggregation of Complex Terrain." *Geographical Analysis* 21(4):279–293.
- Band, L.E., 1989c. "A Terrain-Based Watershed Information System." *Hydrological Processes* 3(2):151–162.
- Band, L.E., 1993. "Extraction of Channel Networks and Topographic Parameters from Digital Elevation Data," pp. 13–42. In *Channel Network Hydrology*, Bevin, K., (Ed), New York: John Wiley & Sons.
- Battad, D.T., 1993. "Integration of Geographic Information Systems with Simulation Models for Watershed Erosion Prediction," Ph.D. dissertation, Texas A&M University, DAI, vol. 54–11B, p. 5468.
- Batty, M., and Xie, Y., 1994. "From Cells to Cities." *Environment and Planning B: Planning & Design* 21:531–548.
- Berry, J.K., 1997. *Spatial Reasoning for Effective GIS*, New York: John Wiley & Sons.
- Berry, J.K., 1993. "Cartographic Modeling: The Analytical Capabilities of GIS," pp. 58–74, In *Environmental Modeling With GIS*, M.F., Goodchild, B.O. Parks, and Louis T. Steyaert, Eds., New York: Oxford University Press.
- Berry, J.K., 1987. "Fundamental Operations in Computer-Assisted Map Analysis." *International Journal of Geographical Information Systems* 1(2):119–136.
- Berry, J.K., 1995. *Spatial Reasoning for Effective GIS*. GIS World Books. Fort Collins, Colorado.
- Boerner, R.E.J., DeMers, M.N., Simpson, J.W., Artigas, F.J., Silva, A., and Berns, L.A., 1996. "A Markov Chain Model of Land Use Inertia and Dynamism on Two Contiguous Ohio Landscapes." *Geographical Analysis* 28(1):56–66.
- Brown, S., Schreier, H., Thompson, W.A., and Vertinsky, I., 1994. "Linking Multiple Accounts with GIS as Decision-Support System to Resolve Forestry Wildlife Conflicts." *Journal of Environmental Management* 42(4):349–364.
- Burrough, P.A., and McDonnell, R.A., 1998. *Principles of Geographical Information Systems*, New York: Oxford University Press.
- Carrara, P., Madella, P., Miuccio, A., and Rampini, A., 1996. "GRID: A Geographic Raster Image Database to Support Fire Risk Evaluation in Mediterranean Environment," pp. 289–300. In *Courses and Lectures—International Centre for Mechanical Sciences*. New York: Spinger-Verlag.
- Carver, S.J., 1991. "Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems." *International Journal of Geographical Information Systems* 5(3):321–339.

- Chang, K., Verbyla, D.L., and Yeo, J.J., 1995. "Spatial Analysis of Habitat Selection by Sitka Black-Tailed Deer in Southeast Alaska, USA." *Environmental Management* 19(4):579-589.
- Chase, S.B., 1991. "The Integration of Hydrologic Simulation Models and Geographic Information Systems," Ph.D. dissertation, University of Rhode Island, DAI, vol. 52-08B, p. 4354.
- Childress, W.M., Rykiel, Jr., E.J., Forsythe, W., Li, B., and Wu, H., 1996. "Transition Rule Complexity in Grid-Based Automata Models." *Landscape Ecology* 11(5):257-266.
- Chrisman, N.R., 1997. *Exploring Geographic Information Systems*, New York: John Wiley & Sons.
- Clark, K.C., 1999. *Getting Started with Geographic Information Systems*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Clark, J.D., Dunn, J.E., and Smith, K.G., 1993. "A Multivariate Model of Female Black Bear Habitat Use for a Geographic Information System." *Journal of Wildlife Management* 57(3):519-526.
- Costanza, R., and Maxwell, T., 1991. "Spatial Ecosystem Modelling Using Parallel Processors." *Ecological Modelling* 58:159-183.
- Coulombe, S., and Lowell, K., 1995. "Ground-Truth Verification of Relations between Forest Basal Area and Certain Ecophysiological Factors Using a Geographic Information System." *Landscape and Urban Planning* 32(2):127-136.
- Coulson, R.N., Folse, L.J., and Loh, D.K., 1987. "Artificial Intelligence and Natural Resource Management." *Science* 237:262-267.
- Cromley, R.G., and Hanink, D.M., 1999. "Coupling Land Use Allocation Models with Raster GIS." *Journal of Geographical Systems* 1(2):137-153.
- Davis, J.R., 1981. "Weighting and Reweighting in SIRO-PLAN." Canberra: CSIRO, Institute of Earth Resources, Division of Land Use Research, Technical Memorandum 81/2.
- DeMers, M.N., 2000a. *Fundamentals of Geographic Information Systems*, 2nd ed.: New York: John Wiley & Sons.
- DeMers, M.N., 2000b. *Exercises in GIS*. New York: John Wiley & Sons.
- DeMers, M.N., 1992. "Resolution Tolerance in an Automated Forest Land Evaluation Model." *Computers, Environment and Urban Systems* 16:389-401.
- DeMers, M.N., 1989. "Knowledge Acquisition for GIS Automation of the SCS LESA Model: An Empirical Study." *AI Applications in Natural Resources* 3(4):12-22.
- DeMers, M.N. 1985. "The Formulation of a Rule-Based GIS Framework for County Land Use Planning, Lawrence, Kansas," unpublished Ph.D. dissertation.
- DeMers, M.N., Simpson, J.W., Boerner, R.E.J., Silva, A., Berns, L.A., and Artigas, F.J., 1996. "Fencerows, Edges, and Implications of Changing Connectivity: A Prototype on Two Contiguous Ohio Landscapes." *Conservation Biology* 9(5):1159-1168.
- Desmet, P.J.J., 1997. "Effects of Interpolation Errors on the Analysis of DEMs." *Earth Surface Processes and Landforms* 22:563-580.
- Duncan, B.W., Breininger, D.R., Schmalzer, P.A., and Larson, V.L., 1995. "Validating a Florida Scrub Jay Habitat Suitability Model, Using Demography Data on Kennedy Space Center." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 61(11):1361-1370.
- Dunn, W.C., 1996. "Evaluating Bighorn Habitat: A Landscape Approach." Department of Game and Fish, State of New Mexico, Technical Note 395, BLM/RS/ST- 96/005+6600.
- Eck, J.E., 1998. "What do Those Dots Mean? Mapping Theories with Data," pp. 379-406. In *Crime Mapping & Crime Prevention. Crime Prevention Studies* (vol. 8), D. Weisburd and T. McEwen, Eds., Monsey, NY: Criminal Justice Press.
- Edwards, B. 1979. *Drawing on the Right Side of the Brain*. New York: Houghton Mifflin.
- Environmental Systems Research Institute Staff, 1994. *Cell-Based Modeling with GRID*. Redlands, CA: ESRI.
- Erdas Imagine Version 8.4 Tour Guides, Atlanta, Georgia.
- Environmental Systems Research Institute, 2000. Using Model Builder. Redlands, CA.
- Federal Geographic Data Committee, 1992. *Manual of Federal Geographic Data Products*. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency, Office of Information Resources Management.
- Fisher, P.F., 1996. "Reconsideration of the Viewshed Function in Terrain Modeling." *Geographical Systems* 3:33-58.
- Fisher, P.F., 1995. "An Exploration of Probable Viewsheds in Landscape Planning." *Environment and Planning B: Planning and Design*, 22:527-546.
- Fisher, P.F., 1991. "Modelling Soil Map-Unit Inclusions by Monte Carlo Simulation." *International Journal of Geographical Information Systems* 5(2):193-208.
- Fisher, P., and Wood, J., 1998. "What is a Mountain? Or the Englishman Who Went up a Boolean Geographical Concept But Realized it was Fuzzy," *Geography* 83(3):247-256.

- Forman, R.T.T., 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gardner, M. 1970. "The Fantastic Combinations of John Conway's New Solitaire Game 'Life.'" *Scientific American* 223(4):120-123.
- Gardner, M. 1971. "On Cellular Automata, Self-Reproduction, the Garden of Eden and the Game of 'Life.'" *Scientific American* 224(2):112-117.
- Gros, S.L., Williams, T.H.L., and Thompson, G., 1988. "Environmental Impact Modelling of Oil and Gas Wells Using a GIS." *Technical Papers of the ACSM/ASPRS*, vol. 5:216-225.
- Haddock, G., and Jankowski, P., 1993. "Integrating Nonpoint Source Pollution Modelling with a Geographic Information System." *Computers, Environment, and Urban Systems*, 17:437-451.
- Harris, S., 1997. "Evaluating Possible Human Exposure Pathways to Populations Relative to Hazardous Materials Sites." Proceedings, Seventeenth Annual ESRI User Conference, Palm Springs, California.
- Heuvelink, G., and Burrough, P. 1993. "Error Propagation in Cartographic Modelling Using Boolean Logic and Continuous Classification." *International Journal of Geographical Information Systems* 7(3):231-246.
- Heuvelink, G., Burrough, P.A., and Stein, A., 1989. "Propagation of Errors in Spatial Modelling with GIS." *International Journal of Geographical Information Systems* 3(4):303-322.
- Heywood, I., Cornelius, S., and Carver, S., 1998. *An Introduction to Geographical Information Systems*, Essex: Addison Wesley Longman.
- Hilborn, R., 1979. "Some Long Term Dynamics of Predatory-Prey Models with Diffusion." *Ecological Modelling* 6(1):23-30.
- Hodgson, M.E., and Gaile, G.L., 1999. "A Cartographic Modeling Approach for Surface Orientation-Related Applications." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65(1):85-95.
- Hogeweg, P. 1988. "Cellular Automata as a Paradigm for Ecological Modelling." *Applications of Mathematics and Computing* 27:81-100.
- Hopkins, L.D., 1977. "Methods for Generating Land Suitability Maps: A Comparative Evaluation." *American Institute of Planners Journal* 43:386-400.
- Ive, J.R., and Cocks, K.D., 1983. "SIRO-PLAN and LUPLAN: An Australian Approach to Land Use Planning. 2. The LUPLAN Land-Use Planning Package." *Environment and Planning B: Planning and Design* 10(3):347-355.
- Ive, J.R., and Cocks, K.D., 1989. "Incorporating Multi-Party Preferences into Land Use Planning." *Environment and Planning B: Planning and Design* 16:99-109.
- Iverson, D.C. & R.M. Alston, 1986. "The Genesis of FORPLAN: A Historical and Analytical Review of Forest Service Planning Models," Intermountain Research Station. USDA Forest Service. General Technical Report. INT-214.
- Jenny, H., 1941. *Factors of Soil Formation*. New York: McGraw-Hill.
- Jensen, J.R., 2000. *Remote Sensing: An Environmental Perspective*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Jenson, S.K., and Domingue, J.O., 1988. "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54(11):1593-1600.
- Johnston, K.M., 1992. "Using Statistical Regression Analysis to Build Three Prototype GIS Wildlife Models." Proceedings, GIS/LIS' 92, San Jose, ASCM-ASPRS-URISA-AM/FM, 1:374-386.
- Kelly, G.A. (1955). *The psychology of personal constructs*. New York: Norton.
- Kemp, K.K., 1993. "Spatial Databases: Sources and Issues," pp. 361-371. In *Environmental Modeling with GIS*, M.F. Goodchild, B.O. Parks, and Louis T. Steyaert, Eds., New York: Oxford University Press.
- King, A.W., Johnson, A.R., and O'Neill, R.V., 1991. "Transmutation and functional representation of heterogeneous landscapes." *Landscape Ecology* 5(4):239-253.
- Konikow, L.F., and Bredehoeft, J.D., 1978. "Computer Model of Two-Dimensional Solute Transport and Dispersion in Ground Water, USGS Techniques of Water Resources Investigations," book 7, chapter C2, Washington, D.C.: U.S. Geological Survey.
- Lesser, T., Wei-Ning, X., Furuseth, O., McGee, J., and Lu, J., 1991. "Conflict Prevention in Land Use Planning Using a GIS-Based Support System." *GIS/LIS Proceedings* 1:478-483.
- Leung, Y. 1988. *Spatial Analysis and Planning Under Imprecision*. Amsterdam. Elsevier Science Publishers B.V.
- Leung, Y. and Leung, K., 1993. "An Intelligent Expert Systems Shell for Knowledge-Based Geographical Information Systems: I. The Tools." *International Journal of Geographical Information Systems* 7(3):189-199.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4th ed., New York: John Wiley & Sons.

- Liu, P., 1998. "A Probabilistic GRID Automation of Wildfire Growth Simulation," Ph.D. dissertation, University of California, Riverside. DAI, vol. 59-09A, p. 3591 (206 pp.).
- Lowell, K. 1991. "Utilizing Discriminant Function Analysis with a Geographical Information System to Model Ecological Succession Spatially." *International Journal of Geographical Information Systems* 5(2):175-191.
- Luckey, D., and DeMers M.N., 1986-1987. "Comparative Analysis of Land Evaluation Systems for Douglas County." *Journal of Environmental Systems* 16(4):259-278.
- Mackay D.S., Robinson, V.B., and Band, L.E., 1992. "Classification of Higher Order Topographic Objects on Digital Terrain Data." *Computers, Environment & Urban Systems* 16(6):473-496.
- Mandelbrot, B.B., 1988. *Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman.
- Marble, D.F. 1994. "An Introduction to the Structured Design of Geographic Information Systems," pp. In *The AGI Source Book for GIS*, D. Green and D. Rix, Eds. London: Association for Geographical Information and John Wiley & Sons.
- Marble, D.F., 1995. An Introduction to the Structured Design of Geographic Information Systems, pp. 31-38 in (Source Book, Association for Geographic Information). London: John Wiley & Sons, Inc.
- Mark, D.M., 1988. "Network Models in Geomorphology," pp. In *Modelling in Geomorphological Systems*, New York: John Wiley & Sons.
- Martin, D., 1996. "An Assessment of Surface and Zonal Models of Population." *International Journal of Geographical Information Systems* 10(8):973-989.
- McGarigal, K. and Marks, B.J., 1994. FRAGSTATS, Spatial Analysis Program for Quantifying Landscape Structure, version 2. Corvallis: Oregon State University, Forest Science Department.
- Mattikalli, N.M., 1995. "Integration of Remotely-Sensed Raster Data with a Vector-based Geographical Information System for Land-Use Change Detection," *International Journal of Remote Sensing*, 16(15):2813-2828.
- Meaille, R., and Wald, L., 1990. "Using Geographical Information Systems and Satellite Imagery within a Numerical Simulation of Regional Urban Growth." *International Journal of Geographical Information Systems* 4(4):445-456.
- Miller, R.I., Stuart, S.N., and Howell, K.M., 1989. "A Methodology for Analyzing Rare Species Distribution Patterns Utilizing GIS Technology: The Rare Birds of Tanzania." *Landscape Ecology* 2(3):173-189.
- Miyamoto, H., and Sasaki, S., 1997. "Simulating Lava Flows by an Improved Cellular Automata Method." *Computers & Geosciences* 23(3):283-292.
- Muehrcke, P., and Muehrcke, J., 1998. *Map Use: Reading, Analysis and Interpretation*, 4th ed., Madison, WI: JP Publications.
- Nelson, M.D., and Lunetta, R.S., 1987. "A Test of 3 Models of Kirtland's Warbler Habitat Suitability." *Wildlife Society Bulletin* 24:89-97.
- Park, S., 1996. "Integration of Cellular Automata and Geographic Information Systems for Modeling Spatial Dynamics," Ph.D. dissertation, University of South Carolina, DAI, vol. 57-03B, p. 1684 (205 pp).
- Parrat, L.G., 1961. *Probability and Experimental Errors*, New York: John Wiley & Sons.
- Pereira, J.M., and Itami, R.M., 1991. "GIS-Based Habitat Modeling Using Logistic Multiple Regression: A Study of the Mt. Graham Red Squirrel." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 57(11):1475-1486.
- Pereira, J.M.C., and Duckstein, L., 1993. "A Multiple Criteria Decision-Making Approach to GISBased Land Suitability Evaluation." *International Journal of Geographical Information Systems* 7(5):407-424.
- Philip, G.M., and Watson, D.F., 1982. "A Precise Method for Determining Contoured Surfaces." *Australian Petroleum Exploration Association Journal* 22:205-212.
- Portugali, et al. 1994, "Sociospatial Residential Dynamics: Stability and Instability Within a Self-Organizing City," *Geographical Analysis*, 26(4):321-340.
- Raju, K.A., Slikdar, P.K., and Dhingra, S.L., 1998. "Micro-simulation of Residential Location Choice and its Variation." *Computers, Environment, and Urban Systems* 22(3):203-218.
- Robinson, V.B., 1990. "Interactive Machine Acquisition of a Fuzzy Spatial Relation." *Computers and Geosciences* 16(6):857-872.
- Robinson, A.H., Morrison, J.L., Muehrcke, P.C., Kimerling, A.J., and Guptill, S.C., 1995. *Elements of Cartography*, 6th ed., New York: John Wiley & Sons.
- Sauer, C.O., 1925. "Morphology of Landscapes," pp. 315-350. In: *Land & Life*, J. Leighly, Ed., Berkeley: University of California Press, 1963.
- Schuster, S.A., 1973. "Locating Optimal Sites in Geographic Information Systems." Ph.D. dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, DAI, 34-09B: 4328.
- Scott, M.S., 1997. "Extending Map Algebra Concepts for Volumetric Geographic Analysis," Proceedings, *GIS/LIS '97 International Conference*, Cincinnati, pp. 309-315.

- Shaffer, C.A., Samet, H., and Nelson, R.C., 1990. "QUILT: A Geographic Information System Based on Quadrees." *International Journal of Geographical Information Systems* 4(2):103–131.
- Shannon, C.E., and Weaver, W., 1949. *A Mathematical Theory of Communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Shreve, R.L., 1966. "Statistical Law of Stream Number." *Journal of Geology* 74:17–37.
- Stoms, D.M., 1996. "Validating Large-Area Land Cover Databases with Maplets." *Geocarto International* 11(2):87–95.
- Strahler, A.N., 1957. "Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology." *Transactions of the American Geophysical Union* 8(6):913–920.
- Takeyama, M., and Couclelis, H., 1997. "Map Dynamics: Integrating Cellular Automata and GIS Through Geo-Algebra." *International Journal of Geographical Information Science* 11(1):73–91.
- Tarboton, D.G., Bras, R.L., Rodriguez-Iturbe, I., 1991. "On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data." *Hydrological Processes* 5:81–100.
- Tauxe, J.D., 1994. "Porous Medium Advection-Dispersion Modeling in a Geographic Information System." Ph.D. dissertation in civil engineering. Austin: University of Texas.
- Taylor, J.R., 1982. *An Introduction to Error Analysis*, Oxford: Oxford University Press.
- Theobald, D., and Gross, M.D., 1994. "EML: A Modeling Environment for Exploring Landscape Dynamics." *Computers, Environment & Urban Systems* 18(3):193–204.
- Thomas, E.N., 1964. "Maps of Residuals from Regression," pp. 326–352. In *Spatial Analysis: A Reader in Statistical Geography*, B.J.L. Berry and D.F. Marble, Eds., Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Tomlin, C.D., 1991. "Cartographic Modeling," pp. 361–374. In *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, M. Goodchild, D. Maguire, and D. Rhind, Eds., Harlow, Essex, UK: Longman Group Ltd.
- Tomlin, C.D., 1990. *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Tomlin, C.D., 1983. "An Introduction to the Map Analysis Package." *Proceedings, National Conference on Resource Management Applications: Energy and Environment*, August 22–26. San Francisco: pp. 1–14.
- Tomlin, C.D., and Berry, J.K., 1979. "A Mathematical Structure for Cartographic Modeling in Environmental Analysis." *Proceedings, ACSM*, Washington, D.C., March 18–24, pp. 269–284.
- Tomlin, C.D., and Johnston, K.M., 1991. "The ORPHEUS Land Use Allocation Model." *Journal of Cross-Disciplinary Exchange in the Geosciences* 3(3):10–13.
- Tomlin, S.M., 1981. "Timber Harvest Scheduling and Spatial Allocation," master's thesis, Forest Science, Harvard University, Cambridge, MA.
- van Deursen, W.P.A., 1995. "Geographical Information Systems and Dynamic Models: Development and Application of a Prototype Spatial Modelling Language." Doctoral dissertation, University of Utrecht, NGS 190.
- Wang, L., 1999. "Projection Systems in Geographic Information Systems (GIS): Comparing Distortion Difference Between Map Projections," Abstracts, Association of American Geographers, Honolulu.
- Watson, D.F., and Philip, G.P., 1985. "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation." *Geo-Processing* 2:315–327.
- Wesseling, C.G., Karssenbergh, D., Van Deursen, W.P.A., and Burrough, P.A., 1996. "Integrating Dynamic Environmental Models in GIS: The Development of a Dynamic Modelling Language." *Transactions in GIS* 1:40–48.
- Williams, T.H.L., 1985. "Implementing LESA on a Geographic Information System—A Case Study." *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 51(12):1923–1932.
- Wu, F., 1996. "A Linguistic Cellular Automata Simulation Approach for Sustainable Land Development in a Fast Growing Region." *Computers, Environments and Urban Systems* 20(6):367–387.
- Yuan, M., 1994. Representation of Wildfire in Geographic Information Systems," Ph.D. Dissertation, State University of New York at Buffalo.
- Yuan, M., 1997. "Use of Knowledge Acquisition to Build Wildfire Representation in Geographical Information Systems." *International Journal of Geographical Information Science* 11(8):723–745.
- Zeff, I.S., 1991. A Cartographic Model for Land Use Planning in the U.S. Forest Service," Unpublished Master's Thesis, School of Natural Resources, The Ohio State University.

o b e i k e n d i . c o m

توثيق مصادر الصور

- الشكل رقم (٥, ٢) .Eastcott/Momatiuk/The Image Works
- الشكل رقم (٥, ٣) .Gregory G. Dimijian/Photo Researchers
- الشكل رقم (٥, ٤) .Bruce Hands/The Image Works
- الشكل رقم (٥, ٥) .Dan Suzio/Photo Researchers
- الشكل رقم (٥, ٦) .François Gohier/Photo Researchers
- الشكل رقم (٥, ٧) .Bernhard Edmaier/Science Photo Library/Photo Researchers
- الشكل رقم (٥, ٩) .Christi Carter/Grant Heilman Photography
- الشكل رقم (٥, ١٠) .Larry Lefever/Grant Heilman Photography
- الشكل رقم (٥, ١١) .Graphic image supplied courtesy of Environmental Systems Research Institute, Inc
- الشكل رقم (٥, ١٢) .Rudolf Pigneter/Stone
- الشكل رقم (٥, ١٥) .Jim Steinberg/Photo Researchers

o b e i k e n d i . c o m

ثبتت المصطلحات

أولاً: عربي- إنجليزي



| | |
|----------------------------|--|
| Aspect | اتجاه الميل (واجهة الانحدار) |
| Flow Direction | اتجاه التدفق |
| Data Mining | استقصاء المعلومات من البيانات |
| Interpolation | اشتقاق |
| Basins | أحواض (مائية) |
| Latent Functional Patterns | أنماط وظيفية كامنة |
| Rational Numbers | أعداد نسبية |
| Slope | الانحدار |
| Aspect | اتجاه الميل (واجهة الانحدار) |
| Autocorrelation | الارتباط الذاتي |
| Elevation | الارتفاع |
| Functional Patterns | الأنماط الوظيفية |
| Remote Sensing | الاستشعار عن بعد |
| Geomorphological Patterns | الأنماط الجيومورفولوجية (أشكال سطح الأرض) |
| Parsimony | الاقتصاد (لتقليل التكلفة بغرض رفع الكفاءة) |
| Jackknifing | الاقتطاع الجزئي للبيانات (إحصاء) |

| | |
|---|--|
| Rational Numbers | أعداد نسبية |
| Rounding Errors | أخطاء التدوير |
| Cellular Automata (CA) | الآلية الخلوية |
| ١ | |
| Consensus Building | بناء الإجماع |
| Data Surrogates | بدائل البيانات |
| Linear Programming | البرمجة الخطية |
| Model Builder | باني النماذج (برنامج) |
| Raster Data | البيانات الخلوية |
| National Spatial Data Infrastructure (Nsdi) | البنية التحتية للبيانات المكانية الوطنية (الأمريكية) |

٢

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Accumulated Flow | التدفق المتراكم |
| Aerial Photography | التصوير الجوي |
| Classification | التصنيف |
| Binary Mapping | التمثيل الخرائطي الثنائي |
| Cluster Analysis | تحليل التكتل |
| Coding Raster Data | ترميز البيانات الخلوية |
| Compartmentalization | التجزئة المقصورة |
| Compatibility Of Land Uses | توافق استخدام الأرض |
| Conversion Of Data | تحويل البيانات |
| Field Validation | التحقق الحقلية |
| Flow Accumulation | تراكم التدفق |
| Flowcharting | تخطيط (رسم) بياني لسير العمل |
| Darcian Flow | التدفق المسامي |
| Gaussian Dispersion | التشتت الغاوسياني (الاعتدالي) |
| Model Conceptualization | تصور النموذج |

| | |
|-----------------------------|--|
| Model Implementation | تنفيذ أو تطبيق النموذج |
| Quadrees | التفريع التريبعي |
| Object Orientation | التوجه الهديفي |
| Quantization | تقسيم إلى وحدات أو أجزاء صغيرة |
| Tessellations | تقسيمات فسيفسائية |
| Time Series Analysis | تحليل السلسلة الزمنية |
| Trend Surface Analysis | تحليل سطح الاتجاه العام |
| Site Assessment | تقييم الموقع |
| Sensitivity Analysis | تحليل حساسية التباين |
| Regression Analysis | تحليل التراجع بين متغيرين أو أكثر (الانحدار) |
| Stream Ordering | ترتيب المجاري المائية |
| Statistical Techniques | التقنيات أو الطرائق الإحصائية |
| Unsupervised Classification | التصنيف غير المراقب |
| Validation Of Model | التحقق (الثبت) من صلاحية النموذج |
| Verification Of Model | التحقق من دقة النموذج |
| Viewshed Analysis | تحليل الرؤية |
| Zoning | تقسيم (الأراضي) |
| Spatial Conflict | التعارض المكاني |

ث

| | |
|-------------------|--------------|
| Model Consistency | ثبات النموذج |
|-------------------|--------------|

ج

| | |
|----------------------------|--|
| Moore Neighborhoods | جوارات مور |
| Map Algebra | الجبر الخرائطي |
| Neighborhoods | جوارات |
| Statements, In Map Algebra | جمل الإسناد البرمجية في الجبر الخرائطي |
| Von Neumann Neighborhoods | جوارات فون نيومان |



Conflict Resolution

حل التعارض

Ground Truth

الحقيقة الأرضية

Map Calculator

حاسبة خرائطية

Recordkeeping

حفظ السجلات

Supercomputers

حواسيب متقدمة جداً

Watersheds

حدود حوض التصريف (خطوط تقسيم المياه)



Error

الخطأ

Grid Cells

خلايا الشبكة

Map

خريطة

Measurement Error

خطأ القياس

Pixel

خلية (بكسل) أو عنصورة



Resolution

درجة الوضوح



Artificial Intelligence

الذكاء الاصطناعي



Digital Raster Graphics (Drgs)

الرسوم البيانية الخلوئية الرقمية

س

Surfaces

السطوح

Friction Surface

سطح احتكاك

ش

Networks

شبكات (خطية)

Stream Networks

شبكة المجاري المائية

Triangulated Irregular Network (TIN)

الشبكة المثلثية غير المنتظمة

ص

Accuracy

الصحة

Locational Accuracy

الصحة الموقعية

Model Formulation

صياغة النموذج

ض

Flow Control

ضبط (أو التحكم في) سير العمل

Quality Control

ضبط الجودة

ط

Cartographic Overlay

طبقة خرائطية

Centroid Method (Of Cell Encoding)

طريقة المركز (لترميز الخلية)

Delphi Technique

طريقة دلفي

Dominant Type Method

طريقة النوع السائد (لترميز الخلية)

Directional Method

طريقة ترميز الاتجاه

| | |
|----------------------------|--|
| Kriging | طريقة الكريفنج لاشتقاق السطوح |
| Percent Occurrence Method | طريقة نسبة الظهور (لترميز الخلية) |
| Presence/Absence Method | طريقة وجود مقابل غياب (لترميز الخلوئي) |
| Most Important Type Method | طريقة النوع الأكثر أهمية (لترميز الخلية) |
| Shreve Method | طريقة شريف (في تصنيف رتب المجاري) |
| Strahler Method | طريقة إسترالر (في تصنيف رتب المجاري) |

ع

| | |
|------------------|--------------------------|
| Factors | عوامل |
| Integer | عدد كامل صحيح (غير كسري) |
| Vertical Factors | العوامل الرأسية |

ق

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| Economic Viability | القابلية الاقتصادية |
| Floating Point Values | القيم الكسرية |
| Thresholding Limit Value | قيمة مدى (أو عتبة) حدية |
| Radiotelemetry | القياس الراديومتري (قياس عن بعد) |

ل

| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Small Macro Language (Sml) | لغة الماكرو الصغيرة (المحدودة) |
|----------------------------|--------------------------------|

م

| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Cartesian Coordinate Space | المجال الإحداثي الكارتيزي |
| Catchments | مستجمعات (مائة) |
| Acceptability Of Models | مقبولية النماذج |

| | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Operators | معاملات |
| Arithmetic Operators | معاملات حسابية |
| Aspatial Operators | معاملات غير مكانية (وصفية) |
| Assignment Operators | معاملات التخصيص |
| Accumulative Operator | معاملات تراكمية |
| Bitwise Operators | معاملات بتية |
| Boolean Operators | معاملات بوليانية |
| Combinatorial Operators | معاملات إندماجية |
| Logical Operators | معاملات منطقية |
| Relational Operators | معاملات علائقية |
| Matrix | مصفوفة |
| Repertory Grid | مصفوفة الذخيرة المعلوماتية |
| Factor Interaction Matrix | مصفوفة تفاعل العوامل |
| Concave Slope Profile | مقطع جانبي لانحدار مقعر |
| Contributing Area | المنطقة المساهمة |
| Convex Slope Profile | مقطع جانبي لانحدار محدب |
| Field Sampling Methodology | منهجية جمع العينة الحقلية |
| Filters | مرشحات |
| Fuzzy Logic | المنطق الهديي |
| Hierarchical Approach | المنهجية الهرمية |
| Iteration | معاودة (تكرار) |
| Interval Scale | المقياس الفاصلي (للبينات) |
| Metadata | معلومات البيانات |
| Model Acceptability | مقبولية النموذج |
| Neighborhood Criteria | معايير الجوار |
| Ordinal Scale | المقياس الترتيبي (للبينات) |
| Ratio Scale | المقياس النسبي (للبينات) |
| Parallel Processing | المعالجة الموازية أو المتزامنة |

| | |
|--|--|
| Path Distance | مسافة المسار |
| Site Criteria | معايير الموقع |
| Situation Criteria | معايير الحالة |
| Spatial Data Transfer Standards (SDTS) | المعايير القياسية لتحويل البيانات المكانية |
| Spatial Information Product (SIP) | منتج المعلومات المكانية |
| Two-Dimensional Space | المجال (الفراغ) ثنائي البعد |
| Stepped Matrix Approach | منهجية المصفوفة المتدرجة |

ن

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Advective Dispersion Modeling | نمذجة التشتت الأفقية |
| Algorithmic Models | النماذج الخوارزمية |
| Atomistic Models | النماذج التجزئية |
| Synthetic GIS Model | نموذج نظام معلومات جغرافية توليفي |
| Cartographic Modeling | النمذجة الخرائطية |
| Orpheus Land Use Allocation Model | نموذج أوريوس لتخصيص استخدام الأرض |
| Database Management Systems (DBMS) | نظم إدارة قواعد البيانات |
| Deconstructive Models | نماذج تفكيكية |
| Deductive Models | نماذج استدلالية |
| Descriptive Models | نماذج وصفية |
| Deterministic Models | نماذج حدية (قطعية) |
| Prescriptive Models | نماذج موصفة |
| Digital Elevation Models (Dems) | نماذج الارتفاع الآلية أو الرقمية |
| Drainage Systems | نظم التصريف المائي |
| Dynamic Modeling | النمذجة الديناميكية (المتحركة) |
| Expert Systems | النظم الخبيرة |
| Extended Raster Models | النموذج الخليوي الموسع (أو المطور) |
| Fire Models | نماذج الحريق |

| | |
|--|--|
| Flow Models | نماذج التدفق |
| Geographic Information Systems (Giss) | نظم المعلومات الجغرافية |
| GIS Modeling | نمذجة نظم المعلومات الجغرافية |
| Global Positioning Systems (GPS) | نظم التوقيع (أو التحديد) المكاني |
| Heuristic Models | النماذج الموجّهة (إرشادية) |
| Holistic Models | النماذج الكلية أو الشاملة |
| Inductive Model | النموذج الاستقرائي |
| LESA (Land Evaluation And Site Assessment) | نموذج تقييم الأرض وتقدير الموقع "ليسا" |
| Logit Modeling | النمذجة اللوجستية |
| Markov Chain Model | نموذج سلسلة ماركوف |
| Orpheus Model | نموذج أورفيوس (لتخصيص استخدام الأرض) |
| Pattern | نمط |
| Predictive GIS Model | نموذج نظام معلومات جغرافية تنبؤي |
| Prescriptive GIS Model | نموذج نظام معلومات جغرافية موصّف |
| Raster GIS Modeling | النمذجة الخلوئية بنظام المعلومات الجغرافية |
| Regionalized Variable Theory | نظرية المتغير المأقلم |
| Relational Database Management Systems (RDBMS) | نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية |
| Sampling Theory | نظرية أخذ العينات |
| Set Theory | نظرية المجموعات |
| Simple Raster Model | النموذج الخلوئي البسيط |
| Stochastic Models | نماذج عشوائية |
| Temporospatial Modeling | النمذجة المكانية الزمانية |
| Three-Dimensional Modeling | النمذجة ثلاثية البعد |
| Vector GIS Modeling | النمذجة بنظام المعلومات الجغرافية الخطي |



Displaced Fuzzy Ideal

الهدبية المثالية المزاحة

U.S. Geological Survey

هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية



Graphical User Interface (GUI)

واجهة المستخدم البيانية التفاعلية

Focal Functions

الوظائف التركيزية

Function

وظيفة (تنفيذ)

Exponential Functions

الوظائف الأسية

Global Functions

الوظائف الشمولية

Local Functions

الوظائف المحلية

Logarithmic Functions

الوظائف اللوغارتمية

Multivariate Global Functions

الوظائف الشمولية متعددة المتغيرات

Neighborhood Calculator Function

وظيفة حاسبة الجوار

Block Functions

الوظائف الكتلية

Reclassification Functions

وظائف إعادة التصنيف

Selection Functions

وظائف الاختيار

Statistical Functions

الوظائف الإحصائية

Surface Functions

الوظائف السطحية

Trigonometric Functions

الوظائف الحسابية المثلثية

Univariate Global Functions

الوظائف الشمولية أحادية المتغير

Weighted Distance Functions

وظائف المسافة الموزونة

Zonal Functions

الوظائف النطاقية

ثانياً: إنجليزي - عربي

A

| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Acceptability Of Models | مقبولية النماذج |
| Accumulated Flow | التدفق المتراكم |
| Accumulative Operator | معاملات تراكمية |
| Accuracy | الصحة |
| Advective Dispersion Modeling | نمذجة التشتت الأفقية |
| Aerial Photography | التصوير الجوي |
| Algorithmic Models | النماذج الخوارزمية |
| Arithmetic Operators | معاملات حسابية |
| Artificial Intelligence | الذكاء الاصطناعي |
| Aspatial Operators | معاملات غير مكانية (وصفية) |
| Aspect | اتجاه الميل (واجهه الانحدار) |
| Aspect | اتجاه الميل (واجهه الانحدار) |
| Assignment Operators | معاملات التخصيص |
| Atomistic Models | النماذج التجزيئية |
| Autocorrelation | الارتباط الذاتي |

B

| | |
|-------------------|--------------------------|
| Basins | أحواض (مائية) |
| Binary Mapping | التمثيل الخرائطي الثنائي |
| Bitwise Operators | معاملات بتية |
| Block Functions | الوظائف الكتلية |
| Boolean Operators | معاملات بوليانية |

C

| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Cartesian Coordinate Space | المجال الإحداثي الكارثيزي |
| Cartographic Modeling | النمذجة الخرائطية |

| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| Cartographic Overlay | طبقة خرائطية |
| Catchments | مستجمعات (مائية) |
| Cellular Automata (CA) | الآلية الخلوية |
| Centroid Method (Of Cell Encoding) | طريقة المركز (لترميز الخلية) |
| Classification | التصنيف |
| Cluster Analysis | تحليل التكتل |
| Coding Raster Data | ترميز البيانات الخلوية |
| Combinatorial Operators | معاملات إندماجية |
| Compartmentalization | التجزئة المقصورة |
| Compatibility Of Land Uses | توافق استخدام الأرض |
| Concave Slope Profile | مقطع جانبي لانحدار مقعر |
| Conflict Resolution | حل التعارض |
| Consensus Building | بناء الإجماع |
| Contributing Area | المنطقة المساهمة |
| Conversion Of Data | تحويل البيانات |
| Convex Slope Profile | مقطع جانبي لانحدار محدب |

D

| | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Darcian Flow | التدفق المسامي |
| Data Mining | استقصاء المعلومات من البيانات |
| Data Surrogates | بدائل البيانات |
| Database Management Systems (DBMS) | نظم إدارة قواعد البيانات |
| Deconstructive Models | نماذج تفكيكية |
| Deductive Models | نماذج استدلالية |
| Delphi Technique | طريقة دلفي |
| Descriptive Models | نماذج وصفية |
| Deterministic Models | نماذج حدية (قطعية) |
| Digital Elevation Models (Dems) | نماذج الارتفاع الآلية أو الرقمية |
| Digital Raster Graphics (Drgs) | الرسوم البيانية الخلوية الرقمية |

| | |
|-----------------------|------------------------------------|
| Directional Method | طريقة ترميز الاتجاه |
| Displaced Fuzzy Ideal | الهدبية المثالية المزاحة |
| Dominant Type Method | طريقة النوع السائد (لترميز الخلية) |
| Drainage Systems | نظم التصريف المائي |
| Dynamic Modeling | النمذجة الديناميكية (المتحركة) |

E

| | |
|------------------------|-----------------------------------|
| Economic Viability | القابلية الاقتصادية |
| Elevation | الارتفاع |
| Error | الخطأ |
| Expert Systems | النظم الخبيرة |
| Exponential Functions | الوظائف الأسية |
| Extended Raster Models | النموذج الخلوي الموسع (أو المطور) |

F

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Factor Interaction Matrix | مصفوفة تفاعل العوامل |
| Factors | عوامل |
| Field Sampling Methodology | منهجية جمع العينة الحقلية |
| Field Validation | التحقق الحقلية |
| Filters | مرشحات |
| Fire Models | نماذج الحريق |
| Floating Point Values | القيم الكسرية |
| Flow Accumulation | تراكم التدفق |
| Flow Control | ضبط (أو التحكم في) سير العمل |
| Flow Direction | اتجاه التدفق |
| Flow Models | نماذج التدفق |
| Flowcharting | تخطيط (رسم) بياني لسير العمل |
| Focal Functions | الوظائف التركيزية |
| Friction Surface | سطح احتكاك |

| | |
|---------------------|------------------|
| Function | وظيفة (تنفيذ) |
| Functional Patterns | الأنماط الوظيفية |
| Fuzzy Logic | المنطق الهمدي |

G

| | |
|---------------------------------------|---|
| Gaussian Dispersion | التشتت الغاوسياني (الاعتدالي) |
| Geographic Information Systems (Giss) | نظم المعلومات الجغرافية |
| Geomorphological Patterns | الأنماط الجيومورفولوجية (أشكال سطح الأرض) |
| GIS Modeling | تمذجة نظم المعلومات الجغرافية |
| Global Functions | الوظائف الشمولية |
| Global Positioning Systems (GPS) | نظم التوقيع (أو التحديد) المكاني |
| Graphical User Interface (GUI) | واجهة المستخدم البيانية التفاعلية |
| Grid Cells | خلايا الشبكة |
| Ground Truth | الحقيقة الأرضية |

H

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| Heuristic Models | النماذج الموجّهة (إرشادية) |
| Hierarchical Approach | المنهجية الهرمية |
| Holistic Models | النماذج الكلية أو الشاملة |

I

| | |
|-----------------|----------------------------|
| Inductive Model | النموذج الاستقرائي |
| Integer | عدد كامل صحيح (غير كسري) |
| Interpolation | اشتقاق |
| Interval Scale | المقياس الفاصلي (للبيانات) |
| Iteration | معاودة (تكرار) |

J

| | |
|-------------|---------------------------------|
| Jackknifing | الاقطاع الجزئي للبيانات (إحصاء) |
|-------------|---------------------------------|

K

Knowledge Engineering

هندسة المعرفة

Kriging

طريقة الكريغنج لاشتقاق السطوح

L

Latent Functional Patterns

أنماط وظيفية كامنة

LESA (Land Evaluation And Site Assessment)

نموذج تقييم الأرض وتقدير الموقع "ليسا"

Linear Programming

البرمجة الخطية

Local Functions

الوظائف المحلية

Locational Accuracy

الصحة الموقعية

Logarithmic Functions

الوظائف اللوغارتمية

Logical Operators

معاملات منطقية

Logit Modeling

النمذجة اللوجستية

M

Map

خريطة

Map Algebra

الجبر الخرائطي

Map Calculator

حاسبة خرائطية

Markov Chain Model

نموذج سلسلة ماركوف

Matrix

مصفوفة

Measurement Error

خطأ القياس

Metadata

معلومات البيانات

Model Acceptability

مقبولية النموذج

Model Builder

باني النموذج (برنامج)

Model Conceptualization

تصور النموذج

Model Consistency

ثبات النموذج

Model Formulation

صياغة النموذج

Model Implementation

تنفيذ أو تطبيق النموذج

| | |
|---|--|
| Moore Neighborhoods | جوارات مور |
| Most Important Type Method | طريقة النوع الأكثر أهمية (لترميز الخلية) |
| Multivariate Global Functions | الوظائف الشمولية متعددة المتغيرات |
| N | |
| National Spatial Data Infrastructure (Nsdi) | البنية التحتية للبيانات المكائنة الوطنية (الأمريكية) |
| Neighborhood Calculator Function | وظيفة حاسبة الجوار |
| Neighborhood Criteria | معايير الجوار |
| Neighborhoods | جوارات |
| Networks | شبيكات (خطية) |
| O | |
| Object Orientation | التوجه الهديفي |
| Operators | معاملات |
| Ordinal Scale | المقياس الترتيبي (للبيانات) |
| Orpheus Land Use Allocation Model | نموذج أورفيوس لتخصيص استخدام الأرض |
| Orpheus Model | نموذج أورفيوس (لتخصيص استخدام الأرض) |
| P | |
| Parallel Processing | المعالجة الموازية أو المتزامنة |
| Parsimony | الاقتصاد (لتقليل التكلفة بغرض رفع الكفاءة) |
| Path Distance | مسافة المسار |
| Pattern | نمط |
| Percent Occurrence Method | طريقة نسبة الظهور (لترميز الخلية) |
| Pixel | خلية (بكسل) أو عنصورة |
| Predictive GIS Model | نموذج نظام معلومات جغرافية تنبؤي |
| Prescriptive GIS Model | نموذج نظام معلومات جغرافية موصف |
| Prescriptive Models | نماذج موصفة |
| Presence/Absence Method | طريقة وجود مقابل غياب (لترميز الخلوي) |

Q

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| Quadrees | التفريع التريعي |
| Quality Control | ضبط الجودة |
| Quantization | تقسيم إلى وحدات أو أجزاء صغيرة |

R

| | |
|--|--|
| Radiotelemetry | القياس الراديومتري (قياس عن بعد) |
| Raster Data | البيانات الخلوئية |
| Raster GIS Modeling | النمذجة الخلوئية بنظام المعلومات الجغرافية |
| Ratio Scale | المقياس النسبي (للبيانات) |
| Rational Numbers | أعداد نسبية |
| Rational Numbers | أعداد نسبية |
| Reclassification Functions | وظائف إعادة التصنيف |
| Recordkeeping | حفظ السجلات |
| Regionalized Variable Theory | نظرية المتغير المأقلم |
| Regression Analysis | تحليل التراجع بين متغيرين أو أكثر (الانحدار) |
| Relational Database Management Systems (RDBMS) | نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية |
| Relational Operators | معاملات علائقية |
| Remote Sensing | الاستشعار عن بعد |
| Repertory Grid | مصنوفة الذخيرة المعلوماتية |
| Resolution | درجة الوضوح |
| Rounding Errors | أخطاء التدوير |

S

| | |
|----------------------|----------------------|
| Sampling Theory | نظرية أخذ العينات |
| Selection Functions | وظائف الاختيار |
| Sensitivity Analysis | تحليل حساسية التباين |
| Set Theory | نظرية المجموعات |

| | |
|--|--|
| Shreve Method | طريقة شريف (في تصنيف رتب المجاري) |
| Simple Raster Model | النموذج الخلوي البسيط |
| Site Assessment | تقييم الموقع |
| Site Criteria | معايير الموقع |
| Situation Criteria | معايير الحالة |
| Slope | الانحدار |
| Small Macro Language (Sml) | لغة الماكرو الصغيرة (المحدودة) |
| Spatial Conflict | التعارض المكاني |
| Spatial Data Transfer Standards (SDTS) | المعايير القياسية لتحويل البيانات المكانية |
| Spatial Information Product (SIP) | منتج المعلومات المكانية |
| Statements, In Map Algebra | جمل الإسناد البرمجية في الجبر الخرائطي |
| Statistical Functions | الوظائف الإحصائية |
| Statistical Techniques | التقنيات أو الطرائق الإحصائية |
| Stepped Matrix Approach | منهجية المصفوفة المتدرجة |
| Stochastic Models | نماذج عشوائية |
| Strahler Method | طريقة إسترالر (في تصنيف رتب المجاري) |
| Stream Networks | شبكة المجاري المائية |
| Stream Ordering | ترتيب المجاري المائية |
| Supercomputers | حواسيب متقدمة جداً |
| Surface Functions | الوظائف السطحية |
| Surfaces | السطوح |
| Synthetic GIS Model | نموذج نظام معلومات جغرافية توليفي |

| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Temporospatial Modeling | النمذجة المكانية الزمانية |
| Tessellations | تقسيمات فسيفسائية |
| Three-Dimensional Modeling | النمذجة ثلاثية البعد |
| Thresholding Limit Value | قيمة مدى (أو عتبة) حدية |
| Time Series Analysis | تحليل السلسلة الزمنية |

| | |
|--------------------------------------|---|
| Trend Surface Analysis | تحليل سطح الاتجاه العام |
| Triangulated Irregular Network (TIN) | الشبكة المثلثية غير المنتظمة |
| Trigonometric Functions | الوظائف الحسائية المثلثية |
| Two-Dimensional Space | المجال (الفراغ) ثنائي البعد |
| U | |
| U.S. Geological Survey | هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية |
| Univariate Global Functions | الوظائف الشمولية أحادية المتغير |
| Unsupervised Classification | التصنيف غير المراقب |
| V | |
| Validation Of Model | التحقق (الثبت) من صلاحية النموذج |
| Vector GIS Modeling | النمذجة بنظام المعلومات الجغرافية الخطي |
| Verification Of Model | التحقق من دقة النموذج |
| Vertical Factors | العوامل الرأسية |
| Viewshed Analysis | تحليل الرؤية |
| Von Neumann Neighborhoods | جوارات فون نيومان |
| W | |
| Watersheds | حدود حوض التصريف (خطوط تقسيم المياه) |
| Weighted Distance Functions | وظائف المسافة الموزونة |
| Z | |
| Zonal Functions | الوظائف النطاقية |
| Zoning | تقسيم (الأراضي) |

ooboeikendi.com

كشاف الموضوعات

الأنماط الوظيفية ١٤٢، ١٤٣، ١٤٥، ١٤٦، ١٦٣

أنماط كامنة وظيفية ١٤٤

أنماط وظيفية مماثلة ١٤٤

ب

باني النماذج ١٩٤، ١٩٥، ١٩٨، ٢٠٧

بدائل البيانات ٢٠٥

البرمجة التقليدية ٧٤، ١٢٧

بناء الإجماع ٢٣٢

البنية التحتية للبيانات المكانية الوطنية الأمريكية ٣٣

البيانات الخلوية ١، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٣، ١٤،

١٩، ٢٠، ٢٣، ٢٥، ٢٦

ت

التثبت من صلاحية النموذج ٢٦١

التجزئة الهرمية ١٨٠

التجزئة الكمية ١٩، ٥٠

التحقق الحقل ٢٥٠

أ

اتجاه التدفق ١١٤، ١١٥، ١١٧، ١٢٠

أحواض تصريف المياه ١١٥، ١٣٠

الأخطاء المنتظمة ١١٥

الارتباط الذاتي ١٥٦

الارتفاع ٤٠، ٨٦، ١٠٤، ١٠٦، ١٠٩، ١١٠، ١١١،

١١٢، ١١٤، ١١٥، ١٢٣، ١٣٠، ١٥١، ٢٤٨

الاستشعار عن بعد ٨، ١٣، ١٤، ١٩

استقصاء المعلومات من البيانات ١٦٢، ١٧٠، ١٧٨،

اشتقاق ١٠٨، ١٠٩، ٢٠١

أعداد نسبية ٢٧

الاقتران الجزئي ٢٥٢

الآلية الخلوية ٢٦، ٢٧، ٤٣

الانحدار ٣٠، ٨٤، ١٠٦، ١٠٨، ١١٠، ١١١،

١١٤، ١١٥، ١٢٢، ١٢٣

الأنماط الجيومورفولوجية ١٣٨

التقنيات الإحصائية ٨٩، ١٢٣، ١٣١، ١٥٣، ١٦١،

١٦٣، ٢٣٣، ٢٣٦،

تقييم الموقع ١٧٢، ١٨١، ١٩١،

التمثيل الخرائطي ٢٨، ١٣٣،

توافق استخدام الأرض ٢٠٠،

ث

ثبات النموذج ٢٥٢، ٢٦٠،

ج

الجبر الخرائطي ٢٧، ٤٣، ٤٩، ٥٠، ٥٩، ٦٠، ٦١،

٦٢، ٦٣، ٧١، ٧٢، ٧٤،

جمل الإسناد ٧٣، ٧٧، ٨١، ٨٢،

جوار فون نيومان ٢٧،

جوار مور ٢٧،

جوارات ٢٧، ٩٠، ٩١، ١٢٦، ٢٠٣،

ح

حاسبة خرائطية ٨،

حزمة التحليل الخرائطي ٧، ٨، ١٤، ٢٣، ٢٤، ٥٩،

٦٠، ٦١، ٧٢، ١٥٦، ٢٠٥،

حفظ السجلات ٢٠٩،

الحقيقة الأرضية ٢٥٠،

حل التعارض ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٢٥، ٢٣٥، ٢٣٧،

٢٤٠

التحقق من دقة النموذج ٢٤١، ٢٤٤،

تحليل الانحدار ١٤٦، ١٦١، ٢٠٦،

تحليل التكتل ١٢٣، ١٢٤،

تحليل الرؤية ٧٢، ١٢٥، ١٢٨، ١٤٥، ١٨٧، ٢٥٠،

تحليل حساسية التباين ١٥٦،

تحليل سطح الاتجاه العام ١١٠،

تحويل البيانات ٢٥، ٣٤، ٣٥، ٣٧، ٥٠،

التدفق الانفاذي المسامي ١٢٢،

التدفق المتراكم ١١٦، ١١٩،

تراكم التدفق ١١٥، ١١٧، ١١٨، ١٢٠،

ترتيب المجاري المائية ١٢٨،

ترميز البيانات الخلوية ٤٩، ٥٤، ٧٨،

التشتت الغاوسي الاعتيادي ١٢٣،

التصنيف ١٣، ٣٤، ٣٩، ٨٥، ٨٧، ٩٧، ١٠٨،

١٢٣، ١٢٤، ١٢٦، ١٢٧،

التصنيف غير المراقب ١٢٤،

تصور النموذج ١٢٦، ١٦٢، ١٦٧، ١٦٨، ١٨٣،

١٨٧، ١٨٨، ٢١٥، ٢٢٣،

التصوير الجوي ٣٠، ١٣٤، ١٥٢،

التعارض المكاني ٢٢٣، ٢٢٤، ٢٣٣، ٢٣٦،

التفريع التريبيعي ٢٥، ٤٤،

تقسيم الأراضي ١٤٠،

تقسيمات فيفسائية ١٤،

الصحة ٢، ١٤، ١٧، ١٩، ٣١، ٣٣، ٣٩، ٤٠، ٥٤،

١٧٧، ١٠١، ١٧١، ٢٤٢

الصحة الموقعية ١٤

صياغة النموذج ٣، ١٨١، ١٨٢، ١٩٠، ١٩٣،

١٩٧، ٢٠٤، ٢٠٨، ٢١٥، ٢١٦، ٢٥٤، ٢٥٦

ض

ضبط الجودة ٣٥

ضبط سير العمليات ٧٢

ط

طريقة إسترالر ١٢٠، ١٢١

طريقة ترميز الاتجاه ١١٨

طريقة دلفي ٢٣٣

طريقة شريف ١٢٠، ١٢١، ١٢٢

ع

عتبة حدية ٧٦، ١٢٠، ١٤٣

عنصورة ٤٠

العوامل الرأسية ١٣٠

ق

القابلية المسامية ١٢٢

القيم الكسرية ٤٢، ٧٧، ٨٨

قيمة حدية ١٤٣

س

حواسب متقدمة جدا ٢٤

خ

الخطأ ٥، ١٤، ٣١، ٣٤، ٣٨، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٢،

٤٤، ٤٦، ٤٧، ٤٩، ١١٥

خطأ القياس ٣٩، ٤٤

خلايا الشبكة ١٤، ١٦، ١٧، ١٨، ٢٠، ٢٢، ٢٦،

٢٨، ٣٦، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٥٠، ٥٥، ٧٠

د

درجة الوضوح ٨، ٢٨، ٣٤

ذ

الذكاء الاصطناعي ٢٥، ١٥٠

س

سطح احتكاك ٢٠٤

السطوح ٨، ١١، ١٣، ١٨، ١٩، ٢٣، ٢٨، ٤٠، ٤٤،

٥٨، ٨١، ١٠٤، ١١٠، ١١٢

ش

الشبكة المثلثية غير المنتظمة ٨، ٢٨

شبكة المجاري المائية ١١٢، ١١٣، ١١٧، ٢٢٥،

٢٢٧

شبكة خطية ٢٨

ص

معلومات البيانات ٣٤، ٣٥، ١٩٤، ٢١٢، ٢١٣،

٢١٤، ٢١٦، ٢٢٢

مقاطع جانبية مقعرة ١١٤

مقبولية النموذج ٢٤٤، ٢٥١، ٢٥٣

المقياس ١١٤

المقياس الفاصلي ٥٨

المكان ثنائي البعد ٥٠

منتج المعلومات المكانية ١٣٢، ١٣٣، ١٦٩

المنطق الهدي ٨، ١٠، ٢٣٥

المنطقة المساهمة ١١٢، ١١٧، ١١٩

منهجية المصفوفة المتدرجة ٢٣٣

ن

نظرية أخذ العينات ٣٦

نظرية المتغير المأقلم ١١٠

نظرية المجموعات ٢٣٥

نظم إدارة قواعد البيانات ٥٣، ٦٤

نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية ٤٥

نظم التوقيع الأرضي ٤٠

النظم الخبيرة ١٥٠

نماذج استدلالية ١٦٣

نماذج الارتفاع الرقمية ١١٢

النماذج الإرشادية ١٣٢، ١٦٠

النماذج التجزئية ١٦٠

المثالية الهدبية المزاحة ٢٣٤، ٢٣٦

المجال الإحداثي الكارتيزي ١٧

مرشحات ٤١، ٩١، ٩٧

مسافة المسار ١٠٤، ١٠٦، ١٢٨

مستجمعات ١١٢

مصفوفة ١٧، ٢٠، ٤٧

مصفوفة الذخيرة المعلوماتية ١٥٠، ١٥١، ١٦٤

المعالجات الحاسوبية المتوازية ٢٤، ١٦٣

المعاملات الاندماجية ٦٧، ٦٨، ٦٩

المعاملات البتية ٦٦، ٩٤

المعاملات البوليانية ٦٥، ٦٦، ٦٧، ٦٩

معاملات التخصيص ٧١

المعاملات التراكمية ٧٠

المعاملات الحسابية ٦٥، ٧١

المعاملات العلائقية ١٤، ٦٥

المعاملات المنطقية ٦٩

المعاملات غير المكانية ٢٠٥

معاودة ٢٦، ٤٢، ٥٠، ٧٥، ١٠٨، ١٨٩، ٢٠٧،

٢١٦

معايير الجوار ٢٢٦

معايير الحالة ٢٢٦، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣٦

معايير الموقع ٢٢٦، ٢٢٩، ٢٣٠، ٢٣٦

- ٥
- النهاج الحدية ١٦١، ١٦٣
- النهاج الخوارزمية ١٦٢
- النهاج الكلية ١٦٠
- النهاج الوصفية ١٥٧، ١٥٨، ١٥٩، ١٦٣، ١٧٠، ١٧١، ١٩٤، ١٩٠
- نمذجة التشتت الأفقية ١٢٢
- النمذجة الخرائطية ٨، ٩، ١١
- النمذجة الديناميكية ٢٦
- النمذجة اللوجستية ١٥٦
- النمذجة المكانية الزمانية ١١، ٥
- نمط ٦، ٩٤، ١٣٥
- النموذج الخلوي البسيط ٢٠، ٢٣، ٢٤، ٢٦، ٤٤، ٥٩، ٥٢
- النموذج الخلوي الموسع ٢٤، ٢٥، ٤٤، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٧١، ٧٧، ٩٦
- نموذج أورفيوس لتخصيص استخدام الأرض ٢٢٣، ٢٢٨، ٢٣٧، ٢٤٠
- نموذج توليفي ١٥٨، ١٥٩
- نموذج سلسلة ماركوف ٢٥٢
- نموذج ليسا ١٦٢، ١٧١، ١٧٩
- نموذج نظام معلومات جغرافية تنبؤي ١٦٠، ١٦٤
- ٦
- هندسة المعرفة ١٣١، ١٥٠، ١٥١، ١٦٣
- واجهة الانحدار ١١١، ١١٤، ١١٥، ١٢٤، ١٢٧
- ٢٠٥، ١٥٥
- واجهة المستخدم البيانية التفاعلية ٢٠٧
- وظائف إعادة التصنيف ٨٦
- الوظائف الإحصائية ٨٨
- وظائف الاختيار ٨٧
- الوظائف الآتية ٨٥
- الوظائف المركزية ٧٢، ٩٠، ٩١، ٩٢، ٩٥، ٩٧
- ١٢٨، ١٢٦
- الوظائف الحسابية المثلثية ٨٤
- الوظائف الشمولية ٧٢، ٩٧، ٩٨، ١٠٠، ١٠٨
- ٢٤٦، ١٢٨، ١٢٦، ١٢٣
- الوظائف الشمولية متعددة المتغيرات ١٠٠
- الوظائف الكتلية ٧٢، ٩٧، ١٢٦، ١٢٨
- الوظائف اللوغاريتمية ٨٥
- الوظائف المحلية ٤٤، ٧٢، ٨٢، ٨٣، ٨٤، ٨٥، ٨٦
- ١٢٨، ١٢٧، ١٢٦، ٩٩، ٩١، ٨٨
- وظائف المسافة الموزونة ١٠٢
- الوظائف النطاقية ٧٢، ٩٤، ٩٥، ٩٦، ٩٨، ١٢٣
- ١٢٦
- وظيفة ٤٣، ٦٦، ٧٣، ٧٤، ٧٥، ٨٤، ٨٥، ٨٧، ٩١
- ٩٢، ٩٦، ٩٧، ٩٨، ١٠٠

www.ikandil.com

السيرة الذاتية للمترجم

- د. علي معاضه عبدالله الغامدي.
- أستاذ بجامعة الملك سعود، قسم الجغرافيا، كلية الآداب.
- حصل على الدكتوراة من جامعة ليستر ببريطانيا عام ١٩٩٨م في خرائط الحاسب الآلي ونظم المعلومات الجغرافية، والماجستير من جامعة دبلن، ودبلوم عالي في الخرائط من جامعة جلاسجو - أسكتلنده.
- له العديد من البحوث في مجال الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية.
- يشرف على العديد من طلاب وطالبات الدراسات العليا في نفس المجال.
- عمل مستشارا للأمانة العامة للسياحة والآثار مع بداية مشروع إنشاء قاعدة بيانات جغرافية سياحية مركزية للمملكة العربية السعودية وحتى الانتهاء من المشروع.
- شارك في تنفيذ بعض الأبحاث والمشاريع المشتركة.
- قدم عددا من الاقتراحات والمشاريع لعدد من الهيئات والوزارات في المملكة العربية السعودية.
- حضر العديد من المؤتمرات المحلية والعالمية وشارك في بعضها.
- التحق بدورات محلية وخارجية مختلفة في مجال نظم المعلومات الجغرافية وشارك في تقديم بعضها.
- عضو في العديد من اللجان سواء على مستوى القسم أو الكلية.

ملخص لكتاب: النمذجة الخلوية في نظم المعلومات الجغرافية

تأليف: د. مايكل ديميرس

ترجمة: أ.د. علي معاضه الغامدي

أحدثت التقنيات الجغرافية وفي مقدمتها نظم المعلومات الجغرافية ما يشبه الثورة في تحليل الواقع الجغرافي. بل خلقت مفاهيم جديدة، وشجعت على إعادة النظر في المفاهيم السابقة، وقدمت طرائق مختلفة جعلت من البيانات مادة معلوماتية أكثر عمقا وإمتاعا من السابق. ولا زالت في تطور مستمر. ولأن هذا الكتاب يعدّ كتابا متميزا في تناوله لنمذجة الظواهر الجغرافية بنظم المعلومات الجغرافية الخلوية (Raster GIS)، ومرجعا مفيدا جدا للمهتمين بالنمذجة، أيا كانت مستوياتهم وخلفياتهم العلمية، فإني لم أجد أفضل منه لترجمته للعربية ليكون مرجعا عربيا مهما خاصة للباحثين والمطابقين في نظم المعلومات الجغرافية. ولعل هذا الكتاب بما شمله من معلومات أساسية وأمثلة متعددة يشجع الباحثين، خاصة طلاب وطالبات الدراسات العليا، في الوطن العربي بالذات في تطبيق نظم المعلومات الجغرافية الخلوية على نطاق واسع والاستعانة بهذه التقنية في حل كثير من المشكلات المرتبطة بالمكان. ولقد ركّز الكتاب على النمذجة من جميع الجوانب مفهوما وتطبيقا، ويبيّن بجلاء أن هدف عملية النمذجة هو أن تكون عونا وأداة فعالة لصنع القرار، وهذا يعني أنها ستفيد صانع القرار متى ما أستكملت جوانبها، والعكس صحيح. فبيّن المؤلف أساليب النمذجة وأنواعها وخطواتها وتسلسلها وأخيرا التحقق منها، بل بيّن كثيرا من مميزات، بالإضافة إلى أوجه القصور فيها.

لقد اشتمل الكتاب على تسعة فصول، تناول الفصل الأول مقدمة عامة عن فكرة النمذجة بنظم المعلومات الجغرافية، أما الفصل الثاني فتناول طبيعة البيانات الجغرافية الخلوية ونماذجها، وفي الفصل الثالث ركز الكتاب على مفهوم الجبر الخرائطي، وتناول الفصل الرابع أنواع الوظائف التحليلية الخلوية، وفي الفصل الخامس كان التركيز على أسس النمذجة وأنواع النماذج التحليلية، أما الفصل السادس فتناول مفهوم تصور النماذج، في حين بحث الفصل السابع في صياغة النماذج ورسم سير مخططاتها التنفيذية، أما الفصل الثامن فتناول موضوع حل التعارضات المكانية أثناء النمذجة، أما الفصل التاسع فتناول موضوع التحقق من النماذج والتأكد من صلاحيتها وقبولها.